



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

DANNIEL CLÁUDIO DE ARAÚJO

**METODOLOGIA PARA APOIO À DECISÃO NA GESTÃO DAS
ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS COMBINANDO MÉTODOS
MULTICRITERIAL E MULTIDECISOR**

Recife – PE
Abril de 2016

DANNIEL CLÁUDIO DE ARAÚJO

**METODOLOGIA PARA APOIO À DECISÃO NA GESTÃO DAS
ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS COMBINANDO MÉTODOS
MULTICRITERIAL E MULTIDECISOR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) como requisito complementar para a obtenção do título de doutor em Engenharia Civil.

Orientadores:

Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral

Dr. Wilson Fadlo Curi

Recife – PE

Abril de 2016

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

A663m Araújo, Dannel Cláudio de.
Metodologia para apoio à decisão na gestão das águas pluviais urbanas combinando métodos multicriterial e multidecisor / Dannel Cláudio de Araújo. - 2016.
207 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral.
Orientador: Prof. Dr. Wilson Fadlo Curi.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2016.
Inclui Referências e Apêndices.

1. Engenharia civil. 2. Gestão das águas pluviais. 3. Conflitos institucionais. 4. Análise multicriterial. 5. Análise multidecisor. 6. Sistemas de suporte a decisão. I. Cabral, Jaime Joaquim da Silva Pereira. (Orientador). II. Curi, Wilson Fadlo. (Orientador). III. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2016-325



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

A comissão examinadora da Defesa de Tese de Doutorado

**METODOLOGIA PARA APOIO À DECISÃO NA GESTÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS
URBANAS COMBINANDO MÉTODOS MULTICRITERIAL E MULTIDECISOR**

defendida por

Daniel Claudio de Araújo

Considera o candidato APROVADO

Recife, 19 de abril de 2016

Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral – Universidade Federal de Pernambuco
(Orientador Interno)

Prof. Dr. Wilson Fadlo Curi – Universidade Federal de Campina Grande
(Orientador Externo)

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral – UFPE
(Orientador)

Prof. Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva – UFPE
(Examinador Externo)

Prof. Dr. Ricardo Augusto Pessoa Braga - UFPE
(Examinador Externo)

Prof.^a Dr.^a Marcia Maria Guedes Alcoforado de Moraes - UFPE
(Examinadora Interna)

Prof. Dr. Alfredo Ribeiro Neto – UFPE
(Examinador Interno)

AGRADECIMENTOS

À Deus por guiar os meus caminhos, pela força nas horas mais difíceis, guiando-me sempre para o caminho certo.

Aos meus pais Francisco Jose e Luzeny Ivonete por todo o apoio e esforços realizados.

Aos meus irmãos Dannilo, Dacilene e Aparecida por toda atenção e sempre demonstrando muito orgulhosos com minhas vitórias.

Aos meus tios e tias que sempre foram muito presente em toda minha vida.

Ao Professor Jaime Cabral, por ter me acolhido como orientando e pela compreensão no desenvolvimento da pesquisa.

Ao Professor Wilson Curi, pela sua contribuição e pelo incentivo dado para a execução deste trabalho.

Aos examinadores pelo reforço que forneceram para a melhoria desta tese.

Ao Engenheiro da Emlurb Pedro Oliveria, por todo auxílio prestado na disponibilização de dados.

Ao grupo de pesquisa de Riachos Urbanos da UFPE: Andreza Felix, Tassia Melo, Mariana Gusmão e Simone Preuss.

A todos colegas doutorandos, em especial a Victor Coelho, Jose Yure, Dayana Freitas, Gracieli Louise, Arthur Coutinho e Tatiane Veras pelo coleguismo, companheirismo, amizade, cumplicidade durante o curso.

A secretária do curso de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFPE, Andrea Negromonte, pelo apoio e ajuda nos assuntos burocráticos durante o período do curso.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da UFPE, em especial os da Área de Recursos Hídricos.

A todos amigos do Instituto Federal de Alagoas – IFAL campus Palmeira dos Índios, do Instituto Federal de Pernambuco – Campus Caruaru e do Instituto Federal da Paraíba – Campus Patos instituições que trabalhei durante o período de doutorado.

Ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo suporte financeiro, através da bolsa de estudos parcial concedida para a realização desse trabalho.

Finalmente, agradeço a todos, que de alguma forma, colaboraram para a realização e conclusão desta tese.

RESUMO

A urbanização altera significativamente os processos de escoamento natural da bacia hidrográfica, com aumento do volume das águas pluviais escoadas superficialmente, incremento das vazões de pico dos corpos hídricos, degradação da qualidade da água e geração de sedimentos. Neste contexto, a gestão das águas pluviais surge como uma alternativa para resolução de conflitos relativos a quantidade/qualidade destes recursos (conflitos de primeira ordem). No entanto, devido essa gestão exigir a participação de vários setores da sociedade, pode vir a gerar conflitos devido à falta/inadequação do arranjo institucional responsável por essa gestão (conflitos de segunda ordem). Diante desta problemática, é possível observar a importância exercida pelo contexto legal, institucional e socioeconômico e da visão global do sistema envolvido para a tomada de decisão. Esta tese, portanto, concebe uma metodologia para apoio à decisão na gestão das águas pluviais urbanas combinando métodos multicriterial e multidecisor, a qual se constitui em quatro etapas: (i) investigação dos parâmetros iniciais; (ii) avaliação dos métodos multicriteriais AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e o PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*) (iv) avaliação do método multidecisor COPELAND simulando a gestão participativa com a implantação do comitê de rio urbano; (iv) obtenção do subconjunto de alternativas potenciais como resultado final da aplicação do modelo. A metodologia foi aplicada na sub-bacia do canal da Sanbra, que é um dos contribuintes do rio Jiquiá situado em Recife-PE. Nesse sentido, foi avaliado a seleção da melhor técnica compensatória para este riacho considerando aspectos ambientais, sociais, econômicos e hidráulicos. Os resultados obtidos demonstraram que a metodologia desenvolvida pode apoiar a tomada de decisão na gestão das águas pluviais, de modo a consubstanciar resultados mais satisfatórios dessa realidade, seja através do entendimento e ampliação da gestão participativa, quanto no aperfeiçoamento técnico dos tomadores de decisão.

Palavras-chave: gestão das águas pluviais, conflitos institucionais, análise multicriterial, análise multidecisor, sistemas de suporte a decisão.

ABSTRACT

Urbanization significantly alters the processes of natural drainage of the river basin, increasing the volume of rainwater drained superficially, increasing peak flows of water bodies, degradation of water quality and sediment generation. In this context, rainwater management appears as an alternative for resolving conflicts regarding the quantity / quality of these resources (first order conflicts). However, because this management requires the participation of several sectors of society, it can generate conflicts due to the lack / inadequacy of the institutional arrangement responsible for this management (second order conflicts). Faced with this problem, it is possible to observe the importance exerted by the legal, institutional and socioeconomic context and the global vision of the system involved for the decision making. This thesis, therefore, devises a methodology for decision support in urban stormwater management combining multicriterial and multidecisor methods, which consists of four steps: (i) investigation of the initial parameters; (ii) evaluation of the multi-criteria methods AHP (Analytic Hierarchy Process) and PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) (iii) evaluation of the COPELAND multidecisor method simulating participatory management with the implementation of the urban river committee; (iv) obtaining the subset of potential alternatives as a final result of the application of the model. The methodology was applied in the sub-basin of the Sanbra channel, which is one of the contributors of the Jiquiá river situated in Recife-PE. In this sense, it was evaluated the selection of the best compensatory technique for this stream considering environmental, social, economic and hydraulic aspects. The obtained results demonstrated that the developed methodology can support the decision making in rainwater management, in order to substantiate more satisfactory results of this reality, be it through the understanding and expansion of the participatory management, as well as in the technical improvement of the decision makers.

Keywords: stormwater management , institutional conflicts , multi-criteria analysis , multidecisor analysis , decision support systems .

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.....	9
Figura 2 - Tipos de Técnicas Compensatórias.	15
Figura 3 - Representação simplificada da estrutura institucional hídrica.	22
Figura 4 - Métodos de Administração de Conflitos.	35
Figura 5 - Ciclo para o processo de construção de consenso.	39
Figura 6 - Processo Decisório da Análise Multicriterial.	46
Figura 7 - Passos para a Análise Multicriterial.	47
Figura 8 - Exemplo de estrutura hierárquica de problemas de decisão.....	61
Figura 9 - Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos de Pernambuco.	67
Figura 10 - Comitês de bacias registrados na ANA no Estado do Pernambuco.	71
Figura 11 - Órgãos Públicos municipais envolvidos na gestão das águas pluviais na RMR.	75
Figura 12 - Órgãos Públicos estaduais envolvidos na gestão das águas pluviais na RMR.	77
Figura 13 - Rede hidrográfica de Recife – PE.	79
Figura 14 - Áreas de Recife com ocorrência de alagamentos.	81
Figura 15 - Intervenções da prefeitura do Recife no riacho/canal do Iraque.	85
Figura 16 - Interligação dos Conflitos Institucionais na Estrutura Institucional Hídrica do Estado do Pernambuco.	90
Figura 17 – Métodos de pesquisa aplicada na tese.	95
Figura 22 - Fluxograma da metodologia de apoio a decisão na gestão das águas pluviais.	97
Figura 16 - Localização da sub-bacia na bacia do rio Tejiipió.	98
Figura 17 - Mapa de zoneamento da área de estudo.	100
Figura 18 - Discretização da sub-bacia no canal da Sambra na bacia do rio Tejiipió.....	102
Figura 19 - Imagens do canal da Sambra por trechos.	104
Figura 23 - Dimensões dos reservatórios em lotes.....	106
Figura 24 - Dimensões dos reservatórios em logradouro.....	106
Figura 25 - Disposição dos reservatórios em logradouro.....	107
Figura 26 - Disposição do reservatório em bacia.....	108
Figura 27 - Representatividade por segmentos do comitê de bacia de rios urbanos.....	110
Figura 28 - Estrutura hierárquica da escolha de um programa de controle de qualidade da água.	111
Figura 30 - Índices de importância relativa dos critérios.	127

Figura 31 - Valoração global das alternativas de escolha da intervenção na drenagem urbana.	129
Figura 32 - Fluxo de sobreclassificação das alternativas.	133
Figura 33 - Fluxo de sobreclassificação das alternativas com análise de sensibilidade.	136
Figura 34 - IMGAP das alternativas do Decisor 1.	139
Figura 35 - Rede PROMETHEE cenário do Decisor 1.	140
Figura 36 - IMGAP das alternativas do Decisor 2.	140
Figura 37 - Rede PROMETHEE Cenário do Decisor 2.	141
Figura 38 - IMGAP das alternativas do Decisor 3.	142
Figura 39 - Rede PROMETHEE Cenário do Decisor 3.	142
Figura 40 - IMGAP das alternativas do Decisor 4.	143
Figura 41 - Rede PROMETHEE Cenário do Decisor 4.	144
Figura 42 - IMGAP das alternativas do Decisor 5.	144
Figura 43 - Rede PROMETHEE Cenário do Decisor 5.	145
Figura 44 - IMGAP das alternativas do Decisor 6.	146
Figura 45 - Rede PROMETHEE Cenário do Decisor 6.	146
Figura 46 - IMGAP das alternativas do Decisor 7.	147
Figura 47 - Rede PROMETHEE Cenário do Decisor 7.	148
Figura 48 - IMGAP das alternativas do Decisor 8.	148
Figura 49 - Rede PROMETHEE Cenário do Decisor 8.	149
Figura 50 - IMGAP das alternativas do Decisor 9.	150
Figura 51 - Rede PROMETHEE Cenário do Decisor 9.	150
Figura 52 - IMGAP das alternativas do Decisor 10.	151
Figura 53 - Rede PROMETHEE Cenário do Decisor 10.	152
Figura 54 - Comparativo dos valores do IMGAP por decisores.	153

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Relação dos comitês de bacia implantados no estado de Pernambuco.	71
Tabela 2 - Informações sobre tratamento de efluentes em Recife – PE.....	83
Tabela 3 - Características das seções do Canal da Sanbra.	103
Tabela 4 - Escala de julgamento de importância do método AHP.....	112
Tabela 5 - Níveis de preferência para o critério impacto na qualidade de água.....	120
Tabela 6 - Níveis de preferência para o critério sustentabilidade.	120
Tabela 7 - Níveis de preferência para o critério risco à saúde da população.	120
Tabela 8 - Níveis de preferência para o critérios aceitação da sociedade.	121
Tabela 9 - Matriz de avaliação das alternativas.....	123
Tabela 10 - Matriz de comparação paritária entre os critérios.	126
Tabela 11 - Matrizes de comparação paritária das alternativas nos critérios.....	128
Tabela 12 - Nível de preferência das alternativas nos critérios.....	129
Tabela 13 - Matriz de avaliação das alternativas.....	130
Tabela 14 - Conversão de escalas para a avaliação das alternativas.	130
Tabela 15 - Pesos dos critérios.	131
Tabela 16 - Funções de preferência.....	132
Tabela 17 - Fluxos líquido, positivos e negativos das alternativas.	132
Tabela 18 - Alternativas selecionadas após a aplicação da programação linear inteira.	135
Tabela 19 - Fluxos líquido, positivos e negativos das alternativas.	136
Tabela 20 - Peso dos critérios por decisores.	138
Tabela 21 - Ranking do desempenho das alternativas de intervenção segundo a percepção dos decisores.	154
Tabela 22 - Matriz de Dados de Ordenação com 10 decisores e 4 cenários de intervenção.....	155
Tabela 23 - Matriz de CONDORCET e Ordenação COPELAND.	156

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1 - Experiências de aplicação de análise de multicriterial na gestão de águas pluviais.	50
Quadro 2 - Aspectos positivos e negativos do método AHP	62
Quadro 3 - Órgãos do SIGRH/PE responsáveis pela elaboração dos instrumentos de gestão	69
Quadro 4 - Documentos Legais na Região Metropolitana do Recife relativo a gestão das águas pluviais	73
Quadro 5 - Recomendações para solução dos conflitos institucionais na gestão das águas pluviais.	92
Quadro 6 - Formas para função de preferência do Método PROMETHEE	117

LISTAS DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AHP	Analytic Hierarchy Process
ANA	Agência Nacional de Águas
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Clima
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
CF	Constituição Federal
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional Do Meio Ambiente
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
EA	Educação Ambiental
GIRH	Gestão Integrada de Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMGAP	Índice Multicritério da Gestão das Águas Pluviais
MCDA	Multiple-Criteria Decision Analysis
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
PROMETHEE	Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation
RMR	Região Metropolitana do Recife
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SUMÁRIO

	Págs
RESUMO	VI
ABSTRACT	VII
LISTAS DE FIGURAS	VIII
LISTAS DE TABELAS	X
LISTAS DE QUADROS	XI
LISTAS DE SIGLAS	XII
SUMÁRIO.....	XIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	3
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 Objetivo Geral.....	4
1.2.2 Objetivos Específicos.....	4
1.3 ESTRUTURAÇÃO DA TESE	5
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	6
2.1 SISTEMAS DE GESTÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS	6
2.1.1 Breve Histórico	6
2.1.2 Política Nacional de Recursos Hídricos.....	8
2.1.3 Gestão das Águas Pluviais no Espaço Urbano.....	10
2.1.3.1 Aspectos Regulatórios e Legais	10
2.1.3.2 Sistemas Clássicos de Gerenciamento de Drenagem Urbana.....	12
2.1.3.3 Sistemas Compensatórios de Gerenciamento de Drenagem Urbana	13
2.1.3.4 Técnicas Compensatórias e Análise de Critérios.....	15
2.2 GOVERNANÇA DOS RECURSOS HÍDRICOS	19
2.2.1 Papel das Instituições na Governança	23
2.2.1.1 Comitês de Bacia Hidrográfica	25
2.2.1.2 Agências Bacia.....	26
2.3 CONFLITOS EM RECURSOS HÍDRICOS	28
2.3.1 Classificações dos Tipos de Conflitos	29
2.3.2 Métodos para Resolução de Conflitos	32
2.3.2.1 Métodos de Negociação e Mediação	37
2.3.2.2 Métodos de Soluções Institucionais.....	40

2.4	ANALISE MULTICRITERIAL.....	43
2.4.1	Métodos Multicriteriais Aplicados ao Gerenciamento de Recursos Hídricos	47
2.4.2	Apoio a decisão multicritério	51
2.4.2.1	Modelagem de Preferência.....	54
2.4.2.2	Relação de Dominância	58
2.4.2.3	Ação Eficiente.....	58
2.4.2.4	Critérios.....	58
2.4.3	Classificações dos Métodos Multicriteriais	59
2.4.3.1	Método AHP (Analytic Hierarchy Process).....	60
2.4.3.2	Método PROMETHEE	63
2.4.4	Apoio Multicritério à Decisão e os Métodos Ordinais / Multidecisor.....	63
3.	GESTÃO HÍDRICA E CONFLITOS NO ESTADO DO PERNAMBUCO	66
3.1	ESTRUTURA INSTITUCIONAL HÍDRICA DO ESTADO DE PERNAMBUCO.....	66
3.1.1	Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos.....	67
3.1.2	Instrumentos Estaduais de Gerenciamento dos Recursos Hídricos	69
3.1.3	Comitês de Bacia Hidrográfica no Estado do Pernambuco	71
3.2	ESTRUTURA INSTITUCIONAL HÍDRICA DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE	72
3.2.1	Aspectos Legais na Gestão das Águas Pluviais	72
3.2.2	Órgãos Envolvidos na Gestão das Águas Pluviais na RMR.....	75
3.2.2.1	Órgãos Públicos Municipais	75
3.2.2.1	Órgãos Públicos Estaduais	77
3.2.3	Caracterização do espaço das águas urbanas na RMR	78
3.2.3.1	Águas pluviais.....	78
3.2.3.2	Resíduos sólidos.....	82
3.2.3.3	Efluentes / Saneamento.....	83
3.2.3.4	Ações mitigadoras.....	84
3.3	IDENTIFICAÇÃO E ANALISE DOS CONFLITOS INSTITUCIONAIS	85
3.3.1	Identificação dos Conflitos Legais.....	85
3.3.1.1	Planos de Recursos Hídricos.....	85
3.3.1.2	Enquadramento dos Corpos d'água	86
3.3.1.3	Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos	86
3.3.1.4	Cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos	87
3.3.2	Identificação dos Conflitos Políticos	88
3.3.2.1	Aprovação da Cobrança pelo uso de água bruta	88
3.3.3	Identificação dos Conflitos Organizacionais	88
3.3.3.1	Órgão Gestor de Recursos Hídricos.....	88
3.3.3.2	Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH.....	89
3.3.3.3	Comitês de Bacia Hidrográfica	89
3.3.3.4	Agências de Bacia Hidrográfica	90
3.3.4	Análise dos conflitos institucionais.....	90
4.	METODOLOGIA.....	94
4.1	CLASSIFICAÇÃO METODOLÓGICA DA PESQUISA	94
4.2	METODOLOGIA DE APOIO A DECISÃO NA GESTÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS ...	96

4.2.1	Descrição da área de estudo	98
4.2.1.1	Urbanização	99
4.2.1.2	Discretização da sub-bacia.....	101
4.2.1.3	Sistema de Macrodrenagem	102
4.2.2	Investigação dos parâmetros iniciais.....	105
4.2.2.1	Levantamento das alternativas	105
4.2.2.2	Levantamento dos critérios	109
4.2.2.3	Levantamento das restrições	110
4.2.2.4	Levantamento dos decisores	110
4.2.3	Método AHP	111
4.2.4	Método PROMETHEE	114
4.2.4.1	Ponderamento dos critérios.....	115
4.2.4.2	Funções de preferências	116
4.2.4.3	Níveis de preferência dos critérios.....	119
4.2.4.4	Avaliação das funções de preferência.....	121
4.2.4.5	Matriz de avaliação	122
4.2.4.1	Aplicação do PROMETHEE V	123
4.2.5	Método Multidecisor Copeland	125
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	126
5.1	APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP	126
5.1.1	Determinação da importância relativa dos critérios.....	126
5.1.2	Determinação do nível de preferência das alternativas.....	127
5.1.3	Valoração global das alternativas	129
5.2	APLICAÇÃO DO MÉTODO PROMETHEE.....	130
5.2.1	Matriz de avaliação	130
5.2.2	Pesos dos critérios.....	130
5.2.3	Escolha das funções de preferência	131
5.2.4	Priorização das alternativas.....	132
5.2.5	Levantamento das restrições e aplicação da programação linear inteira	133
5.2.6	Análise de sensibilidade.....	135
5.3	APLICAÇÃO DO MÉTODO MULTIDECISOR	138
5.3.1	Análise das preferências dos decisores por segmento	138
5.3.1.1	Cenário dos decisores representantes do poder publico	139
5.3.1.2	Cenário dos Decisores Representantes da Sociedade Civil	143
5.3.1.3	Cenário dos decisores Representantes dos Usuários.....	147
5.3.1.4	Ranking do desempenho das alternativas dos decisores.....	152
5.3.2	Método Multidecisor de Ordenação de Copeland.....	155
5.3.3	Ranking final de desempenho das alternativas	155
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	157
6.1	CONCLUSÕES	157
6.1.1	Análise dos Conflitos Institucionais	157
6.1.2	Método multicriterial AHP	158

6.1.3	Método multicriterial PROMETHEE	158
6.1.4	Análise do método Multidecisor COPELAND.....	159
6.2	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	160
	REFERÊNCIAS	161
	APÊNDICE	178
	APÊNDICE I - QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE COMPARATIVA SOBRE A IMPORTÂNCIA DOS CRITÉRIOS SELECIONADOS PARA O SOLUCIONAR AS INUNDAÇÕES PELO MÉTODO AHP	
	APÊNDICE II - PLANILHAS DE CÁLCULO PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP	
	APÊNDICE III - MATRIZES DAS INTERAÇÕES DO MÉTODO COPELAND	

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Os riachos urbanos apresentam funções de grande importância para as cidades. Além de serem essenciais para a drenagem das águas pluviais, recarregam os aquíferos, mantêm o estoque hídrico no solo às suas margens e na atmosfera, amenizam a temperatura local e proporcionam bom efeito estético para um lazer contemplativo. No entanto, a maioria dos riachos urbanos estão degradados, resultado do processo de urbanização sem o devido planejamento e sem oferta de serviços adequados de esgotamento sanitário e drenagem.

No processo de urbanização de Recife, praticamente todos os cursos d'água foram canalizados e muitos baixios aterrados. Houve o estrangulamento da calha dos rios e riachos devido à ocupação irregular e até formal de suas margens, processo este que continua até hoje, pondo em risco o sistema de drenagem natural do município e resultando em frequentes alagamentos (CABRAL *et al.*, 2004).

Segundo Tucci (2003), países desenvolvidos verificaram que os custos da canalização de riachos eram muito altos e abandonaram esse tipo de solução no início dos anos 1970, enquanto os países em desenvolvimento adotam sistematicamente essa medida, perdendo duas vezes, pois têm custos muito maiores e aumento dos prejuízos. A gestão eficiente das águas pluviais urbanas necessita possibilitar que os riachos voltem a fazer parte do ambiente das cidades.

Há décadas se discute a reintrodução do rio como elemento vivo na paisagem urbana, recuperando as funções ecológicas, sociais e hidrológicas dos riachos. Em vários países essa abordagem é adotada, o que tem melhorado tanto a saúde dos riachos como a qualidade de vida dos habitantes das cidades (RIGOTTI e POMPÊO, 2011).

Práticas voltadas para a revitalização dos riachos urbanos tem demonstrado ser uma boa alternativa para o resgate de suas funções hidráulica, hidrológica, ecológica e social, a exemplo do que tem sido conseguido em diversas cidades. Neste sentido faz-se indispensável uma mudança de paradigmas quanto à gestão dos riachos urbanos.

É necessário considerar a revitalização dos riachos urbanos, que compreende o processo de recuperação, de conservação e de preservação ambiental, por meio da implementação de ações integradas e permanentes, que promovam o uso sustentável dos recursos naturais, a melhoria das condições socioambientais, o aumento da quantidade e a melhoria da qualidade da água para usos múltiplos (MMA/FNMA, 2005).

Enfrentar os problemas relacionados à água é um trabalho que exige o envolvimento da administração pública, das empresas privadas, das instituições de ensino, das organizações não governamentais do terceiro setor e da população em geral.

Considerando que a *legislação* de recursos hídricos tem reflexos diretos sobre o modelo da *política* de gestão dos recursos hídricos, no *sistema organizacional* de gerenciamento e na aplicação dos instrumentos de gestão – elementos que compõem a estrutura institucional de recursos hídricos, conforme Saleth e Dinar (2005) – e determina a forma como os recursos hídricos (superficiais e subterrâneos) serão gerenciados, faz-se importante a análise da adequação dessa estrutura, de maneira a identificar conflitos institucionais, conforme definição de Vieira (2008) e apontar as medidas necessárias à sua solução.

No tocante à restauração fluvial, atualmente estão surgindo aplicações de metodologia para orientar a seleção de alternativas, que visam auxiliar o processo decisório com base na análise do estágio atual e provável condição futura de degradação de cursos de água. Desta forma, é essencial proporcionar meios que possibilitem aos gestores públicos e à população uma reflexão sobre as questões hidroambientais, através de ações contínuas e integradas, voltadas para a restauração de rios e córregos em meio urbano, propondo a integração de um conjunto de variáveis – naturais, urbanísticas, sociais, de gestão – ao processo de decisão.

A complexidade do problema faz com que o decisor gestor de recursos hídricos tenha dificuldade de encontrar um conjunto de alternativas que melhor se adeque às condições do problema, considerando os diversos critérios estabelecidos e o grau de importância atribuído a cada um deles, e também as restrições existentes. Dessa forma, é relevante a aplicação de um modelo de apoio à decisão multicritério que seja capaz de selecionar um conjunto de alternativas potenciais que poderão ser aplicadas em áreas urbanas considerando todos os aspectos envolvidos na situação, sejam eles técnicos, financeiros, sociais ou ambientais e as restrições impostas para determinada região.

No modelo utilizaram-se dois métodos de análise multicritério: (i) método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) este método tem a possibilidade permitir a agregação de informações quantitativas e qualitativas na análise. O tratamento das variáveis qualitativas mostra um avanço nos métodos de análise de decisão, visto que elas introduzem a subjetividade à decisão, por exprimir as preferências e valores dos tomadores de decisão. (ii) o método PROMETHEE V (*Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation*) que trabalha sobre a abordagem de sobreclassificação (*outranking*), este método irá selecionar um subconjunto de alternativas potenciais dentro da ordenação, realizada *a priori*, das alternativas (utilizando PROMETHEE II) levantadas para o problema em questão. E o método de ordenação e agregação de COPELAND

onde a aplicação desse método de análise multidecisor simula a gestão participativa com a implantação do comitê de rio urbano.

1.1 JUSTIFICATIVA

As cidades e os riachos urbanos sempre mantiveram uma estreita relação ao longo da história. Atualmente, os cursos de água têm estado na pauta de inúmeros debates voltados para a sua restauração e integração à paisagem. Esse novo olhar sobre os rios e córregos reflete a sua importância para a melhoria da qualidade de vida urbana, sendo a sua valorização ambiental e social fundamental ao processo de construção de cidades mais “sustentáveis” e democráticas.

A renaturalização e o tratamento destes riachos são elementos estruturadores de espaços públicos e de convívio social, ele têm sido alvo de inúmeros projetos de intervenção urbana em diversos países, incluindo a abertura de canais em seção fechada e a participação de diferentes agentes no processo de elaboração das propostas, com resultados bastante positivos para a comunidade em geral (CABRAL, 2015). No cenário nacional, são observados intervenções de caráter mais amplo e algumas iniciativas pontuais voltadas para a preservação de pequenas extensões de córregos ainda em leito natural (MEDEIROS, 2008).

A mudança de paradigma em relação à abordagem tradicional de intervenção nos cursos de água que atravessam as cidades (ou que são atravessados por elas), baseada nos preceitos higienistas de rápida evacuação das águas pluviais, tem como ponto de partida questões que permeiam os campos ambiental, econômico, político e social.

A crescente demanda por preservação do meio ambiente, a escassez de áreas públicas para o lazer da população e as inúmeras limitações dos sistemas de drenagem tradicionais quanto ao controle de cheias – além dos altos custos geralmente associados a esse tipo de solução – ressaltam a necessidade de adoção de novas posturas para o equacionamento dos problemas mencionados.

Nesse quadro, a concepção de propostas com fins exclusivos de contenção de inundações ou estruturação de sistema viário, por exemplo, vai de encontro às premissas de sustentabilidade, exigindo a ruptura de práticas setorializadas de planejamento. Ao contrário, a complexa realidade urbana carece de intervenções inseridas em planos abrangentes, pautadas em escopos que contemplem a solução integrada de múltiplos aspectos e soluções.

Contudo, as intervenções em cursos de água concebidas nessa nova perspectiva tornam imprescindível a disponibilização de ferramentas que auxiliem o processo de concepção e avaliação de alternativas construídas sobre essa rede de diversas variáveis, com peso ou importância distintos de acordo com cada situação particular.

No panorama internacional, destacam-se alguns estudos e propostas METODOLÓGICAS inseridos nesse âmbito, mas que deixam abertas algumas lacunas ainda a serem preenchidas (NEWELL, 2013; SHAH, 2005). Vale ainda destacar a rigidez de determinadas abordagens – pouco abertas a adaptações – e o fato de que muitas delas demandam extensos levantamentos de dados (físicos, geomorfológicos, detalhamento da micro e macrodrenagem), o que pode inviabilizar o seu emprego pela dificuldade de acesso às informações necessárias.

Diante do exposto, observa-se a necessidade de construção de uma abordagem que possa ser adaptada às diversas realidades, podendo ser utilizada na fase de estudos preliminares relativos a intervenções em corredores fluviais. Com base na temática, esta tese se propõe a efetuar a análise dos conflitos institucionais na gestão de recursos hídricos do Estado da Pernambuco e a da realização de métodos multicritérios e multidecisor na área de estudo local Sub-bacia do Rio Jiquiá situada na bacia do Rio Tejió na região metropolitana do Recife.

Com base na temática, esta tese se propõe uma metodologia para apoio à decisão na gestão das águas pluviais urbanas combinando métodos multicriterial e multidecisor, com a aplicação do estudo de caso na Sub-bacia do Rio Jiquiá situada na bacia do Rio Tejió na região metropolitana do Recife.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

- ✓ Elaborar e aplicar uma metodologia de apoio a decisão na gestão das águas pluviais urbanas, combinando os métodos multicriterial e multidecisor, facilitando a tomada de decisão e mostrando a viabilidade da aplicação de tais métodos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Identificar os principais conflitos institucionais na gestão de recursos hídricos do Estado do Pernambuco e como estes se relacionam entre si, sugerindo linhas de ação para minimização destes conflitos, com ênfase na gestão das águas pluviais;
- ✓ Realizar uma simulação de análise de multicritério AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e PROMETHEE (*Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation*), comparando assim o resultado dos modelos simulados na área de estudo;
- ✓ Avaliar a influência do método de multidecisor Copeland, no modelo institucional proposto para a gestão das águas pluviais urbanas.
- ✓ Fornecer subsídios para o aperfeiçoamento institucional da gestão das águas pluviais urbanas.

1.3 ESTRUTURAÇÃO DA TESE

A tese está estruturada em nove capítulos, incluindo esta Introdução, cujo conteúdo é descrito a seguir:

O Capítulo 2 apresenta a contextualização dos recursos hídricos e da importância da gestão das águas pluviais, apresentando as principais abordagens teóricas sobre conflitos, análise multicritério e multidecisor, bem como as tendências de processos que envolvam vários critérios na seleção de alternativas da gestão das águas pluviais urbanas. São aprofundados os conceitos relativos aos modelos utilizados e discutindo os métodos de aplicação.

O Capítulo 3 trata da caracterização da Estrutura institucional hídrica do estado de Pernambuco e análise dos conflitos institucionais (legais, políticos e organizacionais) nesta estrutura institucional, bem como a interligação entre os mesmos e sua influência na gestão das águas pluviais.

O Capítulo 4 apresenta a metodologia desenvolvida, tendo em vista os objetivos (geral e específicos) desta tese: (i) identificação e análise dos conflitos institucionais, (ii) aplicação dos métodos de análise multicritérios PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*) e o AHP (*Analytic Hierarchy Process*), na área de estudo local como auxílio na tomada de decisão de intervenções na gestão de águas pluviais; (iii) aplicação do método multidecisor COPELAND simulando a gestão participativa com a implantação do comitê de rio urbano, na área de estudo local como auxílio na tomada de decisão de intervenções na gestão de águas pluviais.

O capítulo 5 apresenta os resultados da aplicação da área de estudo local, com auxílio dos métodos multicritérios simulando os cenários e critérios envolvidos na gestão das águas pluviais e o auxílio do método multidecisor no comitê de bacia de rios urbanos.

O Capítulo 6 apresenta as conclusões e recomendações inferidas no desenvolvimento desta tese.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMAS DE GESTÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

2.1.1 Breve Histórico

Até o início do século XX, o aproveitamento da água no Brasil se dava, essencialmente, por iniciativa dos agentes privados, para a irrigação ou para o abastecimento público. As atribuições e competências sobre os recursos hídricos eram de responsabilidade do Ministério da Agricultura (COSTA, 2008). Isso, de certa forma, simbolizava a prioridade do uso dos recursos hídricos do país, considerado, à época, como de vocação primeiramente agrícola.

O Código de Águas, estabelecido pelo Decreto Federal 24.643, de 10 de julho de 1934, trouxe inovações significativas para a época: já assegurava o uso gratuito de qualquer corrente ou nascente de água, para as primeiras necessidades da vida, permitindo a todos usar de quaisquer águas públicas, conformando-se com os regulamentos administrativos; era impedida a derivação das águas públicas para aplicação na agricultura, indústria e higiene, sem a existência de concessão, no caso de utilidade pública, e de autorização nos outros casos; em qualquer hipótese, dava-se preferência à derivação para abastecimento das populações.

A partir da década de 1950, as competências sobre os recursos hídricos foram transferidas para o setor elétrico. Embora coubesse ao Ministério de Minas e Energia a responsabilidade do cumprimento da gestão de recursos hídricos em nível nacional, outros setores, que se valiam daqueles recursos como insumo às suas atividades, resistiam a essa hegemonia, por entender que se tratava de uma administração tendenciosa. O resultado imediato foi o início do processo de fragmentação da administração dos recursos hídricos, problema este que o país ainda enfrenta (PAGNOCCHESCHI, 2000 *apud* CARDOSO, 2003).

A partir da década de 70 do século XX, no entanto, a ocorrência de sérios conflitos de uso da água começou a suscitar discussões, no meio acadêmico e técnico-profissional, sobre como minimizar os problemas decorrentes (TUCCI *et al.*, 2001). Além do envolvimento dos diferentes setores usuários, nos conflitos pelo uso dos recursos hídricos, integravam-se na disputa os interesses de unidades político-administrativas distintas (estados e municípios). Nesse período, o poder se achava muito concentrado na área federal, tendo partido de técnicos do Governo Federal

a iniciativa de se criarem estruturas para gestão dos recursos hídricos por bacia hidrográfica. (DI PIETRO, 2002). Esta fase é marcada pela falta de integração entre as políticas de desenvolvimento e de meio ambiente, pelo custeio integral por fundos públicos e pela falta de participação social (GOLDENSTEIN, 2000)

Em 1976, em razão dos graves problemas com os rios da região metropolitana de São Paulo, o Estado e o Ministério de Minas e Energia firmaram um acordo para dirimir tais problemas. Devido ao sucesso da interação entre os dois entes, foi proposta a criação do Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas - CEEIBH, para promover o uso racional das águas dos rios de domínio da União, com a integração de estudos das diversas instituições que interferissem direta ou indiretamente no uso (POMPEU, 2006).

A partir do processo de redemocratização do Brasil e da nova Constituição de 1988, que deu maiores poderes para estados e municípios, o país iniciou uma nova etapa no processo de gestão dos recursos hídricos. Novas organizações foram criadas, fruto tanto da evolução do quadro político-institucional, quanto da evolução da natureza dos próprios problemas de recursos hídricos, que passaram a ser mais complexos e a demandar maior participação direta da sociedade para sua solução. Neste novo processo, a sociedade civil apresentou um incremento no associativismo e na presença dos movimentos sociais organizados, explicitados na construção de espaços públicos, pressionando pela ampliação e democratização da gestão estatal (AVRITZER, 2002)

A formação de colegiados e conselhos foi uma das mudanças inseridas na gestão pública, no período pós-ditadura, fazendo parte do processo de democratização do país. A participação da sociedade civil, dentro dos novos espaços públicos de interação e negociação, emergiu como um ingrediente importante dessa mudança qualitativa, ao lado da descentralização do poder. Essa mudança estava relacionada com o “questionamento sobre o papel do Estado como principal agente indutor das políticas sociais” (JACOBI, 2000).

Na década de 1990, a participação, nas suas diversas dimensões, foi amparada e institucionalizada dentro dos marcos das democracias representativas. A participação popular se transformou no referencial de ampliação de possibilidades de acesso dos setores populares, dentro de uma perspectiva de desenvolvimento da sociedade civil e de fortalecimento dos mecanismos democráticos (JACOBI, 2008). Em decorrência deste processo, obtiveram-se, entre outros acordos institucionais de política pública, a institucionalização da Política Nacional de Recursos Hídricos e a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, por meio da Lei Federal nº 9.433 de Janeiro de 1997.

Essa lei culminou um longo processo de avaliação das experiências de gestão de recursos hídricos e de formulação de propostas. Trata-se de um marco histórico, de grande significado e importância para a gestão dos recursos hídricos no Brasil. O novo modelo institucional ocorreu com a inserção da demanda da sociedade, por participação e descentralização, ante a criação de organismos de tomada de decisão em nível nacional, estadual e de bacia (conselhos e comitês) que passaram a incorporar novos atores (municípios, usuários e organizações civis) ao processo de gestão (ABERS, 2005). Com as mudanças ocorridas, o processo de decisão – que, antes, era centralizado – passou a ser compartilhado e a acontecer nos comitês de bacia e nos conselhos de recursos hídricos, nacional e estaduais.

Neste contexto, o poder público mantém o seu papel de gestor e coordenador, mas vê-se instado a compartilhar o gerenciamento do recurso com os diversos segmentos interessados (SCHWINGEL, 2008). Os comitês de bacia hidrográfica têm função consultiva e deliberativa, sendo a participação ativa da sociedade o meio pelo qual se espera que melhorias efetivas possam ser alcançadas. Estudos mostram, entretanto, que esse processo é mais complexo e mais lento do que se esperava (ABERS, 2010; COSTA RIBEIRO, 2009).

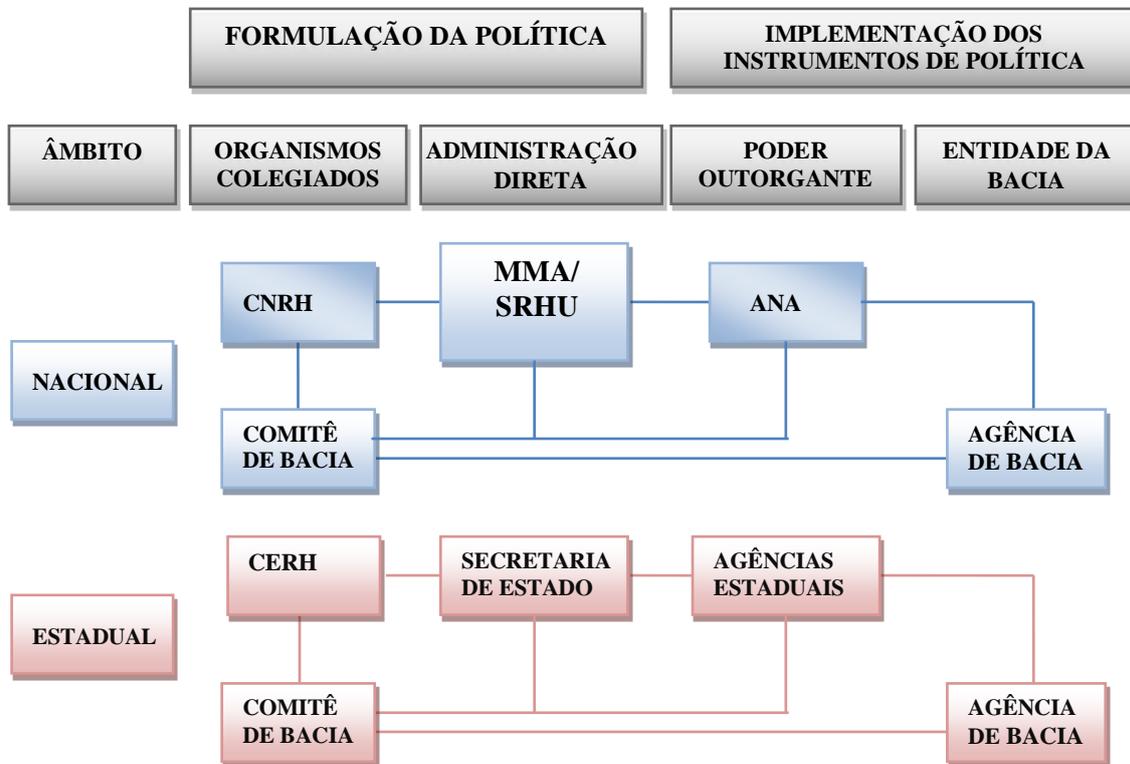
2.1.2 Política Nacional de Recursos Hídricos

Em 1997, com a Lei de Organização Administrativa nº 9.433/97, é definido o arcabouço institucional para a gestão descentralizada e participativa do uso da água no Brasil, sendo instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (que tem como instrumentos: os Planos de Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos; o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos) e criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), este último sendo constituído por: Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano (SRHU/MMA), Agência Nacional de Águas (ANA), Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados (CERHs), órgãos gestores federais e estaduais, Comitês de Bacia e Agências de Água (Figura 1).

Analisando-se as transformações político-institucionais dos recursos hídricos, após a Lei 9.433/97, é possível perceber a ampliação dos canais de representatividade dos setores organizados para atuarem junto aos órgãos públicos, configurando a construção de um novo modelo de estrutura institucional, mais clara e democrática. Dentro dessa perspectiva, abre-se a possibilidade de buscar a articulação entre a implantação de práticas descentralizadoras e uma engenharia

institucional que concilia participação com heterogeneidade e com formas mais ativas de representatividade (JACOBI, 2007).

Figura 1 - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.



Fonte: MMA, 2009.

Neste arranjo institucional, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos possui o papel de: formular políticas e diretrizes gerais, aprovar a instalação de Comitês de Bacia de rios de domínio da União e arbitrar conflitos entre Conselhos Estaduais. Estes, por sua vez, formulam políticas e diretrizes gerais nos Estados, em consonância com a legislação federal, aprovam a instalação de Comitês de Bacia de rios de domínio estadual e arbitram conflitos entre Comitês de Bacia. A Resolução CNRH nº 05/00 determina que os CBHs são órgãos colegiados com atribuições normativas, deliberativas e consultivas, a serem exercidas na bacia hidrográfica de sua jurisdição (art. 1º § 1º) (BOHN, 2003).

2.1.3 Gestão das Águas Pluviais no Espaço Urbano

2.1.3.1 Aspectos Regulatórios e Legais

Embora não exista no Brasil uma base regulamentar específica e direcionada ao emprego de técnicas compensatórias para o manejo das águas pluviais, a legislação brasileira, nos níveis federal, estadual e municipal, dispõe de instrumentos legais que podem conduzir ao seu uso, com fins de controle de escoamentos, redução da poluição difusa e de seu impacto sobre os meios receptores.

Particularmente em contexto urbano, a Lei Federal 10.257/2001, do Estatuto da Cidade, contém instrumentos de política urbana com potencial para emprego, como meio de controle dos impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico e os recursos hídricos. São exemplos:

(i) **os instrumentos de planejamento**, como os planos nacionais, regionais e estaduais; o plano diretor; a disciplina do parcelamento, do uso e da ocupação do solo; o zoneamento ambiental; o plano plurianual; as diretrizes orçamentárias e o orçamento anual; os planos, os programas e os projetos setoriais; a gestão orçamentária participativa; os planos de desenvolvimento econômico e social.

(ii) **de ordenação do território**, o planejamento metropolitano e municipal;

(iii) **os instrumentos tributários e financeiros**;

(iv) **os institutos jurídicos e políticos**, destacando-se: desapropriação, servidão administrativa, as limitações administrativas, a instituição de unidades de conservação, o direito de superfície, a outorga onerosa do direito de construir e de alteração de uso, a transferência do direito de construir e as operações urbanas consorciadas.

Os instrumentos de planejamento, o zoneamento, o direito de preempção, as operações urbanas consorciadas e os instrumentos tributários e financeiros como os mais inovadores com potencial para promover ou facilitar o uso de técnicas compensatórias de drenagem pluvial (NASCIMENTO, 2009). Tendo em conta que a essas soluções técnicas frequentemente se associam a implantação de equipamentos públicos de lazer e de proteção ambiental, elas podem ser parte de planos de desenvolvimento econômico e social e devem ser objeto de escolhas da sociedade, inclusive por meio da gestão orçamentária participativa.

O zoneamento é um instrumento legal de regulação do uso do solo por meio de partições espaciais as quais se conferem possibilidades ou proibições (SARNO, 2004). As possibilidades e as proibições podem estar associadas aos tipos de uso (residencial, comercial, de serviços,

industrial ou misto) e a parâmetros de uso, como a menor área do lote, a densidade de ocupação e as taxas de impermeabilização permitidas.

Ao controlar o uso do solo e a densidade de ocupação, o zoneamento permite:

- (i) proteger áreas ambientais sensíveis, como as áreas úmidas;
- (ii) restringir o desenvolvimento em áreas de risco natural;
- (iii) restringir a ocupação de áreas de interesse para a gestão de águas pluviais.

Como exemplos de restrição de áreas de interesse para a gestão de águas pluviais, encontram-se as delimitações de áreas para a implantação de estruturas de armazenamento, como as bacias de retenção ou de zonas de interesse para o favorecimento de processos de infiltração de águas pluviais.

O zoneamento tem maiores possibilidades de sucesso quando as razões para o estabelecimento de restrições de uso do solo encontram-se claramente definidas e contam com o apoio da população. É também fundamental que o município disponha de meios para a fiscalização e o controle do uso do solo. No Brasil, é comum que áreas com restrição de ocupação legal sejam ilegalmente ocupadas, particularmente por população de baixa renda. É importante, portanto, que as iniciativas de restrição de ocupação sejam seguidas pela implantação de equipamentos de interesse coletivo, como os destinados ao controle de águas pluviais de áreas verdes, de praças e de parques.

A implantação de distintas soluções compensatórias de drenagem pluvial em uma dada área pode ser feita como parte integrante de operações urbanas consorciadas. Esse instrumento é implementado sob a coordenação do Poder Público municipal, com a participação dos moradores, dos proprietários, dos usuários e dos investidores privados da área objeto da operação, tendo por objetivo realizar transformações urbanísticas estruturais, melhoria social e valorização ambiental. Por meio dessas operações, poderá haver alterações de índices e de características do parcelamento, alterações de normas edilícias, modificações do sistema viário existente, transferência do direito de construir e outras ações, tendo em conta o impacto ambiental delas decorrentes. Trata-se de um instrumento importante que pode facilitar a adoção de técnicas compensatórias, sobretudo em áreas já ocupadas, desde que associadas a outras ações de melhoria de qualidade de vida.

O Estatuto da Cidade lista como instrumentos tributários e financeiros: o imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana (IPTU); a contribuição de melhoria e os incentivos e benefícios fiscais e financeiros.

Tem-se discutido no Brasil e em outros países a adoção de mecanismos que visem reduzir os impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico e sobre a qualidade de água, tendo por referência a cobrança pelo serviço de drenagem de águas pluviais (Nascimento ; CANCADO; CABRAL, 2005; Gomes; BAPTISTA; NASCIMENTO, 2008).

Esse tipo de cobrança poderia desempenhar ainda outras funções, inclusive a de contribuir para o financiamento de investimentos em infraestrutura de águas pluviais e para cobrir custos de operação e de manutenção de tais sistemas. De fato, algumas municipalidades já adotam esse tipo de cobrança, como é o caso de Munique, na Alemanha, Zurique, na Suíça, e de Santo André, no estado de São Paulo.

O parcelamento do solo urbano é regulamentado pela Lei Federal no 6.766/79. O parcelamento para fins urbanos somente poderá ser realizado em zonas urbanas, de expansão urbana ou de urbanização específica, assim definidas pelo plano diretor ou lei municipal. Esta lei estabelece restrições ao parcelamento de zonas de risco de inundação, de risco geológico e em terrenos com declividade igual ou superior a 30%, antes que sejam tomadas medidas de redução de tais riscos. É também restrito o parcelamento de áreas de preservação ecológica.

Os loteamentos deverão atender a requisitos tais como a reserva de áreas destinadas a implantação de equipamentos urbanos e comunitários, espaços livres de uso público e áreas destinadas ao sistema viário, proporcionais a densidade de ocupação estabelecida no plano diretor.

Uma *faixa non aedificandi* deverá ser reservada ao longo de águas correntes, com largura estabelecida em 15 m de cada lado. Uma faixa ribeirinha *non aedificandi*, fixada em 30 m de largura, para cursos d'água com largura inferior a 10 m, e também definida pela Lei Federal no 4.771/65, do Código Florestal. A legislação brasileira referente a política nacional de recursos hídricos (Lei Federal no 9.433/97) e aos padrões de lançamento em corpos receptores (Resolução CONAMA no 357, de 17 de março de 2005) define instrumentos e padrões que, embora não circunscritos a esfera urbana, podem contribuir para o emprego de soluções alternativas de drenagem pluvial.

2.1.3.2 *Sistemas Clássicos de Gerenciamento de Drenagem Urbana*

Os sistemas clássicos de drenagem urbana são inspirados nos princípios do higienismo. As águas pluviais são captadas e levadas a condutos artificiais, preferencialmente subterrâneos, funcionando por gravidade, sendo evacuadas das zonas urbanas e lançadas em corpos d'água rapidamente. Estes sistemas são dotados de dispositivos de captação das águas superficiais, estruturas de condução, na forma de canais abertos ou condutos enterrados e obras

complementares, tais como bueiros e dissipadores de energia (MOURA, 2004). Este tipo de sistema é caracterizado, portanto, pela implantação de condutos que promovem uma maior eficiência hidráulica do escoamento, que passa a ocorrer com maior velocidade.

Porém, os sistemas clássicos de drenagem apresentam inconveniências: com o aumento da velocidade do escoamento, as cheias são propagadas para jusante mais rapidamente e as áreas urbanas de montante causam inundações nas áreas de jusante. Além disso, estes sistemas não consideram os aspectos de qualidade das águas. Com o crescimento da ocupação das áreas de drenagem, estes sistemas apresentam falhas, provocando inundações. Para solucionar tais falhas, os sistemas têm as dimensões de suas canalizações ampliadas, por meio de obras onerosas.

2.1.3.3 *Sistemas Compensatórios de Gerenciamento de Drenagem Urbana*

A partir dos anos 70, segundo Baptista et al. (2005), os países da Europa e da América do Norte desenvolveram uma nova abordagem para tratar o problema de drenagem urbana. O conceito de “tecnologias alternativas” ou compensatórias de drenagem busca neutralizar os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos, com benefícios para a qualidade de vida e a preservação ambiental.

Assim, evitou-se o uso de soluções pontuais e priorizou-se a preservação das condições naturais com o controle da drenagem na fonte que proporcionava a recuperação da capacidade de infiltração das áreas urbanas, o amortecimento das cheias e o planejamento da bacia hidrográfica urbana.

Os sistemas compensatórios ou alternativos de drenagem urbana se opõem ao conceito de evacuação rápida das águas pluviais, baseiam-se na infiltração e retenção das águas precipitadas, acarretando uma diminuição no volume de escoamento superficial, bem como o rearranjo temporal das vazões. Quando adequadamente concebidos, eles podem exercer um importante papel na melhoria da qualidade das águas pluviais. Eles podem assumir múltiplas formas, podendo ser utilizados em diferentes escalas, desde pequenas parcelas, até o projeto de sistemas de drenagem para cidades inteiras, além de poderem ser facilmente integrados ao meio ambiente, permitindo usos diversos pela população, como áreas de estacionamento, áreas para a prática de esportes, áreas de parques ou de lazer inundáveis (Moura, 2004).

De acordo com Baptista et al. (2005), com exceção das bacias de amortecimento de cheias, já empregadas em diversas cidades brasileiras, a utilização de técnicas compensatórias no Brasil ainda é relativamente incipiente. Todo um potencial de benefícios advindos do uso dessas tecnologias está ainda para ser adequadamente utilizado.

Baptista (2001) classifica essas técnicas em três tipos distintos, segundo a forma de controle de vazões:

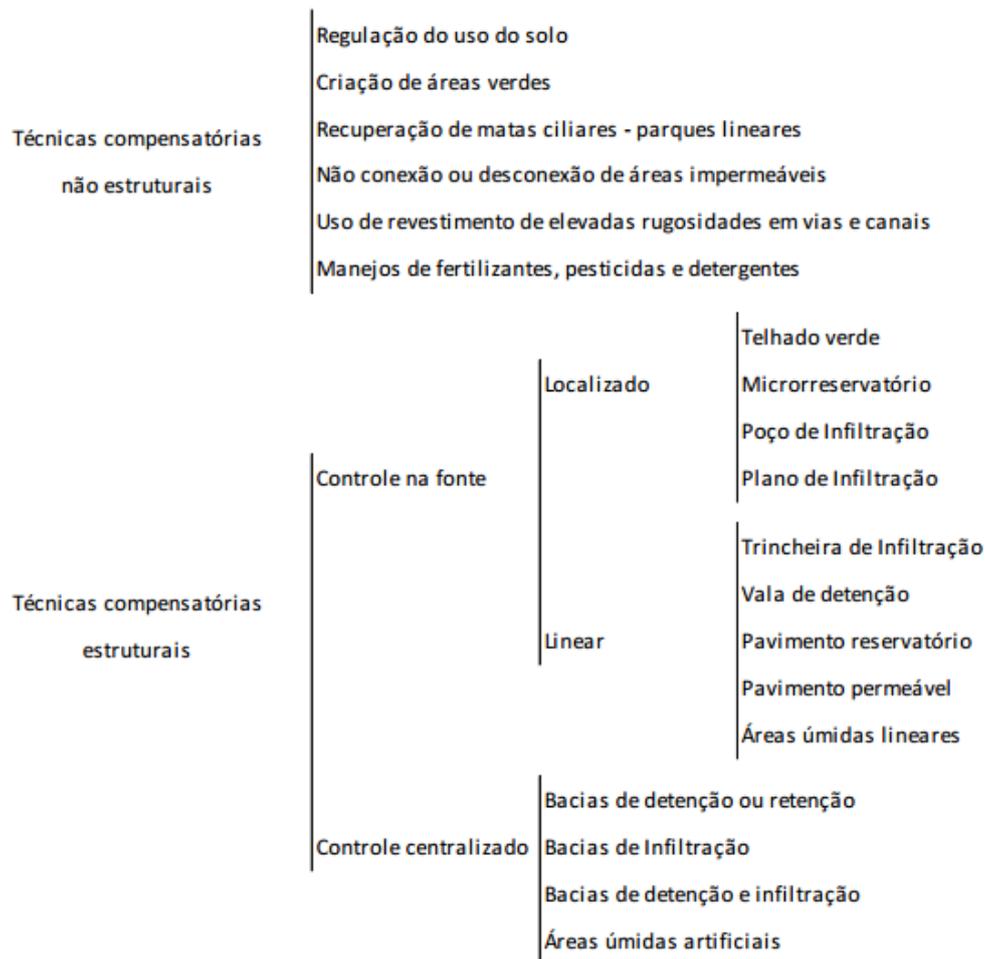
- ✓ Técnicas para controle na fonte: poços de infiltração, micro-reservatórios individuais, valas, valetas ou áreas de armazenamento e/ou infiltração, telhados armazenadores, etc.;
- ✓ Técnicas para controle nos sistemas viário e de drenagem: pavimentos porosos, valas e valetas de armazenamento e/ou infiltração, áreas de armazenamento em pátios ou estacionamentos, etc.;
- ✓ Técnicas para controle centralizado: Bacias de retenção e/ou infiltração.

Conforme Tucci (2002), a grande dificuldade de se implementar o controle na fonte da drenagem urbana reside na resistência dos profissionais desatualizados, na falta de capacidade técnica dos municípios para atuar na fiscalização e controle e na falta de tratamento de esgoto e de um sistema eficiente de limpeza urbana.

Para Righetto et al. (2009), o controle da geração de deflúvios em lotes e condomínios habitacionais pode ser eficientemente realizado integrando-se no paisagismo as áreas impermeabilizadas com as áreas verdes, utilizando-se microrreservatórios de infiltração e por meio de incentivos do Poder Público, como redução do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) para proprietários que reduzam a contribuição de deflúvios.

Na atualidade, existe uma grande diversidade de técnicas compensatórias em drenagem pluvial, como pode ser observado na Figura 2. As técnicas compensatórias que visam o controle e/ou a prevenção dos impactos produzidos pela urbanização podem ser classificadas como de caráter estrutural e não estrutural.

Figura 2 - Tipos de Técnicas Compensatórias.



Fonte: Nascimento e Baptista (2009)

2.1.3.4 *Técnicas Compensatórias e Análise de Critérios*

A escolha dos tipos de técnicas a serem adotadas depende de fatores urbanísticos, sociais, econômicos e ambientais. A situação ideal para o emprego desse tipo de solução ocorre quando os estudos conduzindo a escolha das técnicas mais convenientes são feitos ao mesmo tempo em que se desenvolve o projeto de urbanização de uma nova área de desenvolvimento, o que permite uma maior flexibilidade para a escolha e a adaptação das técnicas compensatórias ao projeto urbanístico. Porém, há vários casos de inserção de técnicas compensatórias em áreas já urbanizadas, ainda que, nessas circunstâncias, frequentemente, notem-se maiores limitações a escolha e aos custos de implantação majorados.

Conforme enfatizado por Baptista et al (2005), o processo de escolha e de concepção de sistemas pluviais com técnicas compensatórias se faz em duas etapas principais: a de eliminação

e a de decisão ou escolha, propriamente dita. A fase de eliminação de técnicas baseia-se na análise de suas características físicas e de suas implicações para a área de implantação. Os critérios de análise são fundados essencialmente no confronto entre a tipologia da técnica (bacias de retenção, trincheiras, poços etc.), seus princípios de funcionamento quanto as formas de alimentação, de armazenamento e de esvaziamento e em requisitos e restrições de uso.

Cada uma das diferentes técnicas deve ser confrontada com os vários requisitos e implicações pertinentes que podem ou não limitar seu emprego, possibilitando a identificação das técnicas efetivamente viáveis para uma dada situação. Diversos são os critérios de análise que condicionam a viabilidade das diferentes técnicas. Serão brevemente apresentados, a seguir, alguns dos mais relevantes.

I - Critérios físicos

Os principais aspectos físicos são as características topográficas locais, o nível d'água do lençol subterrâneo, a capacidade de infiltração e de suporte do solo. Em geral, as soluções baseadas em infiltração de águas pluviais não são adequadas a terrenos com elevada declividade, podendo implicar em riscos de exfiltração e/ou de deslizamento de encostas. Terrenos de declividade elevada resultam também em custos mais elevados para a implantação de bacias de retenção, uma vez que, muitas vezes, requerem a criação de volumes de terra muito significativos, por meio de escavações, obras de proteção de taludes, barramentos com altura elevada, obras de dissipação de energia hidráulica de grandes dimensões e custosas, entre outros fatores.

Para o emprego de técnicas de infiltração de águas pluviais, é necessário conhecer a condutividade hidráulica a saturação no local de implantação. Em um mesmo sítio, a condutividade hidráulica a saturação pode variar significativamente, requerendo-se medidas in situ em diferentes pontos na fase de projeto das técnicas. Os solos com condutividade hidráulica compreendida entre 10^{-3} e 10^{-6} m/s podem, a priori, admitir técnicas de infiltração das águas pluviais.

Um lençol d'água subterrâneo pouco profundo pode reduzir os volumes de armazenamento de estruturas de retenção. Representam também riscos quando se trata do emprego de estruturas de infiltração, uma vez que podem saturá-las durante eventos pluviais longos, havendo ainda o risco de contaminação de águas subterrâneas. Recomenda-se o emprego dessas soluções apenas quando o nível d'água (NA) dos lençóis, em período chuvoso, encontra-se a pelo menos 1 m abaixo da superfície dos terrenos. Por outro lado, para o caso de soluções que contemplem um espelho d'água permanente, é importante conhecer as condições de alimentação de tais sistemas nos períodos secos do ano.

Outro ponto relevante é a definição do exutório da estrutura compensatória. É preciso respeitar a capacidade de tais sistemas em receber escoamentos e, eventualmente, cargas mais significativas de poluentes de origem pluvial.

II - Critérios urbanísticos e de infraestrutura

Um dos principais fatores relacionados ao urbanismo local é a disponibilidade de espaço para as técnicas compensatórias. Esse aspecto é mais relevante nos casos de bacias de detenção e/ou infiltração e áreas úmidas artificiais, por exemplo. Como mencionado, essas soluções podem ser combinadas com a criação de áreas verdes e de terrenos para a prática de esportes, permitindo agregar valor aos terrenos destinados ao manejo das águas pluviais.

Trincheiras de infiltração podem se adaptar bem ao sistema viário, em geral requerendo pouco ou nenhum espaço suplementar. Já as valas de detenção frequentemente requerem um maior espaço junto ao sistema viário. Evidentemente, pode-se optar por soluções subterrâneas, porém a custos mais elevados.

As soluções que são implantadas de forma associada às estruturas urbanas, como os pavimentos permeáveis no sistema viário ou em áreas de estacionamento, e as coberturas verdes naturalmente não requerem espaço suplementar de implantação.

Outros aspectos ligados ao projeto urbanístico podem implicar em restrições ao emprego de algumas soluções compensatórias. Por exemplo, áreas industriais e alguns estabelecimentos comerciais podem gerar cargas poluentes que limitem o emprego de processos de infiltração de águas pluviais sem um tratamento prévio, sob risco de conduzir a uma rápida colmatação da estrutura ou contaminação do solo, ou ainda a contaminação de águas subterrâneas. Os pavimentos permeáveis, em função de seu tipo, muitas vezes não são adequados ao tráfego intenso ou a manobras frequentes de veículos pesados.

Em áreas em que a ocupação urbana já existe, o uso do subsolo por redes de infraestrutura urbana, como redes de água, esgoto, telefonia, eletricidade, fibra ótica e outras, pode ser um fator restritivo a alguns tipos de técnicas compensatórias. Por outro lado, problemas associados a rede de coleta e a interceptores de esgoto sanitário podem resultar em aportes de cargas orgânicas elevadas a estruturas compensatórias, comprometendo seu funcionamento.

III - Critérios sanitários e ambientais

O risco de poluição das águas e dos solos deve ser avaliado com base em duas fontes associadas de informação: a qualidade das águas de escoamento a serem evacuadas e a vulnerabilidade do meio receptor (corpos d'águas superficiais, lençol d'água e solo). No que se refere a qualidade das águas a serem evacuadas, a poluição crônica ou acidental pode ser avaliada

em função da natureza das superfícies drenadas – telhados, arruamentos, estacionamento etc. – e do modo de ocupação dos solos – zona residencial, comercial, mista, industrial –, bem como da composição dos solos. O conhecimento do histórico do uso dos solos do local em estudo pode trazer informações importantes.

No que diz respeito à vulnerabilidade do meio receptor, dois aspectos devem ser considerados: o seu valor em termos de recurso hídrico (água potável, uso industrial ou agrícola etc.) e o seu valor patrimonial, ou seja, a sua aptidão a responder a outras eventuais necessidades atuais e futuras. Evidentemente, devem ser respeitadas as restrições de lançamento estabelecidas pela legislação ambiental e de gestão dos recursos hídricos.

Águas de escoamento que transportam cargas elevadas de sedimentos são danosas a soluções de infiltração (colmatarão) e de armazenamento (assoreamento). É necessário avaliar esses aspectos e, quando possível, dotar as técnicas compensatórias de estruturas de remoção de cargas de sedimento a montante.

Em termos sanitários, os riscos são principalmente ligados a possível estagnação de água em certos tipos de técnicas, o que pode resultar em desenvolvimento de organismos vetores de doenças (mosquitos, vírus, bactérias etc.). Assim, certas técnicas devem ser proscritas em projetos em que haja riscos associados a dificuldades operacionais, como falhas de manutenção ou uso inadequado.

No mesmo sentido, problemas associados ao transporte de resíduos sólidos por escoamentos pluviais são fonte de perturbações importantes ao funcionamento das estruturas, apresentando riscos sanitários e gerando problemas significativos de aceitação das soluções compensatórias por razões estéticas, por maus odores e outros.

III - Critérios Sociais

A aceitação de técnicas compensatórias pela população que habita as áreas vizinhas e o conhecimento de que se dispõe sobre os modos de funcionamento e de operação de tais estruturas são importantes fatores para o sucesso de sua integração ao projeto urbanístico e de seu adequado funcionamento.

Nos estudos de viabilidade, outros fatores socioeconômicos podem influir na análise, como a percepção positiva ou negativa de certas técnicas, por razões culturais ou históricas, a proximidade de equipamentos urbanos para os quais o recurso a determinadas técnicas pode ser considerado inadequado, o risco de utilização de espaços de armazenamento de águas pluviais, como depósito de resíduos sólidos ou bota-fora etc.

Eventualmente, critérios relativos à manutenção e ao custo, que a priori não seriam avaliados na presente fase, uma vez que as soluções técnicas ainda não foram definidas, podem vir a comprometer certas alternativas, seja por impossibilidade de manutenção futura, seja por necessidade de tratamento específico e caro de um solo poluído etc.

2.2 GOVERNANÇA DOS RECURSOS HÍDRICOS

Atualmente, na gestão hídrica, o termo “governança” representa um enfoque conceitual que propõe caminhos alternativos, teóricos e práticos, que façam uma real ligação entre as demandas sociais e sua interlocução ao nível governamental. (JACOBI, 2010). Desta forma a governança engloba os processos políticos, econômicos, sociais e as instituições pelas quais os governos, a sociedade civil e o setor privado decidem qual o melhor modo de dispor dos recursos hídricos para o uso, desenvolvimento e gestão (RAVNBORG, 2004).

Laking (2001 *apud* LEVY, 2004) define governança como “arranjos institucionais, legais e administrativos pelos quais os governos exercem poder, bem como mecanismos correlatos para a responsabilidade pública, domínio da lei, transparência e participação cidadã”. [tradução nossa]

Krahman (2003) distingue os conceitos de governo e de governança como dois tipos-ideais, relativos à concentração e à fragmentação da autoridade política, respectivamente. Como conceito geral, este autor descreve ‘governança’ como estruturas e processos que permitem aos atores governamentais e não-governamentais coordenar suas necessidades e interesses interdependentes, por meio da formulação e implantação de políticas, diante da ausência de uma autoridade unificada. A governança, então, seria distinta de ‘governo’, na medida em que resulta da constituição de arranjos de decisão política, compostos de atores, além dos setores governamentais, conduzindo à crescente inclusão e empoderamento de atores privados e civis na provisão de serviços para o público, com vistas a incrementar a eficácia e eficiência na regulação social e econômica.

Mota *et al.* (2008) oferecem uma visão, a partir do cenário global, acerca do estabelecimento da governança ambiental internacional, determinada pelo “conjunto de acordos, convênios e normas internacionais, os quais visam articular uma proposta de política ambiental global”, para a participação dos atores no processo de discussão e definição de políticas ambientais. Fritsch e Newig (2009) fornecem uma exploração teórica acerca da aferição da efetividade dessa participação, no que se refere ao cumprimento das normas ambientais e à consequente eficiência da atuação das instituições, encarregadas da gestão dos recursos naturais.

Uma tendência que caracteriza tanto as concepções da boa governança como da governança participativa é a crescente ênfase dada à necessidade de aumentar o grau de interação dos diversos atores sociais, o que se faz necessário “para enfrentar um ambiente de turbulências e incertezas” (LOIOLA; MOURA, 1997 *apud* FREY, 2007). A ideia de governança, no sentido da gestão integrada de recursos hídricos, vem sendo amplamente discutida, não apenas pela sua clara institucionalização no Brasil, mas, especialmente, em referência a possíveis assimetrias de poder, causadas por déficits de representatividade de segmentos sociais nas deliberações dos órgãos colegiados do SINGREH (WARNER, 2005; SOARES *et al.*, 2008).

Enquanto espaços de representação, onde devem atuar forças de múltiplos grupos de interesses, os comitês de bacia hidrográfica (CBHs) seriam plataformas de vários grupos de interesse, nas quais questões como dificuldade de acesso à informação acerca dos mananciais a serem geridos, nos mais diversos aspectos – como os hidrológicos, econômicos, sociais e políticos, por exemplo –, induziriam a interpretações falseadas da realidade, por parte daqueles menos privilegiados. Por outro lado, representantes estariam apenas a serviço de suas instituições ou firmas, sem maiores preocupações com a coletividade e com a garantia do bem público ambiental. A composição dessas modalidades de vários grupos de interesse deve ser medida, segundo Warner (2005), pela participação equânime do Estado, sociedade civil e setor privado. Esse posicionamento encontra eco no formato de composição dos CBHs, com representantes de usuários de água, da sociedade civil e do setor público (BRASIL, 1997).

A presença das decisões nos níveis mais baixos, tendo-se o processo de gestão estatal, baseado no comando-e-controle como precursor do atual modelo nacional participativo, foi um ganho significativo na aproximação das decisões do cotidiano local (GRANJA; WARNER, 2006).

Conforme Dore e Lebel (2010), para uma situação justa e ideal de aceitação pública das decisões em gestão de recursos hídricos, é necessário um alto nível de articulação entre o Estado e a sociedade. Ainda, segundo esses autores, a criação de políticas públicas e a implantação dos critérios na gestão hídrica envolvem a interligação de várias camadas do governo, organizações e um conjunto de organismos estatais, com responsabilidades de construção, operação, energia, irrigação, avaliação de impacto, acompanhamento etc. Aspectos como transparência, responsabilidade e competência são os atributos que contribuem para a construção de confiança e reforço da legitimidade dos poderes. O principal benefício, neste processo, consiste na aceitação dos usuários em relação às decisões públicas.

É importante reconhecer a força motriz por trás da implantação da gestão hídrica, sustentada pelo pressuposto de que os governos e sua burocracia associada, devem realizar o seu

potencial proativo, guiados por líderes com um senso de justiça e equidade. Ligada, e complementar, a esta associação (governo-burocracia), deve haver uma sociedade civil dinâmica, que esteja disposta a participar, construtivamente, e a negociar com representantes do Estado (DORE; LEBEL, 2010).

Como não há um conceito único de governança, ou uma única abordagem, Hall e Rogers (2003) identificam três formas de vê-la: (i) os que se preocupam com a deficiência financeira e administrativa (lado econômico); (ii) os que enfocam nas questões políticas, como democracia, direitos humanos e processos participativos; e (iii) os que procuram ver se há ou não coerência entre o sistema político-administrativo e o sistema ecológico, na gestão dos serviços.

Neste contexto, a estrutura de governança (ou estrutura institucional) é formada por componentes legais, políticos e organizacionais, de maneira que o desempenho geral da estrutura institucional de recursos hídricos depende, não apenas das capacidades individuais dos seus componentes, mas, também da força das ligações estruturais e funcionais entre estes (SALETH; DINAR, 2005). A Figura 3 mostra uma representação simplificada da estrutura institucional hídrica, de acordo com Saleth e Dinar (2004 *apud* VIEIRA, 2008), com as setas indicando o conjunto de ligações que podem ocorrer internamente ou entre os três componentes.

Figura 3 - Representação simplificada da estrutura institucional hídrica.



Fonte: Adaptado SALETH; DINAR, 2005 *apud* VIERA, 2008.

A análise da Figura 3 permite verificar as interligações na estrutura institucional hídrica. A título de exemplificação de tais interligações, considere-se que os critérios dos direitos de propriedade, concebidos na legislação de recursos hídricos, estão diretamente relacionados à política de recursos hídricos (através da recuperação de custos e da participação dos usuários nas escolhas definidas nos comitês de bacia) e são influenciados pela estrutura organizacional de recursos hídricos (na forma em que se dá a sua implantação e a própria arrecadação da cobrança). Sob outra ótica, os direitos de propriedade e os mecanismos de resolução de conflitos, definidos na legislação, para uma implantação de sucesso, dependerão da estrutura organizacional, através das camadas de governo, da estrutura da administração hídrica e das competências para implantá-los.

2.2.1 Papel das Instituições na Governança

Na gestão de recursos hídricos, a regulamentação que fundamenta a Política Nacional passa pela Constituição Federal – com seus princípios delimitadores –, as leis ordinárias e regulamentos específicos (BRASIL, 1988), que definem os órgãos (entes) e competências institucionais de cada setor envolvido.

As instituições executam o papel de ajudar na organização das interações sociais, proporcionando assim, uma maior estabilidade às relações humanas, e, se forem bem estruturadas, facilitará à realização das atividades e/ou a implantação das ações. Entretanto, para que as ações aconteçam, de forma coordenada, deverão levar em consideração os vários subsistemas envolvidos na realização do processo de governança (ABDALA, 2007).

North (1990) e Fligstein (2001) consideram as instituições como as regras formais e informais da sociedade, que definem as relações sociais, ajudam a definir quem ou quais grupos ocupam qual posição nos relacionamentos e guiam as interações, dando aos atores um conjunto de conhecimentos cognitivos para interpretar o comportamento dos outros. Sua principal função é reduzir as incertezas e fornecer uma estrutura estável para o cotidiano. As instituições são as regras, normas, relações de poder, símbolos e valores culturais que transcendem o aspecto técnico e econômico da gestão das águas.

As instituições representam, portanto, os diferentes arranjos sociais estratégicos, construídos com o objetivo de favorecer a obtenção de conquistas coletivas, minimizar os efeitos das racionalidades individuais. Devem ser vistas, em geral, como um conjunto de regras, processos e práticas de comportamento que prescrevem papéis para atores, restringindo as atividades e formando expectativas (KEOHANE, 1988).

Assim, as instituições são difundidas por toda a sociedade: elas não incluem apenas organizações distintas – que são, muitas vezes, chamadas de "instituições" –, mas, também todas as regras formais ou informais, os processos e práticas que existem dentro da sociedade.

O trabalho de adaptação dos organismos existentes ou de construção de novas políticas, para facilitar a implantação do modelo de gestão brasileiro, varia de acordo com o tipo de instituição que precisa ser reformado ou criado. Em especial, as diferentes camadas ou níveis das instituições podem ser envolvidos na execução de uma ação a partir de um nível micro para um nível macro: o nível de um indivíduo para o de uma organização, uma rede (de indivíduos ou organizações), o governo, ou a sociedade como um todo. Estudos de avaliação da capacidade,

muitas vezes distinguem cinco níveis institucionais, conforme Willems (2004): (i) nível individual; (ii) nível organizacional; (iii) nível de rede; (iv) nível de governo; e (v) nível da sociedade.

Conforme Gasparini (2001), "A Administração Pública, sempre que desejar descentralizar uma dada atividade cuja cura lhe foi atribuída pelo ordenamento jurídico, observado, naturalmente, o interesse público, cria, por lei, uma pessoa pública de natureza administrativa e para ela transfere a titularidade da atividade ou serviço e, obviamente, sua execução. Wald (1999) identifica a independência que caracteriza uma agência reguladora em quatro dimensões: (i) *independência decisória* consiste na capacidade de a agência resistir a pressões de grupos de interesses em curto prazo; (ii) *independência de objetivos* compreende a escolha de objetivos que não conflitem com a busca prioritária do bem estar do consumidor; (iii) *independência de instrumentos* é a capacidade de a agência de escolher os instrumentos e de regulação de modo a alcançar os objetivos da forma mais eficiente possível; (iv) *independência financeira* refere-se à disponibilidade de recursos materiais humanos suficiente para execução das atividades de regulação.

Neto (2001) elenca o que chama de quatro importantes aspectos de atuação das agências reguladoras: (i) *independência política dos gestores*, investidos de mandatos e com estabilidade nos cargos durante um tempo fixo; (ii) *independência técnica decisional*, predominando as motivações apolíticas para seus atos, preferentemente sem recursos hierárquicos impróprios; (iii) *independência normativa*, necessária ao exercício de competência reguladora dos setores de atividade de interesse público a seu cargo; (iv) *independência gerencial orçamentária e financeira* ampliada, inclusive com a atribuição legal de fonte de recursos próprios, como, por exemplo, as impropriamente denominadas taxas de fiscalização das entidades privadas executoras de serviços públicos sob contrato.

Na busca de uma nova dinâmica econômica, social e do próprio gerenciamento de recursos hídricos no país, faz todo sentido se introduzir uma nova entidade, reguladora, como um impulso modernizante das instituições de governo (MORTARI, 2001).

Para relacionar as instituições à eficiência da gestão de recursos hídricos, faz-se necessário avaliar a forma como as instituições funcionam ao longo do tempo e se sua implantação é capaz de provocar mudanças de comportamento que, eventualmente, se reflitam em eficiência da política de gestão.

2.2.1.1 *Comitês de Bacia Hidrográfica*

O Comitê de Bacia Hidrográfica é um órgão de atuação regional. Sua área de ação é definida pela legislação federal, como a totalidade de uma bacia hidrográfica, a sub-bacia formada pelo curso d'água tributário do principal, ou por tributário desse tributário, ou o grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas (art. 37, Lei nº 9.433/97).

O Comitê de Bacia Hidrográfica é um órgão de Estado, criado por lei, colegiado, com funções consultivas e deliberativas relacionadas, ao gerenciamento da água, e reúne os representantes dos interesses na gestão por bacia hidrográfica. Um aspecto fundamental da legislação brasileira de recursos hídricos foi a criação de um sistema institucional que possibilita, à União, aos estados, aos usuários de recursos hídricos e à sociedade civil, atuar, de forma harmônica e integrada, na resolução dos conflitos e na definição das regras para o uso da água em nível de bacia hidrográfica. Neste sentido, Pereira (2005) alerta para a necessidade de criação de um ambiente institucional de negociação e construção de consensos, de maneira a compatibilizar os diversos conflitos de interesses e demandas.

Camargos (2004) diz que o Comitê é ente sem personalidade jurídica e integrante da administração pública; além disso, deve ser visto como o foro onde são tomadas as principais decisões políticas sobre a utilização das águas na bacia, esta é uma análise considerada do tipo multidecisor, o que lhe dá a denominação de “parlamento das águas”. Por ser um órgão de Estado e não possuir personalidade jurídica própria depende da prática material de uma entidade (Agência de Bacia ou outra) para a execução de suas deliberações, dentro da articulação do sistema.

Devido à adoção da bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento e gestão, conforme estabelecido pela PNRH, foi necessário que a Agência Nacional de Águas, que é o órgão responsável pela implantação da Política, adotasse estratégias de gestão, com base no arcabouço jurídico do país, considerando as peculiaridades regionais, em função da grande extensão territorial deste (ANA, 2002). Pereira (2005) cita como uma das formas de atuação harmônica das autoridades federal e estadual na gestão das águas de domínio da União, o pacto de gestão, o qual tem como ponto fundamental o entendimento e a cooperação entre a ANA e os órgãos gestores estaduais no exercício de seus poderes de polícia das águas.

Entretanto, o funcionamento dos comitês enfrenta diversas questões que concorrem para dificultar o seu pleno desenvolvimento, entre as quais podem ser destacados, segundo Barth (1998): a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, diferindo da divisão política do País; o tamanho da bacia hidrográfica e sua grande diversidade física, social, econômica

e ambiental; a compatibilização das atribuições institucionais em rios de domínio federal e estaduais; a necessidade de mudança cultural, ou seja, a necessidade de “quebrar” o sentimento de dependência financeira, técnica e institucional, perante os poderes públicos, para evitar uma relação paternalista e passiva da sociedade; a falta de conhecimento e percepção da sociedade quanto à importância do processo de implantação do comitê de bacia, o que dificulta o processo de mobilização social nesta. Conforme idealiza a fórmula da gestão pública colegiada dos recursos hídricos na Lei 9433/97, com a negociação sociotécnica através de Comitês de Bacias Hidrográficas e reserva a sociedade civil, uma responsabilidade central na condução da política e da gestão dos recursos hídricos (GUIVANT, 2003).

Além disso, a instituição da cobrança pelo uso de recursos hídricos, como um dos principais instrumentos de atuação dos Comitês de Bacia, faz com que os usuários da água, fundamentalmente, tenham que se organizar e participar ativamente desses entes, defendendo seus interesses quanto aos preços a serem cobrados pelo uso da água, assim como quanto à aplicação dos recursos arrecadados e à concessão justa das outorgas dos direitos de uso de recursos hídricos. Obviamente, esses acordos e soluções serão conseguidos a partir de complexos processos de negociação e resolução de conflitos diversos (JACOBI, 2004).

Por todas as características acima citadas, os CBHs são vistos como órgãos de deliberação, articulação e arbitragem de conflitos (CANALI, 2002). Porém, nem sempre as pessoas e as instituições se sentirão seguras em explicitar seus interesses e em utilizar o CBH para tratar dos conflitos sobre os usos da água. Além disso, podem encontrar, em outros campos, as alianças necessárias para a solução de suas demandas ou impedimentos, devido às relações políticas externas, por exemplo, entre município e estado.

A ausência de uma receita própria apresenta-se também como outro fator que contribui para a ineficácia dos comitês, visto que, para assegurar o desenvolvimento pleno de suas ações, estes ficam na dependência das instituições públicas.

2.2.1.2 Agências Bacia

A agência de bacia ou agência de água exerce a função de secretaria executiva do respectivo (ou respectivos) Comitê(s) de Bacia Hidrográfica (art. 41, Lei 9.433/97). Uma das condições indispensáveis para se obter um avanço da estruturação do sistema de gestão no país é a implantação das agências de bacia (CASTELLANO, 2006). Estas, por sua vez, possuem o papel de organizar toda a rede de entidades envolvidas no processo de decisão.

Neste contexto, as agências exercem um papel de agente integrador regional, no âmbito da bacia hidrográfica, dando suporte técnico a todos os comitês de bacias e sub-bacias contidas na bacia principal. A Agência pode ser responsável pela integração dos planos de bacia e de sub-bacias, conformando-os de forma a atender às questões gerais e, também, às especificidades da gestão local em cada sub-bacia. Ou seja, a harmonização da atuação dos diferentes comitês e dos planos de bacia passaria mais pela agência, do que por “protocolos de fronteira” entre comitês de tributários e de rios principais, como vem sendo proposto em alguns fóruns (ANA/FGV, 2003).

As bacias que não possuem a cobrança implantada, por sua vez, não terão recursos para aplicar e, sem agências para suportar, tecnicamente, as discussões, todo o movimento suscitado em torno da formação de comitês tende a refluir, desta forma, tornando inócuas as reuniões (ABERS, 2005).

De modo a dar maior amplitude e racionalidade operacional e econômica para o sistema de gerenciamento, e propiciar condições mais favoráveis para sua sustentabilidade financeira, considera-se que seria recomendável a criação de agências, quer sejam de âmbito estadual, quer sejam de âmbito federal, abrangendo as bacias dos grandes rios ou daqueles que atendam simultaneamente aos requisitos: existência de conflitos de uso/situações críticas e capacidade de arrecadação (ANA/FGV, 2003).

As atribuições, previstas em lei, para as agências de bacia e a inserção destas em um modelo totalmente sem precedentes no Estado brasileiro – o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos –, além das dificuldades que emergiram nas recentes tentativas de adaptar “entes” já existentes (Organizações Sociais, Organizações da Sociedade Civil de Interesse Público – OSCIP, Autarquias, Fundações, Empresas Públicas ou Consórcios) para exercerem as funções de agência, demonstram a necessidade de atribuir às agências personalidade jurídica própria.

Dependendo do modelo jurídico-administrativo que seja adotado, será necessário, ainda, reformular as atribuições previstas para as mesmas, no quadro legal existente. Ou seja, torna-se necessário criar um ente, capaz de exercer plenamente o papel de agente integrador da gestão no espaço regional da bacia hidrográfica (GALIMBERTI, 2003). Este ente deverá ter mandato jurídico-legal e capacidade técnica-administrativa de integrar as ações de gestão, tanto no que concerne à provisão de suporte técnico e operacional aos diversos comitês de distintas ordens existentes na sua bacia, como também a de estabelecer relação contratual com os órgãos gestores (federal e/ou estadual) com atuação na bacia.

Observa-se que, na prática, a descentralização do processo de planejamento e gestão das bacias será mais solidificada na medida em que estiverem implantados os Comitês de Bacia em

conjunto com as Agências de Bacia. Conforme Pereira (2005), as Agências de Bacia devem se constituir em instituições executivas, ágeis e flexíveis, servindo, assim, para dar suporte técnico, administrativo e financeiro às deliberações dos Comitês de Bacia.

2.3 CONFLITOS EM RECURSOS HÍDRICOS

Definida como a unidade territorial para a implantação da PNRH, a bacia hidrográfica, uma abstração espacial de caráter físico-ambiental, institucionaliza-se como superfície de regulação (PIRES DO RIO, 2003), desenhando uma superposição entre a unidade de gestão para os recursos hídricos e os recortes espaciais da gestão pública. Gera-se, portanto, uma lógica espacial mais complexa, onde são colocados os desafios à capacidade de articulação territorial, envolvendo diversos atores em diversas escalas. Esses desafios envolvem não somente instâncias integrantes do SINGREH e dos sistemas estaduais de gestão e planejamento dos recursos hídricos (que apresentam choques de atribuições e disputas envolvendo grupos políticos), mas também instituições e organizações ligadas a outros setores usuários dos recursos hídricos. Sob esse raciocínio, a bacia hidrográfica, além de ser uma unidade de gestão ambiental, torna-se também palco de gestão de conflitos.

Os conflitos sempre foram um ponto importante dentro da teoria da governança de recursos hídricos, de forma que seu surgimento não se origina somente da escassez em si, mas pela existência de diferentes visões e formas de como se deve gerir a água (PAHL-WOSTL, 2007; CASTRO, 2006; SCHELTINGA; WARNER, 2006). Além disso, a escassez pode ser gerada por questões políticas, econômicas e/ou tecnológicas, nem sempre é um fenômeno “natural”. Este último argumento pode servir para legitimar o controle sobre o recurso e sobre as pessoas, encobrendo uma injustiça na sua distribuição (WESTER; WARNER, 2002).

Segundo Durkheim (*apud* NASCIMENTO, 2001), a concepção de conflito torna-se possível da seguinte maneira: (i) Conflito, enquanto tensões normativas, que representa o choque entre novas e antigas normas, possibilitando o surgimento de uma nova estrutura social; (ii) Confronto de interesses entre grupos sociais distintos, que normalmente se digladiam nos campos econômico, político ou social; (iii) Anomia, ou seja, ausência de normas que ofereçam objetivos claros aos indivíduos; nesse caso, os comportamentos sociais são, aparentemente, destituídos de sentido, simplesmente se protesta em torno de algo que não se compreende; trata-se de um tipo de conflito, resultante da rapidez da mudança de um determinado processo, que surpreende e assusta.

No âmbito do direito administrativo, dois princípios demonstram um caminho de mudança e de influência da nova governança no tratamento de conflitos: o *princípio da subsidiariedade* e o *princípio da consensualidade* (MOREIRA NETO, 2007). O primeiro prescreve que a Administração Pública deve atuar subsidiariamente à sociedade, deixando que indivíduos cuidem e decidam sobre seus interesses, que grupos pequenos possam cuidar dos interesses coletivos e, a sociedade civil, dos interesses gerais. O segundo impõe que a Administração Pública aja prioritariamente de forma consensual, só devendo usar seu poder coercitivo quando não for possível o consenso. Neste caso, existem três formas de adoção da consensualidade, atualmente: na produção de normas, com o reaparecimento de fontes de regulação consensuais; na coordenação de ações por colaboração e cooperação; e, na solução de conflitos, com as formas alternativas de composição.

2.3.1 Classificações dos Tipos de Conflitos

Conflitos envolvendo recursos hídricos sempre existiram ao longo da história, mas a partir da década de 1970 houve maior ênfase à busca pela conexão entre estes e a escassez hídrica. Hardin (1977), ao formular a teoria da tragédia dos comuns, argumentou que o uso não regulado da água (assim como outros recursos naturais de uso comum) estaria submetido a um paradoxo de ação coletiva: sendo o recurso abundante e de acesso aberto a todos, a estratégia dominante dos usuários seria a de maximização da exploração; o resultado agregado seria o de um desastre coletivo, provocando a indisponibilidade da água. De modo semelhante, Ostrom (1977) argumenta que, em situações em que há recursos comuns e múltiplos usuários, emerge a necessidade de arranjos institucionais que regulem o uso indiscriminado, que podem assumir inúmeras formas.

Existe uma série de tipos de conflitos envolvendo recursos hídricos. Estes conflitos, por sua vez, possuem características diferenciadas que precisam ser compreendidas antes de qualquer intervenção. Segundo Mostert (1998), os conflitos envolvendo recursos hídricos possuem basicamente três fontes:

(i) *Desacordos Factuais* – quando as opiniões diferem em relação ao impacto de certas atividades, os riscos envolvidos e leis relevantes. Podem ter várias causas: (a) os fatos dificilmente estão totalmente corretos, o que causa incerteza; (b) as partes, em um conflito, frequentemente têm informações diferentes sobre o problema, o que pode ser resultado de comunicação falha ou insuficiente; (c) os indivíduos têm uma limitada capacidade de processar informações, podendo

usar apenas algumas peças de informação para tirar conclusões (que peças eles realmente usam e que peso dão a cada uma, é um processo que varia de indivíduo para indivíduo);

(ii) *Objetivos Conflitantes* – um objetivo refere-se a uma situação desejada e funciona como critério para avaliação de fatos relevantes. Existem vários níveis de objetivos, entre os quais: (a) Interesses – que se relacionam a ganhos e perdas pessoais e à distribuição de custos e benefícios; (b) Valores – mais fundamentais e que são culturalmente determinados (por exemplo, o nível mais fundamental é o das necessidades humanas básicas, tais como a de água para beber);

(iii) *Aspectos Relacionais* – que dizem respeito a problemas de relacionamento entre as partes. Dois problemas podem ocorrer: (a) Desconfiança – frequentemente causada por problemas de comunicação, gera mais distúrbios, menos cooperação, desacordos factuais, objetivos divergentes, aumento de tensão e decrescente vontade de comprometimento; (b) Luta pelo poder – com frequência toma a forma de competição pelas fontes de poder – competências, recursos financeiros, acesso a informação, status, entre outros.

Campillo (2006) classifica os conflitos pela água em duas modalidades:

(i) *Conflitos coletivos* - são os conflitos relacionados a grupos que compartilham a mesma fonte do recurso. Esse conflito pode ser entre indivíduos, grupos ou jurisdições territoriais (municípios, estados, países);

(ii) *Conflitos por externalidades* - estes conflitos se manifestam, em função de desacordos estabelecidos, devido a efeitos causados por ações de agentes externos, que alteram as características do recurso e afetam economicamente os seus beneficiários. São frequentes em casos de externalidades negativas, pois os efeitos causados interferem negativamente no interesse de alguns beneficiários. Um exemplo típico é a poluição por algum agente contaminante, lançado por uma indústria num determinado corpo d'água, impossibilitando a utilização da área para pescadores, esgotando, assim, a sua fonte de trabalho.

Devido ao avanço dos estudos de conflitos na literatura, constata-se diferenças em relação às diversas classificações dos conflitos. Pode-se extrair que, na evolução das teorias dos conflitos, houve maior preocupação em relação aos de conflitos pelo uso da água, de ordem qualitativa e quantitativa, podendo ser citadas as seguintes classificações: conflitos devido ao reflexo de mudanças ambientais (HOMER- DIXON, 1991); conflitos devidos aos usos da água, em função de inoperância do poder público na administração dos recursos hídricos (LANNA, 1997); conflitos devido ao estágio da gestão hídrica (OHLSSON, 2000); entre outras.

Atualmente, na classificação de conflitos, existe um enfoque maior, de forma complementar, nos conflitos originados pela falta de articulação institucional entre os setores

responsáveis pelo processo de decisão em recursos hídricos. Conforme o tipo de escassez de recursos, Ohlsson (1999) distingue dois tipos de conflitos:

(i) *conflito de primeira ordem* – origina-se da competição por um recurso natural (de primeira ordem) escasso, na ausência ou inadequação de normas e regulamentos que gerenciem essa escassez;

(ii) *conflito de segunda ordem* – causado, não diretamente pela escassez do recurso natural (de primeira ordem), mas, indiretamente, pela falha na introdução do tipo correto ou da quantidade suficiente de medidas de gerenciamento (recursos sociais de segunda ordem) adotadas para superar a escassez de primeira ordem.

Vieira (2008) define como *conflitos institucionais* aqueles originados da estrutura institucional da gestão hídrica. Nesta categoria, podem-se incluir: regras legais; planejamento, consulta e participação públicos; mecanismos de preços; estabelecimento de comitês de bacias, para servirem como plataformas de discussão dos problemas e das formas de planejamento; estabelecimento de autoridades, em nível de bacias, com poder de decisão em casos de conflitos. Assim, a autora define três tipos de conflitos institucionais, a saber:

(i) *conflitos legais* – decorrentes da incompatibilidade de diferentes conjuntos de leis (por exemplo, leis federais e estaduais de recursos hídricos); de diferentes interpretações da mesma lei, por diferentes atores; e das diferenças entre o espírito e a letra da lei, quando da sua aplicação;

(ii) *conflitos políticos* – referentes às abordagens adotadas em relação à gestão hídrica, incluindo diretrizes para alocação de água, a utilização de instrumentos econômicos, e o nível de participação da sociedade, em geral, e de usuários de água, em particular;

(iii) *conflitos organizacionais* – causados por inadequações na estrutura administrativa de gestão de recursos hídricos, seja por superposição de funções atribuídas às várias entidades, por incompatibilidades no aparato regulatório, seja pela insuficiência e/ou inadequação dos mecanismos de resolução de conflitos.

Pode-se inferir, portanto, em vista dos conceitos acima expostos, que os conflitos institucionais são resultantes da falta de recursos sociais, ou seja, da incapacidade do arcabouço institucional de gerenciamento dos recursos hídricos em encontrar ou aplicar as ferramentas adequadas para lidar com a escassez (quantitativa ou qualitativa) ou a má distribuição destes recursos (VIEIRA, 2008). Desta forma, os conflitos causados pela falta de capacidade institucional também ocorrem com um alto nível de oferta hídrica (por exemplo, alteração na qualidade da água

subterrânea através da intrusão salina, devido à falta de capacidade institucional para realizar um zoneamento das regiões críticas).

2.3.2 Métodos para Resolução de Conflitos

Os métodos para resolução de conflitos são utilizados de forma a minimizar os conflitos, tendo em vista que é impossível eliminá-los (LACERDA, 2010). É importante destacar que tais métodos não são uma forma de terceirizar ou privatizar o papel do Poder Judiciário, mas de oferecer fontes alternativas, com a finalidade de resolver, de forma mais fácil, o processo de resolução do litígio.

Devido à íntima ligação entre governança de água e conflitos entre usuários, a melhor forma de lidar com estes conflitos é utilizando métodos alternativos, rápidos, participativos e consensuais (SOARES, 2008a). Esse novo processo de resolução de conflitos inova a forma tradicional de resolução de problemas pelo Poder Judiciário e pelo Poder Executivo, que fundamentavam suas decisões na ciência, de forma autoritária e impositiva, passando para um processo que é baseado no diálogo e na colaboração, demonstrando que é possível tratar problemas sem o uso da violência e sem o desgaste da adversariedade e da imposição, ou seja, sem a eliminação ou anulação do outro (SALES, 2004; SIX, 2001). No processo de resolução de conflitos, Mostert (1998) reconhece três etapas principais:

(i) *Analisar o conflito* – Nesta fase, o objetivo é compreender o tipo e a natureza do conflito, definindo-se:

a. *os aspectos técnicos* das questões de gerenciamento hídrico, caracterizando os limites impostos, de natureza técnica;

b. *as diferentes partes envolvidas*, seus interesses e valores; há vários níveis de valores, sendo que, o mais fundamental, é o nível das necessidades humanas básicas, tal como a de acesso à quantidade mínima de água que garanta a sobrevivência;

c. *o relacionamento entre as partes*, incluindo as relações com círculos eleitorais e possíveis coalizões;

d. *os fatores contextuais* que influenciam o conflito: situação política, socioeconômica, relações entre as partes,

e. *contexto institucional e estrutura organizacional*, que determinam as competências e os recursos financeiros e técnicos das partes, determinando o seu poder de negociação ou de imposição de soluções;

f. *cultura*, que influencia as percepções e valores das partes; por exemplo, podem ocorrer desentendimentos resultantes dos diferentes significados que ações e palavras adquirem para culturas diversas.

(ii) *Desenvolver uma estratégia de resolução* – A estratégia escolhida depende do *nível em que se processa a resolução*. Conforme Lewicki e Litterer (1985), com base na relação de interesses das partes envolvidas, podem ser identificadas cinco abordagens: colaboração, compromisso, competição, acomodação e fuga.

(iii) *Escolher o método de resolução* – que depende dos resultados obtidos na análise do conflito e da estratégia desenvolvida para sua resolução.

A partir da delimitação da área de estudo e da identificação dos conflitos em recursos hídricos existentes, Vieira (2008) faz a divisão da análise de conflitos em quatro etapas, a saber:

(i) *Análise da estrutura institucional* de recursos hídricos: esta etapa objetiva verificar a ocorrência de conflitos legais, políticos e/ou organizacionais, no âmbito da área de estudo a ser analisada;

(ii) *Pré-análise dos conflitos em recursos hídricos*, objetivando verificar, dentre os conflitos identificados na área de estudo, quais os que se inserem nos objetivos da análise em questão;

(iii) *Análise dos conflitos*

a. *de primeira ordem*, objetivando identificar os equilíbrios passíveis de ocorrer com a implantação das medidas de gestão, consistindo das seguintes etapas: (i) caracterização do *status quo*; (ii) definição de cenários de gestão; (iii) avaliação dos impactos de cada cenário de gestão; (iv) modelagem dos cenários de gestão; (v) identificação dos conflitos de segunda ordem que podem resultar da adoção das medidas de gestão;

b. *de segunda ordem*, consistindo na: (i) identificação de medidas mitigadoras; (ii) modelagem dos conflitos de segunda ordem identificados, considerando a adoção dessas medidas;

(iv) *Análise dos resultados obtidos*, discutindo os conflitos identificados e objetivando indicar alternativas de solução para os conflitos de primeira ordem e linhas de ação para

minimização de conflitos de segunda ordem, de maneira a apoiar a tomada de decisão por parte dos gestores de recursos hídricos.

Deve-se lembrar, também, que há outras maneiras de agir diante de um conflito e que algumas talvez não sejam legítimas ou legais. Diante de uma tensão, várias são as possibilidades, desde a negação da sua existência, passando pela solução informal através do diálogo, utilizando métodos alternativos, recorrendo ao Judiciário ou, ainda, fazendo “justiça com as próprias mãos” (MOORE, 1998).

A literatura especializada permite o reconhecimento das diferenças entre “administrar” e “resolver” conflitos.

A administração do conflito somente realinha ou converge os propósitos ou meios para submeter as forças opostas a um acomodamento. Ocupa-se em neutralizar os choques e minimizar os danos que a situação pode provocar. A administração do conflito não exige identidade de propósitos, métodos ou processos voltados para um resultado positivo do conflito, nem atenta para o alinhamento de interesses e forças. Demanda atos que, simplesmente, “permitam a continuidade do relacionamento das partes, sem interferir ou atuar no litígio propriamente dito” (SERPA, 1999, p. 52).

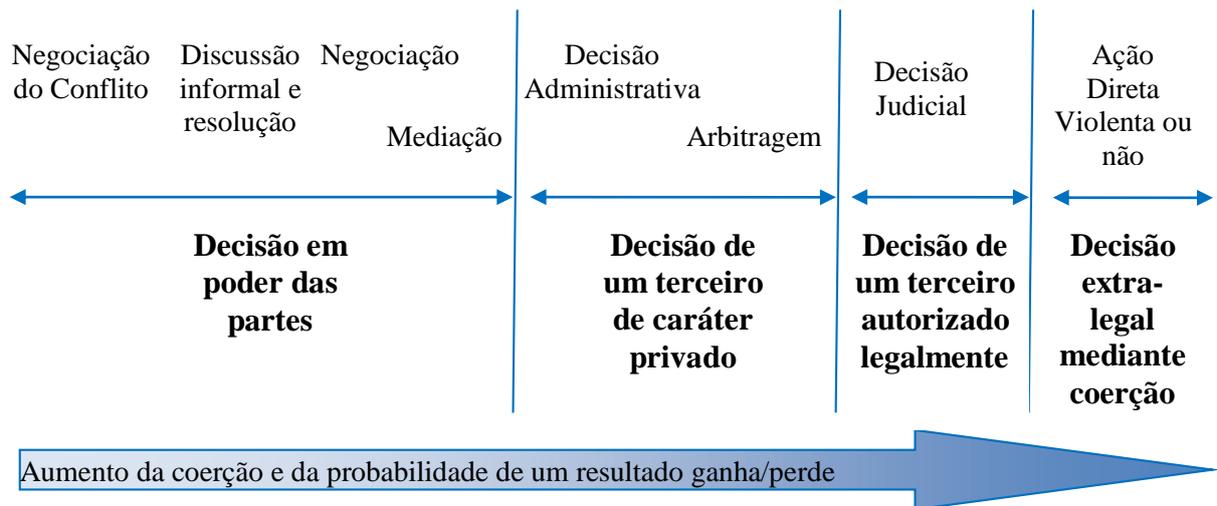
Já a resolução trabalha com a manipulação das relações sociais por meio de técnicas de interação, objetivando restaurar essas relações em nível de legitimidade. Não determina necessariamente mudanças de valores ou modelos sociais, nem significa uma solução permanente, diferentemente da administração ou da solução de conflitos, que podem ou não perdurar até que outros fatores desencadeiem um novo conflito (HAYNES; GRETCHEN, 1989). Nestes termos, a resolução não se limita a aliviar as tensões e temporizar os problemas; ela não só dissolve o litígio, e com ele as suas relações, mas, principalmente, reestrutura o momento conflituoso em bases próprias. O Poder Judiciário é um meio de solução, administração ou resolução de conflitos (difícilmente de tratamento), porém, não o único e, com certeza, não o mais democrático.

Entre os processos de resolução de conflitos, Métodos de Administração de Disputas vêm ganhando força na atualidade. Neste sentido, Kheel (1999) afirma que os conflitos parecem estar se multiplicando pelo mundo, ameaçando tanto o aspecto pessoal quanto institucional, mas que, afortunadamente, uma força contrária está ganhando popularidade em muitos países, as chamadas ADRs (Alternative Dispute Resolution).

A Figura 4 mostra a evolução do método de Administração de Disputas com o aumento da coerção. Da esquerda para a direita, numa perspectiva de diminuição do controle direto sobre a gestão do conflito e de seus resultados, observa-se o aumento da dureza do confronto, sendo que

as partes podem: renunciar unilateralmente; manter aberta a comunicação e iniciar autonomamente uma negociação bilateral; tentar uma conciliação/mediação com a assistência de um terceiro neutro; submeter-se à decisão de um árbitro designado por elas; submeter-se à sentença de um juiz imposto pelo ordenamento; ou, finalmente, confrontar-se mediante, força física para verificar quem detém o maior poder (COSI; FODDAI, 2003).

Figura 4 - Métodos de Administração de Conflitos.



Fonte: Adaptado de Moore (1998).

Porém, antes de escolher o método de administração dos conflitos, é preciso diferenciá-los, objetivando uma escolha apropriada. Quando alguém faz referência à solução de um conflito, entende-se que ele será extinto, não importando como esse processo ocorrerá: de forma legítima ou ilegítima, legal ou ilegal. O objetivo é pôr fim ao conflito, criando um estado de uniformidade de propósitos ou meios que significará a sua morte (FOLBERG, 1984).

Fazendo-se uma analogia do Método de Administração de Disputas de Moore (1998) com as fontes de conflito, conceituadas por Mostert (1998), observa-se que as duas conceituações apresentam similaridades. Mostert (1998) indica quatro tipos de métodos de resolução de conflitos:

(i) *Métodos de discussão e negociação* – Nestes métodos cada parte envolvida exerce, integralmente, o seu poder de decisão. Em essência, tais métodos conduzem os participantes a um acordo e podem ser aplicados através de:

a. *discussões abertas*: nesta fase, não há intervenção de terceiros as próprias partes procuram alcançar um acordo a partir da compreensão das posições, percepções e objetivos de cada parte.;

b. *mediação*, Six (2001) reconhece dois tipos e duas vias diferentes: (a) A mediação cidadã é aquela que nasce no seio da comunidade e, por isso, também é denominada de mediação comunitária (SALES, 2004). Pessoas que têm o dom de tecer ligações, mediadores naturais, que são verdadeiramente uma terceira pessoa, entre outras que consegue realizar a escuta ativa e, com sua postura e acolhida, permite que outro avance no seu problema ; (b) A mediação institucional não existe só nas relações interpessoais, mas também nas relações das pessoas com as instituições. Os mediadores institucionais permitem que suas instituições reencontrem o diálogo com seus usuários, eles são mediadores especialistas, que devem responder por um problema específico e darão uma resposta;

c. *negociação*, é o meio mais básico de se conseguir algo de outra pessoa. É cada vez mais comum que as pessoas desejem participar das decisões que lhes afetem, seja na família, nos negócios ou na política. As pessoas são diferentes e usam a negociação para lidar com essas diferenças. Apesar da constância com que negociamos todos os dias, a negociação não é fácil de se conduzir. (FISHER, *et. al*, 1994).

(ii) *Procedimentos de arbitragem e adjudicação* – Neste grupo de métodos, há presença de um terceiro, caracterizando-se pela perda do poder de decisão das partes envolvidas, com a decisão, sendo tomada por uma terceira parte (árbitro, júri ou tribunal). Geralmente, aplicam-se a questões legais. Amy (1987) recomenda que sejam utilizados, sempre que os conflitos digam respeito a princípios básicos; Mostert (1998) considera que devam ser utilizados quando há grande diferença de poder entre as partes. Entre as desvantagens desses métodos, podem ser citadas: demandam tempo e dinheiro; o resultado é incerto; e a implantação do veredicto pode ser problemática, principalmente nos casos em que requeira cooperação entre as partes, quando o relacionamento já se encontra desgastado pela própria demanda judicial;

(iii) *Métodos de soluções institucionais* – Estes métodos são utilizados para solucionar conflitos a longo prazo, que não se referem a um conflito específico, mas objetivam facilitar a resolução de conflitos futuros e, se possível, prevenir conflitos;

(iv) *Evasão e violência* – A evasão ocorre quando uma (ou mais) partes, notadamente aquela(s) com maior poder, resolve(m) não mais depender das demais e adota(m) medidas unilaterais (solução autocrática). A violência pode ocorrer quando a adoção de medidas (ou a

inexistência de providências para atender às reivindicações das partes) ameaça valores fundamentais de, pelo menos, uma das partes envolvidas no conflito.

2.3.2.1 *Métodos de Negociação e Mediação*

Hipel e Fraser (1984) tecem as seguintes considerações sobre negociação: (i) é uma sequência de movimentos em que os adversários buscam um consenso (se possível favorável para as partes); (ii) pode ser acomodativa (os movimentos são cooperativos e envolvem ajustes em direção a um compromisso) ou coercitiva (o movimento é agressivo e envolve um aumento em escala dos conflitos).

Conforme Gomes (2004), em um processo de negociação, existem, em paralelo, as alternativas, consensualmente consideradas, claramente factíveis ou, de modo exclusivo, claramente considerados não factíveis. Há três categorias de ações que devem ainda ser contempladas, por qualquer negociador: (i) alternativas, inicialmente consideradas factíveis e posteriormente consideradas não factíveis; (ii) alternativas, inicialmente consideradas não factíveis e, posteriormente consideradas factíveis; (iii) alternativas que surgem, durante o processo de negociação, seja pela evolução do processo, seja pela evolução do meio ambiente, ou pela entrada de novos atores no processo. Esses novos atores podem ser centros de decisão (por exemplo, países que aderem a uma negociação, sindicatos que decidem participar de um processo já iniciado, ou a própria troca do representante de uma delegação). Salienta-se, também, para exemplificar, que a troca de governo em um país pode causar a mudança da posição desse país em uma negociação.

Os modelos de apoio à decisão, que têm realmente um potencial para serem aplicados nos comitês, parecem pertencer mais à categoria dos que atribuem à discussão e participação um significativo valor. Dentre estes, pode-se destacar o chamado ‘modelo de construção do consenso’. A técnica do consenso sempre será útil quando existem muitos decisores e estes decidem assumir uma atitude colaborativa ante o problema (CARVALHO, 2005). A possibilidade de obter ganhos, a partir do trabalho, dentro do próprio sistema, parece ser a questão fundamental desse método, visto que, muitas vezes, a ideia é de que ambientalistas e industriais (ou quem quer que esteja degradando o meio ambiente) estão em mundos cujos paradigmas são completamente diversos.

Entre estes métodos, a negociação direta entre as partes é a forma mais legítima e, talvez, mais usual para lidar com as diferenças. Há, basicamente, dois estilos de negociação, conforme Fisher *et al.* (1994): (i) baseada na barganha, na competição, significando que só há um vencedor na disputa; ou (ii) baseada nos interesses, em que se desenvolvem estratégias para alcançar um

acordo de ganho mútuo. Quando um acordo, baseado nos interesses, é alcançado, as pessoas envolvidas tendem a executá-lo espontaneamente.

Bazerman (2004) identifica na negociação uma área denominada "Zona de Barganha", em que um negociador tem algum ponto de reserva, abaixo ou acima desta área, na qual o negociador preferiria o impasse ao acordo. Esta área é modelada, tendo como base a "melhor alternativa a um acordo negociado", identificada pelo negociador em questão. Em torno desta "alternativa ótima" estão definidos os limites (acima e abaixo) que se podem "barganhar". Bazerman (2004) sugere o seguinte procedimento para negociação: *(i)* juntar informações para criar valor na negociação; *(ii)* cultivar confiança e compartilhar informações de forma estratégica; *(iii)* fazer múltiplas ofertas, simultaneamente; e *(iv)* buscar por acordos pós-acordos.

Conforme o entendimento de Soares (2008a), dois Métodos Alternativos de Disputas merecem uma atenção especial na resolução de conflitos: a Arbitragem e a Mediação. Na arbitragem, a autonomia se limita à escolha do árbitro, da instituição e das normas aplicáveis, ficando as partes submetidas à decisão arbitral (método heterocompositivo), enquanto que na mediação, os envolvidos continuam com a possibilidade de eles próprios decidirem sua disputa (método autocompositivo).

A construção de consenso pode ser uma ferramenta eficaz para realização de acordos, de forma mais justa e eficaz, nos órgãos colegiados do SINGREH, desde que este processo exija o compromisso de considerar a ciência e o conhecimento empírico como um foco na obtenção de acordo político. Na gestão hídrica, para garantir a sustentabilidade, é preciso um equilíbrio entre a ciência, o conhecimento local e política, bem como a formulação de acordos entre os grupos de interesses rivais (que devem se comprometer a adaptar o seu comportamento institucional).

A principal vantagem da construção do consenso, asseveram Dore et al. (2010), está na busca de um acordo voluntário; neste caso, não há uma votação que venha forçar a minoria a aceitar o que não quer. Devido ao caráter voluntário do processo, a probabilidade de produzir resultados duradouros – entre os indivíduos, grupos e comunidades – é bem maior. O grupo de interesse que possua maioria no processo de negociação não pode forçar as suas preferências políticas sobre a minoria, nem ignorar o conhecimento empírico dos grupos que não possuam conhecimento técnico. A Figura 5 mostra as seis etapas envolvidas no processo de construção de consensos.

Figura 5 - Ciclo para o processo de construção de consenso.



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

Analisando-se a Figura 5, verifica-se que a *primeira etapa* consiste em convocar os grupos de interesses. A *segunda etapa* é a definição de responsabilidades uma vez que os grupos de interesses estão no ambiente de negociação, são revistas as responsabilidades, definindo-se agenda, plano de trabalho, orçamento, regras e procedimentos comuns de averiguação. A *terceira etapa* consiste na deliberação, permitindo a exposição das opções, de forma a serem apresentadas as preocupações de todas as partes. A *quarta etapa* é decisiva, nesta fase, as partes formulam acordos e verificam se seus representados aceitam o que está sendo proposto. A *quinta etapa* é a implementação, incluindo a criação de estratégias de monitoramento e horários para relatórios. E a *sexta etapa* consiste na aprendizagem organizacional, através da aplicação de resultados do monitoramento e adaptações na gestão hídrica.

Conforme Alier (2007), a sociedade está passando por um novo caminho político em que o Estado, ao se tornar mais permeável e flexível, busca, com a governança, decisões acordadas, mais legítimas, ao invés de decisões impostas, baseadas na solução ótima advinda da ciência. Entretanto, alguns autores demonstram sua preocupação com os modelos desenvolvimentistas, que impõem uma cultura do consenso, dentro da qual devem ser despolitizados os conflitos e eliminados os litígios, como forma de mascarar ou esconder diferenças reais entre os grupos

sociais, as quais deveriam ser discutidas e trabalhadas no espaço público (ACSELRAD, 2004; ZHOURI, *et al.*, 2005).

Dentre as competências estabelecidas aos CBHs, descritas no art. 38 da Lei nº 9.433/97, destaca-se, no contexto desta pesquisa, o inciso II, que diz: “arbitrar em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos”. Neste sentido, Bohn *et al.* (2005) desenvolveram o Processo Administrativo de Arbitragem de Conflitos pelo Uso da Água (PARH), buscando disponibilizar um modelo de acesso à justiça e equipar os CBHs com mais um dos instrumentos de gestão atribuídos à sua competência. Albano (2006), aplica o PARH, a ser desenvolvido em um CBH, sugerindo a formação de uma Câmara Técnica de Resolução de Conflitos no âmbito desse comitê de bacia.

2.3.2.2 *Métodos de Soluções Institucionais*

Conflitos Legais

Uma das formas fundamentais de verificar a validade jurídica de ato infraconstitucional seria controlar a constitucionalidade, verificando a adequação (compatibilidade) de uma lei ou um ato normativo com a Constituição, verificando seus requisitos formais e materiais (MORAES, 2010). Conforme este autor:

(i) *Requisitos formais*: Traduzem-se os requisitos formais em regras do processo legislativo constitucional que devem ser obrigatoriamente atendidas, pois a inobservância às normas constitucionais de processo legislativo tem como consequência a inconstitucionalidade formal da lei ou ato normativo produzido. Esses requisitos dividem-se em :

a. *Subjetivos*: Os requisitos formais subjetivos devem estar presentes desde a fase introdutória do processo legislativo, o projeto de lei é encaminhado ao Congresso Nacional para análise quando poderá ser identificado algum tipo de inobservância à Constituição, isto ocorrendo, representará vício de inconstitucionalidade;

b. *Objetivos*: Os requisitos formais objetivos referem-se as outras duas fases do processo legislativo, a constitutiva e a complementar, e dessa forma, assim como na fase introdutória, nessas também poderá ser verificada a incompatibilidade do projeto de lei com a Constituição.

(ii) *Requisitos materiais (ou substanciais)*: verificação material da compatibilidade do objeto da lei ou do ato normativo com a Constituição Federal, ou seja, se há desconformidade das normas inferiores com a norma superior, gerando uma contrariedade vertical, pois de acordo com a supremacia constitucional, todas as normas inferiores têm de estar em plena conformidade com

os vetores da Constituição, que está situada no ápice da imaginária pirâmide hierárquica do ordenamento jurídico.

Conforme Ceneviva (2003), o conjunto normativo da Constituição consubstancia-se em regras ou princípios que objetivam a organização do Estado e define as competências dos órgãos supremos que o compõem, e sob tal significado, a Constituição corresponde a um complexo de normas jurídicas fundamentais. Para defender a supremacia constitucional contra as inconstitucionalidades, a própria Constituição estabelece técnica especial, que a teoria do Direito Constitucional denomina Controle de Constitucionalidade das Leis, na verdade, hoje, é apenas um aspecto relevante da Jurisdição Constitucional (SILVA,2010a).

A compreensão da Constituição como lei fundamental implica no reconhecimento de sua supremacia na ordem jurídica, oportunizando mecanismos suficientes e eficientes para protegê-la contra quaisquer agressões. Portanto, para assegurar essa supremacia faz-se necessário o devido controle sobre as leis e atos normativos, o chamado controle de constitucionalidade. Neste sentido, a ideia de ordenamento jurídico, como sendo um conjunto hierarquizado de normas jurídicas estruturadas na forma de uma pirâmide abstrata, a norma mais importante, que subordina as demais normas jurídicas de hierarquia inferior é a denominada norma hipotética fundamental, da qual as demais retiram seu fundamento de validade (KELSEN, 2000).

No que tange à competência material, a Constituição Federal, em seu art. 21, inciso XIX, estabeleceu a competência da União para instituir o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso. No que concerne à competência formal, a União detém a competência privativa para legislar sobre águas, conforme indica o art. 22, inciso IV, de nossa Carta Maior. Como se vê, a competência privativa de legislar da União exclui a intervenção legislativa dos outros entes federados. Aos Estados, a permissão para legislar sobre águas, somente se dará, através de autorização indicada por Lei Complementar (SILVA, 2010b).

Neste sentido, os Estados não podem administrar as águas de seu domínio apenas com regras próprias. A limitação deriva da Constituição, que atribui à União a responsabilidade de implementar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e, em particular, definir critérios de outorga de direitos de uso. Portanto, mesmo quando um corpo hídrico for de domínio do Estado, o correspondente Governo Estadual está impedido de emitir outorgas de direito de uso em desacordo com os critérios estabelecidos pela União. Mais ainda, como todos os usos de recursos hídricos, com exceção dos insignificantes (art. 12, § 1º, da Lei 9433/97) devem estar

amparados por uma outorga de direito de uso, é de responsabilidade de Governo Estadual coibir usos em desacordo com os referidos critérios.

Conforme o entendimento de Silva (2010b) “Em matéria de águas, a competência privativa (art. 22 da CF) e a competência concorrente (art. 24) cruzam-se e permanecem entrelaçadas. Os Estados podem estabelecer, de forma suplementar à competência da União, as normas de emissão dos efluentes lançados nos cursos de água, visando a controlar a poluição e defender o recurso natural (art. 24, VI, da CF), mas dependem do que dispuser a lei federal, à qual cabe definir os padrões de qualidade das águas e os critérios de classificação das águas de rios, lagos e lagoas”.

Conflitos Políticos

Considerando que uma das peculiaridades do Estado Democrático de Direito é o surgimento dos *direitos de terceira* (difusos) e *quarta dimensão* (transgeracionais), obviamente um dos principais desafios da atual democracia é a efetivação das garantias que asseguram os mesmos e a sua concretização.

Conforme afirmam Azevedo e Melo (1997), a questão federativa está no cerne do conflito político no país. Primeiro, em função dos limites inerentes à autonomia delegada, que é restritiva e desigual. Segundo, pela dificuldade do poder central em aplicar normas que, embora plenamente adequadas ao conjunto da nação, tragam o potencial de provocar, em determinadas unidades federadas, mudanças estruturais que afetam diretamente interesses particulares das mesmas.

O modelo de gerenciamento de recursos hídricos brasileiro privilegia a descentralização político-administrativa entre os três níveis de governo, o planejamento por bacia hidrográfica e ampliação da participação da sociedade civil organizada. Implica, portanto, em forte descentralização, tanto horizontal quanto vertical. Conciliar o papel do Estado em seus três níveis e os interesses conflituosos entre estes e entre os diferentes atores na base do SINGREH - os Comitês de Bacias e as Agências – é o grande desafio a ser enfrentado na implantação do modelo (OLIVEIRA, 2007).

Além disso, a criação de mecanismos que visem a equilibrar as diferenças, tanto entre os entes da federação como entre os diversos integrantes do SINGREH, é fundamental para garantir condições mínimas de efetividade da política, para não concentrar poder àqueles que em melhores condições se encontrem, afastando-se os demais do processo (KELMAN, 2004). Questiona-se, entretanto, até onde é possível avançar em tal tarefa, em um contexto de descoordenação e conflito federativo?

Conflitos Organizacionais

As ferramentas e as técnicas de resolução de conflitos são essenciais para o bom funcionamento de uma organização, pois os processos diários geram desentendimentos – a concorrência entre grupos, no alcance de objetivos, gera problemas de convivência – (ROBBINS, 2002) e a própria subjetividade, no ambiente de trabalho, causa dificuldades de concordância, tendo como possível consequência a geração de conflitos (MARTINS, 2002).

O processo do conflito, no sentido organizacional, tem início quando uma parte percebe ou experimenta frustrações na busca de objetivos e interesses; ou mesmo quando as partes envolvidas observam valores, metas ou eventos mutuamente exclusivos – cada lado acredita que o que ele deseja é incompatível com o que o outro deseja (PINHO, 2006). Embora, de uma forma ou de outra as condições para o conflito sempre existam, elas necessariamente não o produzem – para Robbins (2002), o conflito precisa ser percebido entre as partes. Portanto, a existência e sustentação, ou não, do conflito é uma questão de percepção dos significados atribuídos às mensagens, ou ações dos outros – quando indivíduos tomam conhecimento de que diferenças existem, ainda não teve lugar o conflito aberto; a interação entre esses indivíduos, ou partes, é que determinará o conflito manifesto (PINHO, 2006).

Robbins (2002), mesmo considerando haver “conflito com relação ao papel do conflito nos grupos e organizações” (p. 374), não se detém a apresentar detalhadamente a evolução do conhecimento sobre o tema. Mostra apenas o essencial da visão tradicional, da visão de relações humanas e da visão interacionista.

Rondeau (1996), admitindo-se na perspectiva funcionalista, refere-se a diversos autores ao iniciar um panorama de modelos pela “evolução do pensamento administrativo em relação à noção do conflito”, que utiliza para descrever o processo de conflito, propriamente dito.

Hall (2004) adota outra perspectiva para a evolução do termo. Descreve oito bases do conflito, consideradas por outros autores: a) conflito funcional, b) unidades com funções similares, c) conflito hierárquico, d) comunicação imperfeita, e) condições estruturais da organização, f) comportamento pessoal, g) grupos com diferente poder; e h) irracionalidade.

2.4 ANÁLISE MULTICRITERIAL

Métodos tradicionais de resolução de problemas, que procuram enquadrar os problemas em categorias, focam a escolha de alternativas e a busca de uma solução ótima, baseando-se,

exclusivamente, nas regras da racionalidade, desconsiderando a subjetividade dos atores envolvidos no processo decisório (KEENEY, 1992; ENSSLIN; *et al*, 2001). Eles não são capazes de lidar com situações complexas, as quais requerem decisão importante e são caracterizadas por: incertezas (caminho, objetivos, alternativas, atores etc.); conflito de valores e objetivos; diferenças nas relações de poder; múltiplos critérios de avaliação (geralmente obscuros no início); infinita quantidade de informações (qualitativas e quantitativas), geralmente, incompletas; e exigem soluções criativas e, até mesmo, inéditas.

Ainda, segundo ENSSLIN (2001), os métodos tradicionais de resolução de problemas são adequados, apenas, para resolver problemas bem definidos, tais como os de logística, controle da produção, controle de estoques etc.

Porém, de acordo com Schön (1982 apud ENSSLIN *et al*, 2001), um processo decisório de um problema complexo nunca é igual e, portanto, as decisões complexas são únicas.

Para situações complexas, é indispensável a incorporação dos aspectos subjetivos, explicitando-os e quantificando-os. Devem ser levados em consideração tanto os fatores qualitativos (fortemente influenciados pela percepção dos atores), quanto os fatores quantitativos (custos, características físicas) inerentes ao problema. As alternativas devem ser analisadas em função de suas repercussões nos objetivos estabelecidos. A decisão tomada deve considerar as percepções de todos os decisores. E, segundo Bana e Costa (2004), ENSSLIN (2001) e KEENEY (1992), a análise MCDA (Multiple-Criteria Decision Analysis), devido ao seu paradigma construtivista, incorpora todos esses aspectos.

Zuffo *et al.* (2002) afirmam que, apesar da literatura associar análise multicritério com métodos multiobjetivos, esses dois conceitos são bem distintos. Segundo os autores, um objetivo representa um ideal para um decisor ou conjunto de decisores; e, sobre este objetivo, existe grande consenso para um determinado contexto, que pode variar temporal ou espacialmente. Já os critérios representam a tradução dos objetivos em características, qualidades ou medidas de desempenho diante das possíveis alternativas.

Santos (2004) aponta a dificuldade de entendimento, por parte dos decisores, de todos os dados e informações, bem como suas inter-relações em situações complexas; e defende a adoção de uma estratégia formal de planejamento, a qual prescinde de uma , metodologia de análise com vistas a diminuir a subjetividade das avaliações e facilitar o diálogo entre os decisores.

A análise MCDA, a partir de seu enfoque construtivista, não considera que o problema esteja pronto para ser modelado de forma que se possa encontrar a solução ótima, nem que as alternativas já estejam pré-definidas. Ela parte do princípio que os decisores devem construir o

modelo de avaliação de alternativas, refletindo e definindo qual o problema a ser resolvido e quais os critérios que serão usados na avaliação das alternativas. E se propõe a aumentar a compreensão dos decisores sobre o problema, viabilizando a estruturação do mesmo (via procedimentos formais). Almeja-se, desta forma, identificar novas e melhores alternativas, assim como o conjunto de ações necessário para implementá-las, além de dar legitimidade às decisões tomadas e favorecer a implantação das ações.

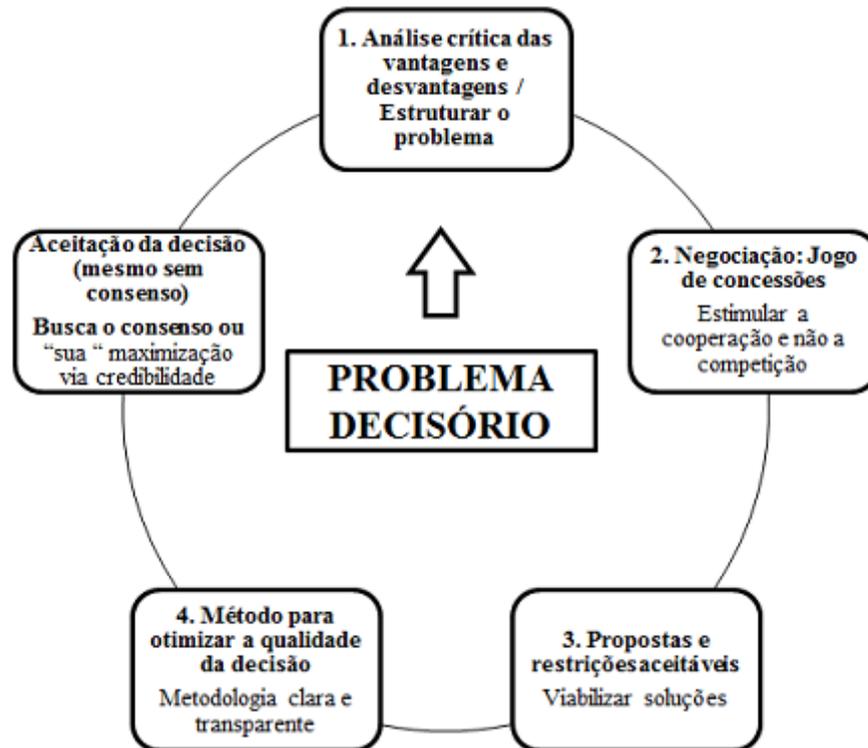
Thomaz (2002) afirma que o processo de estruturação, no paradigma construtivista, ajuda a modelar melhor o problema, desde que conte com a participação dos diversos atores envolvidos no processo decisório. Evita-se, desta forma, a assimetria de informações que, normalmente, interfere e emperra os processos decisórios quando os envolvidos possuem posicionamentos diferentes, quer seja por motivações de ordem política ou ideológica, ou por falta de conhecimento, ou, ainda, por conflito de interesses e não se consegue a formação de um entendimento compartilhado.

No processo de escolha, desenvolvimento e avaliação de questões de desenvolvimento sustentável acredita-se que, adotando o paradigma construtivista (BELTON, 2001; ROY, 1993), a metodologia mais robusta e atual seja a análise MCDA. Nesse paradigma, o processo de apoio à tomada de decisão permite ao decisor, ou decisores, aperfeiçoar o conhecimento sobre o problema que está sendo analisado, permitindo que sejam adotadas decisões mais acertadas. Isso é possível porque é considerado o conhecimento subjetivo do decisor no processo. Por meio de métodos que auxiliam na estruturação do problema, tais como mapa cognitivo, é possível identificar os valores (objetivos fundamentais) explícitos e, também, os que estavam ocultos e os que não haviam sido considerados pelos decisores (SIMÃO, 2005), ou seja, o conhecimento implícito (FANTINATTI, 2011).

Os métodos multicritérios visam apoiar o processo decisório (não necessariamente prover uma solução). Curi e Curi (2010a) argumentam que os objetivos da análise multicriterial concentram-se basicamente em estruturar o problema e no processo de escolha entre duas ou mais alternativas de decisão. Na estruturação do problema, os maiores desafios estão na representação e organização formalizada do problema para aprendizagem, investigação/análise, discussão e busca da solução. Por sua vez, na escolha entre duas ou mais alternativas surgem alguns problemas, por exemplo: leva-se em consideração diferentes critérios (consequências); podem ser contraditórios; podem existir vários decisores e diferentes opiniões; incorpora-se os juízos de valores dos decisores; a solução pode não satisfazer a todos decisores; usa-se dados qualitativos

ou quantitativos (até com diferentes ordens de grandeza); pode-se ter mais de uma “solução ótima”. A Figura 6 evidencia as fases da análise multicritério.

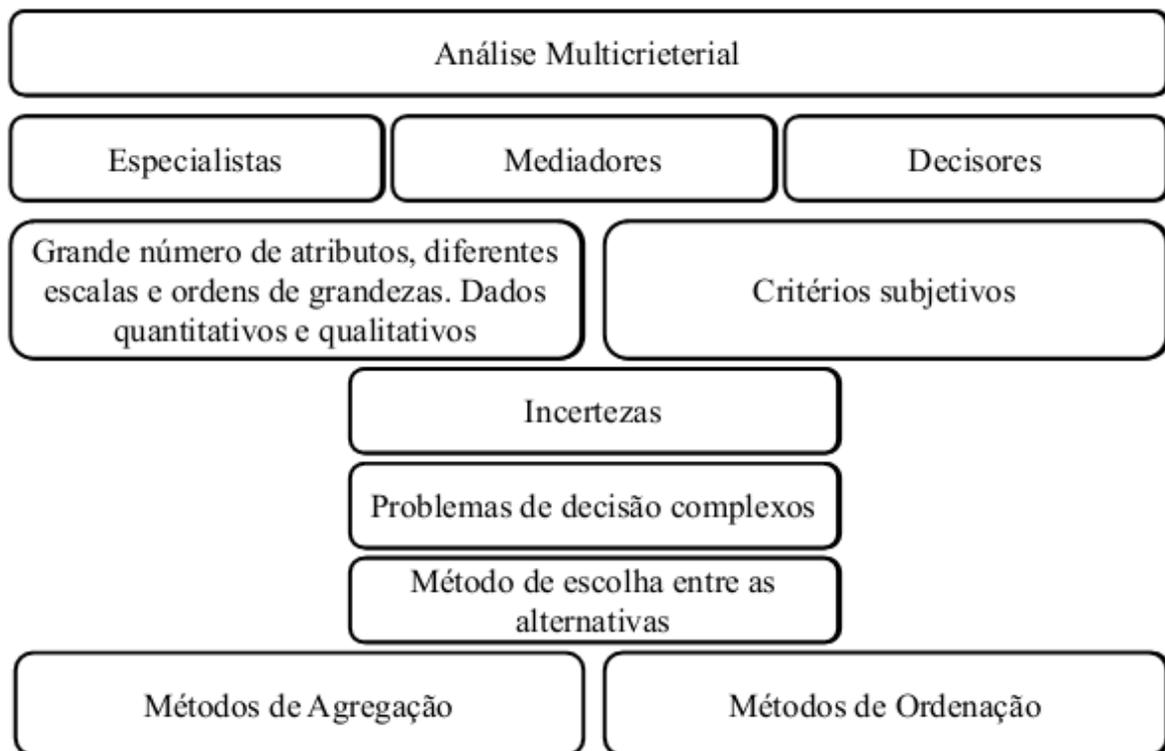
Figura 6 - Processo Decisório da Análise Multicritério.



Fonte: Adaptado de Curi e Curi (2010a).

Nesse sentido, o que se pode perceber após tais entendimentos é que o processo de decisão participativa de alternativas de intervenções na gestão das águas pluviais pode levar em consideração o uso dessas técnicas multicriteriais, afinal envolvem múltiplos usuários e múltiplas variáveis o que o torna algo complexo e de difícil resolução. Isso porque a tentativa de resolver problema (s) a partir de objetivos conflitantes e com vários entendimentos pode acarretar uma abrangência diversa. As etapas relacionadas ao uso das técnicas de análise multicritério podem ser visualizadas na Figura 7, conforme o entendimento de Curi e Curi (2010b).

Figura 7 - Passos para a Análise Multicriterial.



Fonte: Adaptado de Curi e Curi (2010b).

Neste sentido, o uso dos métodos multicritério na área de recursos hídricos tem por finalidade auxiliar o processo de decisão. A literatura é vasta na exposição de aplicações dessas técnicas na área de recursos hídricos. A seguir são apresentados de maneira conceitual a classificação dos métodos multicriteriais e alguns aspectos interessantes sobre o método PROMETHE – Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation, alguns métodos que podem subsidiar análises na construção de indicadores dentro do contexto da gestão de recursos hídricos (ambientais, sociais, econômicos, técnico operacionais etc.), e que são utilizadas na construção desse estudo.

2.4.1 Métodos Multicriteriais Aplicados ao Gerenciamento de Recursos Hídricos

Decisões voltadas ao gerenciamento de recursos naturais são decisões complexas, envolvendo vários objetivos de ordem social, econômico e políticos conflitantes (LIU & STEWART, 2004).

Decisões em busca de alternativas de conservação na área urbana envolvem não só o poder público, mas também empresas concessionárias de água, indústrias que utilizam a água como fonte principal da sua linha de fabricação e a população em geral. Liu & Stewart (2004) apontam que nos últimos anos, o apoio a decisão multicritério tem sido aplicado com vigor em decisões

referentes à gestão de recursos hídricos. Hallefjord & Jornsten (1986) *apud* Liu & Stewart (2004) enfatizam que os efeitos, em longo prazo, da aplicação de métodos de apoio a decisão multicritério para problemas de gestão em recursos naturais explora soluções, gera alternativas estratégicas e obtém *insights* sobre o problema, ao invés de encontrar soluções ideais.

É possível encontrar na literatura alguns trabalhos na área de gestão ambiental que utilizam métodos de apoio a decisão multicritério para auxiliar na priorização e seleção de alternativas voltadas ao gerenciamento nas áreas de saneamento e recursos hídricos. Simonovic & Verma (2008) afirmam que uma tomada de decisão na área de recursos hídricos envolvendo múltiplos critérios de aspectos conflitantes é uma tarefa bastante complexa, e esta complexidade se deve aos seguintes fatores:

- a) A uma reflexão conjunta dos impactos econômicos, ambientais, sociais e fatores técnicos;
- b) A dificuldade em quantificar as consequências que são importantes na seleção de uma alternativa, e;
- c) As incertezas sobre o impacto global de uma determinada alternativa (KEENEY & WOOD, 1997 *apud* SIMONOVIC & VERMA, 2008).

Hajkowicz & Higgins (2008) citam os tipos mais comuns de decisões na gestão de recursos hídricos que são apoiadas por métodos de apoio a decisão multicritério, entre elas estão:

1. Seleção de alternativas de abastecimento de água e de alternativas de infra-estrutura para armazenamento;
2. Seleção de projetos para tratamento de água sujeito a restrições orçamentárias;
3. Seleção de políticas de gestão dos recursos para uma determinada região

Abu-Taleb & Mareschal (1995) utilizaram o método PROMETHEE V para avaliar e selecionar um conjunto de alternativas potenciais para a gestão de recursos hídricos no Oriente Médio, de modo que os limitados recursos disponíveis para o desenvolvimento de projetos e programas de conservação sejam aproveitados de maneira eficiente.

Simonovic & Verma (2008) abordam uma metodologia utilizada para tratar de um problema de tratamento de águas residuais, na qual a tomada de decisão em recursos hídricos ocorre através da geração de um conjunto ótimo de Pareto *fuzzy*. Tal metodologia utiliza soluções ideais, negativas e positivas, e um conjunto de pesos atribuídos para funções objetivo na forma triangular *fuzzy*.

Santos *et.al* (2006) utilizam as ferramentas de apoio a decisão multicritério para hierarquizar alternativas de conservação em edificações utilizando o método ELECTRE III, como forma de promover o uso eficiente da água e a sua preservação.

Haralambopoulos & Polatidis (2003), afirmam que os métodos de sobreclassificação são os mais indicados para tratar de problemas relacionados a questões de energia e planejamento ambiental. Eles relatam que os métodos de sobreclassificação possibilitam aos decisores *insights* durante a estruturação do problema, modelam de forma realista as estruturas de preferência dos decisores e podem tratar as incertezas por meio de distribuição de probabilidade, conjuntos *fuzzy* e inclusão de limiares de preferência e indiferença. Por outro lado, os autores alertam que alguns métodos de sobreclassificação, a exemplo do ELECTRE III, são complicados e de difícil entendimento por parte dos decisores.

Diversos estudos, metodologias e ferramentas relacionadas ao uso de indicadores também foram desenvolvidos no contexto da gestão das águas pluviais. O Quadro 1 apresenta algumas dessas experiências quer seja para mensurar a aplicação de modelos hidráulicos-hidrológicos em conjuntos com metodologia multicritério para solucionar problemas em cenários urbanos.

Quadro 1 - Experiências de aplicação de análise de multicritério na gestão de águas pluviais.

Autores	Abordagem
CRUZ (2004)	O estudo promoveu a análise da aplicabilidade e eficiência de um modelo de otimização associado a modelos hidráulicos-hidrológicos como instrumentos de suporte à decisão em problemas de drenagem urbana. A ferramenta desenvolvida compôs-se pelo modelo IPHS1 para a simulação hidrológica e hidráulica, pelo algoritmo de evolução SCE-UA para o processo de otimização através da minimização do custo de implantação das soluções e do módulo EXTRAM do modelo SWMM para verificação hidráulica dos resultados obtidos e análises de riscos superiores.
Moura (2004)	Definiu de indicadores econômico-financeiros para a avaliação a priori de sistemas de drenagem urbana e a integração destes indicadores com indicadores de desempenho que representam os aspectos de eficiência técnica, ambientais e sociais. Com base na utilização destes indicadores desenvolveu-se uma metodologia de auxílio à decisão baseada em análise multicritério, integrando tanto os indicadores de desempenho como os de custos.
Castro (2007)	O trabalho realizou uma proposição de uma Metodologia para a avaliar as alterações provocadas pelo desenvolvimento urbano nos corpos de água em sua área de influência e a verificação da viabilidade de sua aplicação para subsidiar a decisão dos órgãos gestores. A metodologia é baseada em indicadores, que devem traduzir os efeitos mais relevantes da urbanização, agregados por meio dos métodos de análise multicritério TOPSIS e Electre TRI.
Cortes (2009)	Foi desenvolvida uma sistemática de danos diretos à infraestrutura urbana identificando pontos vulneráveis de cada sistema e prevendo a extensão dos danos, baseada em entrevistas a concessionárias de serviços. Os sistemas avaliados foram: água, esgotamento sanitário, drenagem, energia elétrica, viário e limpeza pública. Para a análise de desempenho foram formulados indicadores para os critérios “impactos sobre a população”, “impactos sobre o meio” e “impactos hidrológicos”, utilizando resultados de modelagem hidrologia, hidráulica e de geoprocessamento.
Campos (2011)	Propor um modelo de multicritério de decisão para apoiar decisões de hierarquia de projetos de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Para apoiar e estruturar o processo de decisão em que são definidos: os elementos (intervenientes, alternativas potenciais, critérios, problemática); tipos de decisão em grupo; escolha dos métodos multicritérios (PROMETHEE II& GAIA e ELECTRE IV); modelagem de preferência; sistemática de apoio à decisão (D-SIGHT e ELECTRE III-IV), avaliação de resultados de sensibilidade.
Matias (2011)	Elaboração de um modelo de apoio à decisão para priorização de medidas compensatórias, visando o controle de inundações urbanas. Assim, foram definidos critérios que permitiram avaliar alternativas potenciais sob os aspectos: ambiental, social econômico e hidrológico. O método de apoio à decisão escolhido para dar suporte à modelagem foi o método multicritério PROMETHEE I.
Cardoso (2011)	Propôs uma metodologia voltada para o diagnóstico e a avaliação de alternativas de intervenção para a minimização dos impactos negativos da urbanização sobre o meio ambiente e a população. A sistemática de análise em questão baseia-se em uma avaliação qualitativa das intervenções com o uso de indicadores - propostos pelos autores e ponderados por meio de consultas a especialistas.

Quadro 1 - Experiências de aplicação de análise de multicritério na gestão de águas pluviais.
(Continuação).

Autores	Abordagem
Almeida (2012)	Realizou a integração de <i>Multicriteria Methodology for Decision Aiding – Constructivist</i> (MCDA-C) com o Sistema de Informação Geográfica (SIG), buscando o conhecimento e o equilíbrio entre a subjetividade do primeiro e a objetividade do segundo. Como resultado obteve-se o Perfil de Desempenho Sustentável da Unidade de Conservação, como também conseguiu evidenciar as ações necessárias para melhoria desse desempenho, desta forma, permitiu estimar o Status Quo da UC, e disponibilizar um conjunto de descritores para ajudar nas tomadas de decisões em busca dos cenários futuros
Fantinatti (2011)	Proposição do uso da metodologia multicritério de apoio à decisão (MCDA), como ferramenta para mudança de paradigma no processo decisório de planejamento dos recursos hídricos; sendo objeto de estudo, o contexto de empreendimentos de parcelamento do solo.
Carvalho, Curi (2013)	Objetivou desenvolver uma metodologia baseada na análise multicritério e multidecisor composta por indicadores de gestão dos recursos hídricos sistemicamente estruturados capaz de medir a performance de municípios. Os procedimentos MÉTODOLÓGICOS adotados foram classificados da seguinte forma: quanto à natureza (pesquisa aplicada), quanto aos objetivos (exploratória e descritiva), quanto aos procedimentos (bibliográfica e documental), quanto à abordagem do problema (quantitativa, baseada no método multicritério PROMETHEE II e no método multidecisor de COPELAND)
Pinto, Passos, Caneparo (2015)	O estudo descreve a aplicação de uma modelagem preditiva em Sistema de Informações Geográficas por meio da Avaliação Multicritério pelo método da Combinação Linear Ponderada de fatores condicionantes, selecionados, padronizados, posteriormente agregados e combinados.
Egito, Fontana & Morais (2015)	Desenvolvido um modelo de apoio à decisão multicritério. Este modelo usa um método baseado na abordagem de sobreclassificação, o PROMETHEE V, para auxiliar o decisor na seleção de algumas alternativas de conservação e uso eficiente da água, considerando os critérios levantados pelo decisor e as restrições existentes no problema.

2.4.2 Apoio a decisão multicritério

As decisões são escolhas feitas pelo decisor baseadas naquilo que se deseja como resultado esperado. Muitas vezes estas decisões são tomadas a partir da intuição, mas para problemas mais complexos é necessário que haja um tipo de análise mais detalhada não se baseando apenas na intuição do decisor.

Decisões complexas são difíceis de ser tomadas avaliando um único aspecto, isto porque, geralmente essas decisões têm que atender a múltiplos objetivos. As suas consequências não podem ser precisamente identificadas (GOMES *et al.*, 2006).

Uma característica do problema de decisão multicritério corresponde à necessidade de se considerar os vários pontos de vista, geralmente conflitantes, dos diversos agentes decisores, ou seja, a escolha de uma determinada ação irá depender da análise dos diferentes critérios. Vincke (1992) afirma que dentro do apoio a decisão multicritério, não há uma única decisão, solução ou ação, que seja a melhor simultaneamente para todos os critérios. Portanto a palavra otimização não faz sentido para este contexto. Na programação linear multicritério a otimização existe, mas não no sentido habitual da palavra, como na programação linear monocritério com uma só função objetivo. Mas como um conjunto de soluções eficientes onde não existe nenhuma outra solução admissível que seja igual, ou melhor, para as funções objetivo existentes no problema (CLÍMACO *et al.*, 2003).

Segundo Milan Zeleny (1994) a tomada de decisão multicritério é uma forma de tentar resolver problemas com objetivos conflitantes que impede de chegar a uma solução ótima e conduz à procura da melhor escolha. O processo decisório exige em sua formação a existência de um conjunto de alternativa factíveis, em que cada decisão tem associado um ganho ou uma perda.

O apoio a decisão multicritério visa oferecer ao decisor ferramentas que irão fazer com que ele seja capaz de resolver problemas com várias alternativas. Roy (1996) define o apoio a decisão multicritério como sendo uma atividade onde um analista utilizando modelos formais, ajuda a obter elementos que respondam às questões levantadas pelos decisores. Elementos esses, que tornarão a decisão mais clara e servirão para recomendar ou favorecer na evolução do processo, tornando-o mais consistente com os objetos e com as preferências dos decisores. Tal metodologia serve de apoio aos decisores para melhor conhecer o seu problema e seus objetivos levando em consideração suas peculiaridades e subjetividade.

Dentro do apoio a decisão multicritério existem duas visões sobre o problema, prescritivista e construtivista (GOMES *et al.*, 2006). Na visão prescritivista os modelos são elaborados e apresentados ao decisor e cabe a ele decidir se os aceitam ou não. Já na visão construtivista os modelos são construídos com o objetivo de fazer recomendações, levando em consideração a subjetividade dos envolvidos na decisão.

Na análise multicritério, deve-se avaliar a problemática de referência, que, segundo Roy (1996), é uma característica que descreve a concepção do processo de decisão. A problemática de referência fornece uma percepção correta de como os elementos do processo decisório serão estruturados, bem como, auxilia o analista na avaliação de como será a sua participação, a forma como ele direcionará as suas investigações, os resultados esperados e como eles serão apresentados ao decisor.

As quatro problemáticas de referência são definidas por Roy (1996) como:

- **Problemática de Escolha (P. α):** apresenta o problema em termos da escolha da melhor alternativa. Levando a encontrar um subconjunto A' de um conjunto de ações A , tão pequeno quanto possível, contendo as “melhores” ações ou as ações mais satisfatórias, visando escolher uma única ação como decisão final.
- **Problemática de Classificação (P. β):** apresenta o problema em termos de disposição das ações em categorias bem definidas baseadas em normas aplicadas ao conjunto de ações e seus valores intrínsecos. Esta problemática conduz ao resultado de aceitar ou rejeitar certas ações ou fornece uma recomendação mais complexa, propondo uma metodologia que pode ser utilizada para dispor as ações em classes.
- **Problemática de Ordenação (P. γ):** apresenta o problema em termos de ordenação das ações do conjunto A determinando uma ordem que pode ser considerada “suficientemente satisfatória”, com base em um modelo de preferências. Esta problemática sugere uma ordem parcial ou completa das classes que contém ações consideradas equivalentes e propõe uma metodologia baseada em um procedimento de ordenação.
- **Problemática de Descrição P. δ :** apresenta o problema em termos de descrição das ações do conjunto de ações A e as suas consequências, de forma a tornarem explícitas as ações relacionadas à ação potencial apoiando o decisor a entender e avaliar essas ações. Esta problemática descreve de forma sistemática e formal as ações e suas consequências em termos qualitativos e quantitativos, e propõe uma metodologia baseada em procedimentos cognitivos.

A problemática de referência é estabelecida pelo decisor. Este ator do processo tem o poder e a responsabilidade da decisão final, além de assumir as suas consequências. Ele influencia diretamente na decisão através dos seus sistemas de valores, estabelecendo os limites do problema. Além do decisor, outros atores estão envolvidos no processo decisório, dentre eles destacam-se os *stakeholders*, grupo de terceiros e o analista.

Os chamados *stakeholders*, são atores que podem não ter responsabilidade formal pela decisão, mas têm interesse no resultado final, por isso irão intervir diretamente no processo decisório através dos seus sistemas de valores. O grupo dos terceiros são aqueles que não participam diretamente da decisão, mas que são afetados pelas suas consequências e, por isso, suas preferências devem ser levadas em consideração (ROY, 1996). O analista é um indivíduo que executa o apoio a decisão, geralmente é alguém com experiência ou um especialista que pode

trabalhar sozinho ou com uma equipe. O seu papel é tornar explícito o modelo e a sua utilização de forma a obter elementos que esclareçam para o decisor sobre as consequências de suas escolhas, e talvez recomendar algumas ações ou metodologias que possam o apoiar no processo decisório (GOMES, 2006; ROY, 1996).

É importante ressaltar que o apoio a decisão multicritério trabalha com um conjunto finito de ações. De acordo com Roy (1996) uma ação é a representação de uma possível contribuição a tomada de decisão e serve como um ponto de aplicação para o processo decisório. As ações podem ser definidas como: atual (a ação corresponde a um projeto desenvolvido que pode ser executado) ou fictícia (a ação corresponde a um projeto idealizado), realística (a ação cuja implementação possa ser razoavelmente prevista) ou não-realista (a ação cujos objetivos são incompatíveis, mas serve de base para discussão). Uma ação fictícia pode ser realista ou não-realista, a partir desses conceitos Roy (1996) define ação potencial como sendo uma ação real ou fictícia julgada em dado momento como realista por pelo menos um dos atores do processo de decisão, decisor ou analista.

Vincke (1992) define um conjunto de ações como um conjunto de decisões, a ser explorado durante o processo de decisão. O problema de decisão pode ser modelado com um conjunto de ações que podem ser estável (definido a priori sem sofrer modificações durante o processo) ou evolutivo (sujeito a modificações durante o processo), globalizado (cada elemento do conjunto exclui outro) ou fragmentado (as decisões resultam de combinações de diversos elementos do conjunto) dependendo da escolha que é feita.

Definir o conjunto de ações não depende apenas do problema em questão e dos atores envolvidos na tomada de decisão, mas também de forte interação com etapas importantes do processo como: modelagem de preferência, definição de critérios e a escolha do método de apoio a decisão que pode ser aplicado (VINCKE, 1992).

2.4.2.1 *Modelagem de Preferência*

A modelagem de preferência tem o objetivo de apoiar o processo decisório por meio de uma relação binária entre duas alternativas estabelecendo condições que expressem as preferências do decisor quando estas alternativas são comparadas entre si. Vincke (1992) argumenta que a modelagem de preferência é uma etapa indispensável na tomada de decisão.

O estudo da modelagem de preferência do decisor é feita com a comparação de duas alternativas (a , b) de um conjunto de ações A levando em consideração três hipóteses:

1. Preferência por uma das ações;
2. Indiferença entre as ações;

3. Não tem capacidade ou não quer compará-las.

Estas hipóteses podem ser representadas pelas relações de Preferência (P), Indiferença (I) e Incomparabilidade (J), respectivamente. Elas aparecem na maioria dos casos onde é estudada a modelagem de preferência do decisor e são mutuamente exclusivas.

Roy (1996) aponta que quando o decisor se depara com a necessidade de estruturar suas preferências entre duas alternativas *a* e *b* de um conjunto de ações A. Ele utiliza o **Sistema Básico de Relações de Preferência** composto pelas seguintes relações:

- **Preferência Estrita (P):** Corresponde à existência de razões claras e objetivas que justifiquem a equivalência entre duas ações.
- **Preferência Fraca (Q):** Corresponde à existência de razões claras e objetivas que justifiquem uma preferência significativa em favor de uma (bem identificada) das duas ações.
- **Indiferença (I):** Corresponde à existência de razões claras e objetivas que invalidem a preferência estrita em favor de uma das duas ações, mas essas razões são insuficientes para se deduzir uma preferência estrita em favor de outra ou uma indiferença entre duas ações; portanto, não é possível diferenciar nenhuma das situações precedentes.
- **Incomparabilidade (J):** Corresponde à ausência de razões claras e positivas para justificar qualquer uma das três situações precedentes.

Roy (1996) também apresenta mais cinco relações de preferência. Estas são caracterizadas pela combinação das relações básicas e que expressam com mais detalhes as preferências do decisor com relação a duas alternativas. Junto com o Sistema Básico de Relações de Preferência, estas formam o **Sistema Consolidado de Relações de Preferência:**

- **Não-preferência (~):** Corresponde a uma ausência de situações claras e objetivas para justificar a preferência estrita ou fraca em favor de uma das ações e, portanto, consolidar as situações de indiferença ou de incomparabilidade sem ser capaz de diferenciá-las.
- **Preferência (<):** Corresponde à existência de razões claras e objetivas que justifiquem a preferência estrita ou fraca em favor de uma (bem identificada) das duas ações e, portanto, consolida as situações de preferência estrita e fraca sem, no entanto, ser capaz de diferenciá-las.

- **J – Preferência (presunção de preferência):** Corresponde à existência de razões claras e objetivas que justifiquem a preferência fraca, sem se preocupar quão fraca, em favor de uma (bem identificada) das duas ações, mas não exista nenhuma divisão significativa estabelecida entre as situações de preferência fraca e indiferença.
- **K – Preferência:** Corresponde à existência de razões claras e objetivas que justifiquem a preferência estrita em favor de uma (bem identificada) das duas ações ou a incomparabilidade entre elas, mas não exista nenhuma divisão significativa estabelecida entre as situações de preferência estrita e incomparabilidade.
- **Sobreclassificação (S):** Corresponde à existência de razões claras e objetivas que justifiquem a preferência ou J - preferência em favor de uma (bem identificada) das duas ações, mas não exista nenhuma divisão significativa estabelecida entre as situações de preferência estrita, preferência fraca e indiferença.

Vincke (1992) descreve o modelo tradicional de estruturas de preferência como sendo aquelas que não aceitam a incomparabilidade entre as alternativas, ou seja, a relação J é vazia. Tal abordagem traduz um problema de decisão para a otimização de uma função g definida no conjunto de ações A , onde as preferências do decisor podem ser representadas como:

$$\forall a, b \in A$$

$$\left\{ \begin{array}{l} aPb \Leftrightarrow g(a) > g(b) \\ alb \Leftrightarrow g(a) = g(b) \end{array} \right\} \text{ Modelo tradicional}$$

Tal estrutura/de preferência deve obedecer às seguintes condições:

- $a J b$: J é vazia (não existe incomparabilidade)
- aPb e $bPc \rightarrow aPc$: P é transitivo
- alb e $bIc \rightarrow aIc$: I é transitivo

Com isso é possível definir as seguintes estruturas (ROY, 1996):

- **Estrutura de Pré-Ordem Completa:** as alternativas do conjunto de ações são ordenadas da melhor para a pior com a possibilidade de empate por similaridade, ou seja, é permitida a indiferença entre as alternativas.
- **Estrutura de Ordem Completa:** as alternativas do conjunto de ações são ordenadas da melhor para a pior, mas sem a possibilidade de empate por similaridade entre as alternativas, ou seja, não é permitida a indiferença.

- **Estruturas de Semi-Ordem:** ocorre quando existe um limiar de indiferença (q), abaixo do qual o decisor não consegue explicar a indiferença e não quer expressar a preferência.

$$\forall a, b \in A$$

$$aPb \Leftrightarrow g(a) > g(b) + q$$

$$aIb \Leftrightarrow |g(a) - g(b)| \leq q$$

- **Estrutura de Ordem de Intervalo:** o limiar de indiferença varia ao longo de uma escala de valores, permitindo um modelo de limiar variável.

$$aPb \Leftrightarrow g(a) > g(b) + q(g(b))$$

$$aIb \Leftrightarrow g(a) \leq g(b) + q(g(b))$$

$$g(b) \leq g(a) + q(g(a))$$

- **Estrutura de Pseudo-Ordem:** Tal estrutura permite um limiar de indiferença (q) abaixo do qual é clara a indiferença e um limite de preferência (p) acima do qual não há dúvida da preferência.

$$aPb \Leftrightarrow g(a) > g(b) + p(g(b))$$

$$aQp \Leftrightarrow g(b) + p(g(b)) \geq g(a) > g(b) + q(g(b))$$

$$aIb \Leftrightarrow g(a) \leq g(b) + q(g(b))$$

$$g(b) \leq g(a) + q(g(a))$$

A relação preferência fraca (Q) reflete a indecisão do tomador de decisão entre indiferença e preferência estrita.

Vincke (1992) apresenta outro grupo de estruturas de preferência na qual a incomparabilidade é aceita. Estas estruturas são denominadas de estruturas parciais de preferência.

- **Estrutura de pré-ordem parcial:** as alternativas do conjunto de ações são ordenadas da melhor para a pior com a possibilidade de empate por similaridade, ou seja, é permitida a indiferença entre as alternativas e aceita a incomparabilidade;
- **Estrutura de Ordem Parcial:** as alternativas do conjunto de ações são ordenadas da melhor para a pior, mas sem a possibilidade de empate por similaridade entre as alternativas, ou seja, não é permitida a indiferença e aceita a incomparabilidade.

2.4.2.2 *Relação de Dominância*

A definição de relação de dominância dada por Vincke (1992) pode ser compreendida da seguinte maneira: dado elementos a e b do conjunto de ações A , diz-se que a domina b (aDb), se somente se $g_j(a) \geq g_j(b)$, $j = 1, 2, \dots, n$, onde pelo menos uma das desigualdades é estrita.

2.4.2.3 *Ação Eficiente*

Uma ação a é dita eficiente se, e somente se, nenhuma outra ação de A que seja superior a ela ou a domine (VINCKE, 1992).

O conjunto de ações eficientes é geralmente considerado como um conjunto de ações interessantes de A , mesmo que não existam razões suficientes para não aceitar as não eficientes.

2.4.2.4 *Critérios*

Vincke (1992) define critério como sendo uma função g , definida em um conjunto de ações A , na qual os valores são tomados de um conjunto totalmente ordenado, e que representa as preferências do decisor de acordo com um determinado ponto de vista.

Os critérios podem ser quantitativos avaliados segundo escalas numéricas bem definidas e qualitativas quando não existem unidades de medidas definidas. A representação $g_j(a)$ indica que a ação a está sendo avaliada com relação ao critério j .

Vincke (1992) classifica os critérios de acordo com a estrutura de preferência:

- Critério Verdadeiro: se a estrutura de preferência básica é uma estrutura de pré-ordem completa (modelo tradicional);
- Semi-critério: se a estrutura de preferência básica é uma estrutura de semi-ordem (modelo de limiar);
- Critério Intervalar: se a estrutura de preferência básica é uma estrutura de ordem intervalar (modelo de limiar variável);
- Pseudo-critério: se a estrutura de preferência básica é uma estrutura de pseudo-ordem (modelo de limiar duplo, com restrições sobre os limiares).

O mesmo autor descreve que a representação dos diferentes pontos de vista (aspectos, características, fatores) com a ajuda de uma família de critérios $F = \{g_1, \dots, g_j, \dots, g_n\}$ é a parte mais delicada da formulação de um problema de decisão.

2.4.3 Classificações dos Métodos Multicriteriais

De acordo com Figueira *et al.* (2005) e Zuffo (2002), os métodos multicritério de auxílio à decisão são divididos, basicamente, em quatro (4) grandes grupos:

1. Métodos baseados na programação matemática (MOLP, sigla em inglês para Multiobjective Linear Programming), dos quais se destacam: a Programação por Compromisso (CP, sigla em inglês para Compromise Programming) (ZELENY, 1973); e, a Teoria dos Jogos Cooperativos (CGT, sigla em inglês para Cooperative Games Theory) (NASH, 1951 apud JUNQUEIRA, 2005; SZIDAROVSKY; DUCKSTEIN; BOGARDI, 1980 apud GERSHON; DUCKSTEIN, 1983);

2. Métodos baseados nas Teorias do Valor e da Utilidade Multiatributo (MAUT, sigla em inglês para Multiattribute Utility Theory), dos quais se destacam: o AHP (sigla em inglês para Analytic Hierarch Process) (SAATY, 1977, 1980); e, o MACBETH (sigla em inglês para Measuring Attractiveness by a Categorical Evaluation Technique) (BANA e COSTA; De CORTE; VANSNICK, 2004, 2005);

3. Métodos baseados nas Relações de Preferências, dos quais se destacam: o ELECTRE (*Elimination Et Choix Traduisant la Réalité*, que em português significa Tradução da Realidade por Eliminação e Escolha) (BENAYOUN; ROY; SUSSMAN, 1966 apud ZUFFO et al., 2002; FIGUEIRA; MOUSSEAU; ROY, 2005); e, o PROMETHEE (*Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations*, que em português significa Método de Ordenação de Preferência para o Enriquecimento da Avaliação) (BRANS; MARESCHAL, 2005);

4. Abordagens não-clássicas em MCDA, das quais se destacam os métodos que incorporam a teoria Fuzzy (GRABISCH; LABREUCHE, 2005; MEYER; ROUBENS, 2005; ZADEH, 1965 apud BARROS, 1997; ZIMMERMANN, 1985 apud CARLSSON; FULLÉR, 1996).

De acordo com Zuffo et al. (2002) há uma nítida divisão entre os métodos utilizados pela escola europeia, a qual enfoca o apoio à decisão, e a escola americana, a qual se propõe, prioritariamente, a definir a tomada decisão, propriamente dita. Isto é, a escola europeia tem o foco de auxiliar o processo decisório, propondo que não há uma única solução “ótima” e que, desta forma, o melhor caminho é o da busca da solução de melhor compromisso; enquanto a escola americana se propõe a apontar a decisão “ótima”. Ou seja, na percepção europeia pode haver várias “ótimas” soluções, as quais seriam assim definidas dependendo da percepção de cada ator envolvido no problema.

Ainda, de acordo com Zuffo et al. (2002), é a escola europeia que passa a adotar o termo MCDA, destacando-se o “A” de “apoio” (aid, em inglês), enquanto que a escola americana usa o termo MCDM, onde o “M” significa “fazer”, no sentido de executar, tomar a decisão (making, em inglês).

A abordagem de sobreclassificação faz parte da família da Escola Francesa, que permite construir uma relação de sobreclassificação que representa as preferências estabelecidas pelo decisor. Os métodos desta família procuram estabelecer comparações par a par entre as alternativas formando uma relação onde se diz que, uma alternativa sobreclassifica a outra quando ela é no mínimo tão boa quanto esta alternativa, e não existe argumentos suficientes que justifiquem o quanto esta outra alternativa é melhor. Na sua modelagem não existe função valor de agregação das alternativas, como nos métodos de Critério Único de Síntese que são métodos compensatórios, desta forma esses métodos apresentam uma característica não-compensatória. Permitem a intransitividade entre as preferências, as indiferenças entre as alternativas, e aceita a incomparabilidade (VINCKE, 1992; BELTON & STEWART, 2002). Dentro dos métodos de sobreclassificação, os que mais se destacam são os da família ELECTRE , e os da família PROMETHEE. A seguir é apresentado com maior detalhamento a família de métodos PROMETHEE, e o método que será utilizado no modelo proposto neste trabalho.

2.4.3.1 *Método AHP (Analytic Hierarchy Process)*

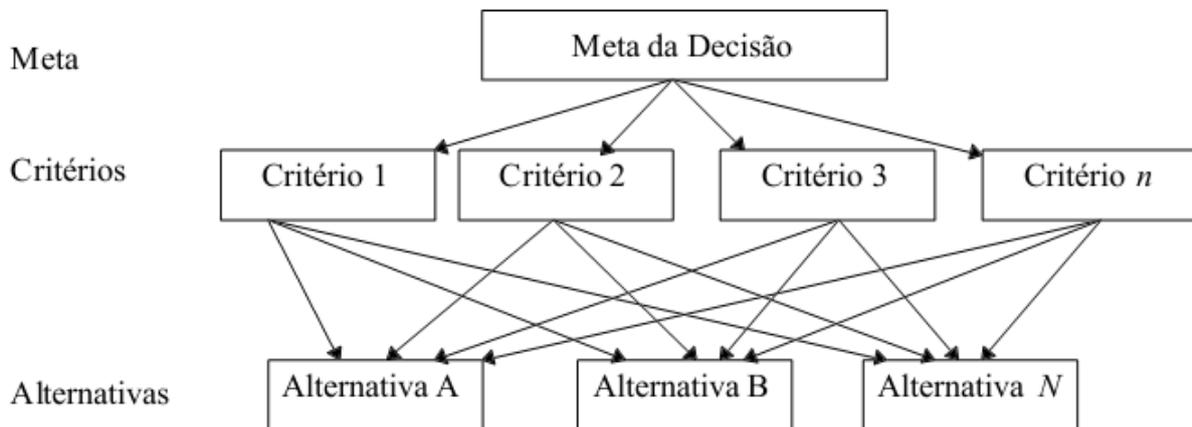
O método AHP foi desenvolvido por Saaty (1991) em meados da década de 70. A sigla AHP incorpora suas características, as quais são especialmente direcionadas à superação das limitações cognitivas dos tomadores de decisão.

O método é caracterizado por sua simplicidade e robustez, permitindo que sua aplicação se estenda a várias áreas, entre as quais: Planejamento Estratégico (Emshoff & Saaty, 1982), Marketing (Armacost & Hosseini, 1994) e Avaliação do Nível de Consenso do Grupo (Bryson, 1996), Escolha de financiamento no transporte aéreo (Granemann & Gartner, 1998), Programas de qualidade e produtividade (Figueiredo & Gartner, 1999) e Análise de projetos (Gartner et al., 1998).

Caracterizada por ser um instrumento de apoio, a aplicação do AHP em problemas de decisão é feita em duas fases: na de construção da hierarquia e na de avaliação (Vargas, 1990) em que a primeira fase envolve a estruturação do problema em níveis e o AHP permite, aos decisores, a modelagem de problemas complexos em uma estrutura hierárquica (Figura 8) que mostra as

relações entre as metas, os critérios que exprimem os objetivos e sub-objetivos, e as alternativas que envolvem a decisão.

Figura 8 - Exemplo de estrutura hierárquica de problemas de decisão.



Fonte: Adaptado de Saaty (1990, 1991)

A estrutura hierárquica forma uma árvore invertida, cuja estrutura vai descendo da meta da decisão para os critérios, subcritérios e alternativas, em sucessivos níveis (Saaty, 1990).

Para Chwolka e Raith (1999), a maior vantagem do AHP é que ele requer que os indivíduos façam somente comparações entre pares de alternativas. Já Boritz (1992) aponta como um dos pontos fortes mais significativos do AHP a capacidade de medir o grau de inconsistência presente nos julgamentos par a par e, desse modo, ajudar a assegurar que somente ordenamentos justificáveis sejam usados como a base para avaliações.

Por outro lado, Bana e Costa e Vansnick (2001) e Dodgson et al. (2001), em intensos debates com especialistas em Métodos Multicritérios de Análise de Decisão, suscitam algumas dúvidas sobre o AHP e Ishizaka (2004), Steiguer, Duberstein e Lopes (2005) e Schimidt (1995) apresentam várias críticas em relação ao método. Logo, no intuito de proporcionar um panorama das discussões acerca do AHP, foram destacados seus principais aspectos positivos e negativos no Quadro 2.

Quadro 2 - Aspectos positivos e negativos do método AHP

ASPECTOS POSITIVOS	ASPECTOS NEGATIVOS
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Simplicidade e Facilidade de uso; ✓ Habilidade de manusear com julgamentos inconsistentes; ✓ A representação hierárquica de um sistema pode ser usada para descrever como as mudanças em prioridades nos níveis mais altos afetam a prioridade dos níveis mais baixos; ✓ Permite que todos os envolvidos no processo decisório entendam o problema da mesma forma; ✓ O desenvolvimento dos sistemas estruturados hierarquicamente é preferível àqueles montados de forma geral; ✓ Pequenas modificações em uma hierarquia bem estruturada têm efeitos flexíveis e pouco significativos; ✓ Capacidade em lidar com problemas que envolvam variáveis tanto quantitativas como qualitativas; ✓ A forma de agregação dessas variáveis exige que o decisor participe ativamente no processo de estruturação e avaliação do problema, o que contribui para tornar os resultados propostos mais exequíveis; ✓ Estruturando hierarquicamente um problema, os usuários são capazes de ordenar e comparar um uma lista menor de itens dentro de seus próprios contextos; 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Subjetividade na formulação da matriz de preferência; ✓ Deve ser procedida uma análise acurada para identificar e caracterizar as propriedades dos níveis da hierarquia que afetam o desempenho do objetivo mais alto; ✓ É muito importante que haja consenso na priorização dos níveis mais altos da hierarquia; · Os critérios representados devem ser independentes ou, pelo menos, suficientemente diferentes, em cada nível; ✓ Requer procedimento para estruturar o questionário de perguntas e preferências; ✓ O trabalho computacional é sensivelmente maior quando se eleva o número de alternativas; · Pesos para os critérios são obtidos antes que as escalas de medida tenham sido ajustadas; ✓ A introdução de novas opções pode mudar a posição relativa de algumas das opções originais; ✓ O número de comparações requeridas pode ser muito alto; ✓ As prioridades dependem do método usado para derivá-las; ✓ Existem falhas nos métodos para agregar os pesos individuais dentro dos pesos compostos; · Uma ausência de fundamento de teoria estatística.

Fonte: Baseado em Schimidt (1995), Abreu et al. (2000), Ishizaka (2004), Finnie e Wittig (1999), Chwolka e Raith (1999), Boritz (1992), Bana e Costa e Vansnick (2001) e Dodgson et al. (2001) e Steiguer, Duberstein e Lopes (2005).

2.4.3.2 *Método PROMETHEE*

O método PROMETHEE significa (**P**reference **R**anking **O**rganisation **M**ETHod for **E**nrichment **E**valuation) , que quer dizer método de ordenação de preferência para o enriquecimento da avaliação. No seu processo de análise, decompõe o objetivo em critérios, e as comparações entre as alternativas são feitas no último nível de decomposição e aos pares, pelo estabelecimento de uma relação que acompanha as margens de preferência ditadas pelos agentes decisores (VINCKE, 1992). Para construir uma relação de sobreclassificação valorada, cada critério é avaliado por um peso p_j ,

Os pesos são medidas de importância relativa do critério. Se todos os critérios têm a mesma importância para o decisor, então todos os pesos podem ser tomados igualmente (BRANS *et al.*, 1986). Eles são expressos através de escalas, que podem ser cardinais, verbais ou ordinais. Os pesos dos critérios permitem que as preferências do decisor e o seu impacto na posição das alternativas sejam expressos explicitamente. Eles podem ser elicitados de várias formas, mas nenhuma pode garantir um resultado mais preciso (MOSHKOVICH *et al.*, 1998).

Uma das limitações do PROMETHEE é que ele não fornece orientações específicas para a determinação desses pesos, mas assume que o decisor é capaz de ponderar os critérios adequadamente, pelo menos quando o número de critérios não é muito grande (MACHARIS *et al.*, 2004).

2.4.4 **Apoio Multicritério à Decisão e os Métodos Ordinais / Multidecisor**

O Apoio Multicritério à Decisão consiste em um conjunto de métodos e técnicas para auxiliar ou apoiar a tomada de decisão, uma vez que considera a presença de uma multiplicidade de critérios. De acordo com Gomes et al. (2009) os chamados métodos ordinais são considerados bastante intuitivos e pouco exigentes tanto em termos computacionais quanto em relação às informações necessárias por parte do decisor.

Na literatura os três métodos multicritério ordinais mais referenciados são: métodos de Borda, Condorcet e Copeland. Destacam-se brevemente, a seguir, as particularidades de cada método.

✓ *Método de Borda*

Este método que na essência é uma soma de postos tem a grande vantagem da simplicidade e, por isso, algumas de suas variantes são usadas em competições desportivas (SOARES DE MELLO et al., 2005).

Para o uso do método de Borda o decisor deve ordenar as alternativas de acordo com as suas preferências. A alternativa mais preferida recebe um ponto, a segunda dois pontos e assim sucessivamente. Os pontos atribuídos pelos decisores a cada alternativa são somados e a alternativa que tiver obtido a menor pontuação é a escolhida (DIAS et al., 1996; GOMES et al. 2009). Todas as alternativas são ordenadas por ordem decrescente de pontuação (o que garante o respeito ao axioma da totalidade). No entanto, apesar de sua simplicidade e amplo uso de suas variações, o método de Borda não respeita um dos mais importantes axiomas de Arrow (1986): o da independência em relação às alternativas irrelevantes (GOMES et al., 2009).

De acordo com Gomes et al. (2009) a posição final de duas alternativas não é independente em relação às suas classificações em relação a alternativas irrelevantes. Tal fato pode gerar distorções, com destaque para a extrema dependência dos resultados em referência ao conjunto de avaliação escolhido e a possibilidade de manipulações pouco honestas.

✓ *Método Condorcet*

De acordo com Boaventura Neto (2003), é considerado precursor da atual escola francesa de multicritério, trabalha com relações de superação. As alternativas são comparadas sempre duas a duas e constrói-se um grafo que expressa a relação entre elas.

Através da representação da relação de preferência por um grafo, a determinação de alternativas dominantes e dominadas (quando existem) fica bastante facilitada. Quando existe uma e só uma alternativa dominante, ela é a escolhida. Este método, menos simples, tem a vantagem de impedir distorções ao fazer com que a posição relativa de duas alternativas independa de suas posições relativas a qualquer outra. No entanto, pode conduzir ao chamado ‘paradoxo de Condorcet’, ou situação de intransitividade. Isso acontece quando a alternativa A supera a alternativa B, que supera a C, que por sua vez supera a alternativa A (‘Tripleta de Condorcet’) (GOMES et al. 2009).

✓ *Método COPELAND*

Este método usa a mesma matriz de adjacência que representa o grafo do método de Condorcet. A partir dela calcula-se a soma das vitórias menos as derrotas, em uma votação por maioria simples. As alternativas são então ordenadas pelo resultado dessa soma. O método alia a vantagem de sempre fornecer uma ordenação total (ao contrário do método de Condorcet) ao fato de dar o mesmo resultado de Condorcet, quando este não apresenta nenhum ciclo de intransitividade. Quando esses ciclos existem, o método de COPELAND permite fazer a ordenação e mantém a ordenação das alternativas que não pertencem a nenhum ciclo de intransitividade. Apesar de computacionalmente mais exigente que Borda, quando há necessidade

de estabelecer uma relação de pré-ordem, ou ordem *latus sensu*, este método fornece sempre uma resposta (ao contrário do método de Condorcet) e, apesar de não eliminar, reduz bastante a influência de alternativas irrelevantes (GOMES JUNIOR et al., 2008; GOMES et al. 2009).

Corroborando com esse entendimento Gomes et al. (2013) argumentam que se o método de Condorcet não apresentar ciclos de intransitividade, o método de COPELAND satisfaz o axioma da independência em relação às alternativas irrelevantes. Em qualquer caso, sempre fornece uma ordem total. Caso haja ciclos de intransitividade, esse método proporciona uma ordenação menos dependente das alternativas irrelevantes do que o método de Borda. Na combinação destas duas propriedades reside a grande vantagem do método.

Dessa forma e considerando os entendimentos expostos pelos autores adotou-se para o modelo do estudo o Método COPELAND no intuito de obter uma ordenação final mais alinhada dos cenários de intervenção em relação à gestão das águas pluviais.

Tendo como base os conceitos expostos neste capítulo relacionados aos problemas inerentes a gestão das águas pluviais, à análise multicriterial e multidecisor, observa-se a necessidade de buscar e desenvolver melhores formas de estruturar o problema (análise sistêmica), seja considerando a comparação par a par entre os critérios, seja via método de ordenação final das preferências dos vários decisores.

CAPITULO 3

GESTÃO HÍDRICA E CONFLITOS NO ESTADO DO PERNAMBUCO

3.1 Estrutura Institucional Hídrica do Estado de Pernambuco

Desde a promulgação da Política Estadual de Recursos Hídricos, Lei 11.426/1997 e que foi revisada em 2005, mediante da Lei Estadual 12.984/2005, a Lei das Águas de Pernambuco, ocorre à constante mudança do órgão responsável pela implantação da política. Em 1997, a atribuição coube a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – SECTMA (PERNAMBUCO, 2008).

Em 1999, é criada a Secretaria de Recursos Hídricos – SRH, Lei 11.629/1999, com atribuição específica em gerir os recursos hídricos. Após uma reforma administrativa, em 2003, Lei Complementar 49/2003, extinguiu a SRH, distribuindo suas atribuições para três secretarias: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente; Secretaria de Infraestrutura Hídrica; e Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária.

Com mais uma mudança de governo, em 2007, o Estado recriou a Secretaria de Recursos Hídricos, Lei 13.205/2007, que atualmente é denominada de Secretaria de Desenvolvimento Econômico (SDEC) responsável pela implantação da Política Estadual de Recursos Hídricos e de Saneamento - SHRE (PERNAMBUCO, 2008).

Não bastasse as dificuldades e desafios em implementar a Política de Recursos Hídricos, percebe-se a fragilidade, na constituição de um órgão gestor dos recursos hídricos, que possibilite a continuidade do planejamento e gerenciamento do mesmo.

Assim, com intuito de reverter esse quadro de descontinuidade, em 2010 é criada a Agência Pernambucana de Águas e Climas - APAC, mediante da Lei Estadual 14.028/2010, vinculada a então, SRHE. A agência tem por finalidade executar a Política Estadual de Recursos Hídricos e regular o uso da água, no âmbito dos recursos hídricos estaduais e dos federais nos termos em que lhe forem delegados, bem como realizar monitoramento hidrometeorológico e previsões de tempo e clima no Estado (art. 2º).

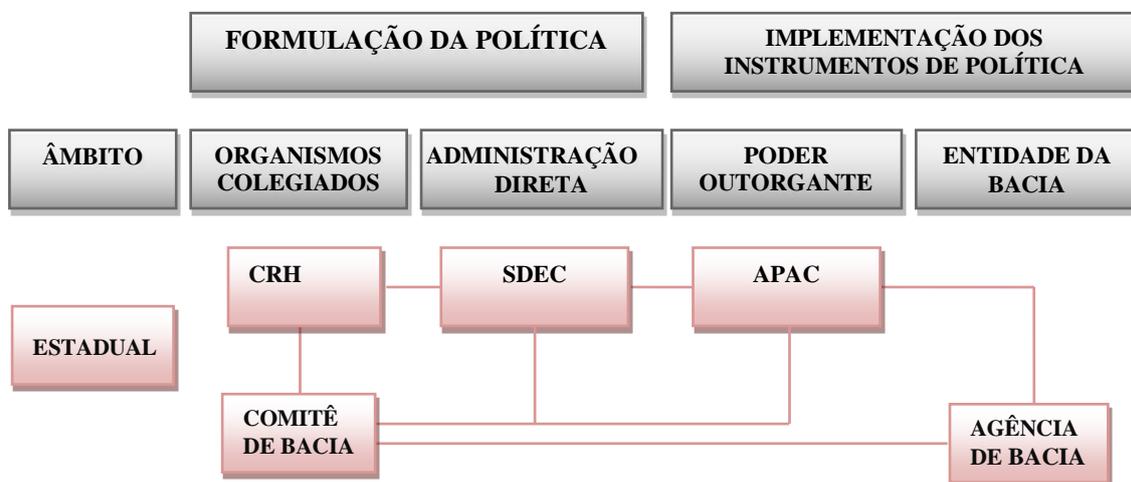
Spink (1987) nomeia essa problemática na gestão pública com: “A expressão ‘continuidade e descontinuidade administrativa’ refere-se aos dilemas, práticas e contradições que surgem na Administração Pública, Direta ou Indireta, a cada mudança de governo e a cada troca de dirigentes (SPINK, 1987, p. 57)”.

A questão da continuidade e da descontinuidade administrativa apresenta-se como um entrave ao desenvolvimento de políticas públicas devido a interrupção de projetos, programas, ações, destituições de órgãos, que promovem mudanças radicais de prioridades, sempre em função de um viés político. Desconsiderando qualidades ou méritos das ações anteriores desenvolvidas. E conseqüentemente, verifica-se o desperdício de recursos públicos, o desânimo das equipes envolvidas e também a perda da memória intelectual e saber institucional (SPINK, 1987).

3.1.1 Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos

O Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SIGRH/PE, responsável por executar a política das águas pernambucanas, está ancorado em três instâncias: deliberativa, por meio do Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CRH e dos Comitês das Bacias Hidrográficas - CBHs, técnica, por meio de Câmaras Técnicas e Grupos de Trabalho, visando a discutir e a encaminhar ações sobre temas de interesse do CRH, e financeiros, por meio do Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FEHIDRO. A Figura 9 demonstra o SIGRH/PE que de acordo com Lei Estadual 12.984/05 tem a seguinte composição e suas respectivas atribuições (art. 40):

Figura 9 - Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos de Pernambuco.



Fonte: Adaptado MMA, 2013.

i. *Conselho Estadual de Recursos Hídricos é o órgão superior, normativo, deliberativo e consultivo do SIGRH/PE:* Responsável pela formulação de políticas e diretrizes, aprovação de instalação de CBHs, aprovação do Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH, arbitragem de conflitos entre CBHs;

- ii. *Comitês de Bacia Hidrográfica*: são órgãos colegiados instituídos com o objetivo de promover debates sobre a questão dos recursos hídricos no âmbito da bacia e sub-bacias a que pertence (art. 46). Compete-lhe participar e acompanhar todo o processo de elaboração do plano diretor da bacia, assim como programas de ações para atendimento de situações críticas e também a aprovação do mesmo; definição de valores da cobrança; atuação na secretaria executiva;
- iii. *Secretaria de Desenvolvimento Econômico*: é o atual órgão gestor de recursos hídricos do Estado e o gestor do SIGRH/PE, a quem compete cumprir e fazer cumprir toda legislação hídrica no Estado de Pernambuco; administrar o Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FEHIDRO; coordenar o processo de elaboração, revisão periódica e implementação do PERH e dos Planos diretores de recursos hídricos de bacia inseridos no âmbito de competência das respectivas Agências de Bacia, na ausência das mesmas; gerir o sistema estadual de informações de recursos hídricos - SIRH-PE, entre outras atribuições;
- iv. *Agência Pernambucana de Águas e Clima* é responsável pela execução da Política de Recursos Hídricos;
- v. *Órgãos executores do SIGRH/PE* suas atribuições são implementar a Política Estadual de Recursos Hídricos, no âmbito das respectivas competências; e participar dos processos de planejamento, monitoramento, fiscalização e implementação das ações competentes no âmbito do SIGRH/PE;
- vi. *Organizações civis de recursos hídricos* competem, enquanto componentes do SIGRH, participar dos processos de planejamento, monitoramento e acompanhamento de ações competentes no âmbito do referido Sistema (art. 52). Destacam-se os Conselhos de Usuários – CONSUS são associações reconhecidas pelo CRH formadas por usuários de um mesmo manancial, em geral um açude. Têm como principais objetivos; promover o uso racional da água, proteger o manancial e resolver conflitos de usos e/ou entre usuários. O processo de formação de um conselho de usuários inicia devido a uma demanda espontânea da sociedade, geralmente em função da escassez de água que gera conflitos entre os usuários;
- vii. *Agências de Bacia* terão como área de atuação uma ou mais bacias hidrográficas e exercerão a função de órgão executivo ou respectivos CBH; elaborar e atualizar o plano diretor de recursos hídricos para apreciação do respectivo ou respectivos CBH.

3.1.2 Instrumentos Estaduais de Gerenciamento dos Recursos Hídricos

A gestão dos recursos hídricos vincula-se a diversos setores, o que exige articulação entre as instituições públicas, privadas e sociedade civil organizada com atuação na bacia hidrográfica.

A Política Estadual de Recursos Hídricos - Lei nº 12.984/2005, em seu art. 5º instituiu como seus instrumentos: (a) os planos diretores de recursos hídricos; (b) o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; (c) a outorga do direito de uso de recursos hídricos; (d) a cobrança pelo uso de recursos hídricos; (e) o sistema de informações de recursos hídricos; (f) a fiscalização do uso de recursos hídricos; (g) o monitoramento dos recursos hídricos. Dessa maneira no Quadro 3 podem ser observados os integrantes do SIGRH/PE e suas atribuições referente aos instrumentos de gerenciamento.

Quadro 3 - Órgãos do SIGRH/PE responsáveis pela elaboração dos instrumentos de gestão.

Instrumento	Responsáveis pela elaboração dos instrumentos	Implantação dos instrumentos (apreciar e aprovar)	Corresponsabilidade
Planos Estadual de Recursos Hídricos	SRHE e APAC	CRH	-
Planos Diretor de Bacia Hidrográfica	Agência de Bacia* (SRHE, APAC e CPRH)	CBH e CRH	CBH
Enquadramento dos corpos de água em classes	CRH definição dos critérios quantitativos	CBHs	APAC (cadastro dos usuários); CPRH (critérios ambientais)
Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos	SRHE e APAC	-	CPRH (Licenciamento Ambiental)
Cobrança pelo uso de recursos hídricos	SRHE e APAC ou delegar para Agência de Bacia*	CRH	CBH (propor os valores a serem cobrados)
Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos	SRHE e APAC	-	CPRH (integração com sistema estadual de informações de meio ambiente)
Fiscalização do uso de recursos hídricos	APAC	-	CPRH
Monitoramento dos recursos hídricos	APAC	-	CPRH

Fonte: Adaptado da Lei Estadual nº 12.984/2005.

*Agência de bacia ainda não foram criadas, em Pernambuco

Cada integrante do SIGRH/PE possui diversas atribuições de acordo com a Política Estadual de Recursos Hídricos, entre as quais a implantação dos instrumentos e execução das ações. A Tabela 4 mostra que cada instrumento encontra-se articulado entre si, para edificação de um processo integrado, participativo e descentralizado.

Em Pernambuco, o Plano Estadual de Recursos Hídricos foi elaborado em 1998 e devendo ser atualizado, no mínimo, a cada quatro anos de acordo com Lei nº 12.984/2005 (art. 10). Hoje, encontra-se tramitando seu processo revisional.

Enquanto o enquadramento dos corpos de água para as bacias hidrográficas de Pernambuco ainda não foram aprovados. A Resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, prescreve em seu art. 42 que “enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras, classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente”. Assim, as águas das respectivas bacias são classificadas em Classe 2.

A outorga do direito de uso foi implantada desde 1998, quando os processos de outorga e licenciamento ambiental passaram a ser integrados (PERNAMBUCO, 2008).

A cobrança pelo uso dos recursos hídricos ainda não foi implementada em águas de domínio de Pernambuco, em virtude da ausência do enquadramento dos corpos de água.

O Sistema de Informações de Recursos Hídricos de Pernambuco – SIRH-PE foi implantado em 1996, antes mesmo da Lei das Águas de 1997. Hoje, encontra-se em processo de modernização da plataforma de dados.

Atualmente, em Pernambuco, a ação fiscalizadora do uso de recursos hídricos cabe à APAC, designada no Decreto nº 38.752/2012, em seu art. 2º determina que sua atuação seja articulada com órgãos e entidades que exerçam atribuições de proteção, conservação e melhoria do meio ambiente e dos recursos hídricos estaduais e dos federais.

Cabe à APAC, órgão executivo de recursos hídricos, e à Agência Estadual de Meio Ambiente – CPRH, órgão gestor da política estadual de meio ambiente, no âmbito das suas atribuições, monitorar os recursos hídricos superficiais e subterrâneos devendo o Estado, para tanto, modernizar, expandir e manter a rede hidrometeorológica.

Observa-se que o SIRH/PE deve manter estreita articulação e cooperação técnico-operacional com o Sistema Estadual de Meio Ambiente e com os órgãos dele integrantes, como é o caso da CPRH (Lei nº 12.984/2005, art. 39). E assim, promover a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental.

3.1.3 Comitês de Bacia Hidrográfica no Estado do Pernambuco

Em referência à divisão hidrográfica do Estado, encontramos 29 Unidades de Planejamento Hídrico (PERH-PE – 1998), constando de 13 Bacias Hidrográficas, 06 Grupos de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos (GL)s, 09 Grupos de Bacias de Pequenos Rios Interioranos (GI) e a Ilha de Fernando de Noronha.

Apesar de no Estado já terem sido criados nove comitês de bacia apenas seis encontram-se em pleno desenvolvimento de atividades que são: Metropolitana Sul, Pajeú, Una, Goiana, Ipojuca e Capibaribe. (Figura 10).

Figura 10 - Comitês de bacias registrados na ANA no Estado do Pernambuco.



Fonte: APAC, 2016.

A Tabela 1 apresenta os comitês de bacia implantados com o seus respectivos dados.

Tabela 1 - Relação dos comitês de bacia implantados no estado de Pernambuco.

Código	Comitê	Instrumento de Criação	de	Área	População	Município
PE1	CBH Metropolitana Sul	Res. 01/2012		1.250	886.000	9
PE2	CBH do Rio Pajeú	Res. 03/2000		16.700	702.000	28
PE3	CBH do Rio Una	Res. 05/2002		6.700	556.000	42
PE4	CBH do Rio Goiana	Res. 02/2004		2.800	459.000	25
PE5	CBH do Rio Ipojuca	Res. 02/2002		3.400	713.000	25
PE6	CBH do Rio Capibaribe	Res. 07/2007		7.500	2.570.000	42

Fonte: APAC (2016)

A presente pesquisa restringiu-se aos seguintes CBHs do: Una, Goiana e Ipojuca. Os quais já possuem mais de dez anos de atuação e por estarem localizados próximos a zona costeira onde sofre a maior influência das cheias.

3.2 Estrutura Institucional Hídrica da Região Metropolitana do Recife

3.2.1 Aspectos Legais na Gestão das Águas Pluviais

O modelo institucional de gestão das águas pluviais adota um sistema de drenagem articulado e integrado aos diversos sistemas atuantes no município, objetivado inicialmente pelo disciplinamento e uso do solo urbano, a fim de garantir a segurança e o bem-estar da população, e permitir a qualidade, segurança e funcionalidade do patrimônio natural e construído da cidade.

Apesar de ser previsto em legislação, a taxa de solo natural diante da realidade urbanística da cidade acaba não tendo efeito desejado devido à dificuldade de fiscalização. Monteiro (2010) constata que, mesmo cumprindo o disposto na legislação em vigor, a maioria dos proprietários dos imóveis da cidade realizam obras de reforma posteriormente, reduzindo significativamente o solo natural anteriormente preservado.

Dessa forma, todo empreendimento a ser construído na cidade do Recife, que seja enquadrado no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano como gerador de impacto, é submetido à análise da CTTU (Companhia de Trânsito e Transporte Urbano), Secretaria de Meio Ambiente, Secretaria de Cultura e Emlurb. Para análise da drenagem, a Emlurb exige o controle das águas pluviais geradas no respectivo lote, devendo o empreendedor apresentar o projeto de drenagem que atenda a esse requisito (ALENCAR, 2013).

Para assegurar com os objetivos de obtenção o fluxo e escoamento das águas de forma segura para a população e suas atividades, além de toda a legislação em vigência que trata da drenagem urbana na cidade do Recife, também é importante que haja a articulação entre os principais sistemas atuantes no município, permitindo uma visão integrada da drenagem urbana no contexto dos sistemas de disciplinamento e controle do uso do solo; mobilidade urbana; meio ambiente; coleta, tratamento e disposição dos esgotos; limpeza urbana; monitoramento climático e defesa civil. O Quadro 4 apresenta a lista de dispositivos legais na Região Metropolitana do Recife – RMR relativo a gestão das águas pluviais.

Quadro 4 - Documentos Legais na Região Metropolitana do Recife relativo a gestão das águas pluviais.

Documento legal	Dispositivo Legal	Conteúdo
Lei Orgânica do Município do Recife Promulgada em 04 de abril de 1990. Atualizada até Emenda nº 23 de 20 de Agosto de 2008	Art. 124	Serviços de saneamento básico relativos ao abastecimento de água, coleta e disposições de esgotos e de resíduos sólidos, limpeza pública, drenagem e controle de vetores serão planejados, organizados, coordenados, executados e controlados de modo integrado ou unificado com o sistema de saneamento básico de âmbito metropolitano, observadas as legislações federal e estadual.
Lei 15.547/91 Ementa: Estabelece as Diretrizes Gerais em Matéria de Política Urbana, institui o Plano Diretor de Desenvolvimento da Cidade do Recife, cria o Sistema de Planejamento e de Informações da Cidade e dá outras providências.	Art. 84.	Serão administrados pelo Poder Executivo do Recife os cursos d'água cujas bacias de contribuição se localizam integralmente no território do Município, promovendo articulações com os Municípios vizinhos, para realização de ações de interesse comum nas bacias dos rios Capibaribe, Beberibe, Tejipió e Jordão, que extrapolam o âmbito territorial do Recife.
	Art. 83.	O Subsistema de macrodrenagem da cidade do Recife é composto além das calhas ou leitos principais dos canais, lagoas e rios, são essenciais as respectivas faixas de proteção para drenagem das águas das chuvas. O Poder Executivo atualizará os elementos do PDMD-RMR, que tratam da Preservação do Sistema Hidrográfico, articulando-se, para esse fim, quando necessário, com as outras esferas da Administração Pública.
	Art. 85.	As edificações e ocupações situadas nas calhas dos rios e canais e nas faixas de proteção serão removidas para permitir o livre escoamento das águas e as intervenções de construção e manutenção dos cursos d'água. Nas áreas carentes a remoção estará condicionada pela prévia resolução do problema das moradias mediante inclusão dos seus ocupantes em programas habitacionais ou outra alternativa acordada na negociação.
Lei 16.176/1996 - Lei de Uso e Ocupação do Solo da Cidade do Recife	no Art. 7	Define o zoneamento da cidade do Recife, em: Zonas de Urbanização Preferencial – ZUP; Zonas de Urbanização de Morros – ZUM; Zona de Urbanização Restrita – ZUR e Zonas de Diretrizes Específicas – ZDE. A citada lei,
	no Art. 65	Estabelece o percentual mínimo da área do terreno a ser mantida em suas condições naturais, tratada com vegetação e variável por zona, definido como Taxa de Solo Natural – TSN.
Lei 16.243/1996 - Código do meio ambiente e do equilíbrio ecológico da cidade do Recife	Art 26	Define que o serviço urbano de drenagem pluvial deve obedecer ao Plano Diretor de Drenagem do Município do Recife, conforme diretrizes estabelecidas no PDCR, devendo ser asseguradas à população condições necessárias a uma melhor qualidade de vida, através de ações voltadas à saúde do indivíduo e da coletividade. Também define como prioritárias, para as ações de implantação e manutenção do sistema de drenagem, as áreas que indiquem a existência de problemas de segurança.

	art 27	Expressa que na elaboração do Plano Diretor de Drenagem deverão ser observados: o percentual de Taxa de Solo Natural (TSN), mantido no interior dos lotes por zona, conforme definido na Luos; as áreas de recarga dos aquíferos; as Unidades de Conservação Municipais.
	Art. 28	determina que a manutenção do sistema de drenagem inclua a limpeza e desobstrução da malha de macro e microdrenagem e as obras civis de recuperação dos elementos físicos construídos, visando à melhoria das condições ambientais, para os fins previstos no PDQR
LEI Nº 17511/2008 - Ementa: Promove a revisão do Plano Diretor do Município do Recife.	Art. 61	determina que o serviço público de drenagem urbana deva objetivar o gerenciamento da rede hídrica no território municipal, visando o equilíbrio sistêmico de absorção, retenção e escoamento das águas pluviais.
	Art. 62	Ficam estabelecidas como ações prioritárias no manejo das águas pluviais: definir mecanismos de fomento para usos do solo compatíveis com áreas de interesse para drenagem, como parques lineares, área de recreação e lazer, hortas comunitárias e manutenção da vegetação nativa; implantar medidas de prevenção de inundações, incluindo controle de erosão, especialmente em movimentos de terra, controle de transporte e deposição de entulho e lixo, combate ao desmatamento, assentamentos clandestinos e outros tipos de ocupações nas áreas com interesse para drenagem; e investir na renaturalização e melhoria das calhas fluviais e na recuperação dos sistemas de macro e microdrenagem.
LEI Nº 18.112/2015 Dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do "telhado verde", e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais	Art. 1	Os projetos de edificações habitacionais multifamiliares com mais de quatro pavimentos e não habitacionais com mais de 400m ² de área de cobertura deverão prever a implantação de telhado verde para a aprovação do órgão gestor da drenagem na cidade.
	Art. 3	Para lotes com área superior a 500 m ² (quinhentos metros quadrados), edificados ou não, com área impermeabilizada superior a 25% (vinte e cinco por cento) da área total do lote deverão ser executados reservatórios de águas pluviais como condição para aprovação de projetos iniciais.

3.2.2 Órgãos Envolvidos na Gestão das Águas Pluviais na RMR

Conforme visto na etapa anterior a legislação pertinente a gestão nas águas pluviais na Região Metropolitana do Recife - RMR é bastante complexa, apresentando vários atores sociais públicos envolvidos no processo de gestão nas esferas Municipal do Recife e Estadual do Pernambuco.

3.2.2.1 Órgãos Públicos Municipais

Diante da estrutura organizacional complexa a Figura 11 apresenta os atores sociais envolvidos/operadores na gestão das águas pluviais na RMR.

Figura 11 - Órgãos Públicos municipais envolvidos na gestão das águas pluviais na RMR.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme a Figura 11 que apresenta a estrutura organizacional dos atores sociais Públicos municipais envolvidos na gestão as águas pluviais urbanas na região metropolitana do Recife, segue uma breve descrição das atribuições de cada órgão a seguir:

I - Secretaria Municipal do Meio Ambiente: Órgão gestor do sistema de meio ambiente que estabelece normas e padrões a serem observadas na regulação das atividades e avaliação dos impactos ambientais

II - Secretaria de Infraestrutura e Serviços Urbanos: Órgão que atua no planejamento e execução das obras e intervenções de infraestrutura do município, especialmente as relacionadas com o sistema viário, equipamentos urbanos de maior porte e as de estabilização e contenção das encostas. É ainda a Secretaria à qual se vinculam a Emlurb e a URB:

- ✓ *Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana (Emlurb):* Empresa com estrutura operacional que concentra na Diretoria de Limpeza Urbana; na Diretoria de Manutenção Urbana as ações e recursos relacionados com a operação e manutenção do pavimento, iluminação pública, drenagem urbana, parques e praças; e na Assessoria Sócio Ambiental os recursos para educação ambiental. Constitui, portanto, a atual unidade gestora do sistema de drenagem urbana da cidade.
- ✓ *Empresa de Urbanização (URB):* Empresa responsável pelo desenvolvimento de projetos e condução das obras dos sistemas e infraestruturas urbanas, incluindo as de drenagem urbana.

III- Secretaria de Saneamento: Órgão responsável pela coordenação e desenvolvimento das políticas públicas municipais de saneamento ambiental, o que inclui a drenagem urbana e o acompanhamento e regulação das concessões para a prestação dos serviços de águas e esgotos.

IV - Secretaria de Mobilidade e Controle Urbano: Órgão responsável pelo planejamento do sistema viário e coordenação das ações de mobilidade urbana e de controle urbano, vinculando com esses propósitos as estruturas da CTTU e Dircon:

- ✓ *Companhia de Trânsito e Transporte Urbano (CTTU):* Companhia responsável pelo disciplinamento e regulação do trânsito e do transporte urbano, visando garantir a mobilidade urbana.
- ✓ *Diretoria de Controle Urbano (Dircon) :* Órgão responsável pelo licenciamento e controle das atividades e uso do solo, competindo-lhe assegurar a observância das posturas municipais e as intervenções que impeçam usos e ocupações ilegais, incluindo as ações de remoção e correção se necessário.

V - Secretaria de Planejamento: Órgão responsável pelo planejamento do desenvolvimento urbano, tanto físico-territorial quanto econômico e social, estabelecendo as visões de futuro e as normatizações legais que permitam induzir o crescimento e o desenvolvimento da cidade no sentido desejado pela sociedade.

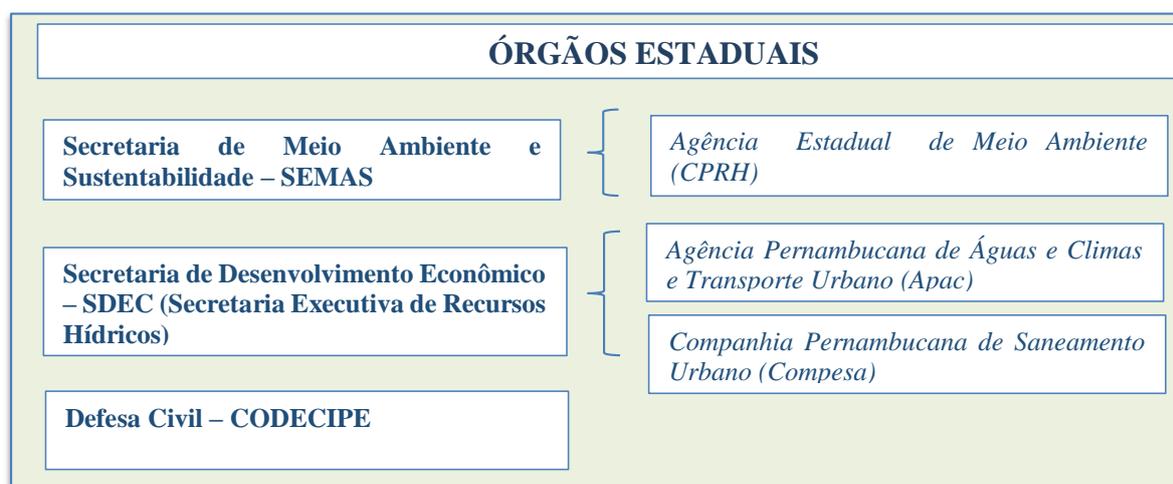
VI - Secretaria de Habitação: Órgão que atua na formulação das políticas públicas habitacionais e na coordenação das ações que promovam o acesso à moradia pelas populações de baixa renda, incluindo a regularização fundiária e as realocações em caso das ocupações por moradias de áreas impróprias e inseguras.

VII - Comissão de Defesa Civil do Recife – CODECIR :Estrutura integrante do sistema de defesa civil, responsável pela coordenação das ações de defesa civil, incluindo as decorrentes de eventos relacionados com os problemas de drenagem urbana.

3.2.2.1 *Órgãos Públicos Estaduais*

Da mesma forma observa-se uma estrutura organizacional complexa na dos atores sociais públicos estaduais envolvidos/operadores na gestão das águas pluviais na RMR. A Figura 12 apresenta a estrutura organizacional em nível estadual.

Figura 12 - Órgãos Públicos estaduais envolvidos na gestão das águas pluviais na RMR .



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme a Figura 12 que apresenta a estrutura organizacional dos atores sociais Públicos estaduais envolvidos na gestão as águas pluviais urbanas na região metropolitana do Recife, segue uma breve descrição das atribuições de cada órgão a seguir:

I - Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS): Órgão responsável pela articulação e coordenação dos planos e ações relacionados à área ambiental. Nesta secretaria está vinculado a CPRH:

- ✓ Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH): Responsável pelo licenciamento e fiscalização ambiental, além de promover ações de educação ambiental, normatização, controle, regularização, proteção, conservação e recuperação dos recursos naturais.

II - Secretaria de Desenvolvimento Econômico - SDEC (Secretaria Executiva de Recursos Hídricos) : Órgão responsável pela política estadual de desenvolvimento e conservação dos recursos hídricos e a coordenação das ações de saneamento ambiental, incluindo o apoio e suporte aos municípios em termos de drenagem urbana, tendo vinculada à sua estrutura a Apac –

Agência Pernambucana de Águas e Clima e a Compesa – Companhia Pernambucana de Saneamento.

✓ Apac – Agência Pernambucana de Águas e Climas : Planejar e disciplinar os usos múltiplos da água em âmbito estadual, realizar monitoramento hidrometeorológico e previsões de tempo e clima no Estado. Constitui, portanto, a unidade gestora do sistema de monitoramento climático e hidrológico, devendo fornecer as informações quanto às ocorrências de eventos climáticos adversos, permitindo antecipar as operações especiais de drenagem.

✓ Compesa – Companhia Pernambucana de Saneamento: Concessionária dos serviços de água e esgotos do Recife, através de delegação da municipalidade estabelecida por convênio. A Compesa realizou recentemente uma concessão administrativa à FOZ, sob a forma de PPP, para gestão dos serviços de esgotos na RMR.

III - Defesa Civil (CODECIPE): Órgão estadual integrante do sistema de defesa civil, cuja atuação se dá em conjunto e articuladamente com a CODECIR.

3.2.3 Caracterização do espaço das águas urbanas na RMR

O município de Recife possui peculiaridades geográficas que devem ser consideradas para a sustentabilidade do manejo das águas pluviais. As baixas cotas de seu território em relação ao nível do mar, áreas planas, lençol freático próximo à superfície e aflorante na estação chuvosa, influência dos níveis das marés, são características naturais que dificultam a drenagem.

A gestão das águas pluviais de Recife também é prejudicada devido canalização de riachos urbanos e ocupação de suas margens por construções regulares e irregulares, alta taxa de impermeabilização do solo, destino inadequado dos resíduos sólidos e falta de saneamento.

3.2.3.1 Águas pluviais

De acordo com Alencar (2011), a hidrografia da cidade do Recife é constituída por um sistema de macrodrenagem com extensão total de 105 km, sendo: bacia do Capibaribe - 20 canais; bacia do Beberibe - 20 canais; bacia do Tejipió - 5 canais; bacia do Jordão - 4 canais; bacia do Jiquiá - 17 canais, totalizando 66 riachos canalizados, constituindo uma média de 0,48 Km de canais por Km². Na Figura 13 está representada a rede hidrográfica do Recife, onde 23 riachos canalizados foram marcados em vermelho.

Figura 13 - Rede hidrográfica de Recife – PE.



Fonte: Alencar, 2011

É importante salientar que todos os canais da cidade do Recife são cursos d'água de origem natural, a maioria são riachos e outros são gamboas (braços de água que ligam um curso d'água a outro). O canal Derby/Tacaruna que liga o rio Capibaribe, em Recife, ao rio Beberibe no município de Olinda e o canal de Setúbal que liga a lagoa Olho D'água, no município de Jaboatão dos Guararapes, ao rio Jordão são exemplos de gamboas em Recife (PREUSS, 2013).

A bacia hidrográfica do rio Capibaribe, sofre com constantes alagamentos no período chuvoso. O desmatamento e a ocupação de suas margens acarretaram o assoreamento do rio e de seus afluentes, e propiciou o despejo de efluentes e de resíduos sólidos, causando prejuízos ao meio ambiente e à drenagem pluvial.

Na bacia do rio Beberibe, além da degradação do ambiente natural, a realização de obras inadequadas de passagem (pontes, pontilhões e bueiros) causou o estrangulamento da calha do rio e conseqüentes prejuízos à drenagem natural.

A bacia do rio Tejipió, 80% está urbanizada e com alta taxa de impermeabilização (VASCONCELOS e BEZERRA, 2000). A mesma possui topografia de planície e os impactos ambientais existentes são semelhantes aos das bacias do rio Capibaribe e Beberibe.

O revestimento dos taludes com cimento, nas áreas de morro, procura conter a erosão e impedir a infiltração de águas perigosas para a estabilidade das encostas, porém, provoca a aceleração do efeito do escoamento superficial, resultando em alagamentos nas partes baixas da cidade.

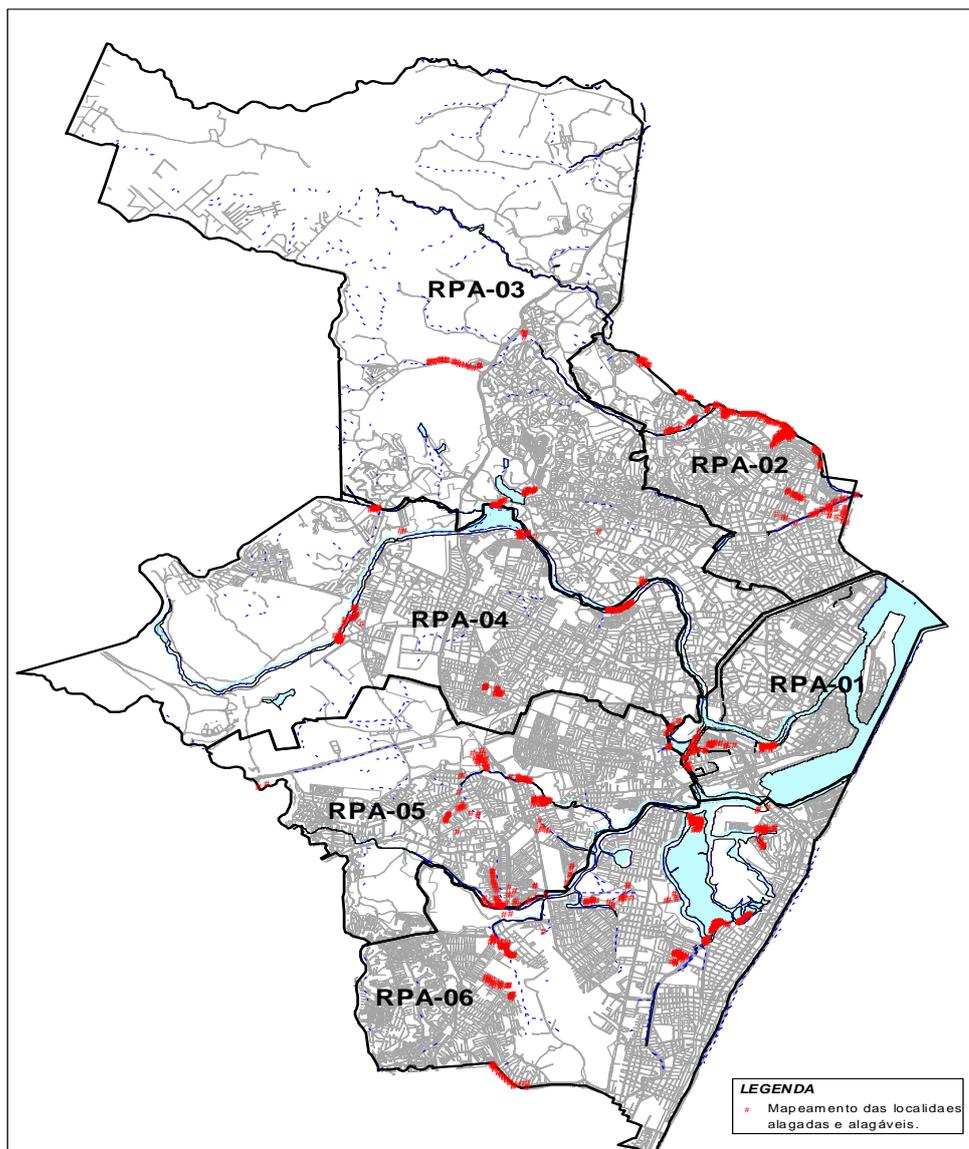
Com relação ao sistema de microdrenagem, alguns segmentos encontram-se subdimensionados por causa do elevado índice de impermeabilização de determinadas localidades (PREUSS, 2013). Também a introdução irregular de efluentes sanitários, não previstos no dimensionamento do sistema, resultam no aumento da carga de escoamento superficial.

Fresia (2005) aponta que muitos pontos de alagamento da cidade do Recife estão localizados longe das margens dos cursos d'água principais, o que permite afirmar que um dos principais problemas da área é a insuficiência, em quantidade e em qualidade, dos dispositivos de microdrenagem.

Existem alguns riachos com o leito preservado, sem intervenções ou alterações do curso d'água, que não necessitam da utilização de medidas estruturais, porém, é difícil fazer a manutenção, haja vista a evolução da ocupação urbana e a escassez de recursos financeiros para a preservação permanente dessas áreas (CABRAL & ALENCAR, 2005).

Segundo Alencar (2011), na cidade do Recife há setenta e sete (77) pontos de alagamentos, sendo dezoito (18) pontos nas vias principais e cinquenta e nove (59) em áreas ribeirinhas, conforme demonstrado na Figura 14.

Figura 14 - Áreas de Recife com ocorrência de alagamentos.



Fonte: Alencar (2011)

Segundo a Emlurb (2013), o município do Recife apresenta atualmente, 159 pontos críticos de alagamento, sendo que 29 vias têm problemas de alagamento em toda sua extensão, principalmente nos bairros de Jardim São Paulo e Arruda onde está a maior quantidade de ruas integralmente alagadas. Em termos de regionalização do município, que é dividido em seis RPA's (Região Político-Administrativa), temos o seguinte cenário:

✓ RPA 1 - Com um total de 32 ruas com registro de alagamentos, o maior número de ruas com problemas de alagamentos encontram-se nos bairros de Santo Amaro e São José, totalizando 10 ruas em cada bairro;

✓ RPA 2 e 3 - O bairro do Arruda, com 7 pontos de alagamento, se destaca entre os bairros com maior número de problemas de drenagem das RPA's em questão, que apresenta um total de 42 ruas com ocorrência de alagamentos;

✓ RPA 4 - Apresentando um total de 18 ruas com problemas de alagamentos, o bairro da Cidade Universitária se destaca com 6 vias;

✓ RPA 5 - Os bairros Jardim São Paulo (11 ruas) e Estância (10 ruas) são os bairros mais afetados do total de 37 ruas com problemas de drenagem da RPA em questão;

✓ RPA 6 - O bairro de Boa Viagem se destaca, na RPA considerada, com 17 ruas apresentando problemas de drenagem, seguido pelo Ibura (6 ruas) e Imbiribeira (5 ruas), de um total de 35 ruas com ocorrência de alagamento.

Neste sentido, a prioridade nos serviços de manutenção e limpeza dos sistemas de micro e macrodrenagem nas seis RPA's do município do Recife são baseadas no Diagrama de Pareto, priorizando os termos e estabelecendo as metas numéricas viáveis de serem alcançadas, devendo seguir princípios para a otimização das condições da rede, tais como: disponibilização de equipes de vistorias, orçamento e programação, de execução e fiscalização; adoção de técnicas de manutenção corretiva; limpeza de canais, canaletas e galerias de forma integrada (ALENCAR, 2011 apud PREUSS et al., 2011).

3.2.3.2 *Resíduos sólidos*

No município de Recife são coletadas 2.500 t/dia de resíduos sólidos, a um custo em torno de R\$ 350 mil/mês (ALENCAR, 2011). A gestão dos resíduos sólidos possui custos elevados investidos na coleta destes e cerca de 1% deixa de ser coletado.

Além de dispendioso ao município, observa-se que a gestão de resíduos sólidos ainda não conseguiu resolver diversos problemas prejudiciais à gestão das águas pluviais urbanas. Tanto as diversas falhas do sistema de coleta dos resíduos sólidos, como a falta de educação ambiental, geram a disposição inadequada dos mesmos, pois possibilita que sejam carreados para o sistema de drenagem, causando a obstrução dos seus dispositivos e prejuízos a sua funcionalidade.

Cabral *et al.* (2004), ressalta que as bocas de lobo convencionais favorecem a entrada de resíduos sólidos que, quando não as entope, são conduzidos para os corpos receptores, contribuindo com a poluição dos cursos d'água e das praias.

Deve-se incentivar a reciclagem com programas permanentes e bem planejados de educação ambiental, a disposição de locais apropriados para os resíduos sólidos e eficiente coleta, assim como o uso de grelhas com manutenção sistemática, como forma de reduzir a poluição.

3.2.3.3 *Efluentes / Saneamento*

Com relação ao tratamento de esgoto, a Região Metropolitana do Recife possui três principais estações de tratamento (ETE's), sendo: ETE - Cabanga, ETE - Peixinhos e ETE – Janga.

Em contrapartida, analisando os dados do IBGE (2007), indicam que apenas 47,12% de domicílios, no município do Recife, possuem tratamento dos efluentes, o que contribui para a ocorrência de ligações clandestinas nos sistemas de drenagem de águas pluviais, sobrecarregando os mesmos e causando danos sócioambientais.

A Tabela 2 aborda o tratamento de efluentes na cidade de Recife. A base de dados consultada foi extraída do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2009), divulgado pelo Ministério das Cidades, com base nas informações fornecidas pela Companhia Pernambucana de Saneamento - Compesa.

Tabela 2 - Informações sobre tratamento de efluentes em Recife – PE.

Ano base	2009
Município	Recife
População	1.561.659
Índice de atendimento total de esgoto %	39
Índice de esgoto tratado por água consumida %	64

Fonte: SNIS, 2009

No entanto, diante dos dados divulgados pelo SNIS (2009), as informações divulgadas deixam dúvida quanto ao real valor de efluente tratado em Recife. Tendo em vista que apenas uma parte do total de efluente coletado é tratado, questiona-se qual a real quantidade de efluente coletado em Recife e a quantidade tratada.

Como alternativa para melhorar o quadro do tratamento de efluentes de Recife e região, o governo do estado de Pernambuco abriu consulta pública para o projeto do sistema de esgotamento sanitário da Região Metropolitana de Recife e do município de Goiana, que prevê um programa de Parcerias Público-Privadas - PPP (GOVERNO DE PERNAMBUCO, 2011).

Para o Programa Estadual de Parcerias Público-Privadas - PEPPP, o governo de Pernambuco, através da Secretaria de Recursos Hídricos e da Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA está estudando a possibilidade de uma nova modelagem técnica, econômica, administrativa e operacional, onde a própria COMPESA executaria as obras e operacionalizaria os serviços (GOVERNO DE PERNAMBUCO, 2012).

3.2.3.4 *Ações mitigadoras*

Os serviços de manutenção e limpeza dos sistemas de micro e macrodrenagem do município do Recife, procuram otimizar as condições da rede de drenagem através da disponibilização de equipes de vistorias, orçamento e programação, de execução e fiscalização; adoção de técnicas de manutenção corretiva; limpeza de canais, canaletas e galerias de forma integrada; prioridades baseadas na condição, com utilização do diagrama de Pareto, que consiste na construção de um gráfico que apresenta os itens e a classe na ordem dos números de ocorrências, apresentando a soma total acumulada. Priorizando, os temas e o estabelecimento de metas numéricas viáveis de serem alcançadas (ALENCAR, 2011).

Como intervenções de macrodrenagem, as ações foram direcionadas para a retirada de algumas pontes e construção de outras no mesmo local, com extensão e altura maiores para que as vigas da ponte não causassem represamento; e retificação do curso do rio Capibaribe no Bairro de Apipucos, onde um meandro de grande sinuosidade apresentava baixas velocidades e causava um efeito de remanso (CABRAL & ALENCAR, 2005). É importante salientar que as intervenções na macrodrenagem foram realizadas pela prefeitura do Recife há cerca de trinta anos atrás.

Conforme Alencar (2011), quanto às obras de controle da drenagem, realizadas pela prefeitura do Recife, ressalta-se: o sistema de comportas implantado nas duas extremidades do canal Derby-Tacaruna, visando proteger a Avenida Agamenon Magalhães dos fenômenos de alagamento que ocorriam em condições de alta maré; o sistema de barragens móveis que consiste na remoção de partículas sólidas sedimentadas utilizando as ondas de translação produzidas pelo movimento das lonas dessas barragens, efetivando a limpeza do canal; a drenagem forçada, na avenida Recife, onde são utilizadas três bombas com capacidade total de vazão de $3 \text{ m}^3/\text{s}$, as quais efetuam o recalque das águas pluviais; o microreservatório de retenção subterrâneo, localizado em áreas planas, com cota baixa e pequeno gradiente hidráulico, entre a Rua Santo Elias e a Rua Conselheiro Portela (possibilita o acúmulo das águas pluviais em seu interior e seu posterior escoamento ao longo do tempo para o canal Derby/Tacaruna).

Na página oficial da prefeitura do Recife também estão disponibilizadas informações sobre as ações planejadas para os riachos/canais urbanos, intitulado “Programa Canais do Recife” (RECIFE, 2014).

Neste programa na primeira etapa, 18 áreas foram beneficiadas com obras, numa parceria com os governos Federal e Estadual. As intervenções acontecem nos canais do Iraque (trecho 1), Ourém, Santa Terezinha, Santa Rosa, Valença, Caiara, ABC, Buriti, Prado, Parnamirim, São Mateus, Jenipapo, Serpro e Sport. Também serão contemplados outros cinco canais, que foram

escolhidos nas plenárias do Orçamento Participativo (OP): Guarulhos, Ibiporã, Pessegueiros, Ibura de Baixo / Rio Prata, Iraque (trecho 2). (RECIFE, 2014).

As Figuras 15a e 15b demonstram as intervenções da prefeitura de Recife no riacho Iraque, no bairro da Estância. Através das imagens é possível constatar o uso de pré-moldado no leito principal do riacho. No entanto, o local apresenta espaço que viabilizariam ações voltadas para a revitalização do riacho, com o resgate de sua margem expandida e suas sinuosidades.

Figura 15 - Intervenções da prefeitura do Recife no riacho/canal do Iraque.



Fonte: Prefeitura de Recife, 2012

3.3 IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS CONFLITOS INSTITUCIONAIS

3.3.1 Identificação dos Conflitos Legais

3.3.1.1 *Planos de Recursos Hídricos*

O primeiro conflito legal identificado, relativo ao PERH-PE (publicado em 1998, SRHE-1998), diz respeito ao seu processo de elaboração. Conforme o artigo 7 da Lei 12.984/2005, o Plano Estadual de Recursos Hídricos “Os Planos Diretores de Recursos Hídricos serão elaborados por bacia hidrográfica, por grupos de bacias e para todo o Estado, com envolvimento e aprovação dos respectivos CBHs, bem como assegurada a efetiva participação dos municípios e da sociedade civil organizada.”. Na prática, o processo de elaboração foi não participativo, muito embora pudesse ser argumentado que não poderia ser feito de outra forma, desde que, à época, os CBHs sequer eram considerados na estrutura do SIGERH.

O segundo conflito refere-se ao artigo 6, IV da Lei 12.984/2005, onde dispõe: “metas de conservação e recuperação de mananciais, racionalização de uso da água, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos”. Entretanto no que diz respeito a gestão das águas pluviais, o plano só se refere a uma das medidas não estruturais de atenuação dos efeitos de

enchentes, que seria uma montagem de um sistema de previsão de cheias a partir do monitoramento de estações da rede fluviométrica básica de uma bacia. Deixando de falar de mecanismos a longo prazo como a previsão de revitalização de riachos urbanos, uma problemática que a região metropolitana sofre ao longo de várias décadas.

Apesar da sua aprovação, verifica-se que o PERH-PE não cumpre o conteúdo mínimo estabelecido pela Lei 9433/97 (art. 7º), fato que constitui o terceiro conflito legal identificado.

3.3.1.2 *Enquadramento dos Corpos d'água*

A PERH considera o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes, um dos instrumentos de gestão de recursos hídricos (art.5, II da Lei 12.984/2005).

Entretanto os corpos hídricos do estado não possuem o enquadramento, dificultando assim estratégias para revitalização dos riachos urbanos. Conforme a Resolução CONAMA 357/2005, encontra-se a citação “Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas Classe 2, as salinas e salobras classe 1”. Dessa forma impossibilitando também a outorga para lançamento de efluentes por não saber ao certo a qualidade de água do corpo hídrico e a cobrança derivada da respectiva outorga.

Estudos realizados para reestruturação do monitoramento da qualidade das águas iniciado em 2004 na bacia hidrográfica do Rio Ipojuca, em 2005 foram implementadas as bacias do Rio Beberibe e Igarassu, e em 2007 a bacia do rio Botafogo foi contemplada. Nesse sentido, foi identificado que os corpos de água que não se enquadram em nenhuma das classes da Resolução, convencionou-se qualificar como “Muito poluída (CPRH, 2009). Evidenciando a falta de compromisso no tocante da gestão das águas pluviais.

3.3.1.3 *Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos*

A outorga do direito de uso foi implantada desde 1998, quando os processos de outorga e licenciamento ambiental passaram a ser integrados (PERNAMBUCO, 2008). Em relação a este instrumento, foram identificados os seguintes conflitos legais:

✓ A Resolução APAC 02/12 explicita que compete à APAC expedir outorgas de direito de uso dos recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, de construção das obras hídricas e de lançamento de efluentes. Entretanto a própria resolução deixa vago qualquer mecanismo que possa ser utilizado para realização dessa modalidade de outorga, que é a de lançamento de efluentes, podendo ser um mecanismo eficaz na revitalização dos riachos urbanos. Deixando de atender os critérios estabelecidos na Resolução CNRH 16/01.

✓ A Resolução CNRH 16/01 determina o período de trinta e cinco anos, respeitando os limites de prazo: de até dois anos, para início da implantação do empreendimento objeto da outorga, e até seis anos, para conclusão da implantação do empreendimento projetado. Na Resolução APAC 02/12, não explicita esse prazo, ficando a critério da APAC a concessão do período estabelecido.

3.3.1.4 *Cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos*

A cobrança pelo uso de recursos hídricos exerce o papel de aglutinadora de todos os demais instrumentos de gestão, no sentido de que, para ser corretamente aplicada, são necessários os Planos de Bacia e a definição do enquadramento dos corpos hídricos, o que vai permitir a aplicação eficiente da outorga de direitos de uso (em função das disponibilidades e da qualidade da água). Desta maneira, pode-se considerar como um conflito legal, a ausência de alguns planos de bacia e do correto enquadramento dos corpos de água de domínio estadual.

Além da inexistência da definição de investimentos Planos de Bacia e a previsão de revisão do sistema de cobrança (o qual deverá ser revisto a cada três anos) pode explicar a adoção deste modelo mais simplificado. A Resolução CNRH 48/05 (art. 48, III), a qual condiciona a cobrança “ao programa de investimentos definido no *respectivo* Plano de Recursos Hídricos devidamente aprovado”.

Segundo essa perspectiva, a situação concreta da cobrança no Estado do Pernambuco, com base nas Deliberações dos CBHs já instalados, configura-se em um conflito legal. Entretanto, deve ser valorizado o processo de discussão e votação da cobrança no estado (em que pese o conflito legal identificado) por representar um avanço para o SIGERH possibilitando – pela primeira vez - a discussão nos comitês e no CERH-PE sobre um complexo instrumento de gestão hídrica.

Neste sentido para o caso das águas pluviais urbanas é necessário um aprofundamento de modelos de precificação da água com essas particularidades, introduzindo mecanismos voltados para a qualidade de águas (outorga de diluição e cobrança pela diluição de efluentes), bastando para isso que se escolham as metodologias para precificar este tipo de uso, conforme (Moraes, 2009).

3.3.2 Identificação dos Conflitos Políticos

3.3.2.1 Aprovação da Cobrança pelo uso de água bruta

No estado do Pernambuco, por razões políticas, não realiza a cobrança da água bruta. Confi gura ndo uma renúncia de receita que poderia ser aplicado em benefícios para a bacia onde os recursos estariam sendo pagos.

Sendo um instrumento econômico, a cobrança deve arrecadar recursos para dar suporte financeiro ao SIGERH e às ações definidas pelos planos de bacia hidrográfica. Além disso, a cobrança deve indicar para a sociedade que a água é um bem escasso e que possui valor econômico, devendo ser utilizada de forma racional e de acordo com os princípios do desenvolvimento sustentável. De modo geral, a política de valoração dos recursos hídricos tem sido implementada em várias partes do mundo com ênfase aos objetivos arrecadatórios – a valoração se dá através do uso de modelos *ad hoc*, cuja finalidade principal é subsidiar as ações de gerenciamento da bacia hidrográfica –, embora objetivos econômicos – em que são utilizados modelos fundamentados na teoria econômica neoclássica, objetivando atender, pelo menos, um dos princípios econômicos básicos, a saber: a eficiência econômica, a equidade e a autossuficiência financeira – também venham sendo estudados e aplicados (Carrera-Fernandez; Garrido, 2000; Ribeiro, 2000).

Recentemente, o Ministério Público de Pernambuco (MPPE) recomendou ao Estado que cobre pelo uso das águas subterrâneas e que fiscalize a perfuração dos poços artesianos. Em Pernambuco, apenas cerca de seis mil possuem a outorga da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). De acordo com a medida, caso haja insistência, o usuário e a empresa que realizou a obra poderão ser multados em até R\$ 50 milhões, além de responderem a inquérito policial.

3.3.3 Identificação dos Conflitos Organizacionais

Uma característica da gestão dos recursos hídricos em Pernambuco é a descontinuidade da gestão pública estadual, que contribui na desestruturação das ações planejadas e implantadas. Além da constante mudança do órgão gestor responsável pelo seu gerenciamento. A seguir são listados os conflitos organizacionais na estrutura institucional hídrica.

3.3.3.1 Órgão Gestor de Recursos Hídricos

Atualmente, em Pernambuco, a ação fiscalizadora do uso de recursos hídricos cabe à APAC, designada no Decreto nº 38.752/2012, em seu art. 2º determina que sua atuação seja articulada

com órgãos e entidades que exerçam atribuições de proteção, conservação e melhoria do meio ambiente e dos recursos hídricos estaduais e dos federais.

Cabe à APAC, órgão executivo de recursos hídricos, e à Agência Estadual de Meio Ambiente – CPRH, órgão gestor da política estadual de meio ambiente, no âmbito das suas atribuições, monitorar os recursos hídricos superficiais e subterrâneos devendo o Estado, para tanto, modernizar, expandir e manter a rede hidrometeorológica.

Observa-se que o SIRH/PE deve manter estreita articulação e cooperação técnico-operacional com o Sistema Estadual de Meio Ambiente e com os órgãos dele integrantes, como é o caso da CPRH (Lei nº 12.984/2005, art. 39). E assim, promover a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental.

Entretanto, no que diz respeito à gestão dos riachos urbanos observa-se uma atuação postergada da APAC em relação a articulação com a CPRH no sentido da operacionalização dos instrumentos de gestão para revitalização desses riachos. Ficando dessa forma esta gestão quase exclusivamente para a prefeitura resolver os entraves e minimizar os impactos causados.

3.3.3.2 Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH

A análise da atuação das Câmaras Técnicas, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, permite observar que elas não apresentaram um único estudo/parecer desde a sua criação: sobre algum assunto relativo a gestão/revitalização dos riachos urbanos.

Outro problema se refere à publicidade dos atos administrativos do CERH/PE. Nesse sentido, verifica-se, por exemplo, que, no site da SRHE – que atua como Secretaria Executiva do Conselho – só consta as resoluções a partir do ano de 2008, muito embora existam várias resoluções desde o ano de 1999. Esta falta de transparência dificulta a avaliação da atuação, não apenas do Conselho, como também das suas Câmaras Técnicas.

3.3.3.3 Comitês de Bacia Hidrográfica

A observação das relações entre a APAC e os Comitês de Bacia Hidrográfica, dos rios de domínio do Estado do Pernambuco, deixa claro que a dependência, técnica e financeira, a que hoje os CBHs se encontram submetidos, acaba por influenciar negativamente a atuação desses órgãos colegiados, bem como enfatiza a necessidade de que sejam criadas as condições para que eles possam assumir as suas atribuições específicas.

Devido a grande extensão das bacias estaduais não foi identificadas preocupações no que diz respeito a revitalização dos riachos urbanos nos comitês que estão inseridos nos grandes centros

urbanos. Nesse sentido é de extrema importância a criação de sub-comitês de bacia para discussão destes mecanismos nas cidades.

Outro aspecto a ser considerado diz respeito à não existência, nas áreas de atuação dos CBHs dos rios de domínio estadual, de uma Câmara Técnica de Resolução de Conflitos ou da definição de procedimentos para a arbitragem de conflitos na sua área de atuação, a exemplo do que foi feito no Comitê do rio Piranhas-Açu (de domínio da União, por atravessar os Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte), através da Deliberação nº 06/2010.

3.3.3.4 *Agências de Bacia Hidrográfica*

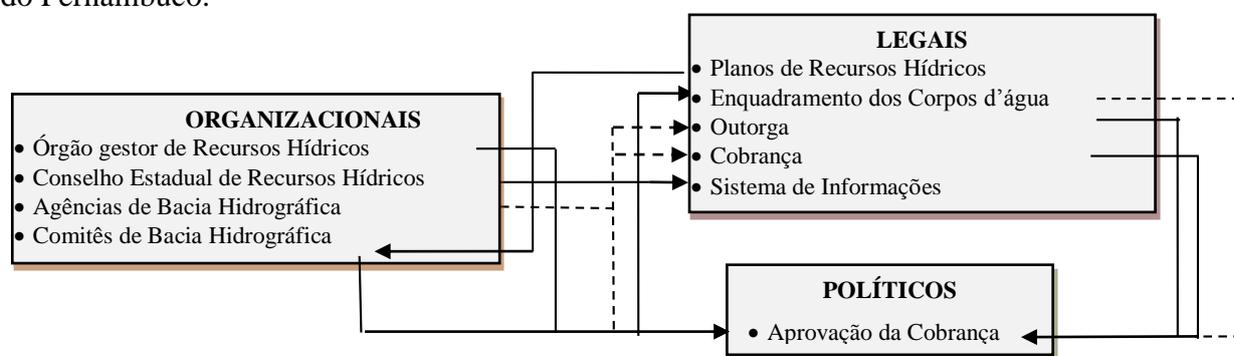
Na composição do SIGRH/PE, se encontram previstas as Agências de Bacia, que é um dos grandes méritos da Lei 12.984/2005, estas deveriam atuar como secretarias executivas dos Comitês de Bacia Hidrográfica. Apesar disso, as agências de bacia ainda não foram criadas ficando esta função sob responsabilidade da Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos.

Assim, o correto seria permitir a criação da Agência de Bacia – desde que comprovada a sua viabilidade e sustentabilidade financeira, dentro de um dado horizonte de planejamento –, de forma a consolidar a independência dos CBHs pernambucanos, necessária à real descentralização da gestão de recursos hídricos.

3.3.4 **Análise dos conflitos institucionais**

Conforme identificado isoladamente os conflitos legais, políticos e organizacionais na estrutura institucional hídrica do estado de Pernambuco é possível relacionar a influência dos efeitos adversos de falhas (conflitos) identificados. A Figura 16 apresenta o esquema desta interligação destes conflitos identificados.

Figura 16 - Interligação dos Conflitos Institucionais na Estrutura Institucional Hídrica do Estado do Pernambuco.



--> Elemento inexistente, gerador de conflitos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Através do diagrama é possível observar a interligação, como pode-se identificar que a ausência de previsão legal do enquadramento dos corpos hídricos e as falhas na regulação da outorga e da cobrança (conflitos legais) influenciam a aprovação do instrumento da cobrança (conflitos políticos), dificultando a garantia de disponibilidade hídrica e impedindo que sejam alcançados os objetivos econômicos da cobrança. Por outro lado, as fragilidades identificadas no órgão gestor, a falta de autonomia dos comitês de bacia e a ausência de agência de bacia (conflitos organizacionais) também influenciam negativamente a aplicação dos instrumentos de outorga e cobrança (conflitos políticos). As sugestões, estão apresentadas, a seguir, para os conflitos institucionais identificados (Quadro 5).

Quadro 5 - Recomendações para solução dos conflitos institucionais na gestão das águas pluviais.

POLÍTICA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PERNAMBUCO (LEI 11.426/97 REV. PELA LEI 12.984/05 E DECRETOS)			
ASPECTO	CONFLITO IDENTIFICADO	MEDIDA(S) SUGERIDA(S)	AÇÕES NECESSÁRIAS
Planos de Recursos Hídricos	Não aprovação do PERH-PE pelo CBHs processo realizado de modo não participativo e descentralizado, conteúdo mínimo descumpra a Lei 9.433/97, não elaboração de planos das bacias dos rios de domínio do Estado.	Elaboração dos planos das bacias estaduais do estado e planos de bacia dos riachos urbanos, para subsidiar a formulação e/ou atualização do PERH-PE.	Encaminhamento de proposta dos planos de bacia aos CBHs; após aprovação, ao CRH para revisão do PEHR-PE; a seguir, aos Poderes Legislativo e Executivo do Estado.
Enquadramento dos Corpos d'água	O instrumento é considerado de forma expressa na Lei Estadual 12.984/05, porém não é aplicado.	Estudos para determinação da qualidade da água, para enquadramento dos rios e riachos urbanos.	Encaminhamento de ações da APAC com metas dos principais rios/riachos a serem revitalizados.
Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos	A Resolução APAC 02/12 que regulamenta a expedição de outorga deixa vago qualquer mecanismo que possa ser utilizado para realização dessa modalidade de lançamento de efluentes.	Inserção dessa modalidade de outorga como um mecanismo eficaz na revitalização dos riachos urbanos, com utilização do princípio poluidor pagador	Emissão de nova resolução da APAC definindo critérios para concessão dessa modalidade de outorga
Cobrança	Não há compatibilização com os demais instrumentos (não há todos Planos de Bacia, nem enquadramento, as outorgas em todas modalidades), prejudicando a precificação das águas	Alterações da Lei 12.984/05 para compatibilização com os demais instrumentos, discussões específicas para mecanismos e valores nos CBHs	Encaminhamento de Proposta de alteração ao CRH/PB e aos Poderes Legislativo e Executivo do Estado.
Aprovação da cobrança	Na cobrança provisória, os valores estipulados não atendem os objetivos do instrumento, sob o aspecto arrecadatório bem como pelo econômico; Inexistência de planos de bacia compromete a aplicação do instrumento	Estudos técnicos para revisão destes valores para serem apresentados nos CBHs, e adoção após o término da cobrança provisória	Passada a cobrança provisória, propor novos valores aos CBHs posteriormente ao CRH/PE e ao Executivo do Estado.
Órgão gestor de Recursos Hídricos	Ações ineficazes da APAC em relação a articulação com a CPRH no que diz respeito da gestão dos riachos urbanos, ficando esta gestão quase exclusivamente para a prefeitura	Definição de medidas a serem adotadas a curto, médio e longo prazo na revitalização dos riachos urbanos, principalmente na RMR.	Verificação da viabilidade de novos projetos e integração dos instrumentos de gestão de recursos hídricos com gestão ambiental.
Conselho Estadual de Recursos Hídricos	Falta estudo/parecer desde a sua criação: sobre a algum assusto relativo a gestão/revitalização dos riachos urbanos e falta de publicidade das resoluções.	Fomentar as reuniões do conselho estadual, criação de câmaras técnicas de águas pluviais e publicização dos atos administrativos	Mobilização dos membros da secretaria do CRH/PE

Quadro 5 Recomendações para solução dos conflitos institucionais na gestão das águas Pluviais. (Continuação).

POLÍTICA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PERNAMBUCO (LEI 11.426/97 REV. PELA LEI 12.984/05 E DECRETOS)			
ASPECTO	CONFLITO IDENTIFICADO	MEDIDA(S) SUGERIDA(S)	AÇÕES NECESSÁRIAS
Agências de Bacia hidrográfica	A Lei 12.984/05 considera a agência de bacia na estrutura organizacional do SINGERH, entretando passaram mais de dez anos e não foram criados implicando a dependência a que hoje os CBHs se encontram submetidos, em relação à APAC.	Inserção efetiva das agências de bacia no SINGERH Estudos da viabilidade financeira das agências de bacia nos CBHs.	Encaminhamento de Proposta de alteração ao CRH/PE e aos Poderes Legislativo e Executivo do Estado.
Comitês de Bacia Hidrográficos	Dependência técnica e financeira dos CBHs em relação ao órgão gestor, inexistência de procedimentos de Resolução de Conflitos nos CBHs de domínio estadual. Falta de comitês de riachos urbanos.	Estudos da viabilidade financeira das agências de bacia nos CBHs. Alteração do regimento dos CBHs, para introdução de procedimentos e/ou CT de conflitos. Criação de comitês de bacia de riachos urbanos.	Encaminhamento de Proposta de alteração ao CRH/PE, APAC e aos Poderes Legislativo e Executivo do Estado.

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA

4.1 CLASSIFICAÇÃO MÉTODOLÓGICA DA PESQUISA

No desenvolvimento da metodologia que foi adotada, destacar-se-á inicialmente a importância da revisão bibliográfica na construção do quadro teórico do presente estudo com relação a conceitos inerentes à temática. O método, segundo Garcia (1998, p.44), representa um procedimento racional e ordenado (forma de pensar), constituído por instrumentos básicos, que implica utilizar a reflexão e a experimentação, para proceder ao longo do caminho (significado etimológico de método) e alcançar os objetivos preestabelecidos no planejamento da pesquisa.

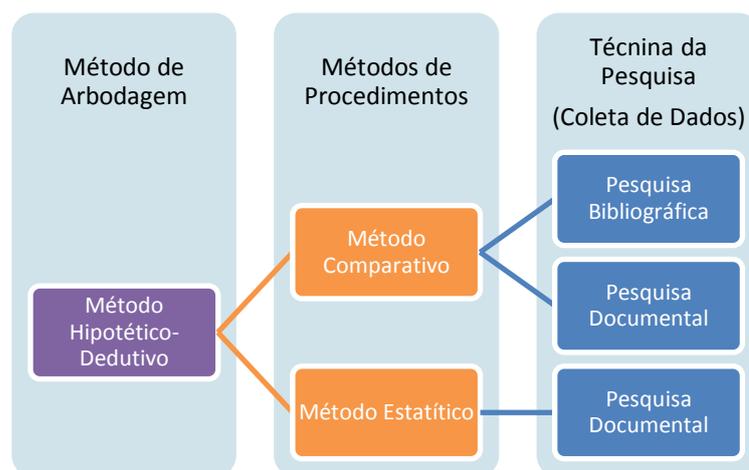
A pesquisa adotou o *método de abordagem* hipotético-dedutivo que, segundo Marconi & Lakatos (2005, p. 106), “se inicia pela percepção de uma lacuna nos conhecimentos, acerca da qual formula hipóteses e, pelo processo de inferência dedutiva, testa a predição da ocorrência de fenômenos abrangidos pela hipótese”. De acordo com esses autores, são as seguintes as etapas deste método:

1. *problema*, que surge, em geral, de conflitos entre expectativas e teorias existentes;
2. solução proposta consistindo numa *conjectura* (nova teoria); dedução de conseqüências na forma de proposições passíveis de teste;
3. teste de *falseamento*: tentativas de refutação, entre outros meios, pela observação e experimentação.

O presente trabalho é enquadrado em dois gêneros de pesquisa: *teórica* e *empírica*. Para Demo (1995, p. 13), a pesquisa teórica se dedica “[...] a formular quadros de referência, a estudar teorias, a burilar conceitos”, enquanto a pesquisa empírica está “[...] dedicada a codificar a face mensurável da realidade social”.

Quanto aos *métodos de procedimento*, a pesquisa adota, conforme classificação de Marconi & Lakatos (2005, p. 106-108), o *método comparativo*, para a pesquisa teórica; e o *método estatístico*, para a pesquisa empírica. A Figura 20 detalha a metodologia a ser aplicada na pesquisa.

Figura 17 – Métodos de pesquisa aplicada na tese.



Fonte: Marconi e Lakatos (2005)

O método comparativo investiga coisas ou fatos e os explica segundo suas semelhanças e suas diferenças. Este método é de grande valia e sua aplicação se presta nas diversas áreas das ciências e esta utilização deve-se pela possibilidade que o estudo oferece de trabalhar com grandes grupamentos humanos em universos populacionais diferentes e até distanciados pelo espaço geográfico. (FACHIN, 2001, p.37). Através do método comparativo, a pesquisa procura identificar e analisar, com base na legislação, as incompatibilidades institucionais na gestão hídrica do Estado do Pernambuco (em relação à norma geral da legislação federal) e como estas interferem no desenvolvimento institucional do Estado.

O método estatístico, segundo Marconi e Lakatos (2005, p. 108): “[...] significa redução de fenômenos sociológicos, políticos, econômicos, etc., a termos quantitativos e a manipulação estatística, que permite comprovar as relações dos fenômenos entre si, e obter generalizações sobre sua natureza, ocorrência ou significado”. Apesar de contrariar a citação acima, esta pesquisa não busca estabelecer relações de causa e efeito ou generalizações, a partir de levantamentos meramente quantitativos. O dado numérico, por si só, não permite a compreensão de fenômenos sociais; há que ter uma referência teórica que justifique os resultados numéricos obtidos.

O levantamento de dados faz uso da *técnica de pesquisa bibliográfica* (fontes secundárias, disponíveis em livros, artigos, jornais e outras informações acessíveis na *internet*), como também *técnica de pesquisa documental* (fontes primárias, em documentos, em especial, Leis, resoluções e decretos), referentes à gestão das águas pluviais urbanas. A coleta de dados quantitativos, através da *pesquisa documental* (fontes primárias), teve fundamento em

documentos e fontes estatísticas oficiais, visitas de campo, bem como entrevistas a membros da sociedade civil.

4.2 METODOLOGIA DE APOIO A DECISÃO NA GESTÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

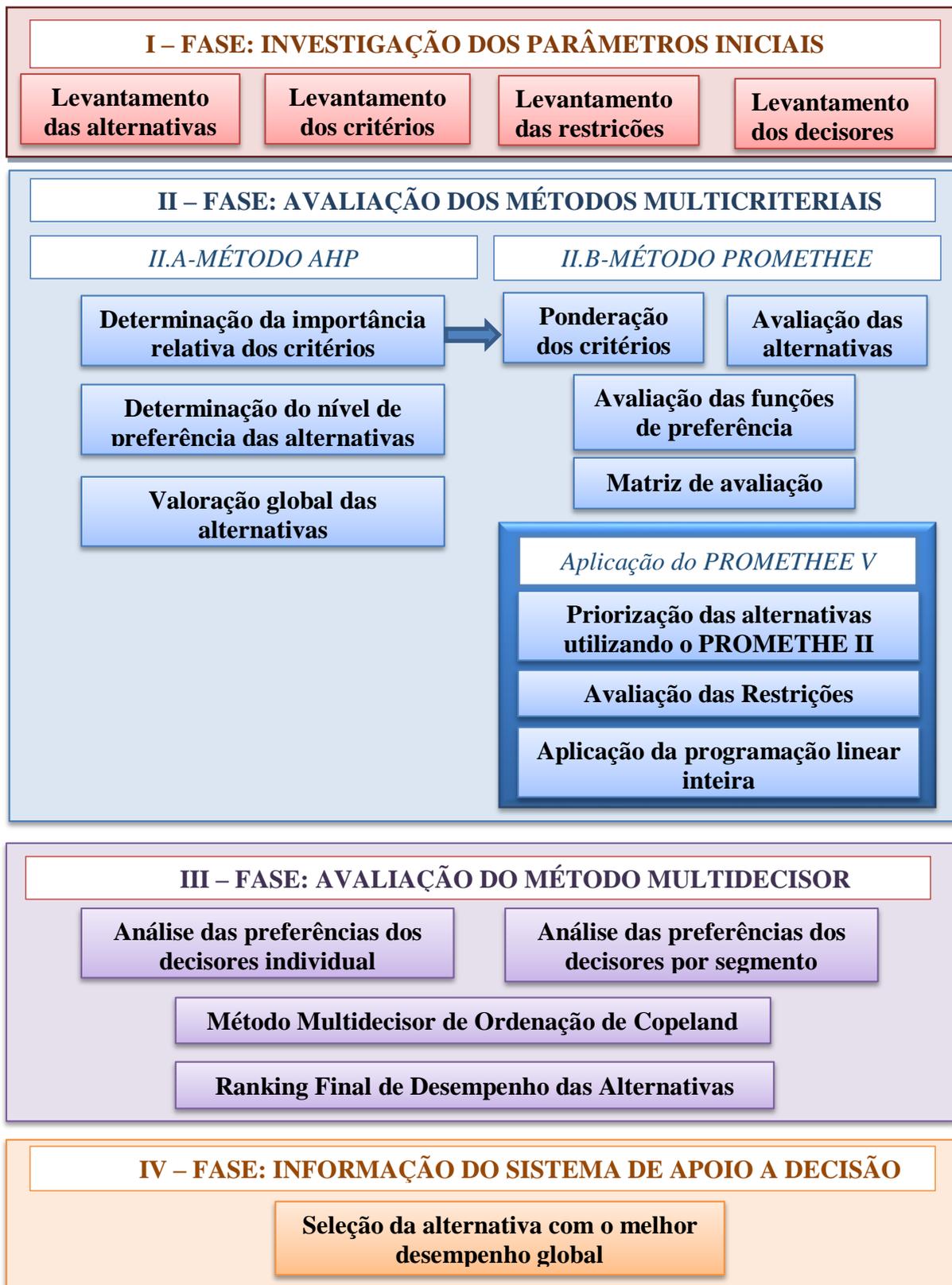
O planejamento de uma pesquisa depende basicamente de três fases: a fase decisória referente à escolha do tema, definição e delimitação do problema de pesquisa; a fase construtiva, referente à constituição de um plano de pesquisa e consiste na execução da pesquisa propriamente dita; e, por último, a fase redacional, consistente na análise dos dados e informações obtidas na fase construtiva em que ocorre a organização das ideias de forma sistematizada, visando à elaboração do relatório final (SILVA e MENEZES, 2001).

Dessa forma foi realizada uma análise inicial da identificação e análise dos conflitos institucionais (legais, políticos e organizacionais) na estrutura institucional hídrica mencionados no capítulo 3. Após esta análise, é proposto o modelo para apoio à decisão na gestão das águas pluviais urbanas é composto de quatro etapas:

- ✓ *Primeira etapa* consiste na investigação dos parâmetros iniciais do modelo, onde é realizado o levantamento das alternativas potenciais, das restrições, dos critérios de avaliação e levantamento dos decisores;
- ✓ *Segunda etapa* consiste na avaliação dos métodos multicriteriais AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e o PROMETHEE II ponderação dos critérios, avaliação das alternativas de acordo com os critérios, avaliação das funções de preferência para cada critério e a construção da matriz de avaliação. Também é a aplicação do método PROMETHEE V onde é realizada a priorização das alternativas utilizando o PROMETHEE II, a avaliação das restrições e a aplicação da programação linear inteira;
- ✓ *Terceira etapa* é a avaliação do método multidecisor COPELAND simulando a gestão participativa com a implantação do comitê de rio urbano;
- ✓ *Quarta e última etapa* é a obtenção do subconjunto de alternativas potenciais como resultado final da aplicação do modelo.

Todo esse processo é interativo, pois em qualquer fase pode haver a necessidade de voltar para a anterior visando melhorar e facilitar o processo de decisão. Conforme a descrição na etapa anterior a Figura 22 apresenta a sequência de atividades que compõem a metodologia para seleção das alternativas na gestão de águas pluviais.

Figura 18 - Fluxograma da metodologia de apoio a decisão na gestão das águas pluviais.



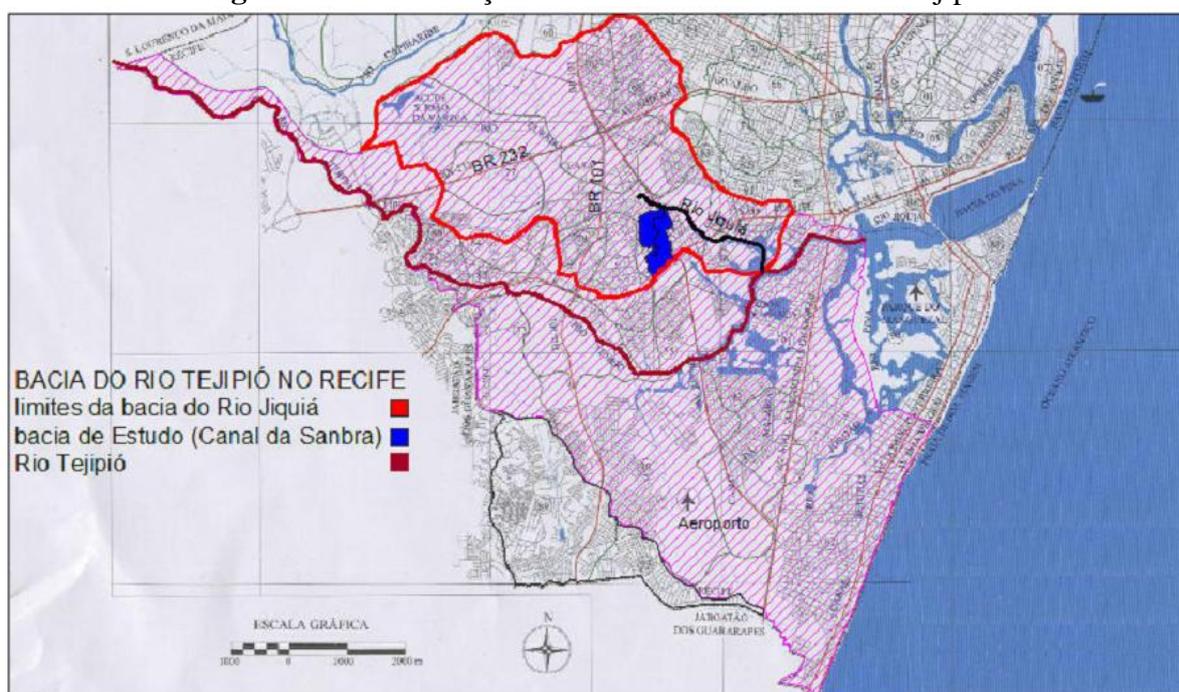
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.1 Descrição da área de estudo

Para realização desta análise optamos em estudar um ponto crítico no que se refere à inundação causada por precipitações intensas; este ponto está inserido numa sub-bacia do canal da Sanbra, que é um dos contribuintes do rio Jiquiá, que por sua vez faz parte da malha de riachos da bacia hidrográfica do rio Tejipió.

Sua localização geográfica apresenta latitudes ao norte $-8^{\circ}4'52''$ e ao sul $-8^{\circ}5'26''$ e longitudes $34^{\circ}3'47''$ a oeste e $34^{\circ}3'25''$ a leste. Na Figura 16 pode-se visualizar a localização da sub-bacia tomando como referência a cidade do Recife.

Figura 19 - Localização da sub-bacia na bacia do rio Tejipió.



Fonte: Mapeamento dos recursos hídricos – FIDEM, 1994

O rio Tejipió tem uma extensão aproximada de 23,38 km e sua bacia hidrográfica apresenta uma área de aproximadamente 93 km² (FIDEM, 1980) que abrange parte do município de São Lourenço da Mata (4,2 km²), parte de Jaboatão dos Guararapes (21,4 km²) e sua maior área na cidade do Recife.

A bacia, segundo estudos elaborados pela ENCIBRA S/A – Estudos e Projetos de Engenharia - em 1978 e Acqua-Plan em 1980, apresenta três setores distintos pelo relevo e pela ocupação. O Tejipió alto corresponde às cotas mais elevadas da bacia chegando

aproximadamente a 150m (Carta Sudene–folha:SC.25-V-A-II-2-NE – datum vertical: Ibituba/SC), apresenta características rurais e representa 22% da área total, já o Tejipió médio que conta com 20% da área e apresenta ocupação densa com cotas elevadas, mas bem inferiores às da sua nascente variando entre 29 e 4 metros, porém com alguns morros que apresentam cotas em torno dos 50 m, e finalmente o Tejipió baixo corresponde a área maior da bacia e localizada totalmente na planície, onde estão os maiores problemas de drenagem da cidade do Recife e onde existe a influência das marés já citado anteriormente.

Neste setor (Tejipió baixo) encontra-se também o maior número de contribuintes de toda bacia, dentre eles destaca-se o rio Jordão e o rio Jiquiá, o qual apresenta uma área de 21,37 km² com mais de 17 canais contribuintes, entre eles o canal da Sanbra que apresenta dois pontos principais de alagamento sendo um deles nosso objeto de estudo já detalhado no terceiro parágrafo desta seção.

Com relação à elevação, o Tejipió baixo apesar de ter sua calha principal entre as cotas 4 e 0 metros, verifica-se alguns bairros implantados em pequenos elevações com cotas variando entre 8 metros e 15 metros, com base também nas cartas da Sudene citadas anteriormente.

Com relação ao relevo da sub-bacia objeto de estudo distingue-se dois setores, um localizado em um pequeno morro apresentando cotas entre 5 e 9 metros e com a parte alta bem plana e outro correspondente às margens e áreas próximas com características de planície e com cotas variando entre 3 e 4 metros.

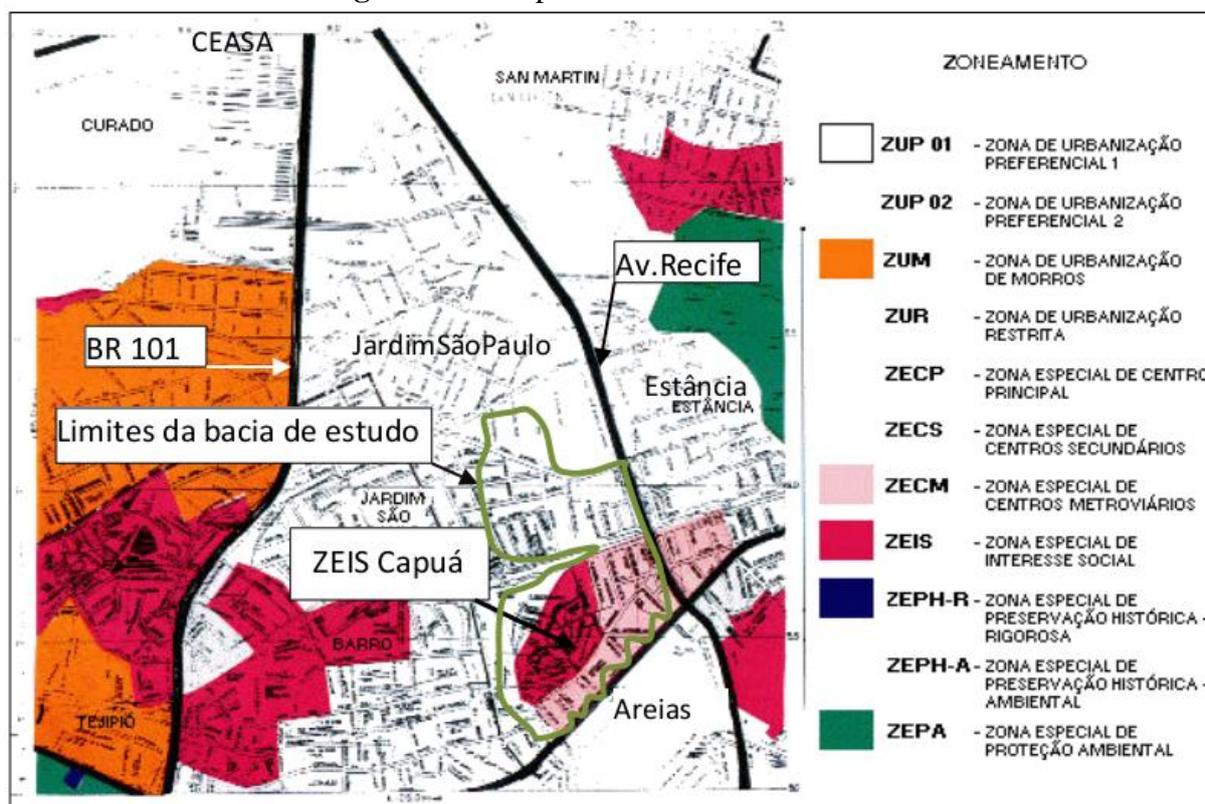
Em se tratando da geologia em seu trecho mais alto, apresenta características geológicas semelhante aos morros que semi-circundam a planície do Recife, que segundo Alheiros et al (1990) são classificados como latossolos desenvolvidos de sedimentação de formação barreira associados a rochas do embasamento cristalino, geralmente argilo arenosa. No trecho onde prevalecem as cotas entre 2 e 4 metros constata-se visualmente características de solo da planície, como solos indiscriminados de mangue, solos orgânicos, solos aluviais e as areias quartzosas marinhas ainda de acordo com os autores acima citados.

4.2.1.1 *Urbanização*

A sub-bacia de estudo compreende parte de dois bairros da zona oeste do Recife, a parte de relevo mais alto está inserida no bairro de Jardim São Paulo que apresenta uma ocupação planejada cuja maioria da população detém um poder aquisitivo de classe média.

A parte de relevo mais baixo desenvolve-se do bairro de Areias a Jardim São Paulo, localizado ai a montante da sub-bacia, identificada na Figura 16 como setores 11 e 12 onde se podem constatar três tipos de ocupações, uma típica de classe média, uma com ocupação por comércio na maioria da área ao longo da via principal e uma com ocupação desordenada típica de invasões, pois apesar de antiga, apresenta arruamentos mal definidos bem como vários imóveis construídos sobre canaletas de drenagem que têm o início do canal como jusante, este setor é definido pela Prefeitura do Recife na Lei de Uso e Ocupação do Solo como ZEIS (zona especial de interesse social) do Capuá conforme Figura mostrando os limites da área.

Figura 20 - Mapa de zoneamento da área de estudo.



Fonte: Prefeitura do Recife – LEI Nº 16.414 /1998

A área mais baixa da sub-bacia do canal é a que apresenta as maiores áreas verdes, sejam dos grandes quintais de residências que escoam diretamente para o canal ou do terreno pertencente ao METROREC (Metro do Recife), o qual apresenta uma grande área em solo natural. Já a parte alta da bacia é caracterizada como área residencial, e, apesar de dispor de arruamentos e loteamentos bem definidos, apresentam alta taxa de impermeabilização, haja vista que, não só a maioria das ruas são pavimentadas, como também a grande maioria dos

lotes residenciais apresenta quintais e jardins impermeabilizados, sejam por pavimentação ou por ocupação total do lote com a edificação do imóvel.

Para determinação da taxa de impermeabilização da sub-bacia, foram utilizadas inicialmente imagens de ortofotos georreferenciada do Recife com resolução de 5 m, referente ao ano de 2007, disponibilizada apenas no ambiente da Prefeitura do Recife, onde a partir do AutoCAD foi possível trabalhá-las com o objetivo de cadastrar as áreas verdes dos lotes, praças e margens do canal. Este processo foi complementado com uma visita ao setor de Jardim São Paulo com o objetivo de avaliar as informações obtidas por meio digital, buscando constatar a existência da área verde e respectiva medida em nível de amostragem, perfazendo um total de 190 lotes, o que nos levou a descartar algumas áreas permeáveis cujos proprietários tinham procedido a sua impermeabilização após a edição das imagens de satélite.

Esta atividade proporcionou utilizar um índice médio de impermeabilização para outros setores da sub-bacia que apresentam mesma característica de ocupação, no bairro de Areias, uma vez, que neste setor onde se localiza a nascente do canal foi procedida uma vistoria apenas visual prevalecendo mais a análise digital das imagens de satélite no AutoCAD. Dentro deste setor para a área classificada como ZEIS, foi considerada uma taxa de impermeabilização de 100%, haja vista que, as imagens e as vistorias proporcionaram a obtenção desta conclusão.

Nesse sentido a bacia apresentou uma taxa de área impermeável de 88% e de área permeável de 12%, justificando a escolha de técnicas compensatórias com alternativas de retenção de água.

4.2.1.2 *Discretização da sub-bacia*

O denominado de canal da Sanbra, apresenta diversas formas de seções ao longo do seu percurso até sua foz no rio Jiquiá, principalmente causada pela ocupação desordenada ao longo de suas margens. A Figura 18 apresenta as seções do canal da Sanbra.

Figura 21 - Discretização da sub-bacia no canal da Sambra na bacia do rio Tejipló.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O referido canal apresenta uma área de drenagem de aproximadamente 62 ha com perímetro de quase 4.200 m, a sua sub-bacia objeto de estudo apresenta uma área de 39,65 ha com perímetro de 3.748,91 m e um índice de compacidade (K_c) de 1,68. O canal no trecho estudado apresenta uma extensão de 472,21 metros.

A área de maior elevação é caracterizada como uma região bem urbanizada e ocupada, em sua maioria por uma população de maior poder aquisitivo que os ocupantes das áreas mais baixas. Nesta área foram procedidas subdivisões em função dos sistemas de micro drenagem, que são formados por tubulações de concreto sob a pavimentação das ruas, procurou-se também adequar estas subdivisões às quadras do loteamento com o intuito inclusive de verificar a aplicação de técnicas compensatórias em nível de quadras.

4.2.1.3 *Sistema de Macrodrenagem*

O sistema de macrodrenagem da sub-bacia, da área de estudo apresenta seções variadas foi procedida um diagnóstico prévio das principais características dos trechos do

canal. A Tabela 3 apresenta as características das seções do canal por extensão, largura, profundidade, tipo de revestimento, limpeza e observações relevantes.

Tabela 3 - Características das seções do Canal da Sanbra.

Trecho	Seção	Extensão (m)	Largura na superfície (m)	Profundidade (m)	Revestimento	Tipo de limpeza	Observações
A-B	Trapezoidal	175	1,50	1,00	Alvenaria de pedra	Manual	O trecho possui lixo em seu interior, e vegetação no revestimento. Sofre inundações
B-C	-	175	-	-	-	-	Esse trecho se encontra com a seção fechada.
C-D	Irregular	445	4,60	Variável	Nenhum	Mecanizada	O trecho possui muita vegetação, e lixo. É um trecho que sofre com inundações.
D-E	-	55	-	-	-	-	Esse trecho se encontra com a seção fechada.
E-F	Retangular	35	1,10	1,00 m	Concreto	Manual	O trecho possui lixo em seu interior e um estrangulamento de seção, que pode ser responsável pelos problemas de alagamentos que ocorrem nele.
G-H	Irregular	185	1,50	Variável	Nenhum	Manual	O trecho possui muita vegetação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 18 é apresentada as imagens de todas as seções do canal, onde é possível observar grande quantidade de efluentes e vegetação em alguns trechos.

Figura 22 - Imagens do canal da Samba por trechos.



Figura 19.a – Visualização do trecho AB.



Figura 19.b – Fim do trecho BC.



Figura 19.c – Visualização do trecho CD



Figura 19.d – Visualização do trecho EF



Figura 19.e – Visualização do trecho EF



Figura 19.f – Visualização do trecho GH, Rio Jiquiá

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação ao escoamento foi constatado visualmente que o canal apresenta baixa velocidade. Na Figura 19, verifica-se que o manancial apresenta características de água parada mesmo em épocas de chuvas. O sistema como um todo funciona como uma bacia de detenção e algumas causas podem ser enumeradas, dando destaque para baixa declividade e o trajeto irregular, com mudanças de tipo e dimensão das seções, verificada inclusive no trecho entre o ponto de controle e a jusante da sub-bacia de estudo (poço de visita da Av. Recife), fato mais agravado após a Av. Recife até a foz do canal no rio Jiquiá perfazendo aproximadamente 290 m, quando passa a ser composto por elementos diversos (canaletas de concreto e galerias de concreto) com seções reduzidas num caminhar tortuoso com desnível de apenas 0,1%.

4.2.2 Investigação dos parâmetros iniciais

4.2.2.1 Levantamento das alternativas

A partir da caracterização da área de estudo local foi possível fazer o levantamento de possíveis alternativas de intervenções que poderão ser implantadas na região. Neste trabalho foram consideradas as medidas propostas por Silva (2014), como alternativas potenciais, para resolução dos alagamentos na área de estudo.

O conjunto de técnicas compensatórias estruturais podem ser divididas em 2 grupos: o primeiro refere-se àquelas técnicas baseadas na infiltração, portanto, utilizadas em regiões em que o solo apresenta boa capacidade de infiltração, e o segundo refere-se àquelas técnicas baseadas na retenção que podem ser utilizadas tanto em regiões com boa capacidade de infiltração como em regiões que apresentam baixa ou nula capacidade de infiltração.

Neste sentido optou pela utilização de reservatórios de detenção, devido a baixa capacidade de infiltração na região. O conjunto de cenários alternativos utilizados para o estudo foi:

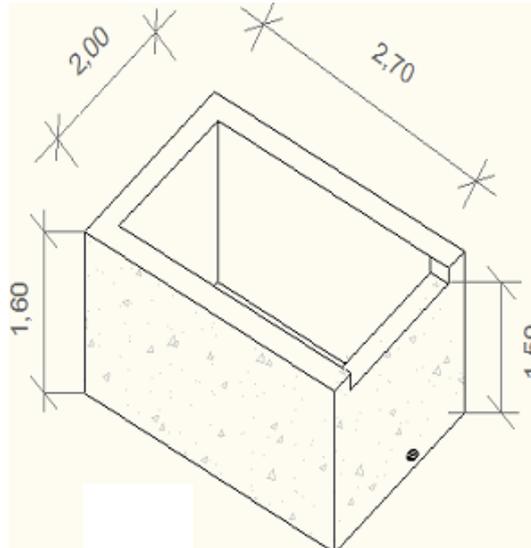
a) Reservatórios de detenção em lotes (A1)

Esta alternativa prevê a construção de 277 unidades representativas de micro reservatórios com 8 metros cúbicos, (valor médio resultante do método proposto por Tucci, 1999) utilizados na detenção das águas pluviais nos lotes.

Em relação aos custos o valor global da alternativa foi de R\$ 1.939.000,00, pois o custo estimado foi de R\$ 7.000,00/lote.

Nesta alternativa, buscou-se configurar os reservatórios com orifícios de 25 mm e 20 mm, para descarga na rede em caso de não utilização da água do reservatório. Dessa forma assim uma redução na vazão de pico simulada no SWMM foi de 39%. A Figura 23 apresenta as dimensões dos reservatórios em lotes.

Figura 23 - Dimensões dos reservatórios em lotes.

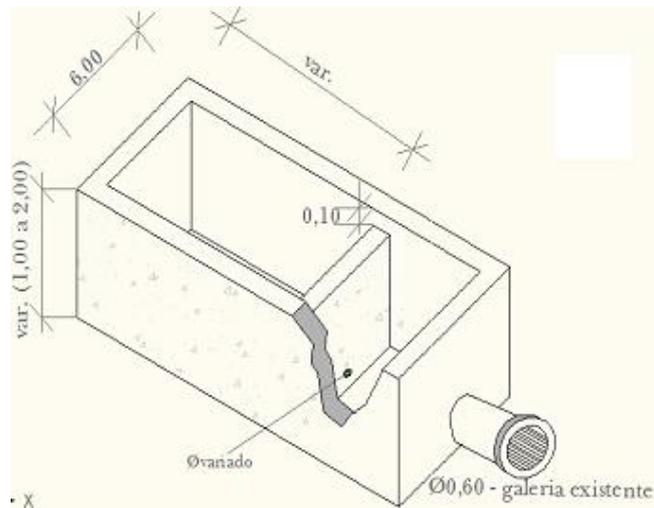


Fonte: Silva (2010)

b) Reservatórios de retenção em logradouro (A2)

A segunda alternativa foi a construção de cinco reservatórios nos logradouros com os volumes representativos de 451,82 m³, 297,07 m³, 144,71 m³, 731,28 m³ e 141,63 m³. A Figura 24 apresenta as dimensões propostas para os reservatórios de retenção nos lotes.

Figura 24 - Dimensões dos reservatórios em logradouro.



Fonte: Silva (2010)

Em relação aos custos esta alternativa apresentou um valor global de R\$1.041.728,00. Com essa alternativa a redução na vazão de pico simulada no SWMM foi de 42%. A Figura 25 apresenta a disposição dos reservatórios em logradouro.

Figura 25 - Disposição dos reservatórios em logradouro.



Fonte: Silva (2010)

c) Reservatório único de detenção na bacia (A3)

A terceira alternativa foi a construção do reservatório de detenção único. O local já apresenta também retenção de águas, devido ao baixo escoamento do canal, oferecendo todas

as condições para implantação dessa estrutura. Com base nos dados da topografia da área, verifica-se uma disponibilidade de aproximadamente 5.700 m³, para uma altura limitante de 1,50 m.

Em relação aos custos esta alternativa foi estimada com um valor global de R\$ 289.950,31 e uma redução da vazão de pico simulada no SWMM foi de 57%. Na Figura 26 é apresentada a área proposta para implantação da bacia de detenção aproveitando a calha e as margens do canal (detenção "on line").

Figura 26 - Disposição do reservatório em bacia.



Fonte: Silva (2010)

d) Levantamento do greide (A4)

A quarta solução foi o método convencional de elevação da pavimentação, onde ocorre o transbordamento do canal (± 70 cm) com provável construção de novo pontilhão, apresentou um investimento de R\$ 288.699,00 (mar/2011).

Entretanto, essa solução apesar de financeiramente ser a mais viável, não ameniza pontos de alagamentos a jusante, podendo inclusive intensificá-los.

4.2.2.2 *Levantamento dos critérios*

Foram propostos critérios de julgamento de cunho ambiental, social, econômico e hidrológico. Alguns critérios são difíceis de quantificar, por isso utilizou-se uma escala qualitativa conforme a decisão a seguir, cujo somatório dos pesos de todos os critérios é igual a 1.

I - Ambiental

Impacto na qualidade de água (C1): as águas pluviais “varrem” as ruas carregando uma grande quantidade de poluentes que podem poluir os rios e riachos bem como podem contaminar o lençol freático. Assim, o critério “impacto na qualidade de água” visa avaliar o risco de contaminação que essas águas pluviais apresentam.

Sustentabilidade (C2): Este critério foi analisado quanto à reutilização da água pluvial.

II - Social

Risco à saúde da população (C3): a água é um meio de veiculação de doenças, por isso deve-se prezar por alternativas que reduzam ao máximo o risco de doenças à população.

Aceitação da sociedade (C4): sabe-se que qualquer interferência no meio urbano afeta diretamente a sociedade e, por isso, ela deve estar ciente e concordar com as medidas propostas pelo governo, assim o critério “aceitação da sociedade” avaliará a preferência das pessoas pelas alternativas propostas para redução de inundações.

III- Econômico

Dentro do critério econômico foram estabelecidos três subcritérios: custo de implantação, custo de manutenção e custo de operação. Neste trabalho será avaliado somente o custo de implantação.

Custo de implantação (C5): Neste trabalho foi utilizado apenas o custo de implantação. O procedimento utilizado para avaliação foi o da comparação direta de valores monetários, sendo preferível sempre a alternativa com menor valor para os custos.

IV-Hidrológicos

Vazão de pico (C6): o critério “vazão de pico” visa avaliar o quanto a alternativa implantada poderá reduzir a vazão. Assim, quanto maior for a contribuição da alternativa para

a redução da vazão de pico, maior será a sua avaliação. Para estabelecimento desses valores o decisor precisará realizar uma simulação hidráulico hidrológico por auxílio de modelos de simulação.

4.2.2.3 *Levantamento das restrições*

No PROMETHEE V, o levantamento das restrições do problema é um ponto importante para a aplicação do método e assim, obter um subconjunto das alternativas de conservação que poderão ser aplicadas pelo decisor.

Abu-Taleb & Mareschal (1995) afirmam que dentro da área de recursos hídricos existe uma série de parâmetros que podem ser levados em consideração no levantamento das restrições lineares para o problema de decisão. Esses parâmetros podem expressar limitações orçamentárias, dispersão geográfica, impactos ambientais, entre outros.

A avaliação das restrições do problema baseia-se nos critérios levantados no problema e as limitações dos parâmetros podem ser definidas pelo decisor. No estudo de caso é possível duas principais restrições:

✓ *Restrição orçamentária*: baseada no critério custo de implantação da ação, pode ser definida mediante as condições financeiras disponíveis para a aplicação das alternativas, e esta disponibilidade de recursos pode ser estipulada pelo decisor para aplicação do modelo. Foi adotado um valor máximo de R\$ 1.500.000,00.

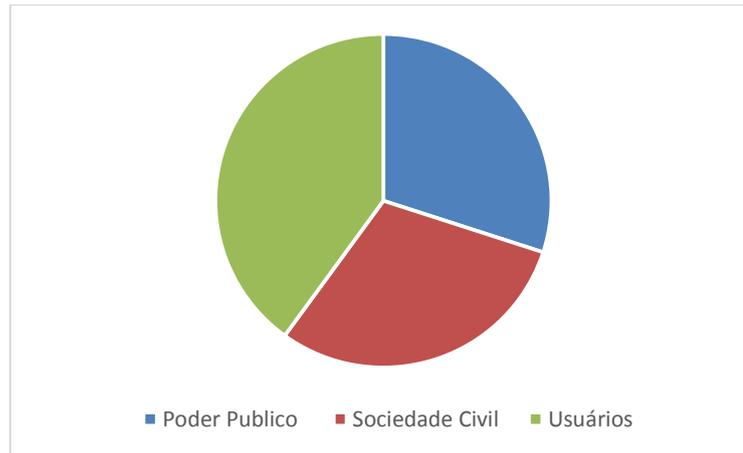
✓ *Restrição em relação a redução na vazão de pico*: baseado no critério redução na vazão de pico, pode ser definida como a alternativa representou uma melhor redução nos picos de vazão no riacho estudado. Foi adotado um valor mínimo de 30%.

Neste sentido com base nos valores obtidos no PROMETHEE II e utilizando o PROMETHEE V com as restrições selecionadas foi a Equação 4.8 para obter a melhor alternativa.

4.2.2.4 *Levantamento dos decisores*

O levantamento dos decisores foi realizado conforme a proposta de criação de um comitê de bacia de rios urbanos. A Figura 27 apresenta a representatividade por segmentos do comitê de bacia de rios urbanos com dez membros no total.

Figura 27 - Representatividade por segmentos do comitê de bacia de rios urbanos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.3 Método AHP

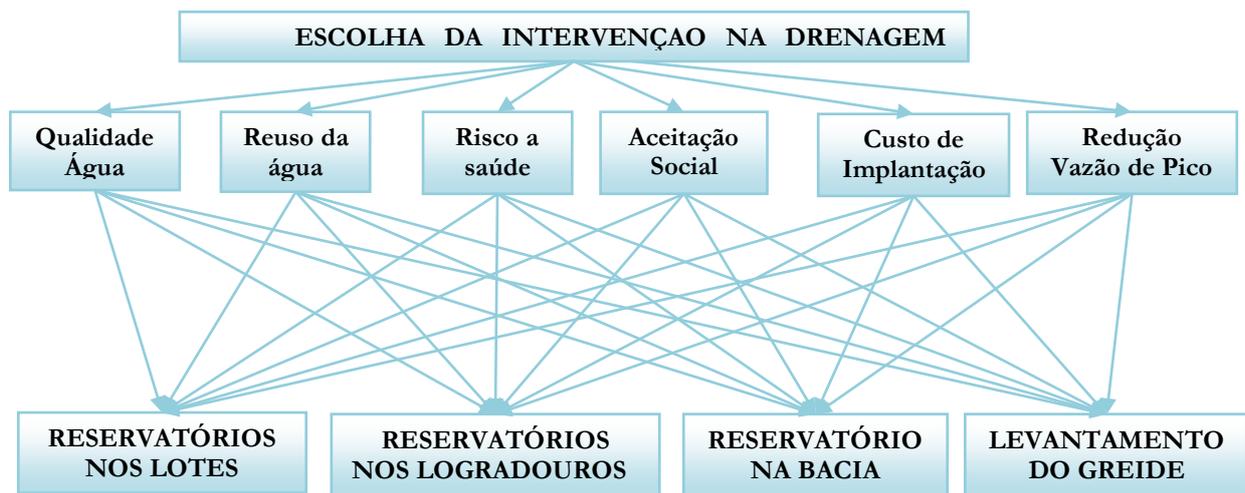
A fase de avaliação do estudo de caso está dividida nas seguintes etapas:

- (i) Determinação da importância relativa dos critérios;
- (ii) Determinação do nível de preferência das alternativas;
- (iii) Valoração global das alternativas (Granemann & Gartner, 1998).

Para avaliação dos resultados encontrados com o método proposto (aplicação do AHP com especialista da área), foi realizada uma primeira estimativa dos valores da importância correspondente aos critérios escolhidos.

O número de critérios que envolvem o problema atende ao limite cognitivo proposto por Keeney & Raiffa (1976) de 7 ± 2 ; assim, parte-se para a construção da estrutura hierárquica do problema, a qual é exposta na Figura 28.

Figura 28 - Estrutura hierárquica da escolha de um programa de controle de qualidade da água.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A aplicação do AHP nesta tese foi desenvolvida pelo autor com o auxílio do software *Microsoft Excel*, como apresenta o apêndice I.

Após a hierarquização do problema inicia-se a fase de avaliação com a comparação paritária, isto é, par a par, entre os critérios, e também entre os subcritérios, se houver*. Por meio desta comparação serão determinadas as importâncias relativas de cada critério, também conhecidas como pesos. Os critérios são comparados segundo a escala de julgamentos, descrita na Tabela 4.

Tabela 4 - Escala de julgamento de importância do método AHP.

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Importância igual	Duas atividades * contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância fraca de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação a outra
5	Importância forte	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação a outra
7	Importância muito forte	Uma atividade é fortemente favorecida em relação a outra e sua dominância é demonstrada na prática
9	Importância absoluta	A evidência, favorecendo uma atividade em relação a outra, é do mais alto grau de certeza
2,4,6,8	Valores intermediários entre dois julgamentos adjacentes	Quando é necessária uma condição de compromisso
Recíprocos	Se a atividade i tem uma das intensidades de importância ou de preferência de 1 a 9 quando comparada com a atividade j , então j tem o valor recíproco quando comparado com i	

Fonte: Adaptado de Saaty (1990, 1991)

* O termo “atividades” tem o mesmo significado de “alternativas” e também pode ser chamado “ações potenciais”

Os resultados das comparações são apresentados na seguinte forma matricial:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

devendo atender às seguintes condições:

- a) $a_{ij} = \alpha$;
- b) $a_{ji} = 1/\alpha$;
- c) $a_{ii} = 1$.

em que:

a - comparação paritária entre os critérios

α - valor de intensidade de importância.

A resolução da matriz A resulta no autovetor de prioridades, o qual expressa as importâncias relativas de cada critério, ou pesos. A forma mais recomendada de cálculo (Saaty,1991) consiste em se elevar a matriz a potências arbitrariamente altas, dividindo-se a soma de cada linha pela soma dos elementos da matriz, ou seja, normalizando-se os resultados; isto resulta no autovetor de prioridades para ordenação e esta operação deve ser repetida até que a diferença entre o resultado normalizado da última operação seja bem próximo do resultado da operação precedente (ex.: diferenças pequenas após a terceira casa decimal). De posse das importâncias relativas dos critérios é testada a integridade dos julgamentos, calculada por um índice de inconsistência.

Caso o índice de inconsistência seja maior que 0,10 (Saaty, 1991) o decisor ou grupo de decisores é encorajado a rever seus julgamentos, buscando torná-los consistentes; esta consistência é atingida com um índice menor ou igual a 0,10.

Tais procedimentos resultaram na ordenação e mensuração da importância relativa dos critérios e, caso eles exijam a existência de subcritérios para sua descrição, todo o processo de avaliação descrito repetir-se-á também nesse nível hierárquico.

A fase de avaliação do problema prossegue com a comparação paritária das alternativas em cada um dos critérios, para a determinação do nível de preferência das alternativas; para isto, procede-se da mesma forma como foi descrito para a obtenção da importância relativa dos critérios. Com as importâncias relativas dos critérios e os níveis de preferência das alternativas parte-se, então, para a valoração global de cada uma das alternativas, segundo o método da soma ponderada, assim calculado:

$$V(a) = \sum_{j=1}^n p_j v_j(a) \quad (4.1)$$

Com,

$$\sum_{j=1}^n p_j = 1 \text{ e } 0 < p_j < 1 \text{ (} j = 1, \dots, n \text{)}, \quad (4.2)$$

onde:

V(a) - valor global da alternativa analisada

p_j- importância relativa do critério j

v_j - nível de preferência da alternativa analisada no critério j

4.2.4 Método PROMETHEE

O modelo de decisão exposto nesta tese, visa ajudar o decisor a selecionar um conjunto de alternativas potenciais que possam ser implementadas, com o objetivo de promover alternativas de conservação dos riachos urbanos, na área de estudo local.

A seleção das alternativas de conservação dos riachos urbanos, deve ser feita mediante aspectos econômico-financeiro, ambiental, social e técnico, que serão representados pelos critérios de avaliação do decisor que levará em consideração suas preferências, seus valores pessoais, pontos de vista e a sua experiência com relação ao problema. Por esse motivo a utilização de métodos de apoio a decisão multicritério são essenciais para auxiliar na tomada de decisão que envolve muitas alternativas e muitos critérios, muitas vezes conflitantes.

Para a escolha do método, foram levados em consideração a problemática, a estrutura de preferência do decisor e o contexto do problema. Como o modelo busca a seleção de

alternativas mediante restrições, é importante escolhê-lo de forma que possa atingir o objetivo esperado como resultado da aplicação do modelo.

Então visando satisfazer às condições citadas no problema, optou-se por utilizar o método da Escola Francesa que utiliza a abordagem de sobreclassificação (*outranking*), o PROMETHEE que é considerado de fácil entendimento, onde os conceitos e parâmetros envolvidos em sua aplicação têm significado físico ou econômico de rápida assimilação por parte do decisor (MORAIS & ALMEIDA, 2006). Dentro da família PROMETHEE, o método que mais se enquadra ao problema em questão, o PROMETHEE V. Isto porque ele gera uma pré-ordem completa das alternativas e dentro desta ordenação seleciona um subconjunto de ações respeitando as restrições impostas no problema.

4.2.4.1 *Ponderamento dos critérios*

Macharis *et al.* (2004) propuseram uma nova abordagem para a determinação de pesos no método PROMETHEE, que é através da introdução da hierarquia utilizada no método AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Esta hierarquia consiste em organizar os fatores considerados relevantes para o decisor. No topo, encontra-se o objetivo principal, nas ramificações encontram-se os elementos que contribuem para o alcance desse objetivo (critérios) e no final são colocadas as alternativas de ação disponíveis. A estruturação deve ser feita de modo que os critérios em cada nível sejam homogêneos (os critérios devem possuir o mesmo grau de importância relativa dentro do nível) e não-redundantes (um critério de um determinado nível deve ser independente em relação a critérios de níveis inferiores).

A vantagem do sistema proposto por Macharis *et al.* (2004), é que o decisor executa apenas um número limitado de comparações par a par para a construção da matriz de avaliação de desempenho das alternativas, e assim determinar o peso dos critérios. Esse número se restringe a primeira linha da matriz, as demais são geradas automaticamente após a avaliação formal da primeira linha. O decisor fica responsável apenas de realizar uma verificação final dos impactos globais das suas escolhas sobre a avaliação total da matriz e dos pesos determinados para cada critério.

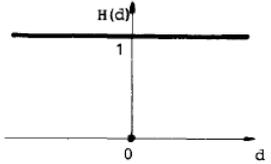
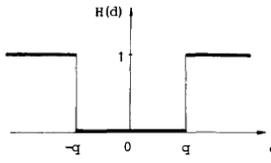
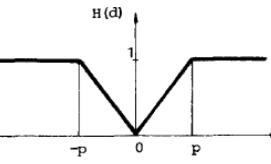
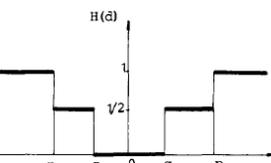
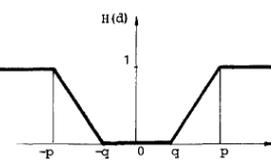
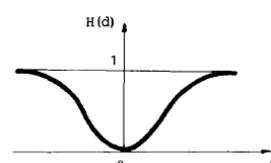
Para levantamento do peso dos critérios foi utilizado o uso de métodos formais na obtenção desses valores. Alguns autores como Macharis *et al.* (2004) já trabalham com a aplicação do método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para a ponderação de pesos no PROMETHEE.

4.2.4.2 *Funções de preferências*

Após a determinação dos pesos, o ponto chave de aplicação do método é a construção de uma matriz de decisão de avaliações das alternativas relacionadas a um determinado conjunto de critérios. Para a construção da matriz é necessário definir uma função de preferência para cada critério, que descreve a intensidade de preferência de uma opção de uma alternativa a sobre uma alternativa b , por um dado critério j , que é denotado por $F_j(a,b)$ e assume valores entre 0 e 1 (BELTON & STEWART, 2002; VINCKE, 1992).

Brans *et al.* (1986), apresentam seis formas diferentes para as funções de preferência do PROMETHEE, como mostra o Quadro 6.

Quadro 6 - Formas para função de preferência do Método PROMETHEE.

I – Critério usual		$g_j(a) - g_j(b) > 0 \rightarrow F(a,b) = 1$ $g_j(a) - g_j(b) \leq 0 \rightarrow F(a,b) = 0$	Assume valor 1 se a diferença de desempenho for positiva e recebe valor zero se for negativa
II - Quase-critério		$g_j(a) - g_j(b) > q \rightarrow F(a,b) = 1$ $g_j(a) - g_j(b) \leq q \rightarrow F(a,b) = 0$	Recebe valor 1 se a diferença for maior que um parâmetro pré-definido q (limiar de indiferença), recebe valor zero se a diferença recebe valor menor ou igual a q.
III – Critério de preferência linear		$g_j(a) - g_j(b) > p \rightarrow F(a,b) = 1$ $g_j(a) - g_j(b) \leq p \rightarrow$ $F(a,b) = [g_j(a) - g_j(b)]/p$ $g_j(a) - g_j(b) \leq 0 \rightarrow F(a,b) = 0$	Recebe valor 1 se a diferença for maior que um parâmetro pré-definido p (limiar de preferência), recebe valor zero se a diferença for negativa. Se a diferença esta entre p e 0, o valor da função é dado por uma equação linear.
IV – Critério Nível		$g_j(a) - g_j(b) > p \rightarrow F(a,b) = 1$ $q < g_j(a) - g_j(b) \leq p \rightarrow$ $F(a,b) = 1/2$ $ g_j(a) - g_j(b) \leq q \rightarrow F(a,b) = 0$	Recebe valor 1 se a diferença for maior que o limiar de preferência p, recebe valor zero se a diferença for menor de o limiar de indiferença q. Se a diferença esta entre p e q o valor da função é 1/2.
V – Critério de preferência linear com zona de indiferença		$ g_j(a) - g_j(b) > p \rightarrow F(a,b) = 1$ $q < g_j(a) - g_j(b) \leq p \rightarrow$ $F(a,b) = (g_j(a) - g_j(b) - q)/(p - q)$ $ g_j(a) - g_j(b) \leq q \rightarrow F(a,b) = 0$	Recebe valor 1 se a diferença for maior que o limiar de preferência p, recebe valor zero se a diferença for menor de o limiar de indiferença q. Se a diferença esta entre p e q o valor da função é dado por uma equação linear.
VI - Gaussiana		<p>O desvio-padrão deve ser fixado</p> $g_j(a) - g_j(b) > 0$ $g_j(a) - g_j(b) \leq 0$ <p><i>A preferência aumenta segundo uma distribuição normal</i></p> $F(a,b) = 0$	Recebe o valor de uma distribuição normal para diferenças de desempenho positivas, recebe valor zero para diferenças negativas.

Fonte: adaptado de Bran & Marechal (1986); Almeida & Costa (2002)

A partir dos valores das funções de preferência e dos pesos atribuídos para cada critério é calculado o grau de sobreclassificação da alternativa a sobre a alternativa b , também chamado de índice de preferência da seguinte forma:

$$\pi(a,b) = \frac{1}{P} \sum_{j=1}^n p_j F_j(a,b), \text{ onde: } P = \sum_{j=1}^n p_j \quad (4.3)$$

O termo $\pi(a, b)$ expressa como e com que grau “a” é preferível a “b” sobre todos os critérios e $\pi(b, a)$ expressa como “b” é preferível a “a”.

O índice de preferência define a relação de sobreclassificação valorada de uma alternativa sobre a outra e é usado na determinação da ordenação das alternativas (BELTON & STEWART, 2002).

Brans et al. (1986) indicam que o próximo passo do método, é calcular os índices de sobreclassificação positivo e negativo para cada alternativa denominado de fluxos. O fluxo positivo (ou fluxo de saída), expressa o quanto uma alternativa a sobreclassifica às demais [$Q^+(a)$]. Quanto maior for $Q^+(a)$, melhor a alternativa, e é calculado da seguinte forma:

$$Q^+(a) = \sum_{b \in A} \frac{\pi(a,b)}{n-1}, \text{ onde } n \text{ é o número de alternativas.} \quad (4.4)$$

O fluxo negativo (ou fluxo de entrada) indica o quanto uma alternativa a é sobreclassificada pelas outras, [$Q^-(a)$]. Quanto menor for $Q^-(a)$ melhor a alternativa, calcula-se utilizando a expressão:

$$Q^-(a) = \sum_{b \in A} \frac{\pi(b,a)}{n-1} \quad (4.5)$$

Existe também o fluxo líquido de sobreclassificação que nada mais é que a diferença entre o fluxo de saída e o fluxo de entrada e representa o balanço entre a força e a fraqueza da alternativa. Quanto maior o fluxo líquido, melhor a alternativa. Calcula-se da seguinte maneira:

$$Q(a) = Q^+(a) - Q^-(a) \quad (4.6)$$

Os métodos PROMETHEE desde quando foram propostos pela primeira não cessaram de ser objeto de desenvolvimento e adaptações complementares (CAVALCANTE & ALMEIDA, 2005).

As seguintes implementações do método são descritas na literatura (BRANS & VINCKE, 1985; BRANS *et al.*, 1986; BRANS & MARESCHAL, 1992; TALEB & MARESCHAL, 1995 *apud* ALMEIDA & COSTA, 2002):

- PROMETHEE I: estabelece uma pré-ordem parcial entre as alternativas;
- PROMETHEE II: classifica as alternativas, estabelecendo uma ordem decrescente do fluxo líquido; estabelece uma pré-ordem completa entre as alternativas e é utilizado para a problemática de ordenação;
- PROMETHEE III: ampliação da noção de indiferença, com tratamento probabilístico dos fluxos;
- PROMETHEE IV: estabelece uma pré-ordem completa ou parcial e é utilizado para a problemática de escolha e ordenação destinada às situações em que o conjunto de soluções viáveis é contínuo;
- PROMETHEE V: depois de estabelecer uma ordem completa entre as alternativas (PROMETHEE II), são introduzidas restrições, identificadas no problema para as alternativas selecionadas, incorporando uma filosofia de otimização inteira.
- PROMETHEE VI – quando o decisor não está apto ou não quer definir precisamente os pesos para os critérios, pode-se especificar intervalos de possíveis valores em lugar de um valor fixo para cada peso, estabelecendo um pré-ordem completa ou parcial. É utilizado para a problemática de escolha e ordenação.

Dentre as implementações do método PROMETHEE exposta anteriormente, a que será utilizada para o desenvolvimento do modelo proposto neste trabalho é PROMETHEE V (o qual, conforme explicitado acima, leva em consideração a ordenação proveniente do PROMETHEE II).

4.2.4.3 *Níveis de preferência dos critérios*

Foram propostos critérios de julgamento de cunho ambiental, social, econômico e hidrológico. Alguns critérios são difíceis de quantificar, por isso o utilizou-se uma escala verbal conforme a decisão a seguir, cujo somatório dos pesos de todos os critérios é igual a 1.

Impacto na qualidade de água (C1): Esse CRITÉRIO visa avaliar o risco de contaminação que essas águas pluviais apresentam baseado em três níveis de preferência (Tabela 5):

Tabela 5 - Níveis de preferência para o critério impacto na qualidade de água.

Escala verbal	Descrição	Escala numérica
Baixo	A alternativa a ser implantada não será contaminada por efluentes de esgoto.	1
Moderado	A alternativa a ser implantada não será contaminada por efluentes de esgoto, se houver pequenas interações	0,5
Alto	A alternativa a ser implantada poderá ser contaminada por efluentes de esgoto.	0

Reuso da água pluvial (C2): A Tabela 6 apresenta os níveis preferência da escala verbal do critério de reuso das águas.

Tabela 6 - Níveis de preferência para o critério sustentabilidade.

Escala verbal	Descrição	Escala numérica
Baixo	A alternativa não potencializa o reuso da água pluvial.	0
Moderado	A alternativa potencializa ao máximo o reuso da água pluvial para atividades não nobres.	0,5
Alto	A alternativa potencializa ao máximo o reuso da água pluvial para atividades.	1

Risco à saúde da população (C3): A Tabela 7 apresenta os níveis preferência da escala verbal do critério de reuso das águas.

Tabela 7 - Níveis de preferência para o critério risco à saúde da população.

Escala verbal	Descrição	Escala numérica
Baixo	A alternativa não apresenta risco à saúde da sociedade por contaminação	0
Moderado	A alternativa pode apresentar risco à saúde da sociedade por contaminação	0,5
Alto	A alternativa apresenta elevado risco à saúde da sociedade por contaminação	1

Aceitação da sociedade (C4): A Tabela 8 apresenta os níveis preferência da escala verbal do critério aceitação da sociedade

Tabela 8 - Níveis de preferência para o critérios aceitação da sociedade.

Escala verbal	Descrição	Escala numérica
Muito alto	A alternativa a ser implantada causará impactos positivos para a população	1
Alto	A alternativa a ser implantada causará poucos impactos positivos para a população	0,75
Mode-rado	A alternativa a ser implantada causará impacto positivos e negativos para a população da região envolvida	0,5
Baixo	A alternativa a ser implantada causará impacto negativos sobre a população.	0,25
Muito baixo	A alternativa a ser implantada não causará impacto nenhum sobre a sociedade.	0

Custo de implantação (C5): Neste trabalho foi utilizado apenas o custo de implantação. O procedimento utilizado para avaliação foi o da comparação direta de valores monetários, sendo preferível sempre a alternativa com menor valor para os custos.

Vazão de pico (C6): o critério “vazão de pico” visa avaliar o quanto a alternativa implantada poderá reduzir a vazão. Nesse sentido foram simuladas as alternativas no Storm Water Management Model (SWMM), onde foram comparados os valores sem a medida de controle e com cada alternativa sugerida, conforme Silva (2010).

Os valores obtidos para a redução da vazão de pico de cada alternativa foram: Detenção em lotes (39%); Detenção em logradouro (42%); Único reservatório na bacia (57%) e Levantamento do greide (0).

4.2.4.4 *Avaliação das funções de preferência*

No método PROMETHEE, para cada critério, define-se uma função de preferência. A função de preferência representa a forma como a preferência do decisor aumenta com a diferença de desempenho entre alternativas para um dado critério. Para cada critério deve ser definida uma $F_j(a,b)$ que assume valores entre 0 e 1 e cujos valores aumentam se a diferença

de desempenho entre alternativa a e a alternativa b aumenta e é igual a zero se o desempenho de a é igual ou inferior ao desempenho de b (BELTON & STEWART, 2002).

A escolha das funções de preferência é uma etapa importantíssima do processo e exige do decisor um conhecimento detalhado sobre o significado dos critérios. Algumas funções exigem que o decisor expresse os limiares acima dos quais existe preferência de uma alternativa sobre outra, parâmetro p , e os limiares abaixo dos quais existe indiferença entre alternativas, parâmetro q . O decisor deve escolher uma das seis funções sugeridas pelo PROMETHEE e apresentadas no Quadro 6 e expressar os respectivos parâmetros p e q , quando necessários.

Alguns autores recomendam para determinados tipos de critério, uma função de preferência específica. Keyser & Peeters (1996), por exemplo, indicam que para critérios cuja avaliação é feito de forma subjetiva, ou seja, por meio de escala verbal, a função de preferência mais adequada é a Tipo I.

4.2.4.5 *Matriz de avaliação*

O próximo passo é construir uma matriz de avaliação das alternativas de preferência com relação a um determinado critério. Para isso é necessário se definir inicialmente uma função de preferência $F_j(a,b)$ que determina a intensidade de preferência de uma alternativa a sobre uma alternativa b com relação ao critério j . Estas funções podem ser determinadas de acordo com o quadro 6 desta tese. Quanto mais $F_j(a,b)$ se aproxima de 1, maior se torna a preferência sobre a alternativa a em relação a alternativa b .

Com os valores das funções de preferência e dos pesos de cada critério é calculado o índice de preferência $\pi(a,b)$ que corresponde ao grau de sobreclassificação da alternativa a sobre a alternativa b . A expressão para o cálculo de índice de preferência é a Equação 4.3.

Depois de calculados os valores dos índices de preferência, calculam-se os fluxos positivos (ou fluxo de saída), $Q^+(a)$, que expressa o quanto uma alternativa a sobreclassifica às demais, e o fluxo negativo (ou fluxo de entrada), $Q^-(a)$, que indica o quanto uma alternativa a é sobreclassificada pelas outras. As expressões de cálculo para os dois fluxos são respectivamente 4.4 e 4.5.

Com os valores dos índices de preferência e dos fluxos de entrada e saída, monta-se uma matriz das alternativa, onde em cada célula coloca-se o índice de preferência $\pi(a,b)$ da alternativa da linha sobre a alternativa da coluna de avaliação das mesmas, de modo que a soma dos índices de preferência de uma linha representa o fluxo positivo da alternativa desta linha e

a soma dos índices de preferência de uma coluna representa o fluxo negativo da alternativa desta coluna, representada pela Tabela 9.

Tabela 9 - Matriz de avaliação das alternativas.

Alternativas	A1	A2	A3	A4	Fluxo positivo
A1	$\pi(A1,A1)$	$\pi(A1,A2)$...	$\pi(A1,A4)$	$Q^+(A1)$
A2	$\pi(A2,A1)$				$Q^+(A2)$
A3	\vdots				$Q^+(A3)$
A4	$\pi(A4,A1)$			$\pi(A4,A4)$	$Q^+(A4)$
Fluxo negativo	$Q^-(A1),$	$Q^-(A2),$	$Q^-(A3),$	$Q^-(A4),$	

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir do cálculo dos fluxos de entrada e saída, se obtém o fluxo líquido de cada alternativa, que é a diferença entre o fluxo de saída e o fluxo de entrada e que representa o balanço entre a força e a fraqueza da alternativa. E assim se obtém uma ordenação completa das alternativas como propõe o método PROMETHEE II, evitando a incomparabilidade das alternativas.

Após se obter o ranking das alternativas, é aplicada a segunda fase do PROMETHEE V que consiste na aplicação da programação inteira sob as condições impostas pelas restrições e, com o resultado obtido, se encontra um subconjunto de alternativas de conservação e uso eficiente da água no meio urbano.

4.2.4.1 *Aplicação do PROMETHEE V*

O método PROMETHEE V não busca selecionar uma única alternativa potencial, ou apenas ordena um conjunto de alternativas da melhor para a pior, mas seleciona um conjunto de ações respeitando as restrições impostas no problema.

Segundo Abu-Taleb & Mareschal (1995), o PROMETHEE V consiste em duas etapas:

1. Primeiro se considera o problema multicritério sem restrições, depois são calculados os fluxos líquidos das alternativas e é gerado um *ranking* das alternativas obtidos com a aplicação do PROMETHEE II;

2. Na segunda etapa na integração de restrições ao problema, considerando a seguinte programação linear (0-1):

$$\text{Max} \sum_{i=1}^k \phi(a_i)x_i \quad (4.7)$$

Onde:

$$x_i \in \{1,0\} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.6)$$

n é o número de alternativas

s.a.:

$$\sum_{i=1}^n a_i x_i \leq C \quad (4.8)$$

Onde:

- a_i representa os valores das avaliações feita para cada alternativa sobre o critério i ;
- x_i é a variável de decisão;
- C é o valor da restrição.

Os coeficientes da função objetivo (4.7) são os valores associado ao fluxo líquido obtidos da aplicação do PROMETHEE II. Desta forma, através da programação linear inteira, é obtido um subconjunto de alternativas que satisfazem as restrições impostas no problema e também é obtido um novo fluxo líquido, onde se x é igual um (1), a alternativa foi selecionada, portanto são as melhores ações respeitando as restrições, caso contrário, x tem valor zero (0). O propósito é obter tantos fluxos de sobreclassificação quanto possível, levando em consideração as restrições que podem incluir cardinalidade, orçamento, pessoal, investimento, marketing entre outras (BRANS & MARESCHAL, 1998).

O PROMETHEE V fornece inicialmente, através do PROMETHEE II, um *ranking* das alternativas com base no melhor desempenho médio das mesmas em todos os critérios. Pois não é interessante priorizar uma alternativa tenha um bom desempenho em um determinado critério e em outros critérios ela não seja tão satisfatória, ressaltando a sua característica não compensatória. E também através da programação linear inteira o PROMETHEE V é capaz de selecionar um subconjunto das alternativas potenciais que poderão ser utilizadas para a conservação e uso eficiente da água em áreas urbanas.

4.2.5 Método Multidecisor Copeland

O método de COPELAND foi escolhido para o estudo em detrimento do método fornecer sempre uma resposta (ao contrário do método de Condorcet) e, apesar de não eliminar, consegue reduzir bastante a influência de alternativas irrelevantes (GOMES JÚNIOR et al. 2008).

Nesse sentido foi elencado dez decisores realizando assim uma simulação de um funcionamento deste um comitê com uma representatividade dos segmentos: poder público (30%), sociedade civil (30%) e usuários (40%), sendo três representantes do poder público, três representantes da sociedade civil e quatro representantes dos usuários.

A preferência de cada decisor será avaliado individualmente, nesse sentido, serão analisados os reflexos dos fluxos líquidos (denominado nesse estudo de IMGAP – Índice Multicritério da Gestão dos Recursos Hídricos). Para posteriormente ser analisado as quantidade de vitórias e derrotas por cada alternativa.

Esse método pode ser considerado um compromisso entre as filosofias opostas de Borda e Condorcet, reunindo, dentro do possível, as vantagens dos dois e, por isso, foi a abordagem escolhida para o trabalho.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP

5.1.1 Determinação da importância relativa dos critérios

Na determinação da importância relativa dos critérios foi adotado o procedimento exposto na Tabela 9 (Capítulo 4). Nesse sentido foi aplicado o questionário de análise comparativa sobre a importância dos critérios selecionados para o solucionar as inundações pelo método AHP com um decisor na área de gestão das águas pluviais do poder público, conforme o modelo apresentado no apêndice I.

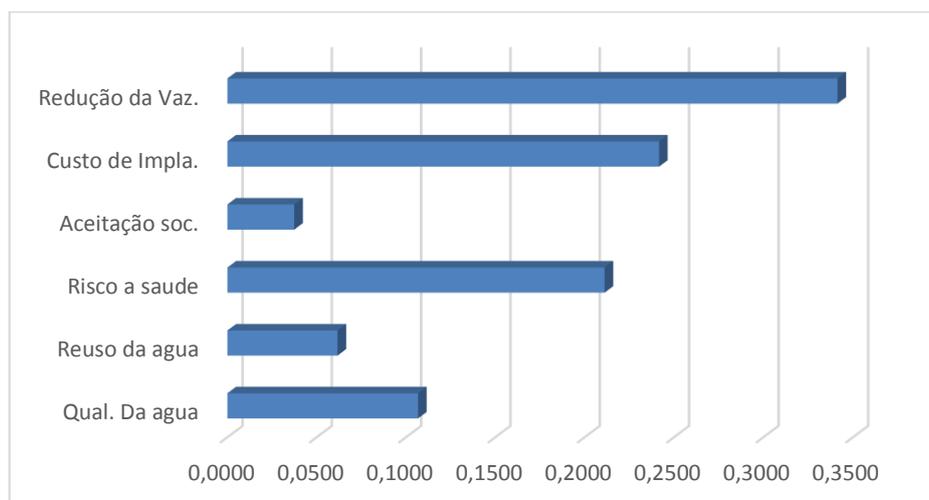
Os procedimentos de comparação paritária entre os critérios a Tabela 10 apresenta a matriz de comparação entre os critérios com base na escala de julgamento de importância.

Tabela 10 - Matriz de comparação paritária entre os critérios.

	Qual. da agua	Reuso da agua	Risco a saúde	Aceitação soc.	Custo de Impla.	Redução da Vaz.
Qual. da água	1	5	1/5	7	1/7	1/4
Reuso da água	1/5	1	1/7	6	1/6	1/5
Risco a saúde	5	7	1	9	1/3	1/2
Aceitação soc.	1/7	1/6	1/9	1	1/5	1/3
Custo de Impla.	7	6	3	5	1	1/7
Redução da Vaz.	4	5	2	3	7	1

A resolução da matriz de comparações paritárias entre os critérios gerou os índices de importância relativa mostrados na Figura 30. Os planilhas de cálculo para aplicação do método AHP estão apresentadas no apêndice II.

Figura 29 - Índices de importância relativa dos critérios.



Assim, verifica-se que, de acordo com os julgamentos realizados, os critérios para escolha da alternativa de intervenção hidráulica na área de estudo apresentam a seguinte ordem de importância: 1) Redução da vazão de pico, 34,13%; 2) Custo de implantação, 24,17%; 3) Risco à Saúde da População, 21,12%; 4) Qualidade da água, 10,68%; 5) Reuso da água, 6,16%; 6) Aceitação Social, 3,74%.

O índice de inconsistência calculado apontou para um nível de 0,593, tolerado pelo AHP.

5.1.2 Determinação do nível de preferência das alternativas

Nesta fase, é feita a comparação paritária entre as alternativas por cada critério para mitigação dos alagamentos na área de estudo passíveis, que são: reservatórios de detenção em lotes, reservatórios de detenção logradouro, reservatório único e levantamento do greide. As comparações das alternativas são feitas para cada um dos critérios, resultando em seis matrizes, conforme mostra a Tabela 11.

Nota-se que as matrizes expostas nesta Tabela apresentam as mesmas características das utilizadas na determinação dos índices de importância relativa dos critérios, porém com as seguintes alterações: i) no lugar da alternativa fica evidenciado o critério analisado; ii) onde Figura vam os critérios agora Figura m as alternativas. O apêndice II apresenta toda a planilha de cálculo utilizada na obteção dos resultados.

Tabela 11 - Matrizes de comparação paritária das alternativas nos critérios.

	Lotes	Logradouro	Único	Greide
CRITÉRIO 1: Qualidade da água				
Lotes	1	6	7	9
Logradouro	1/6	1	3	7
Único	1/7	1/3	1	3
Greide	1/9	1/7	1/3	1
CRITÉRIO 2 : Reuso de água				
Lotes	1	7	9	9
Logradouro	1/7	1	3	9
Único	1/9	1/3	1	3
Greide	1/9	1/9	1/3	1
CRITÉRIO 3: Risco à saúde da população				
Lotes	1	5	7	8
Logradouro	1/5	1	7	6
Único	1/7	1/7	1	5
Greide	1/8	1/6	1/5	1
CRITÉRIO 4: Aceitação da sociedade				
Lotes	1	5	6	6
Logradouro	1/5	1	3	5
Único	1/6	1/3	1	5
Greide	1/6	1/5	1/5	1
CRITÉRIO 5: Custo de implantação				
Lotes	1	1/5	1/7	1/7
Logradouro	5	1	1/3	1/3
Único	7	3	1	2
Greide	7	3	1/2	1
CRITÉRIO 6: Redução na Vazão de pico a jusante				
Lotes	1	1/2	1/5	9
Logradouro	2	1	1/6	9
Único	5	6	1	9
Greide	1/9	1/9	1/9	1

Uma vez que todos os cálculos foram efetuados e os índices de inconsistência ficaram dentro dos parâmetros sugeridos pelo modelo, obtiveram-se os níveis de preferência das alternativas em cada um dos critérios do problema. Esses níveis de preferência podem ser visualizados na Tabela 12 .

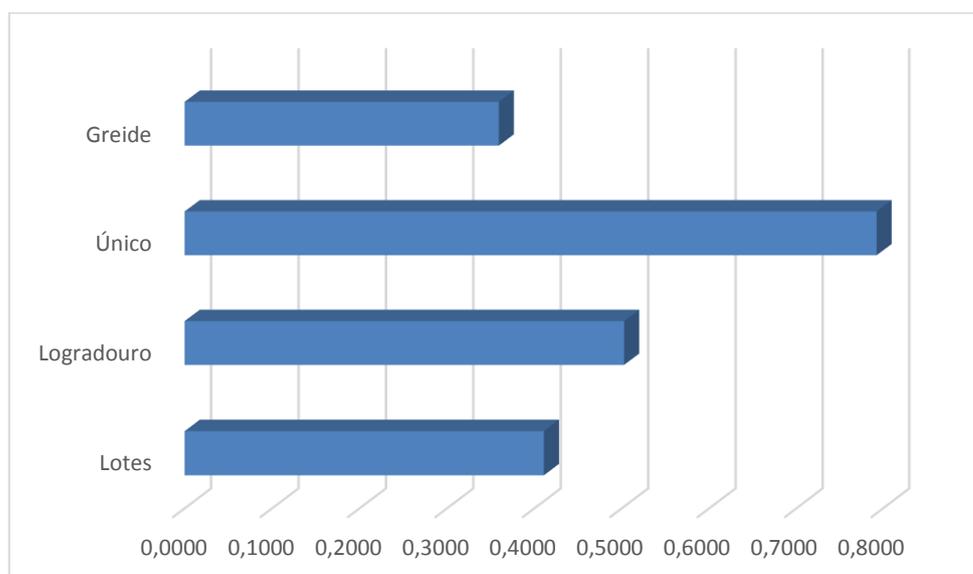
Tabela 12 - Nível de preferência das alternativas nos critérios.

Alternativas	Critérios					
	Qual. agua	Reuso agua	Risco a saude	Aceit. soc.	Custo Impl.	Redu Vaz.
Lotes	0,643	0,721	0,598	0,551	0,188	0,310
Logradouro	0,216	0,237	0,298	0,197	0,925	0,502
Único	0,096	0,090	0,114	0,125	1,379	1,215
Greide	0,044	0,043	0,044	0,053	1,356	0,038

5.1.3 Valoração global das alternativas

A valoração global de cada alternativa é feita pela soma ponderada dos índices de importância relativa dos critérios e dos níveis de preferência das alternativas em cada um dos critérios, conforme a Equação 4.1, conforme mostra a Figura 31.

Figura 30 - Valoração global das alternativas de escolha da intervenção na drenagem urbana.



Os resultados finais mostram que o Reservatório Único (0,793) representa a melhor alternativa na intervenção na drenagem urbana, enquanto o reservatório em logradouro (0,503) é a segunda melhor alternativa e os reservatórios em lotes (0,411) e o levantamento do greide (0,395) ocupam as últimas posições, respectivamente. O apêndice II apresenta toda a planilha de cálculo utilizada na obtenção dos resultados.

5.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO PROMETHEE

5.2.1 Matriz de avaliação

O problema de decisão é resumido pela matriz de avaliação (critérios versus alternativas) apresentada na Tabela 13. Os valores para o critério econômico (C5) foram baseados em estudos realizados por Moura (2004) apud Baptista *et al.* (2005) e valores obtidos por Oliveira (2010).

Tabela 13 - Matriz de avaliação das alternativas.

Alternativas	Critérios					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Objetivo	Minimizar	Maximizar	Minimizar	Maximizar	Minimizar	Maximizar
A1	Baixo	Alto	Baixo	Muito alto	R\$ 1.939.000,00	0,39
A2	Moderado	Moderado	Moderado	Alto	R\$ 1.041.728,00	0,42
A3	Alto	Baixo	Alto	Moderada	R\$ 289.950,31	0,57
A4	Alto	Baixo	Alto	Baixo	R\$ 288.699,00	0

Neste estudo foi admitida a escala verbal para estabelecer os níveis de preferência do decisor. As avaliações das alternativas em relação aos critérios com a escala verbal foram convertidas em escala numérica e são apresentadas na Tabela 14.

Tabela 14 - Conversão de escalas para a avaliação das alternativas.

Alternativas	Critérios					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Objetivo	Minimizar	Maximizar	Minimizar	Maximizar	Minimizar	Maximizar
A1	0	1	0	1	R\$ 1.939.000,00	0,39
A2	0,5	0,5	0,5	0,75	R\$ 1.041.728,00	0,42
A3	1	0	1	0,5	R\$ 289.950,31	0,57
A4	1	0	1	0,25	R\$ 288.699,00	0

5.2.2 Pesos dos critérios

O decisor deve atribuir um peso para cada critério dentro de uma faixa de valores que varia de 0 a 10, esses pesos devem significar a importância relativa daquele critério para o decisor.

Na etapa anterior os valores foram calculados pelo método AHP. Os valores para os pesos dos critérios são sumarizados na Tabela 15. Vale ressaltar que foram normalizados, ou seja, sua soma é igual a um.

Tabela 15 - Pesos dos critérios.

CRITÉRIO	Peso
C1 Qualidade da água	0,11
C2 Reuso de água	0,06
C3 Risco à saúde da população	0,21
C4 Aceitação da sociedade	0,04
C5 Custo de implantação	0,24
C6 Redução na vazão de pico	0,34

De acordo com a entrevista realizada pelo decisor representante do poder público estadual, chegou-se ao seguinte resultado: redução da vazão de pico e o critérios econômico foram avaliados como sendo os mais importantes, sendo atribuído um maior peso, seguido pelos critérios social e ambiental.

5.2.3 Escolha das funções de preferência

A escolha das funções de preferência deve levar em consideração a forma como o decisor avalia cada critério. Elas transformam a diferença entre duas avaliações em um determinado critério para um valor real entre 0 e 1. Alguns autores recomendam para determinados tipos de critério, uma função de preferência específica. Keyser & Peeters (1996), por exemplo, indicam que para critérios cuja avaliação é feita de forma subjetiva, ou seja, por meio de escala verbal, a função de preferência mais adequada é a Tipo I.

Realizou-se, para o decisor, uma breve explanação sobre a importância das funções de preferência para a aplicação do método PROMETHEE, e juntamente com as informações obtidas em pesquisa bibliográfica, foi possível determinar as funções de preferência para os critérios apresentados no modelo. Critérios que são de natureza subjetiva, então foi utilizada a recomendação indicado por Keyser & Peeters (1996) onde critérios desse tipo são mais bem avaliados se analisados utilizando a função de preferência Critério Usual – Tipo I.

Além dos pesos para cada critério, foi estabelecida uma função de preferência, apresentadas na Tabela 18, que representa a forma de julgamento feita pelo decisor em relação aos critérios. Assim, para os critérios ambiental, social e hidrológico foi escolhida a função do tipo I

(preferência estrita), onde independentemente do valor da diferença na avaliação de um critério entre diferentes alternativas, vencerá a melhor.

Para o critério econômico foi escolhida a função III (critério linear) onde a preferência do decisor é crescente até um limite de preferência (p) determinado. O parâmetro que indica o limite de preferência adotado foi R\$ 500.000,00 para o critério C5 (custo de instalação). A Tabela 16 apresenta a síntese das funções de preferência do PROMETHEE.

Tabela 16 - Funções de preferência.

<i>Critérios</i>	<i>Função de Preferência</i>	Parâmetros
C1	Critério usual - Tipo I	-
C2	Critério usual - Tipo I	-
C3	Critério usual - Tipo I	-
C4	Critério usual - Tipo I	-
C5	Critério de preferência linear - Tipo III	p = 500.000,00
C6	Critério usual - Tipo I	-

5.2.4 Priorização das alternativas

Com as avaliações das alternativas, a determinação do peso dos critérios e a escolha da função de preferência para cada critério, é calculada a matriz de intensidade de preferência para cada critério. Estes cálculos foram obtidos com o auxílio do *software Visual PROMETHEE*.

A próxima etapa do modelo é calcular os índices de preferência para cada alternativa segundo a equação (4.3) apresentada no Capítulo 4 desta Tese, ou seja, o somatório de todas as intensidades de preferência encontradas em cada critério.

De posse do resultado das comparações par a par é possível calcular os fluxos positivos, negativos e líquido para cada alternativa (Tabela 17), utilizando as equações (4.4), (4.5) e (4.6) apresentadas no Capítulo 4.

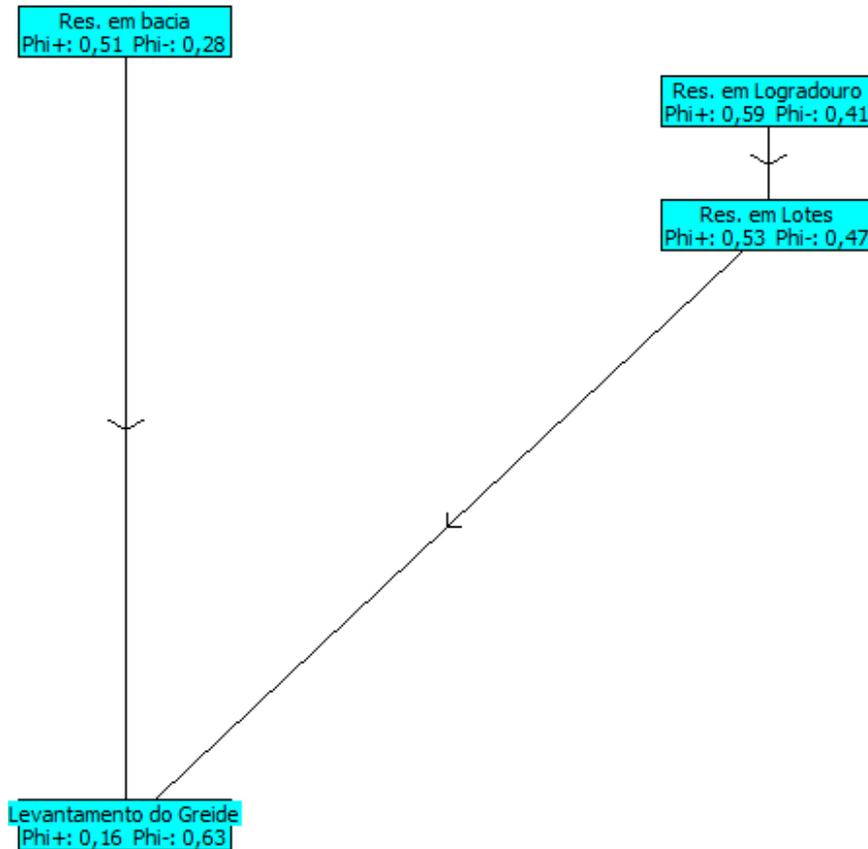
Tabela 17 - Fluxos líquido, positivos e negativos das alternativas.

Posição das alternativas	Fluxos			
	Alternativas	Líquido	Positivo	Negativo
1°	Reservatório único na bacia (A3)	0,24	0,51	0,28
2°	Reservatório em logradouro (A2)	0,17	0,59	0,41
3°	Reservatório em lotes (A1)	0,06	0,53	0,47
4°	Levantamento do greide (A4)	-0,47	0,16	0,63

Para construir as relações de sobreclassificação deve-se comparar cada alternativa uma a uma observando os fluxos positivo e negativo, e obedecendo as recomendações do método

PROMETHEE I apresentadas no item 2.2. Desta forma, o modelo forneceu a seguinte ordenação das alternativas, com o auxílio do *software Visual PROMETHEE*: A3, A2, A1, A4 (Figura 32).

Figura 31 - Fluxo de sobreclassificação das alternativas.



Verificou-se que a alternativa A3 (reservatórios em bacia) se destacou em relação as demais sendo, portanto, considerada a melhor alternativa de acordo com a preferência do decisor.

A alternativa A1, seria a que apresentaria melhor eficiência sob o aspecto hidráulico, pois a água reservada no lote poderia ser utilizada na própria residência para usos que não necessitasse um tratamento mais rigoroso. Entretanto, pelo elevado custo ainda se tornou inviável, necessitando dessa forma uma parceria com a prefeitura e usuários para tornar mais atrativo sob a ótica econômica.

5.2.5 Levantamento das restrições e aplicação da programação linear inteira

O PROMETHEE V trabalha sob a ótica da seleção de alternativas mediante restrições existentes no problema. O levantamento dessas restrições pode levar vários aspectos importantes

para o decisor. Dentro da área de recursos hídricos existe uma série de parâmetros que podem ser levados em consideração no levantamento das restrições lineares para o problema de decisão. Esses parâmetros podem expressar limitações orçamentárias, dispersão geográfica, impactos ambientais, entre outros (ABU-TALEB & MARESCHAL, 1995).

Para o problema em questão, serão adotadas como restrição do problema, limitações orçamentárias para a implantação das alternativas por parte do setor público, ou seja, será estipulado que o governo estadual irá limitar um orçamento para implantações das alternativas de conservação de água no meio urbano, num valor de aproximadamente R\$ 1.500.000,00 (Um milhão e quinhentos mil de Reais). Dentro desta limitação terá de se encontrar um subconjunto de alternativas viáveis que podem ser implantadas com esses recursos e, também, que reduza a vazão de pico em até 30 % que será limitado para a alternativa implantada.

Conforme procedimento do PROMETHHE V, os coeficientes da função objetivo correspondem aos fluxos líquidos obtidos no PROMETHEE II. Portanto:

$$Max Z = 0,24x_{A1} + 0,17x_{A2} + 0,06x_{A3} - 0,47x_{A4}$$

Sujeito a:

“Restrição orçamentária”

$$1.939.000x_{A1} + 1.041.728x_{A2} + 289.950,31x_{A3} + 288.699x_{A4} \leq 1.500.000$$

“Redução na vazão de pico”

$$0,39x_{A1} + 0,42x_{A2} + 0,57x_{A3} + 0x_{A4} \geq 0,3$$

A variável de decisão x_{Ai} corresponde à variável que representa a alternativa do problema, por exemplo x_{A1} corresponde a alternativa A1. A solução do problema é dada da seguinte forma; se a variável de decisão x_{Ai} tomar valor 1, significa que esta alternativa faz parte do subconjunto de soluções viáveis. Caso x_{Ai} receba valor 0, isso implica que a alternativa não faz parte do subconjunto de soluções viáveis.

Utilizando o recurso *Solver do Excel Microsoft*, a Tabela 18 apresenta o resultado da análise.

Tabela 18 - Alternativas selecionadas após a aplicação da programação linear inteira.

Variáveis de decisão	Valor final
X _{A1}	0,00
X _{A2}	0,00
X _{A3}	1,00
X _{A4}	0,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Pode-se observar que na aplicação do método PROMETHEE V, acrescentando duas restrições, de limitação orçamentária e redução na vazão de pico, o número de alternativas potenciais a ser aplicada, visando à otimização da gestão das águas pluviais, diminuiu consideravelmente. Conforme observamos na Tabela 18 que a única alternativa que foi selecionada foi o Reservatório Único na Bacia (A3), com um valor máximo da função objetivo: $Z_{Max} = 0,414$.

Essa alternativa, é uma das mais recomendáveis dentro das restrições impostas, para melhorar a gestão das águas pluviais tendo em vista que reduz consideravelmente a redução da vazão de pico e o valor está dentro do esperado da restrição imposta pelo decisor. Ele também é considerado de fácil entendimento, onde os conceitos e parâmetros envolvidos em sua aplicação têm significado físico ou econômico de rápida assimilação por parte do decisor.

5.2.6 Análise de sensibilidade

Para verificar a consistência do modelo e determinar o efeito de uma variação de um determinado parâmetro no resultado foi realizada a análise de sensibilidade. Nesta simulação o critério julgado mais importante foi o critério redução da vazão de pico e o critério econômico, por isso seus pesos foram selecionados para ter uma redução de 10% e 5% respectivamente.

Então, a medida que se diminuiu os pesos desses critérios, foi acrescida o valor de 5% nos critérios: qualidade da água, aceitação social e risco à saúde da população. Para assim completar o valor de 100% dos pesos.

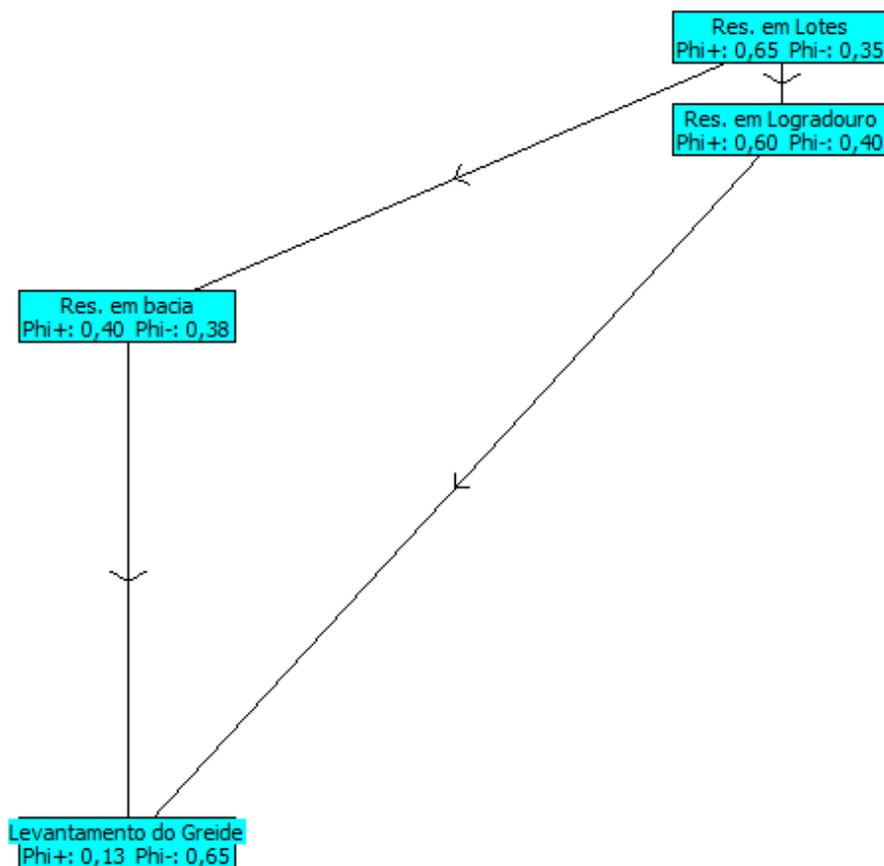
Permitindo avaliar o comportamento do resultado final, com estas variações obteve-se o seguinte resultado para os fluxos positivo e negativo (Tabela 19):

Tabela 19 - Fluxos líquido, positivos e negativos das alternativas.

Posição das alternativas	Fluxos			
	Alternativas	Líquido	Positivo	Negativo
1º	Reservatório em lotes (A1)	0,30	0,65	0,35
2º	Reservatório em logradouro (A2)	0,21	0,60	0,40
3º	Reservatório único na bacia (A3)	0,02	0,40	0,38
4º	Levantamento do greide (A4)	-0,52	0,13	0,65

Observa-se que com esta variação houve uma mudança na ordem das alternativas, observando a seguinte ordenação das alternativas: A1, A2, A3, A4 (Figura 33).

Figura 32 - Fluxo de sobreclassificação das alternativas com análise de sensibilidade.



Observa-se que houve inversão de posição da primeira e terceira alternativas, essa inversão pode ser atribuída a fato da avaliação para o critério econômico das duas alternativas A1(reservatório em lotes) e A3 (reservatório em bacia) terem sido compensadas em relação aos demais critérios, onde a alternativa A1 apresentou resultados mais satisfatórios. Por isso, quando se variou o peso deste critério a sua ordenação mudou, mostrando que o modelo é sensível em

relação as suas avaliações. Já as alternativas A2 (Reservatório em Logradouro) e A4(levantamento do greide) permaneceram na mesma posição de avaliação em relação ao resultado da simulação.

No entanto, é importante aqui destacar alguns inconvenientes no uso do método PROMETHEE. Keyser & Peeters (1996) frisaram em seu trabalho que a exclusão e a adição de novas alternativa podem afetar completamente a pré-ordem parcial estabelecida no PROMETHEE I e a pré-ordem completa estabelecida no PROMETHEE II, comprometendo o resultado final da decisão. Adicionar ou retirar uma ação parece razoável quando “a melhor alternativa” é retirada ou quando “a melhor alternativa” é acrescentada, mas não adequado quando a adição ou remoção de uma alternativa que é dominada por todas as outras ou quando a alternativa é igual à outra (KEYSER & PEETERS, 1996).

Outro inconveniente do uso do PROMETHEE II é que ele não é apropriado para problemas não-convexos. Estes problemas são caracterizados por apresentarem uma fronteira de eficiência ou Ótimo de Pareto (onde a alternativa escolhida atinge um valor amplo em todos os critérios e não possua um valor dominado por outra alternativa em níveis inaceitáveis em qualquer dos demais critérios que estão sendo utilizados no processo de avaliação das alternativas) que delimita uma porção viável da região viável (GOMES, 2006).

Se fosse alterado o valor dos pesos de outros critérios, diferentes dos mencionados para essa análise de sensibilidade, ou se o valor do acréscimo no valor dos pesos dos critérios utilizados para a realização da análise de sensibilidade fosse maior que 10%, seria possível constatar as falhas mencionadas anteriormente para a aplicação do PROMETHEE II que poderiam ter alterado o resultado final e a recomendação dada ao decisor. Portanto, é importante ter cuidado na aplicação deste método, principalmente na fase de ponderação dos critérios, o decisor deve estar ciente da importância relativa dada a cada critério e que qualquer alteração destes valores podem interferir no resultado final.

Esta análise de sensibilidade possibilita explorar os resultados e esclarecer possíveis vieses, o que é bastante útil para que o decisor tenha melhor compreensão do embasamento de suas recomendações.

5.3 APLICAÇÃO DO MÉTODO MULTIDECISOR

Para apoiar a gestão das águas pluviais na área de estudo foram utilizadas informações quantitativas e qualitativas das alternativas levando-se em consideração as dimensões e os critérios propostos, simulando assim uma gestão participativa em um comitê de rios urbanos realizando uma análise com pelo método multidecisor.

5.3.1 Análise das preferências dos decisores por segmento

Foram realizadas a aplicação do questionário do apêndice I, para dez decisores (representantes do poder público, sociedade civil e usuários) para analisar a preferência dos critérios pela representatividade de classe, primeiramente aplicado no AHP (*Analytic Hierarchy Process*) utilizado no cálculo dos pesos dos critérios de cada decisor como mostra a Tabela 20.

Tabela 20 - Peso dos critérios por decisores.

		Peso dos Critérios					
		Qualidade da água	Reuso da água	Risco a saúde	Aceitação social	Custo implantação	Redução da vazão
Poder público	Decisor 1	0,11	0,09	0,16	0,05	0,30	0,29
	Decisor 2	0,10	0,10	0,14	0,06	0,32	0,28
	Decisor 3	0,05	0,06	0,05	0,20	0,49	0,15
Sociedade civil	Decisor 4	0,13	0,15	0,17	0,14	0,19	0,22
	Decisor 5	0,11	0,16	0,14	0,13	0,22	0,24
	Decisor 6	0,14	0,17	0,15	0,15	0,18	0,21
Usuários	Decisor 7	0,17	0,12	0,16	0,18	0,19	0,18
	Decisor 8	0,19	0,14	0,17	0,18	0,17	0,15
	Decisor 9	0,13	0,09	0,10	0,16	0,27	0,25
	Decisor 10	0,15	0,18	0,14	0,16	0,17	0,20

Considerando os novos pesos dos critérios do dez decisores, foram realizadas as devidas simulações com apoio do Programa Computacional Visual PROMETHEE®, uma para cada opinião (10 opiniões dos decisores), uma vez que cada decisor atribuiu pesos diferenciados de modo que fosse possível identificar o ranking parcial da situação das alternativas elencadas no estudo de caso, representando cada membro do comitê de bacia do rio urbano na área de estudo.

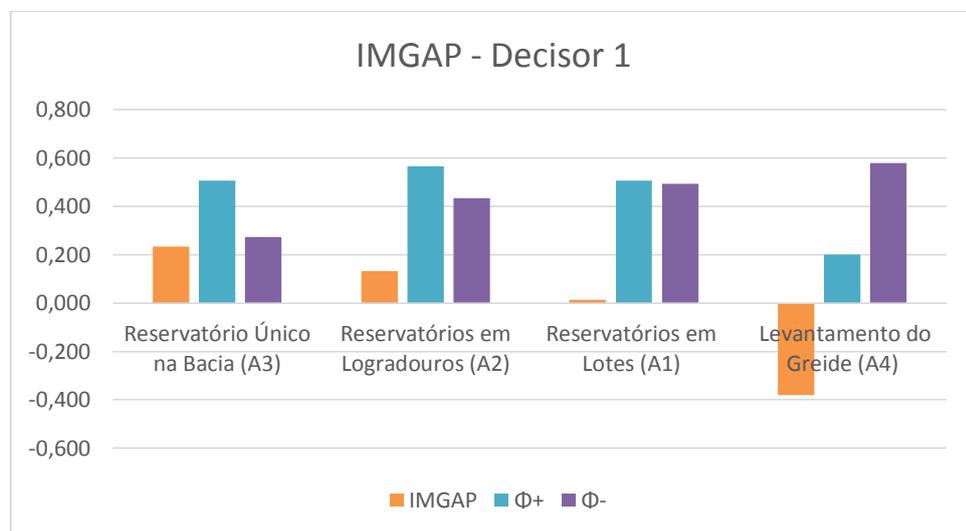
De acordo com os resultados obtidos nas 10 opiniões dos decisores é possível observar diferentes opiniões e conseqüentemente as posições no ranking de gestão das águas pluviais,

conforme os cenários das simulações. Foram agrupados os decisores por segmentos para observar se existe uma tendência no processo de tomada de decisão.

5.3.1.1 *Cenário dos decisores representantes do poder publico*

No cenário 1 (Figura 34) é possível observar que as alternativas com o Decisor 1 os maiores fluxos positivo ($\phi+$) foi o reservatório único na bacia (A3) e reservatórios em logradouros (A2). Já com o pior desempenho, oriundos dos fluxos negativos ($\phi-$) foi o levantamento do greide (A3), que são reflexos dos fluxos líquidos (denominado nesse estudo de IMGAP – Índice Multicritério da Gestão dos Recursos Hídricos).

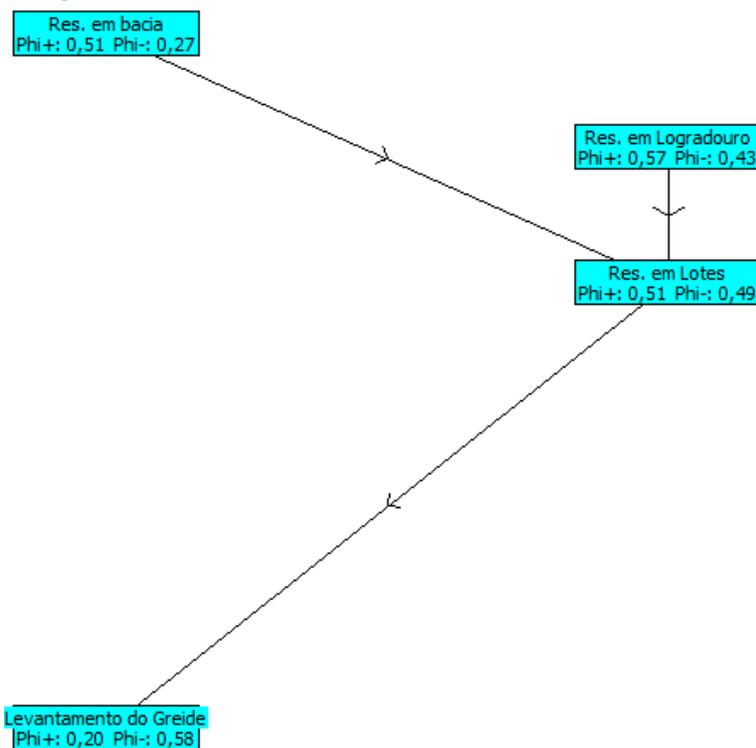
Figura 33 - IMGAP das alternativas do Decisor 1.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesta análise é possível observar que o Decisor 1 priorizou a economia dos projeto em detrimento da melhor aceitabilidade social e os demais requisitos ambientais. A Figura 35 apresenta a rede da interligação da ordem de preferências das alternativas pelo Decisor 1.

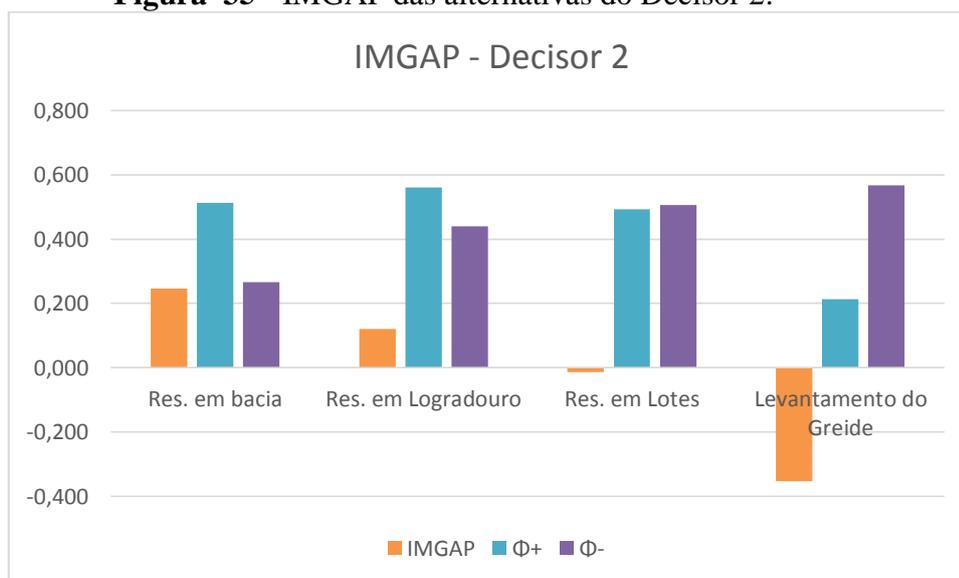
Figura 34 - Rede PROMETHEE cenário do Decisor 1.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No cenário 2 (Figura 36) é possível observar que as alternativas apresentaram os resultados semelhantes ao decisor 1, com os maiores fluxos positivos ($\phi+$) foi o reservatório único na bacia (A3) e reservatórios em logradouros (A2). Já com o pior desempenho, oriundos dos fluxos negativos ($\phi-$) foi o levantamento do greide (A3), que são reflexos dos fluxos líquidos (IMGAP).

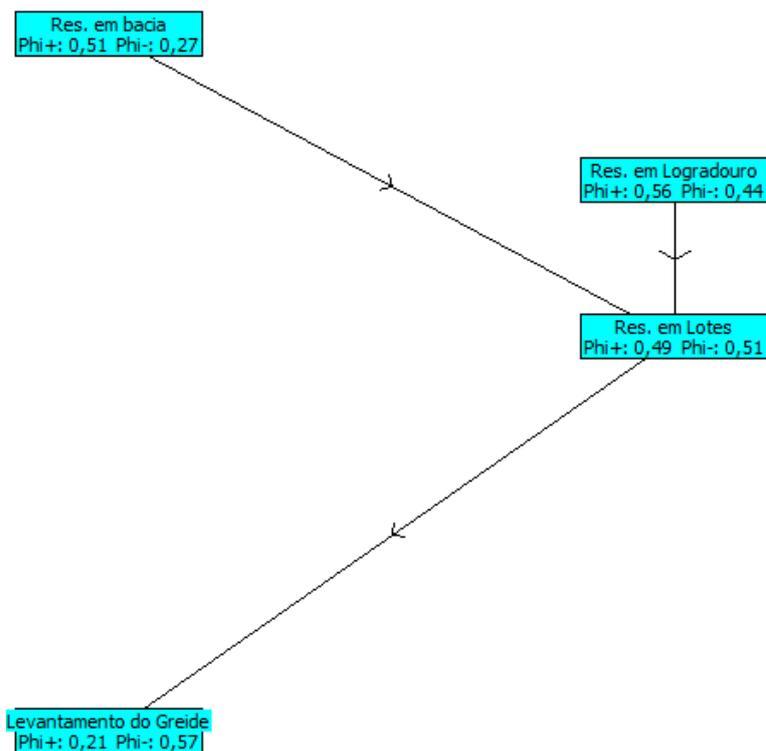
Figura 35 - IMGAP das alternativas do Decisor 2.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesta análise é possível observar que o decisor priorizou a economia dos projeto e a vazão de pico em detrimento da melhor aceitabilidade social e os demais requisitos ambientais. A Figura 37 apresenta a rede da interligação da ordem de preferências das alternativas pelo decisor 2.

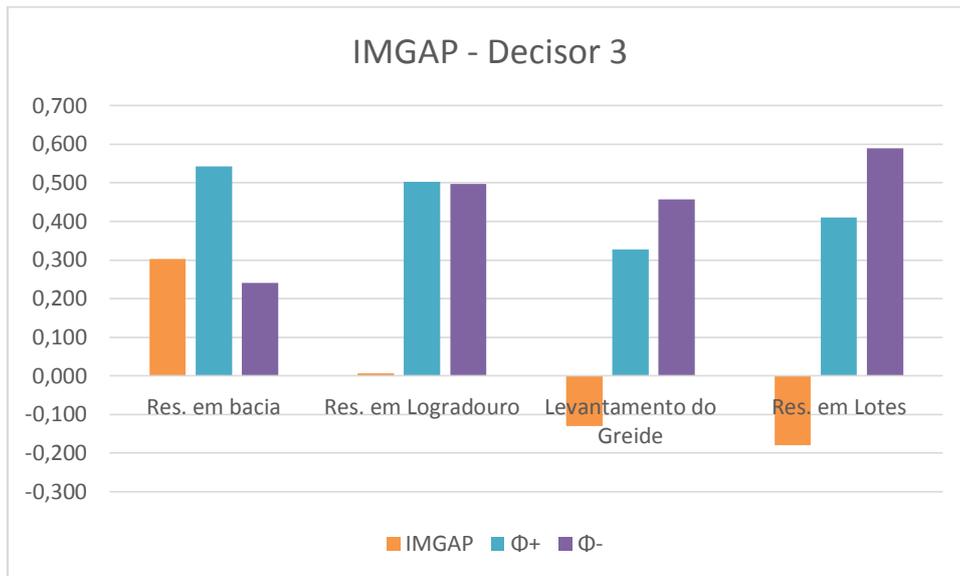
Figura 36 - Rede PROMETHEE Cenário do Decisor 2.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No cenário 3 (Figura 38) é possível observar que a alternativa apresentou com o maior fluxo positivo ($\phi+$) foi o reservatório único na bacia (A3). Entretanto, houve uma inversão de valor das piores alternativas oriundos dos fluxos negativos ($\phi-$), resultando os reservatórios em lotes (A1) a pior alternativa para este decisor, devido ao custo muito elevado foi priorizado elevar o Greide da avenida tendo em vista a limitação orçamentaria, entretanto esta alternativa não altera em nada a redução da vazão de pico .

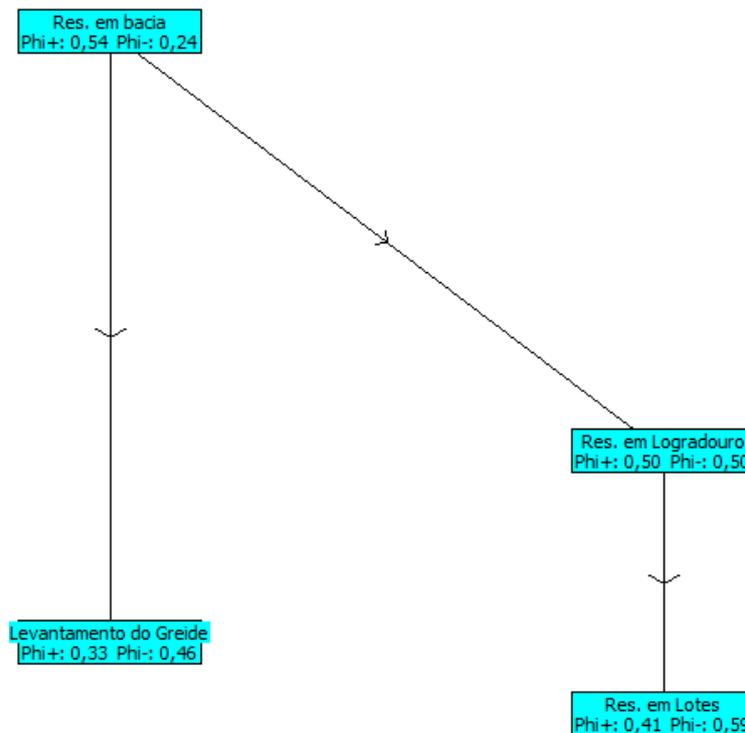
Figura 37 - IMGAP das alternativas do Decisor 3.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com a Figura 39 que apresenta a rede da interligação da ordem de preferências das alternativas pelo Decisor 3. É possível notar que este foi o único decisor que elencou a alternativa dos reservatórios em lotes (A1) como a menos aceita, com um IMGAP de -0,18.

Figura 38 - Rede PROMETHEE Cenário do Decisor 3.

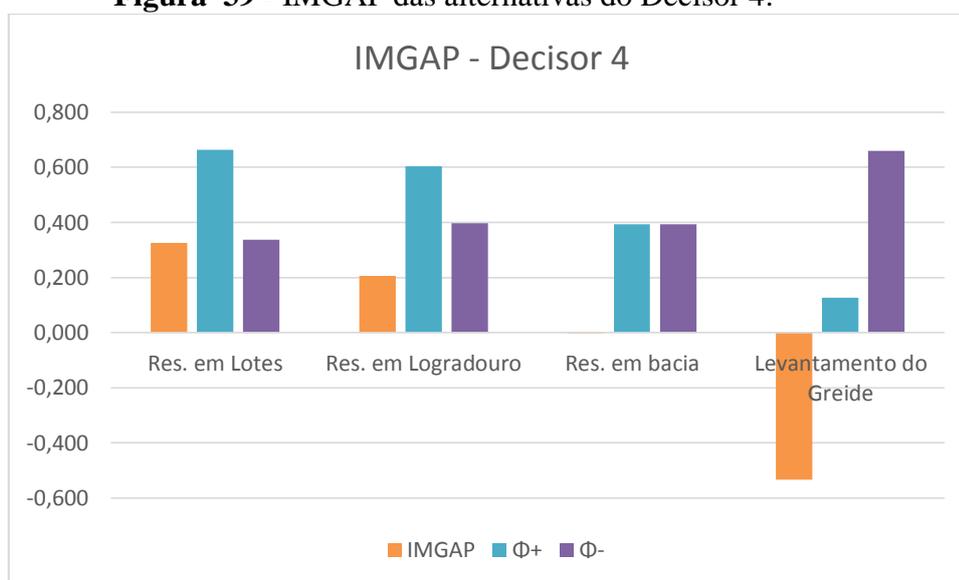


Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3.1.2 *Cenário dos Decisores Representantes da Sociedade Civil*

No cenário 4 (Figura 40) é possível observar que a alternativa com os maior IMGAP foi a criação dos reservatórios em lotes (A1). Já com o pior desempenho, oriundos dos fluxos negativos (ϕ^-) foi o levantamento do greide (A4), que são reflexos dos fluxos líquidos.

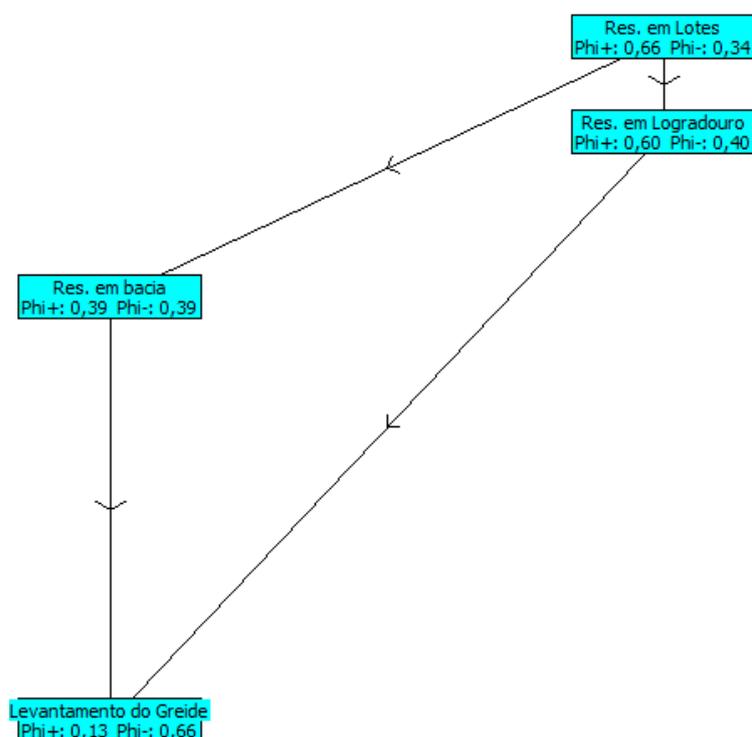
Figura 39 - IMGAP das alternativas do Decisor 4.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com a Figura 41 que apresenta a rede da interligação da ordem de preferências das alternativas pelo Decisor 4. É possível notar que criação dos reservatórios em lotes (A1), tal fato deve-se que este decisor tenha um entendimento macro de todo este processo, visualizando esta alternativa como uma mais satisfatória.

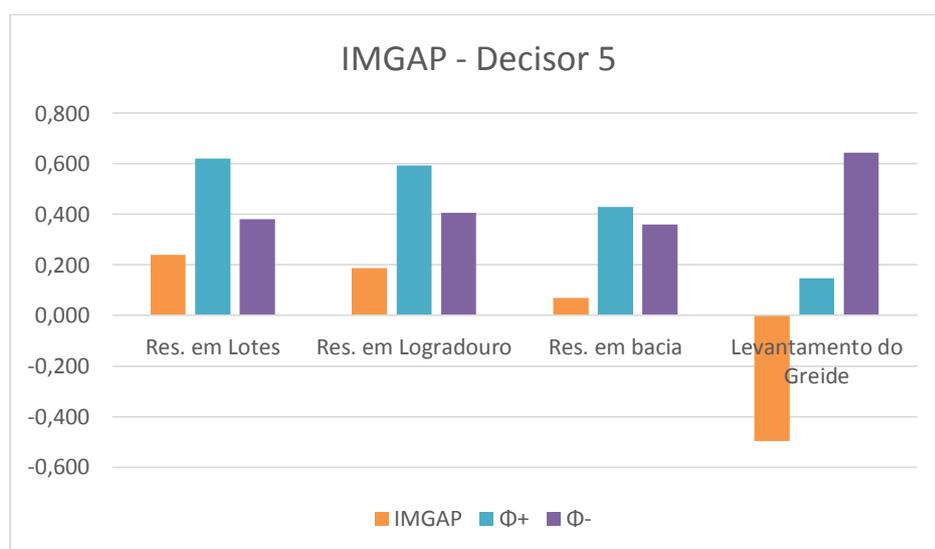
Figura 40 - Rede PROMETHEE Cenário do Decisor 4.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No cenário 5 (Figura 42) é possível observar a mesma posição do cenário 4, onde a alternativa com o maior IMGAP foi a criação dos reservatórios em lotes (A1). Já com o pior desempenho, oriundos dos fluxos negativos (ϕ^-) foi o levantamento do greide (A4), que são reflexos dos fluxos líquidos.

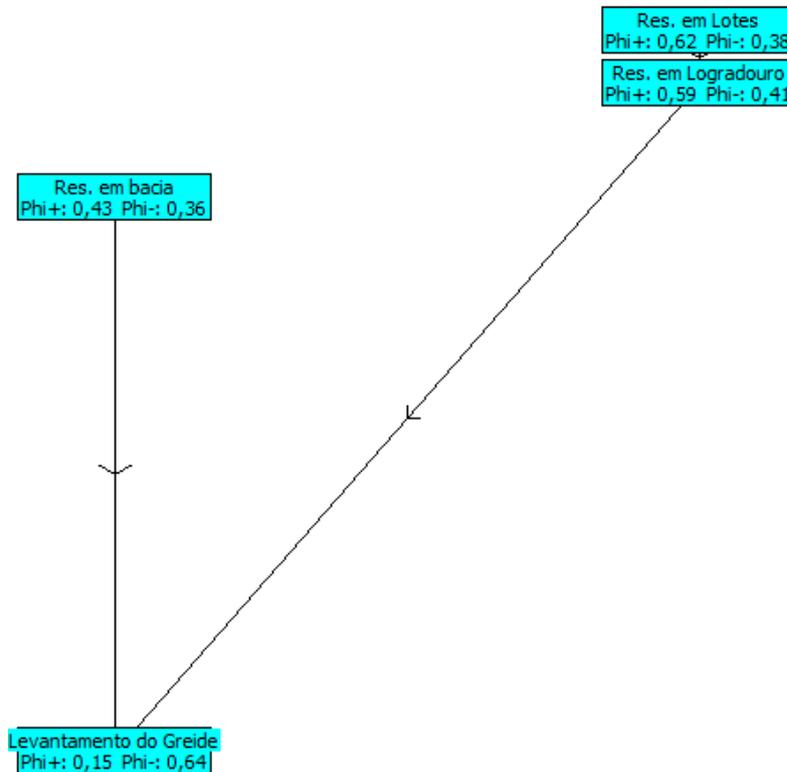
Figura 41 - IMGAP das alternativas do Decisor 5.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com a Figura 43 que apresenta a rede da interligação da ordem de preferências das alternativas pelo Decisor 5, houve uma diferença em relação ao cenário do Decisor 4 onde a rede dos reservatório em lotes (A1) não aparece mais interligada com o reservatório em bacia (A3).

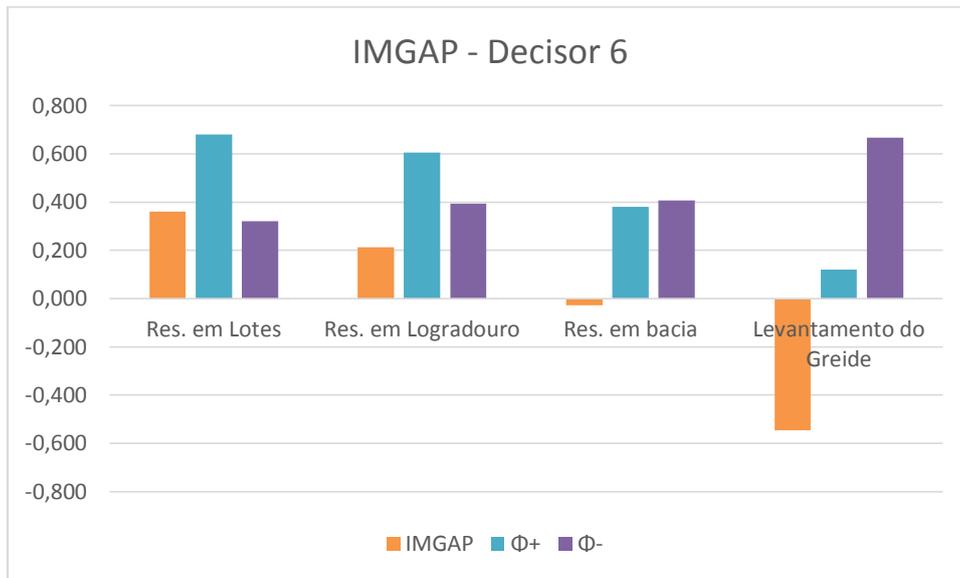
Figura 42 - Rede PROMETHEE Cenário do Decisor 5.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No cenário 6 (Figura 44) também permaneceu a mesma ordem dos demais cenários da categoria, onde a alternativa com os maior IMGAP foi a criação dos reservatórios em lotes (A3) com valor de 0,360. Já com o pior desempenho, oriundos dos fluxos negativos (\emptyset -) foi o levantamento do greide (A4), que são reflexos dos fluxos líquidos com um IMGAP - Índice Multicritério da Gestão das Águas Pluviais de -0,547.

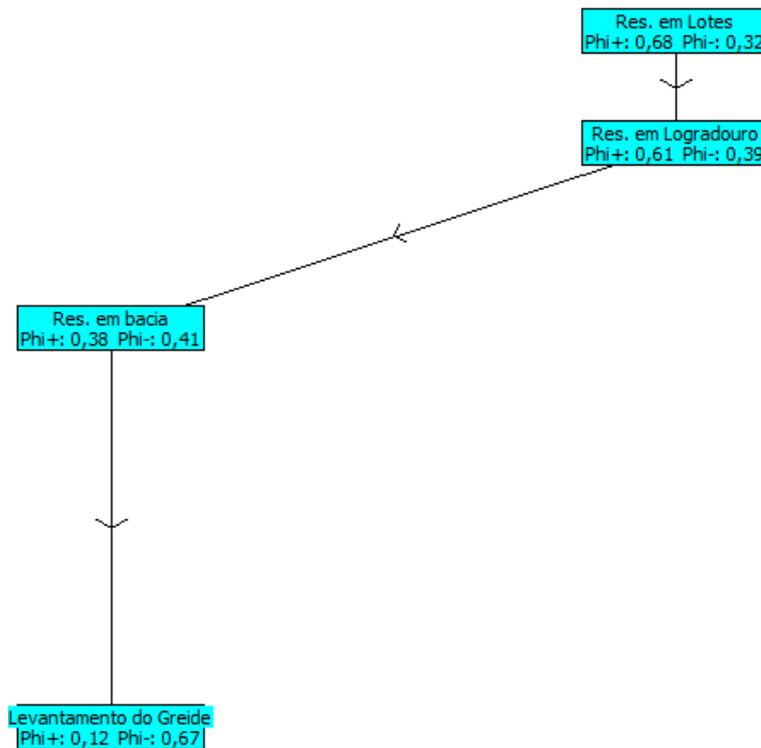
Figura 43 - IMGAP das alternativas do Decisor 6.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com a Figura 45 que apresenta a rede da interligação da ordem de preferências das alternativas pelo decisor 6, o reservatório em bacia (A3) demonstrou uma rejeição maior que os demais cenários da sociedade civil analisada.

Figura 44 - Rede PROMETHEE Cenário do Decisor 6.

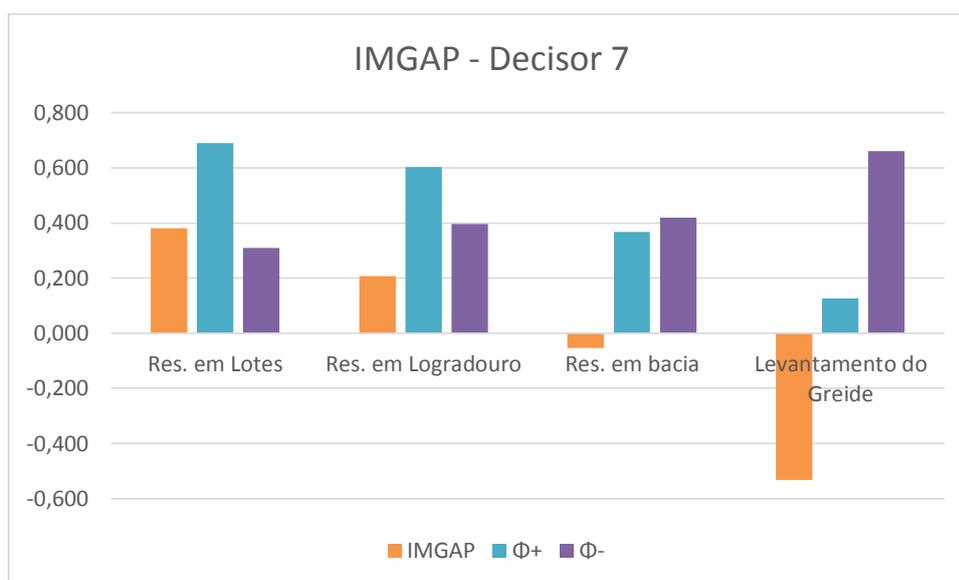


Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3.1.3 Cenário dos decisores Representantes dos Usuários

No cenário 7 (Figura 46) é possível observar que a alternativa com os maior IMGAP foi a criação dos reservatórios em lotes (A1). Tal fato deve-se que os usuários, que são os moradores no entorno do riacho tem preferência na criação destes reservatórios para finalidades de reuso dessa água que aparentemente não iria ter uma finalidade definida em comparação com a alternativa de reservatório único na bacia (A3).

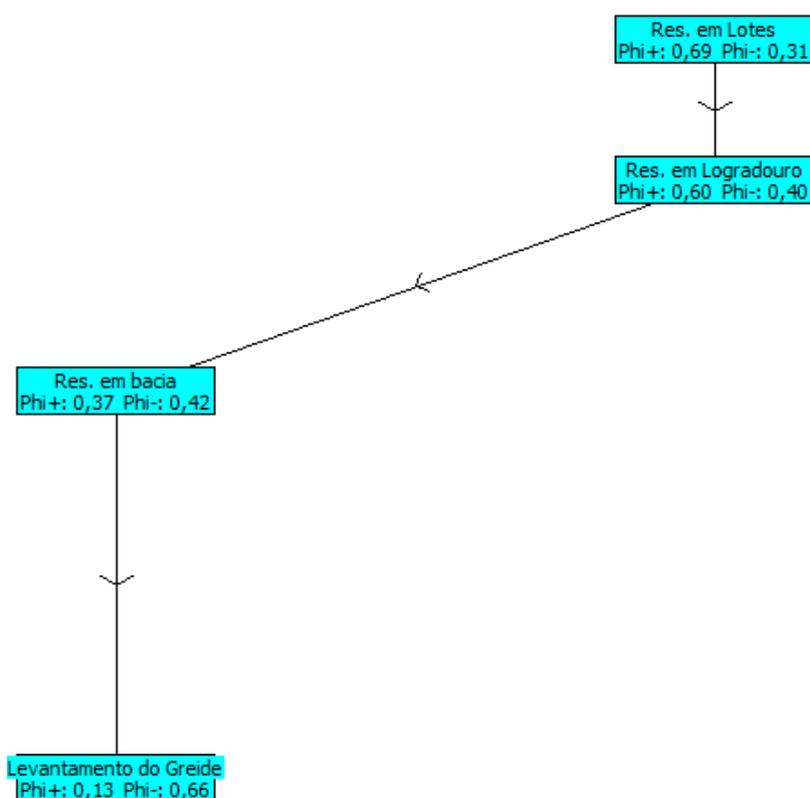
Figura 45 - IMGAP das alternativas do Decisor 7.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com a Figura 47 que apresenta a rede da interligação da ordem de preferências das alternativas pelo Decisor 7, a alternativa levantamento do greide (A4) demonstrou a menos aceita por este decisor.

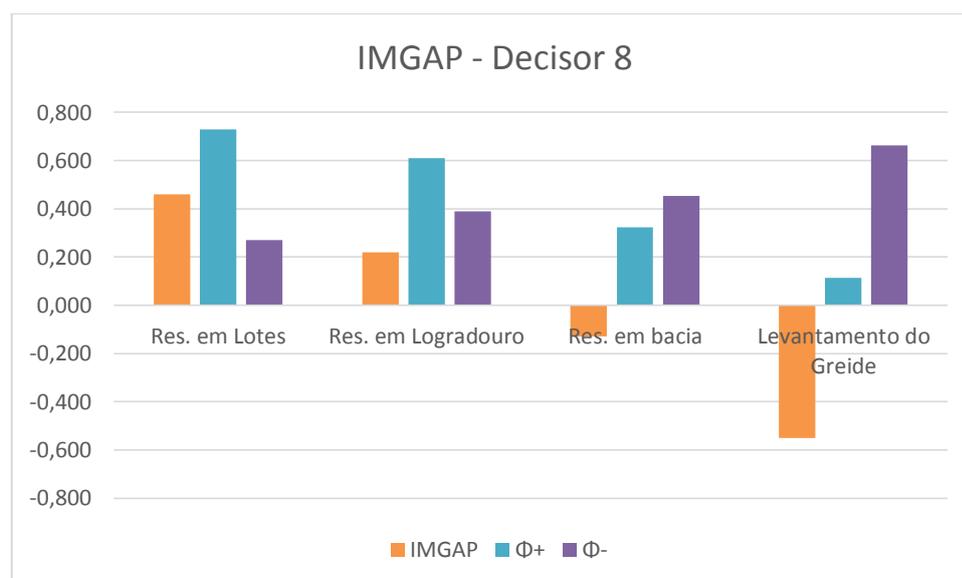
Figura 46 - Rede PROMETHEE Cenário do Decisor 7.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No cenário 8 (Figura 48) é possível observar que permaneceu a alternativa com os maior IMGAP foi a criação dos reservatórios em lotes (A1), com um valor de 0,460.

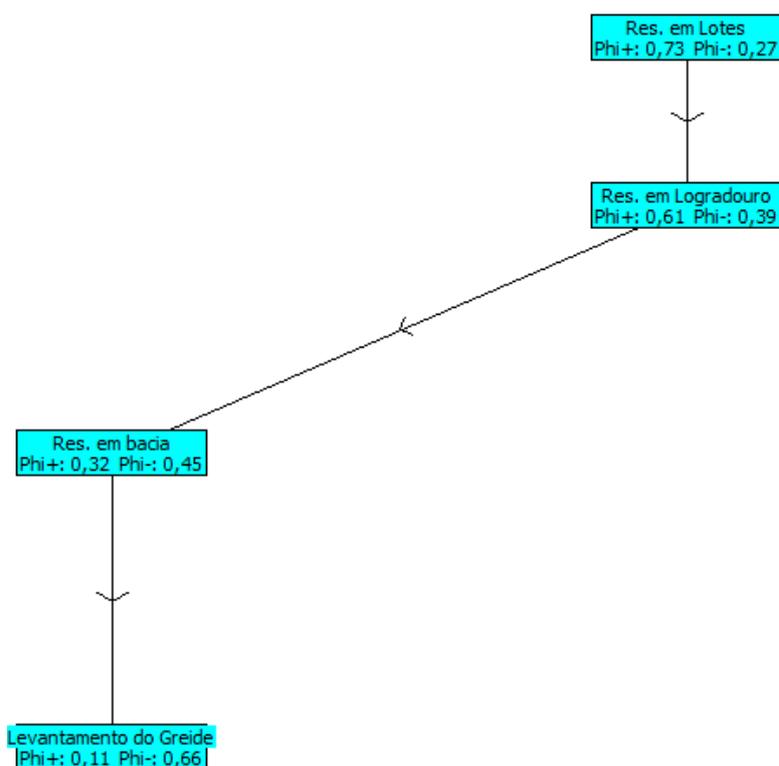
Figura 47 - IMGAP das alternativas do Decisor 8.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com a Figura 49 que apresenta a rede da interligação da ordem de preferências das alternativas pelo Decisor 8, a alternativa reservatório em logradouros (A2) demonstrou a segunda mais aceita por este decisor.

Figura 48 - Rede PROMETHEE Cenário do Decisor 8.

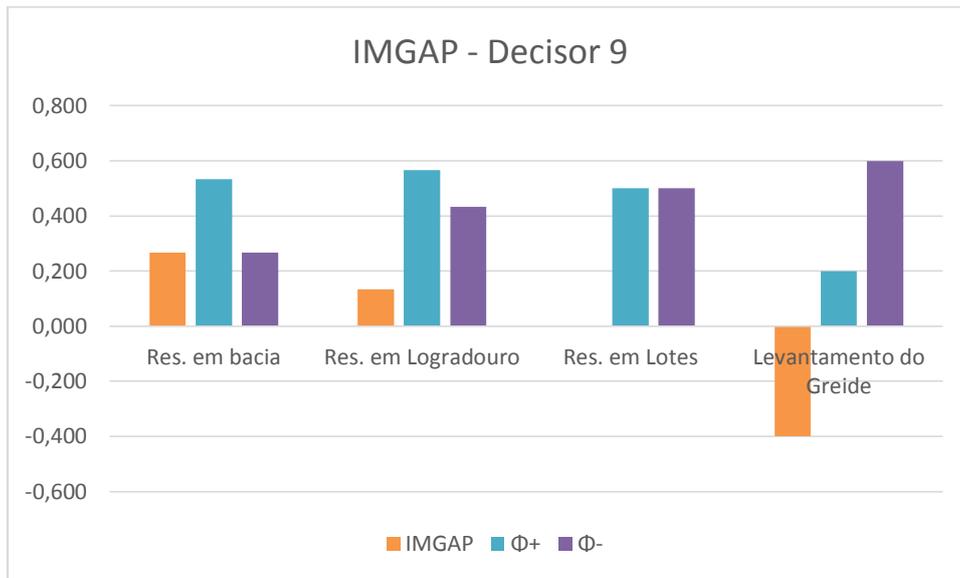


Fonte: Elaborado pelo autor.

No cenário 9 (Figura 50) é possível observar que a alternativa com os maior IMGAP foi a criação do reservatórios único em bacia (A3). Este decisor apresentou uma preferência bastante parecida com os membros do poder público, representando assim a discrepância de interesse na categoria dos usuários tendo em vista que muitos desses membros não tem entendimento ao certo do processo da gestão das águas pluviais.

É possível observar que a alternativa criação dos reservatórios em lotes (A1) IMGAP - Índice Multicritério da Gestão das Águas Pluviais apresentou um valor 0, representando assim os mesmo valores oriundos dos fluxos negativos (ϕ^-) e do fluxos positivo (ϕ^+).

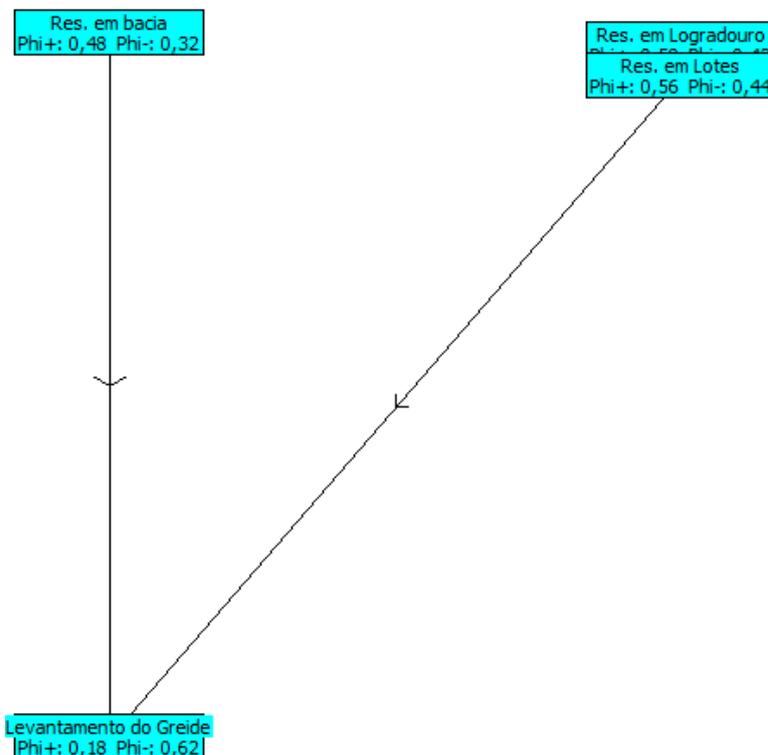
Figura 49 - IMGAP das alternativas do Decisor 9.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com a Figura 51 que apresenta a rede da interligação da ordem de preferências das alternativas pelo decisor 8, as alternativas criação dos reservatórios em lotes (A1) e reservatórios em logradouros (A4) apresentaram valores bem próximos na rede de aceitação.

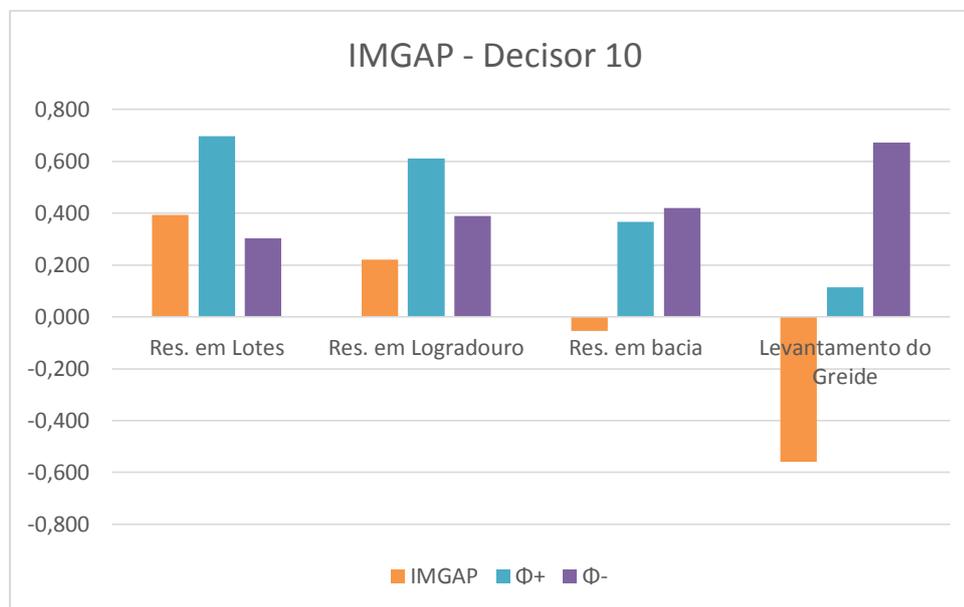
Figura 50 - Rede PROMETHEE Cenário do Decisor 9.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No cenário 10 (Figura 52) é possível observar que a alternativa com os maior foi a criação dos reservatórios em lotes (A1), com um valor de 0,393.

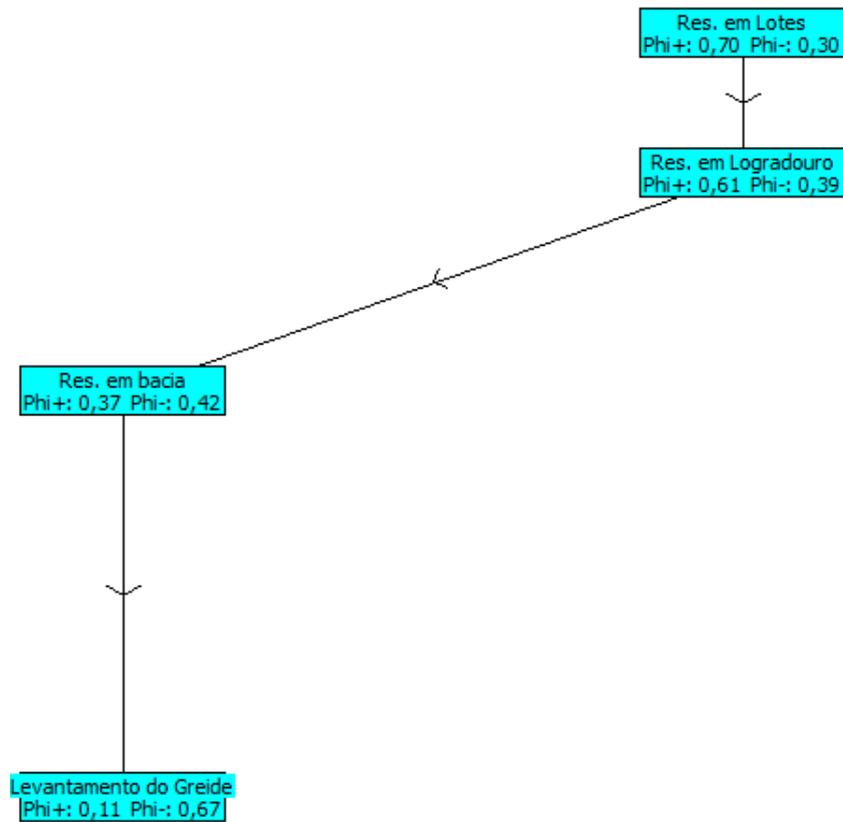
Figura 51 - IMGAP das alternativas do Decisor 10.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com a Figura 53 que apresenta a rede da interligação da ordem de preferências das alternativas pelo decisor 10, as alternativas criação dos reservatórios em lotes (A1) apareceu no topo da alternativas mais aceita.

Figura 52 - Rede PROMETHEE Cenário do Decisor 10.

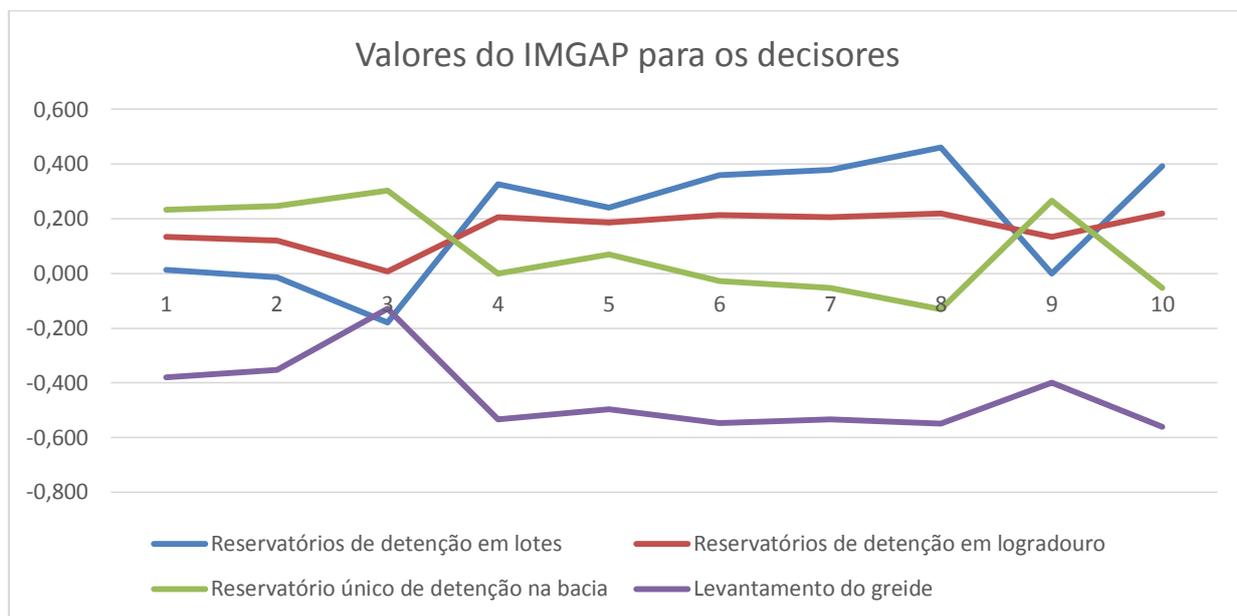


Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3.1.4 *Ranking do desempenho das alternativas dos decisores*

Após a avaliação individual de cada decisor, a Figura 54 apresenta o comparativo do IMGAP do desempenho das alternativas por cada decisor. Como se nota, as posições foram divergentes, o que já era previsível, devido ao conflito de interesses existentes em um comitê de bacia.

Figura 53 - Comparativo dos valores do IMGAP por decisores.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Essas cenários culminaram na adoção do método de ordenação multidecisor de COPELAND para finalmente obter o ranking das alternativas em melhor e pior situação em relação à gestão das águas pluviais, conforme descrito na seção a seguir.

Após a avaliação individual de cada decisor a Tabela 21 apresenta o ranking do desempenho das alternativas por cada decisor.

Tabela 21 - Ranking do desempenho das alternativas de intervenção segundo a percepção dos decisores.

Desempenho das alternativas analisadas	Poder Público						Sociedade Civil						Usuários							
	Decisor 1		Decisor 2		Decisor 3		Decisor 4		Decisor 5		Decisor 6		Decisor 7		Decisor 8		Decisor 9		Decisor 10	
	IMGAP	Pos.	IMGAP	Pos.	IMGAP	Pos.	IMGAP	Pos.	IMGAP	Pos.	IMGAP	Pos.	IMGAP	Pos.	IMGAP	Pos.	IMGAP	Pos.	IMGAP	Pos.
Reservatórios de detenção em lotes	0,013	3°	-0,013	3°	-0,180	4°	0,327	1°	0,240	1°	0,360	1°	0,380	1°	0,460	1°	0,000	3°	0,393	1°
Reservatórios de detenção em logradouro	0,133	2°	0,120	2°	0,007	2°	0,207	2°	0,187	2°	0,213	2°	0,207	2°	0,220	2°	0,133	2°	0,220	2°
Reservatório único de detenção na bacia	0,233	1°	0,246	1°	0,303	1°	0,000	3°	0,070	3°	-0,027	3°	-0,054	3°	-0,130	3°	0,266	1°	-0,054	3°
Levantamento do greide	-0,380	4°	-0,353	4°	-0,130	3°	-0,533	4°	-0,497	4°	-0,547	4°	-0,533	4°	-0,550	4°	-0,400	4°	-0,560	4°

Fonte : Autor (2016)

5.3.2 Método Multidecisor de Ordenação de Copeland

Com a aplicação do método PROMETHEE II foi possível ordenar alternativas sob as preferências individuais de cada elemento de um grupo de decisores. Dessa forma, se buscou agregar essas informações em uma ordenação única, que representa as preferências do grupo.

A Tabela 22 apresenta a matriz elaborada a partir dos resultados da aplicação do PROMETHEE II que será base para uma análise visando à agregação final das técnicas compensatórias, de modo a considerar todas as opiniões diferenciadas em relação ao peso das variáveis. Para esta análise adotou-se o método de ordenação CONDORCET e de COPELAND.

Tabela 22 - Matriz de Dados de Ordenação com 10 decisores e 4 cenários de intervenção.

	Reservatórios de detenção em lotes	Reservatórios de detenção em logradouro	Reservatório único de detenção na bacia	Levantamento do greide
Decisor 1	3°	2°	1°	4°
Decisor 2	3°	2°	1°	4°
Decisor 3	4°	2°	1°	3°
Decisor 4	1°	2°	3°	4°
Decisor 5	1°	2°	3°	4°
Decisor 6	1°	2°	3°	4°
Decisor 7	1°	2°	3°	4°
Decisor 8	1°	2°	3°	4°
Decisor 9	3°	2°	1°	4°
Decisor 10	1°	2°	3°	4°

Fonte : Autor (2016)

Essa estratégia foi adotada em detrimento posições diferentes obtidas em relação à posição das cidades, o que culminou na adoção da matriz a seguir para a definição da classificação final.

5.3.3 Ranking final de desempenho das alternativas

Os resultados obtidos através das análises de todos os indicadores do modelo culminaram na elaboração da matriz de CONDORCET e Ordenação de COPELAND (Tabela 23), fundamentais para a construção do ranking final do desempenho das alternativas da gestão das águas pluviais. O apêndice III apresenta as matrizes das interações do método COPELAND.

Tabela 23 - Matriz de CONDORCET e Ordenação COPELAND.

	Reservatórios de detenção em lotes	Reservatórios de detenção em logradouro	Reservatório único de detenção na bacia	Levantamento do greide	ΣL	Vitórias
Reservatórios de detenção em lotes	-	1	1	1	3	
Reservatórios de detenção em logradouro	0	-	1	1	2	
Reservatório único de detenção na bacia	0	0	-	1	1	
Levantamento do greide	0	0	0	-	0	
ΣC	0	1	2	3		
	Derrotas					
Linhas - Colunas	3	1	-1	-3		
Ordenação de Copland	1°	2°	3°	4°		

Fonte : Autor (2016)

Através da Tabela é possível observar que o reservatórios de detenção em lotes é a alternativa mais aceita na análise multidecisor, onde observamos na Tabela 23 que a alternativa apresentou três vitórias em relação as demais.

Dessa forma o comitê de bacia de rios urbanos deverá em articulação com o poder público prever mecanismos para que esta alternativa se torne viável. O resultado da simulação demonstrou claramente a importância da gestão participativa no processo de tomada de decisão.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÕES

Esta tese apresenta o desenvolvimento de uma metodologia de na gestão das apoio a decisão na gestão das águas pluviais, tendo por base a análise de conflitos institucionais e utilização de análise multicriterial e multidecisor de forma sistêmica.

Conforme as análises, esta metodologia se mostrou bastante eficiente na indicação de linhas de ação a serem seguidas nesta gestão, algumas conclusões importantes, são detalhadas a seguir em função dos objetivos específicos definidos para esta tese.

6.1.1 Análise dos Conflitos Institucionais

Em relação aos conflitos legais foi possível concluir que – mesmo a 11.426/1997 tendo passado por um processo de revisão com a finalidade de compatibilização com a Lei 9.433/97, resultando na edição da Lei 12.984/2005, ainda existem alguns aspectos que precisam ser revistos. Considerando que a base da gestão de recursos hídricos está na correta definição da Política a ser executada pelo Sistema de Gerenciamento, é necessário adequar os aspectos apontados, solucionando os conflitos legais de base para, por conseguinte, resolver os casos mais específicos. É imprescindível ressaltar a indissociabilidade dos recursos hídricos superficiais (incluindo os riachos urbanos) e subterrâneos.

Para o instrumento da outorga pelo uso da água é necessário a efetiva participação dos CBHs na definição de volumes, por exemplo, considerando a sazonalidade; desta maneira, são sugeridos procedimentos como a adoção da alocação negociada. A inserção da outorga para lançamento de efluentes após a aprovação do enquadramento é de extrema importância no contexto dos riachos urbanos, tendo em vista a necessidade de revitalização desses riachos.

Na análise dos conflitos políticos, é possível detectar uma resistência do poder público na aprovação do instrumento da cobrança. Neste caso, verifica-se que novos estudos devem ser levados a efeito, para garantir que sejam alcançados os objetivos do instrumento. Embora já existam vários estudos em algumas bacias, há que se reconhecer que a precificação da água precisa ser aperfeiçoado com relação à outorga de água bruta como na outorga de lançamento de efluentes.

Com referência aos conflitos organizacionais, foi observada uma descontinuidade da gestão pública estadual dos recursos hídricos, que contribui na desestruturação das ações planejadas e implantadas. O CERH demonstrou fragilidade em relação à atuação homogênea das Câmaras Técnicas, omitindo-se em aspectos importantes da gestão de recursos hídricos. No caso dos CBHs de rios de domínio do Estado, um grande entrave à sua plena atuação deriva do fato de não possuírem Agência de bacia, ficando na dependência técnica e financeira da APAC e, portanto, passíveis de sofrerem a influência da vontade política do Poder Público.

6.1.2 Método multicriterial AHP

Este método mostrou que, em problemas complexos, como o de gestão de águas pluviais urbanas, é pertinente a utilização de instrumentos de apoio à tomada de decisão. Dos resultados encontrados, pode-se concluir que esse tipo de abordagem garante diferenciação sensível entre as alternativas consideradas e que o método AHP mostrou sua capacidade em lidar com problemas que envolvam variáveis tanto quantitativas como qualitativas. A forma de agregação dessas variáveis exige que o tomador de decisão participe ativamente no processo de estruturação e avaliação do problema, o que contribui para tornar os resultados propostos pelo modelo mais exequíveis.

Vale ressaltar que, paralelamente à valoração global, é possível a análise dos critérios individualmente. Embora a valoração global tenha mostrado que o reservatório de detenção hidráulica único seja o mais interessante, é possível perceber que o reservatório em lotes possuem um bom benefício ambiental e hidráulico. Devido ao seu alto custo deve ser realizado parcerias público privado para que esta alternativa se torne mais atraente, o que permite a discussão dos pesos em processo de retroalimentação.

A partir da proposta inicial, fica patente a importância de se ampliar o elenco de especialistas para a validação do método no caso específico de gestão de águas pluviais urbanas.

6.1.3 Método multicriterial PROMETHEE

A aplicação do método multicriterial PROMETHEE mostrou ser bastante eficaz no auxílio da tomada de decisão na gestão de águas pluviais, quando bem utilizado e, principalmente, quando o decisor está seguro em relações aos seus objetivos e suas preferências.

O estudo de caso apresentado visa inserir uma abordagem mais participativa da drenagem urbana. Então, uma alternativa considerada ideal seria aquela que apresenta seu bom desempenho sob todos os pontos de vista. Porém, sabe-se que conciliar bons desempenhos em relação a todos

os critérios não é uma tarefa fácil, já que na maioria dos casos para se alcançar um bom desempenho em um determinado aspecto, requer a perda de desempenho em outro aspecto.

Entretanto, a ideia de compensar desempenhos entre os critérios, no caso de problemas de drenagem urbana, não é uma boa política para ser adotada, visto que pode gerar situações insustentáveis. Por exemplo, uma alternativa pode ser muito boa sob o ponto de vista hidrológico, mas apresentar um custo muito elevado ou causar grande risco à saúde da população. Portanto, o próprio contexto direciona o problema para uma abordagem de sobreclassificação, não admitindo compensações entre os critérios, assim, buscam-se alternativas que melhor equilibrem os principais fatores envolvidos com a estrutura de preferência do decisor.

Foi observado que no processo decisório através da análise de sensibilidade que um dos principais aspectos foi a escolha das ponderações dos pesos. Neste sentido, busca-se cada vez mais a inserção da sociedade nesse processo de decisão é de extrema importância saber qual a opinião pública da população na prioridade de escolha dos critérios mais importantes nos cenários avaliados. Uma forma de melhorar essa gestão participativa na gestão de águas pluviais é inserindo comitês de bacia de rios urbanos, que é previsto na legislação, entretanto, os comitês se apresentam em bacias maiores onde o foco nas discussões são os conflitos pelo uso de recursos hídricos.

Nesta aplicação, em especial, não houve nenhuma relação de indiferença ou incomparabilidade entre as alternativas, mas vale ressaltar que dependendo dos valores adotados pelo decisor para os parâmetros de avaliação poderão surgir esses tipos de relações entre as alternativas.

6.1.4 Análise do método Multidecisor COPELAND

O método de ordenação de COPELAND foi escolhido devido à sua peculiaridade de ser um método considerado como um compromisso entre as filosofias do método de BORDA e do método CONDORCET, e que reúne, dentro do possível, as vantagens dos dois, ou seja, apresenta vantagens matemáticas muito boas. Ao adotar essa estratégia se buscou por resultados que considerasse todas as opiniões para definir o ranking final das técnicas compensatórias.

Assim, foi possível construir matrizes dos fluxos após a análise multicriterial para cada decisor comparando cada critério (indicador do estudo) um a um (par a par) com as respectivas alternativas na área do estudo, levando-se em consideração as especificidades de cada critério. O método demonstrou eficaz pois representou bem a realidade em um comitê de bacia com vários interesses, como demonstrou a categoria dos usuários com preferências diferenciadas.

6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Pesquisas que são direcionadas a gestão de águas pluviais urbanas envolvendo ferramentas de multicritério estão sendo aplicadas com mais frequência, um dos pontos positivos desta nova abordagem é a possibilidade de expandir os critérios de análise e o processo de tomada de decisão em grupo.

Tendo em vista o estudo realizado neste trabalho sugere-se a aplicação de métodos mais formais de estruturação de problemas, como o SSM (*Soft System Methodology*); SODA (*Strategic Options Development and Analysis*); SCA (*Strategic Choice Analysis*). Já que decisões na área de recursos hídricos são muitas vezes conflitantes e complexas.

Para melhor representar a realidade local faz necessário a integração de modelos hidráulicos-hidrológicos SWMM (*Storm Water Management Model*) e HEC-RAS (*River Analysis System*) para simulação dos picos de vazão, como também a associação de Sistemas de Informação Geográficas para assim dá um suporte maior para as ferramentas de análise de multicritério.

Outra proposta seria o uso de outras metodologias de Decisão em Grupo, pois na maioria dos problemas envolvendo recursos naturais envolvem vários *stakeholders*, com ideias, objetivos e interesses conflitantes entre si. Entre essas metodologias pode-se destacar o método desenvolvido por Macharis *et al.*(1998) o PROMETHEE GDSS (*Group Decision Support System*) que é um sistema de apoio à decisão em grupo que utiliza abordagem de agregação de saída e é baseado no método multicritério PROMETHEE.

REFERÊNCIAS

- ABDALA, F. A. (2007). **Governança Global sobre Florestas : o caso do Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais do Brasil (PPG7) - 1992-2006** . Tese (Doutorado). Curso de Pós-Graduação em Relações Internacionais, Universidade de Brasília, 250 p, 2007.
- ABERS, R. N. e JORGE, K.D. (2005). **Descentralização da gestão da água: por que os comitês de bacia estão sendo criados?** Ambiente e Sociedade, 8 (2), p.99-124.
- ABERS, R. (Org.) (2010) *Água e Política. Atores, instituições e poder nos Organismos Colegiados de Bacia Hidrográfica no Brasil*. Annablume Editora. 248 p.
- ABREU, L. M. de; GRANEMANN, S. R.; GARTNER, I.; BERNARDES, R. S. (2000). **Escolha de um programa de controle da qualidade da água para consumo humano: aplicação do método AHP**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 4, n. 2, pp. 257 - 262.
- ACSELRAD, H. (org.) (2004). **As práticas espaciais e o campo dos conflito ambientais**. In: Conflitos ambientais no Brasil, Rio de Janeiro: Relume Dumará.
- AGRAWAL, A., (2008). **The role of local institutions in adaptation to climate change**. International Forestry Research and Institutions Program (IFRI) Working Paper no. W08I-3, University of Michigan.
- ALBANO, J. A. (2006). **Aplicação do Processo Administrativo de Arbitragem de Conflitos pelo uso de Recursos Hídricos – PARH – no Âmbito do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do rio Itajaí** . Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Blumenau, 145 p.
- ALENCAR, A. V. (2011). **Capacitação de equipe técnica. Hidrologia e manejo de águas pluviais urbanas. Prefeitura do Recife/EMLURB (Empresa de Limpeza e Manutenção do Recife)**. Apresentação concedida em visita técnica, Mar. 2011.
- ALIER, J. M. (2007). **O ecologismo dos pobres: conflitos ambientais**. São Paulo: Contexto.
- ALMEIDA, G. A. G. Proposta MÉTODOLÓGICA para estimar o desenvolvimento sustentável de unidades de conservação. 2012. 297 p. Tese (Doutorado) -Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. 2012.
- AMARAL FILHO, J. (2003) **Reformas estruturais e economia política dos recursos hídricos no Ceará**. Texto para Discussão n. 7. Fortaleza: IPECE.
- AMY, D. (1987). **The Politics of Environmental Mediation**. New York: Columbia University Press.

ANA - Agência Nacional de Águas (2002). **Evolução da organização e implementação da gestão de bacias no Brasil**. Brasília, 2002.

ANA/FGV - Agência Nacional das Águas/ Fundação Getulio Vargas. (2003) **Ultrapassando Barreiras na Gestão de recursos hídricos**. CIDS/EBAPE/FVG.Brasilia-DF.

AVRITZER, L. (2002). **Democracy and the Public Space in Latin America**. New Jersey: Princeton University Press.

AZEVEDO, S; MELO, M A. (1997). **Política da Reforma Tributária: Federalismo e Mudança Constitucional**. Cadernos CRH, vol. 35, julho/dezembro.

BANA E COSTA, C.A.; VANSNICK, J-C; DE CORTE, J-M. MACBETH. **Measuring Attractiveness y a Categorical Based Evaluation Technique**. In: Cochran JJ (ed.). Wiley encyclopedia in operational research and management science. New York: Wiley; 2010. p. 2945–50.

_____.; DE CORTE, J-M; VANSNICK, J-C. **MACBETH**. In: International Journal of Information Technology & Decision Making. v.11. n.2. World Scientific Publishing Company, 2012.

_____.; VANSNICK, J-C; DE CORTE, J-M. **MACBETH. Measuring Attractiveness y a Categorical Based Evaluation Technique**. In: Cochran JJ (ed.). Wiley encyclopedia in operational research and management science. New York: Wiley; 2010. p. 2945–50.

BAPTISTA, M.B., NASCIMENTO, N. de O. e BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. 1. Ed. Porto Alegre: ABRH, 2005. 266 p

BARBOSA, E. M. (2006). **Gestão de Recursos Hídricos da Paraíba: Uma Análise Jurídico-Institucional**. Tese (Doutorado), Curso de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, 226 p.

BARROS, L. C. B **Sobre sistemas dinâmicos fuzzy - teoria e aplicações**. Tese de doutorado. UNICAMP. Campinas, SP. 1997.

BARROSO, L. R. (1996) **Interpretação e Aplicação da Constituição**. São Paulo: Saraiva, p. 127.

BARTH, F. (1998) **Relatório sobre a sessão Aspectos Institucionais: Legislação e Organização de sistemas de recursos e entidades participantes: natureza Jurídica, composição, atribuições e formas de participação**. Simpósio Internacional sobre Gestão de Recursos Hídricos. Gramado, RS.

BASTOS, C. (1997). **Hermenêutica e Interpretação Constitucional**. São Paulo: Celso Bastos Editor, p. 30.

BAZERMAN, M.H. (2004). **Processo Decisório**. Tradução da Quinta Edição, Editora Campus, Rio de Janeiro.

BELTON, V.; STEWART, T. J. **Multicriteria decision analysis an integrated approach**. Boston [EUA]: Kluwer Academic Publishers, 2001.

BRANS, J.P.; VINCKE, P.; MARESCHAL, B. How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, v. 24, p. 228-238, 1986

BRANS, J.P.; MARESCHAL, B. PROMETHEE-GAIA: une méthodologie d'aide à la décision en présence de critères multiples. Bruxelles: Éditions de L'Université de Bruxelles, 2002.

BRANS, J.P.; VINCKE, P.H. **A preference ranking organization method, the PROMETHEE method for MCDM**. *Management Science*, v. 31, n. 6, p. 647-656, 1985.

BOAVENTURA NETO, P. O. **Grafos: teoria, modelos, algoritmos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

BOHN, N. (2003). **Análise interpretativa da Lei nº 9.433/97 a partir do contexto significativo do Direito Ambiental**. São Paulo, Tese (Doutorado em Direito) Pontifícia Universidade Católica.

BOHN, N.; VIVACQUA, M. D.; FRANK, B. (2005). **Proposta de Processo Administrativo de Arbitragem de Conflitos pelo Uso da Água no âmbito dos Comitês de Bacia Hidrográfica**. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2005, João Pessoa. **Anais. João Pessoa, ABRH**.

BORITZ, J. E. (1992). **Pairwise Comparison - The Analytic Hierarchy Process**. University of Waterloo, Waterloo. Disponível em: . Acesso em: 07 abr. 2005.

BRESSER-PEREIRA, L. C. O. (2007). **Modelo Estrutural de Governança Pública**. Revista Eletrônica sobre a Reforma do Estado (RERE), Salvador, Instituto Brasileiro de Direito Público, nº 10, junho/julho/agosto. Disponível na Internet: <<https://www.direitodoestado.com.br/redae.asp>>. Acesso em: novembro de 2010.

CABRAL, J. J. S. P. ; Alencar, A.V. . **Recife e a Convivência com as Águas**. In: Hydroaid (Itália), PMSS/ Ministério das Cidades. (Org.). *Gestão do Território e Manejo Integrado das Águas Urbanas*. Brasília: Ministério das Cidades, 2005, v. , p. 111-130.

CABRAL, J. J. S. P. ; MASCARENHAS, F. B. ; CASTRO, M. A. H. de ; MIGUEZ, M. G. ; PEPLAU, G. R. ; BEZERRA, A. A. . **Modelos Computacionais para Drenagem Urbana**. In: Antônio Marozzi Righetto. (Org.). *Manejo de Águas Pluviais Urbanas PROSAB 4*. Rio de Janeiro: , 2009, v. , p. 112-148.

CABRAL, JAIME J. DA S. P.; FONSECA NETO, G. C. ; GUSMAO, Mariana B. R. ; CARVALHO, A. T. F. . **Início da Mudança de Paradigma em Relação aos Cuidados com os**

Rios e Riachos Urbanos em Recife. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2015, Brasília. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Porto Alegre: ABRH, 2015. v. 1. p. 1.

CAMARGOS, L.; CARDOSO, M. L.. (2004). **O papel do estado e da sociedade civil no processo de criação dos comitês de bacia hidrográfica em Minas Gerais.** In: MACHADO, Carlos (Org.). Gestão de águas doces. Rio de Janeiro: Interciência, p. 291-324.

CAMPILLO, B. (2006). Conflictos. In: **Libro de Curso: Prevención de Conflictos y Cooperación em el Manejo del Agua en América Latina.** Guayaquil: UNESCO, p. 173-232

CAMPOS, N. (2003). **O modelo institucional.** in Campos, N. e Studart, T. (Org.). Gestão das águas, 2 ed., ABRH, Porto Alegre - RS, pp. 43-56.

Campos, V. R. (2011) **Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos em saneamento.** Tese de doutorado. São Carlos: EESC/USP.

CANALI, G. V. (2002). **Descentralização e subsidiariedade na gestão de recursos hídricos – uma avaliação da sua recente evolução em face da Lei 9.433/97.** In: FREITAS, Vladimir de Passos. (Coord.) Direito Ambiental em Evolução 3. Curitiba: Juruá, pp. 123-148.

Cardoso, A. S. , **Baptista M. B. Metodologia para Avaliação de Alternativas de Intervenção em Cursos de Água em Áreas Urbanas.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 16 n.1 Jan/Mar 2011, 129-139.

CARDOSO, M. L. M. (2003). **A democracia das águas na sua prática: o caso dos comitês de Bacia Hidrográfica de Minas Gerais.** Tese (doutorado). Curso de Pós-Graduação em Antropologia Social do Museu Nacional, Universidade Federal do Rio Janeiro, 2003.

Carvalho J. R. M. **Sistema de indicadores para a gestão de recursos hídricos em municípios: uma abordagem através dos métodos multicritério e multidecisor.** Tese de doutorado. Universidade Federal de Campina Grande (2013)

CARVALHO, R. C. (2005) **Gestão dos Recursos Hídricos: Conflito e Negociação na questão das águas transpostas da Bacia do Paraíba do Sul.** Tese (Doutorado) Curso de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 237 P.

CORTÊS, J.M. (2009) – **Sistemática de auxílio à decisão para a seleção de alternativas de controle de inundações urbanas.** Tese de doutorado. Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília – UNB.

CASTELLANO, M. ; BARBI, F. (2006). **Avanços na gestão compartilhada dos recursos hídricos nas bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí.** São Paulo em Perspectiva, v. 20, p. 1-13.

CASTRO, J. E. (2006). **Water governance in the twentieth-first century**. School of Geography, Politics and Sociology, Newcastle University, UK.

Castro, L.M.A. de. **Proposição de metodologia para avaliação dos efeitos da urbanização nos corpos de água**. Tese de Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2007.

CENEVIVA, Walter. (2003). **Direito Constitucional Brasileiro**. 3^a ed. São Paulo: Saraiva,

CHAVES, H.M.L. (2008). **Estudo Sócio-Econômico – Projeto Piloto Ribeirão. Relatório nº 1**, in Avanços no Conhecimento do Sistema Aquífero Guarani/Estudos Sócio-Econômicos e Usos do Solo, GEF/SAG, São Paulo – SP, Tomo 6, v. 4, pp. 1-135.

CHRISTIE, S. & TEEUW, R. (1998). **A comparison of European state policies on ‘orphan’ sites**. In: LERNER, D. N. & WALTON, N.R.G. (Eds.) Contaminated land and groundwater: future directions. Geological Society of London, Engineering Geology Special Publications, n. 14, p. 55-61.

CHWOLKA, A.; RAITH, M. G. (2000). **“Supporting group decisions with the AHP: harmonization vs. aggregation of preferences”**, in **Decision theory and optimization in theory and practice**. Org. por WANKA, G. Shaker, Aachen, pp. 17 - 32.

CRUZ, M. A. S. 2004 **Otimização do controle da drenagem em macrobacias urbanas**. Tese de doutorado. UFRGS:Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Porto Alegre, RS.

COMUNIDADE EUROPÉIA (2000). **Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de outubro de 2000. Estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água**. Jornal Oficial da União Européia, 22 dez 2000. L 327/1.

COMUNIDADE EUROPÉIA (2006). **Directiva 2006/118/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 12 de dezembro de 2006. Relativa à protecção das águas subterrâneas contra a poluição e a deterioração**. Jornal Oficial da União Européia, 27 dez 2006. L 372/19.

COSI, G. ; FODDAI, M. A.. (2003). **Lo spazio della mediazione. Conflitti di diritti e confronto di interessi**. Milano: Giuffrè.

COSTA, M. A. M. (2008). **Reflexões sobre a política participativa das águas: o caso do COB Velhas (MG)**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, 134 p, 2008.

COSTA RIBEIRO, W. (Org.) (2009). **Governança da água no Brasil: uma visão interdisciplinar**. Annablume Editora. 380 p.

CURI, W. F.; CURI, R. C. **Análise Multicriterial. Material da disciplina de Otimização em Recursos Naturais.** Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais (Doutorado) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, Ago/Out, 2010a.

_____. **Método AHP – Analytic Hierarchy Process.** Material da disciplina de Otimização em Recursos Naturais. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais (Doutorado) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, Ago/Out, 2010b.

CARLSSON, C. e FULLÉR R. **Fuzzy multiple criteria decision making: Recent developments.** Fuzzy sets and systems 78 (2), 139-153.

DAGNINO, E. (Org.) (2002). **Sociedade Civil e Espaços Públicos no Brasil.** São Paulo: Paz e Terra, v. 1. 364 p.

DAMÁSIO, J. *et al* (Org.) (2004). **Efeitos da Cobrança do Recurso Água Sobre Agregados da Economia Brasileira.** Salvador (Relatório de pesquisa).

DEMO, P. (1995). **Metodologia científica em ciências sociais.** São Paulo: Atlas. 3. Edição.

DARMENDRAIL, D.; HARRIS, B. (2001). **Water resource protection issues in relation to contaminated land.** Land Contamination & Reclamation, v. 9, n. 1, p. 1-6.

DINIZ, M. H. (2000). **Compêndio de Introdução à Ciência do Direito.** 12ª ed. São Paulo: Saraiva, p. 426.

DI PIETRO, M. S. Z. (2002). **Direito administrativo.** 14 ed. São Paulo: Atlas.

DODGSON, J.; SPACKMAN, M.; PEARMAN, A.; PHILLIPS, L. (2001). **DTLR multi-criteria analysis manual.** DTLR – Department for Transport, Local Government and the Regions, Reino Unido.

DORE, J. AND LEBEL, L. (2010). **Gaining public acceptance: A critical strategic priority of the World Commission on Dams.** Water Alternatives 3(2): 124-141.

DOWNEY, H. K.; IRELAND, R. D. (1979). **Quantitative versus qualitative: the case of environmental assessment in organizational In Administrative Science Quarterly,** vol. 24, no. 4, December 1979, pp. 630-637.

EGITO, T. B. ; FONTANA, M. E. ; MORAIS, D. C. . **Seleção de alternativas de conservação de água no meio urbano utilizando abordagem multicritério.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 19, p. 209-221, 2015.

ENSSLIN, L.; MONTIBELLER NETO, G.; NORONHA, S. M.. **Apoio à decisão: Metodologias para a estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas.** Florianópolis: Insular, 2001.

FACHIN, O. (2001). **Fundamentos de metodologia**. 3. ed. São Paulo: Saraiva.

FANTINATTI, P. A. P. **Abordagem MCDA como ferramenta de mudança de paradigma no planejamento dos recursos hídricos**. 2011. 399 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas [Brasil], 2011.

FANG, L.; HIPEL, K. W.; KILGOUR, M. D. (1993). **Interactive Decision Making: The Graph Model for Conflict Resolution**. New York: John Wiley and Sons, Inc.

FAO/UNESCO (2005) **Groundwater in international law: “Compilation of treaties and other legal instruments”**. Ed. 1014-66, no. 86. Roma: FAO Legislative Study (FAO) 557p.

FIGUEIRA J, Greco S, EHRGOTT M, editors. **Multiple criteria decision analysis: the state of the art surveys**. New York: Springer, 2005.

FIGUEIRA, J. MOUSSEAU, V. e ROY. B. **ELECTRE methods**. In J. Figueira, S. Greco, and M. Ehrgott, editors, *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, pages 133-162. Springer Verlag, Boston, Dordrecht, London, 2005

FINNIE, G.R.; WITTIG, G.E. (1999). **An Intelligent Web Tool for Collection of Comparative Survey Data**. School of Information Technology Bond University, Austrália.

FISHER, R.; et. al. (1994). **Como chegar ao sim: a negociação de acordos sem concessões**. 3ed Rio de Janeiro: Imago.

FISHER, R.; et. al. (2006). **Más Allá de Maquiavelo: herramientas para afrontar conflictos**. Buenos Aires: Granica.

FLIGSTEIN, N. (2001). **The architecture of markets: an economic sociology of twenty-firstcentury capitalist societies**. United Kingdom: Princeton University Press.

FOLBERG, J.; TAYLOR, A. (1984). **Mediation: a comprehensive guide to resolving conflicts without litigation**. Washington: San Francisco: Londo: Jessey Bass Publishers.

FORMIGA-JONHSSON, R.M.; KEMPER, E.K.(2005), **Institucional and policy analysis of river basin management: the Jaguaribe river basin, Ceará, Brazil**. The World Bank, Policy Research Working Paper, Washington, DC. 43 p.

FRASER, N. M.; HIPEL, K. W. (1984). **Conflict analysis: models and resolutions**. New York: Elsevier Science Publishing Co., Inc.

FREITAS, T. C. M. ; AVILA, E. F. S. (2002). **Modelo Participativo Para a Constituição de Bacias Hidrográficas no Mato Grosso do Sul**. 2º Simpósio de Recursos Hídricos do Centro Oeste. Campo Grande : ABRH - Associação brasileira de Recursos Hídricos, v. 1. p. 142-142.

FREY, K.. (2007). **Governança Urbana e Participação Pública**. RAC-Eletrônica, v. 1, n. 1, p.136-150, jan./abr. 2007. Disponível em: <<http://www.anpad.org.br/rac-e>>. Acesso em setembro de 2010.

GALIMBERT, P. F. (2003). **Os comitês de Bacias e o Princípio Participativo no Estado Democrático**. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Planejamento e Gestão Ambiental, Universidade Católica de Brasília, 136 p.

GALVÃO, C. O. ; RÊGO, J. C. ; RIBEIRO, M. M. R. ; ALBUQUERQUE, J. P. T. (2001). **Sustainability characterization and modelling of water supply management practices**. IAHS-AISH Publication, v. 268, p. 81-88.

GARCIA, E. A. C. (1998). **Manual de sistematização e normalização de documentos técnicos**. São Paulo: Atlas.

GARDNER, R.; MOORE, M. R.; WALKER, J. M., (1997). **Governing a groundwater commons: a strategic and laboratory analysis of Western water law**. *Economic Inquiry* 35 (2), 218–234.

GASPARINI, D. (2000). **Direito Administrativo**. 5ª Edição. São Paulo, Saraiva, Pág. 342.

GERSON, M. e DUCKSTEIN, L. (1983) – **Multiobjectives approaches to river basin planning**. *Journal of water planning and management*, 109(1), pages 13-28.

GOLDENSTEIN, S. (2000). **A cobrança como instrumento de gestão ambiental**. São Paulo. In: A cobrança pelo uso da água. Anais do Seminário Água Valor Econômico e Desenvolvimento Sustentável, São Paulo.

GOMES, C. F. S. (2006). **Modelagem analítica aplicada à negociação e decisão em grupo**. *Pesqui. Oper.* [online]. vol.26, n.3, pp. 537-566 . Disponível em: <http://www.scielo.br>, Acesso em: Novembro de 2010.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. de. **Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério**. 3 ed. Revista e Ampliada. São Paulo: Atlas, 2009, p. 324.

GOMES JUNIOR, S. F.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; SOARES DE MELLO, M. H. C. **Utilização do método de Copeland para avaliação dos pólos regionais do CEDERJ**. *Rio's International Journal on Sciences of Industrial and Systems Engineering and Management*, 2 (1), 2008, pp. 87-98.

GOMES, E. G.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; ABREU, U. G.; CARVALHO, T. B. de; ZEN, S. de. **Análise de Tipologias de Sistemas de Produção Modais de Pecuária de Cria pelo Uso do Método Ordinal de Copeland**. *Revista Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento*, v. 5, n. 1, 2013.

GRABISCH, M. e LABREUCHE, C. **Fuzzy Measures and Integrals in MCDA**. In J. Figueira, S. Greco, and M. Ehrgott, editors, *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, pages 563-608. Springer Verlag, Boston, Dordrecht, London, 2005

GRANJA, S. I. B.; WARNER, J. A. (2006). **hidropolítica e o federalismo: possibilidades de construção da subsidiaridade na gestão das águas no Brasil?** *Revista de Administração Pública*, v. 40, n. 6, nov./dez. 2006, p. 1097-1121.

GUIVANT, J.; JACOBI, P.R. (2003). **Da hidrotécnica à hidro-política: novos rumos para a regulação e gestão dos riscos ambientais no Brasil**. *Cadernos de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas*, n. 67.

JACOBI, P. R. (2000). **Políticas sociais e ampliação da cidadania**. Rio de Janeiro: FGV.

JACOBI, P. R.(2004). **A gestão participativa de bacias hidrográficas no Brasil e os desafios do fortalecimento de espaços públicos colegiados**. In: COELHO, V.; NOBRE, M. (orgs.) *Participação e Deliberação*. São Paulo: Editora 34.

JACOBI, P. R. (2007). **Democracia e participação na gestão dos recursos hídricos no Brasil**. *Rev. katálysis*, Florianópolis, v. 10, n. 2.

JACOBI, P. R. (2008). **Estado e educação: o desafio de ampliar a cidadania**. *Educ. rev.*, Curitiba, n. 31.

JUNQUEIRA, M. R. **Aplicação da Teoria dos Jogos Cooperativos para Alocação dos Custos de Transmissão em Mercados Elétricos**. Tese de doutorado. PPE-COPPE/UFRJ, 2005.

HALL, R. H. (2004). **Organizações**. São Paulo, São Paulo: Pearson.

HARDIN, G. (1977). **The tragedy of the commons**. In: HARDIN, G., BADEN, J. (Org.). *Managing the commons*. San Francisco: Freeman and Company, p. 16-30.

HAYNES, J. M.; GRETCHEN, L. (1989). **Divorce mediation: case book strategies for successful family negotiations**. San Francisco: Jossey Bass.

HIPEL, K.W, FANG, L., KILGOUR, D.M., HAIGHT, M., (1993). **Environmental conflict resolution using the graph model**. In: *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 1, Le Touquet, France, October 17–20, pp. 17–20.

HOFFMAN, A. R. (2004). **The connection: Water and energy security**. Energy security. Institute for the Analysis of Global Security. Disponível em: <<http://www.iags.org/n0813043.htm>>. Acesso em setembro de 2010.

HOMER-DIXON, T. F. (1991). **On the Threshold: Environmental Changes as Cause of Acute Conflict**. *International Security*, v. 16, n. 2, p. 76-116.

- ISHIZAKA, A. **Advantages of clusters and pivots in AHP.** (2004). University of Basel, Suíça.
- KEENEY, Ralph L. **Using values in operations research.** In: Operations Research. v. 42, n 5, September – October, 1994.
- KEENEY. **Value-Focused-Thinking: a path to creative decision making.** Cambridge: Harvard University Press, 1992.
- KELMAM, J. (2004). **A Lei das Águas.** Revista Rio Águas. Ano I, Nº1.
- KELSEN, H.. (2000) **Teoria pura do direito.** São Paulo: Martins Fontes.
- KEOHANE, R. O. ; NYE, J. S. (1988). **Poder e Interdependencia. La Política Mundial em Trancisión.** Buenos Aires: Grupo Editor Latino americano.
- KEYSER, W.; PEETERS, P. (1996). **A note on the use of PROMETHEE multicriteria methods.** European Journal of Operational Research, 89(3), 457–461.
- KHEEL, T. W. (1999). **The keys to conflict resolution.** New York: Four Walls Eight Windows.
- KILGOUR, D.M., FANG, L., HIPEL, K.W., (1996). **Negotiation support using the decision support system GMCR.** Group Decision and Negotiation 5 (4–6), 371–384.
- KRAHMANN, E. (2003). **National, Regional, and Global Governance: One Phenomenon of Many?**, Global Governance 9: 323 - 346.
- KUHN, T. (1962). **The structure of scientific revolutions.,** Chicago: University Press.
- LACERDA, S. L. (2010). **Negociação e Teoria do Conflito.** Ius gentium (Facinter).
- LANNA, A. E. (1997) Introdução. In: **Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos.** Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS-ABRH.
- LANNA, A. E. (2001). **Estudo para a Cobrança de Água no Estado da Paraíba.** Relatório Final. João Pessoa: Governo do Estado da Paraíba e Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais.
- LEVY, E. (2004). **Organizações sociais no estado de São Paulo: estratégias de implementação e resultados.** In: IX CONGRESO INTERNACIONAL DEL CLAD SOBRE LA REFORMA DEL ESTADO Y DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA, Madrid-ES, 2–5.
- LEWICKI, R.; LITTERER, J. (1985). **Negotiation.** New York: Irwin.
- LOAICIGA, H. A., (2004). **Analytic game-theoretic approach to ground-water extraction.** Journal of Hydrology 297, 22–33.

MAANEN, J. (1979). **Reclaiming qualitative method for organizational research: a preface**, In *Administrative Science Quarterly*, vol. 24, no. 4, December 1979 a, pp 520-526.

MADANI, K. (2009). **Game theory and water resources**. *Journal of Hydrology*. v. 381,n. 3-4, p. 225-238.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. (2005). **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas.

MARTINS, R. (2002). **Grupo e equipe e suas dinâmicas numa loja corporativa do segmento de telecomunicações**. 93 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MEDEIROS, I. H. Programa Drenurbs/Nascentes e Fundos de Vale. **Potencialidades e desafios da gestão sócio-ambiental do território de Belo Horizonte a partir de suas águas**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais. 2008.

MEYER, P. e ROUBENS, M. **On the use of the Choquet integral with fuzzy numbers in Multiple Criteria Decision Aiding, Fuzzy Sets and Systems**, 157 (7), 927-938, 2006, Elsevier.

MOORE, C. W. (1998). **O processo de mediação – estratégias práticas para resolução de conflitos**, Porto Alegre: Artmed.

Morais, D. C. & Almeida, A.T. (2006). **Water supply system decision making using multicriteria analysis**. *Water SA*, 32(2), 229-235.

MORAES, M. M. G. A.; AMORIM FILHO, C. A. G. ; ALBUQUERQUE FILHO, Bruno E. M. ; MENDES, G. B. . **Avaliação de Instrumentos Econômicos alocativos na gestão de bacias hidrográficas usando modelo econômico-hidrológico integrado**. REGA. *Revista de Gestão de Águas da América Latina*, v. 6, p. 49-64, 2009.

MORAES, A. (2010). **Constituição do Brasil Interpretada**. 7ª ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MOREIRA NETO, D. F. (2007). **Mutações do Direito Administrativo**, 3ª.ed., Rio de Janeiro: Renovar,

MORTARI, D. Mello, R. M. (2001). **Agência reguladora e o sistema de gerenciamento de recursos hídricos - experiência da ADASA**. Disponível em : <<http://www.workoutenergy.com.br/abar/cbr/Trab0402.pdf>>. Acesso Novembro de 2010.

MOSHKOVICH, H.M.; SCHELLENBERGER, R.E.; OLSON, D.L. **Data influences the result more than preferences: some lessons from implementation of multiattribute techniques in a real decision task**. *Decision Support Systems*, v. 22, n. 1, p. 73-84, 1998

MOSTERT, E. (1998). **A framework for conflict resolution**. Water International, v. 23, nº. 4, p. 206-215.

MOTA, J. A. et al (2008). **Trajatória da Governança Ambiental**. In: boletim regional e urbano, IPEA, 74 p, 2008. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/publicacoes/bru/bru_01.pdf. Acesso: Dezembro de 2010.

MOURA, P. M. **Avaliação Global de Sistemas de Drenagem Urbana**. 2004. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais, 2004.

NASCIMENTO, E. P. (2001). **Os conflitos na sociedade moderna: uma introdução conceitual**. In: BURSZTYN, Marcel. (org) A difícil sustentabilidade: política energética e conflitos ambientais, Rio de Janeiro: Garamond, pp. 85 – 106.

NASCIMENTO, N.O.; BAPTISTA, M.B. **Técnicas Compensatórias em Águas Pluviais**. In: RIGHETTO, R. M.. Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 149-197.

NASCIMENTO, F. M. F.; CARVALHO, J. E.; PEIXINHO, F. C. (2008). **Sistema de Informações de Água Subterrânea – SIAGAS Histórico, Desafios e Perspectivas**. In: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2008, Natal.

NETO, D. F. M. (2001). **Agências Reguladoras, descentralização e deslegalização**. in Mutações do Direito Administrativo, Ed. Renovar, Rio de Janeiro, pág. 147-148.

NEWELL, Joshua P. et al. **Green Alley Programs: Planning for a sustainable urban infrastructure?**. Cities, v. 31, p. 144-155, 2013.

NEWIG, J. FRITSCH, O. (2009). **Environmental governance: participatory, multilevel – and effective?** UZF discussion papers, n. 15, nov. Leipzig: Helmholtz Centre for Environmental Research. Alemanha. 26p.

NOGUEIRA, G. M. F.; NETO, J. M.; TÂNIA, R. (2010). **Desenhando uma nova realidade: processo de modernização do Estado da Paraíba com foco na reforma administrativa**. Editora Nelpa, São Paulo-SP, 180 p.

NORTH, D. (1990). **Institutions, Institutional change and economic performance**, Cambridge University Press.

OHLSSON, L. (1999). **Environment, Scarcity and Conflict – A study of Malthusian concerns**. Phd Thesis. Dept. of Peace and Development Research, University of Göteborg.

OHLSSON, L. (2000). **The turning of a screw – Social adaptation to water scarcity**. In: FALKENMARK, M. et al. New Dimensions in water security (Part 3). Rome: FAO/AGLW.

OLIVEIRA, E. C. (2007). **Considerações teóricas sobre o Comitê de Bacia Hidrográfica: um estudo preliminar sobre o desafio do processo participativo.** In: VIII Semana de Geografia e III Encontro de Estudantes de Licenciatura em Geografia. Universidade Estadual Paulista. v. 01. p. 01-015.

OSTROM, E. (1977). **Collective action and the tragedy of the commons.** In: HARDIN, G., BADEN, J. Managing the commons. San Francisco: W.H. Freeman and Company, 1977. p. 173-181.

PAHL-WOSTL, C. (2007). **Transitions towards adaptive management of water facing climate and global change.** Water Resources Management, v.21, n.1, p.49-62.

PEARCE, D.W., TURNER, R.K. (1990). **Economics of Natural Resources and the Environment.** New York: Harvester Wheatsheaf, 1990. 378 p.

PEREIRA, D. S. P. ; FORMIGA-JOHNSON, R. M. (2005). **Descentralização da gestão de recursos hídricos em bacias nacionais no Brasil.** REGA. Revista de Gestão de Águas da América Latina, Santiago, v. 2, n. n. 1, p. 53-72.

PINHO, J.B. (2006). **Comunicação nas organizações.** Viçosa: UFV.

PINTO, Roberto Carlos ; PASSOS, Everton ; CANEPARO, Sony Cortese . **Mapeamento de suscetibilidade aos movimentos de massa com uso da Avaliação Multicritério pelo método da Média Ponderada Ordenada.** Caderno de Geografia, v. 25, p. 116-143, 2015.

PIRES DO RIO, G. A. ; MOURA, V. P. (2003). **Dimensões territoriais da regulação de recursos hídricos no Brasil.** In: Água: questões sociais, político institucionais e territoriais, 2003, Campinas. Anais do Encontro Água: questões sociais, político, institucionais e territoriais

POMPEU, C. T. (2006). **Direito de águas no Brasil.** São Paulo: Ed. Revista dos Tribunais.

PREUSS, S. L. C. (2013). **A revitalização de riachos urbanos na busca de cidades sustentáveis: o caso do Riacho Parnamirim em Recife – PE.** Dissertação (Mestrado), UFPE, 168 p.

PRINCE GEORGE'S COUNTY. Department of Environmental Resources. **Bio-Retention Manual.** Maryland, 2001. Disponível em: <<http://www.goprincegeorgescounty.com>> Acesso em 19 jan. 2014.

RAQUEL, S., FERENC, S., EMERY JR., C., ABRAHAM, R., (2007). **Application of game theory for a groundwater conflict in Mexico.** Journal of Environmental Management 84, 560–571.

RAVNBORG, H. M. (2004). **Water and Conflict: conflict prevention and mitigation in water resources management.** DIIS Report. Copenhagen: Danish Institute for International Studies (DIIS).

RECIFE. **Programa Canais do Recife**. Disponível em: <<http://www2.recife.pe.gov.br/projetos-e-acoes/projetos/programa-canais-do-recife/>>. Acesso em: 18 out. 2014.

RIBEIRO, M. M. R. (2000). **Alternativas para a outorga e a cobrança pelo uso da água: Simulação de um caso**. Tese (Doutorado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 200 p, 2000.

RINAUDO, J. D.; GARIN, P. (2004). **An Operational Methodology to Analyze Conflicts Over Water Use At The River Basin Level**. p. 1-17, Disponível em: www.afeidmmontpellier.cemagref.fr. Acesso em: 28/01/2010.

RIGHETTO, A. M.; MOREIRA, L. F. F.; SALES, T. E. A. **Manejo de águas pluviais urbanas**. In: Righetto, A. M. (coord.). Manejo de águas pluviais urbanas. Rio de Janeiro: ABES, 2009. cap. 1, p. 19-73.

ROBBINS, S. P. (2002). **Comportamento organizacional**. 9. ed. São Paulo: Prentice Hall, 637p.

ROGERS, P.; HALL, A. (2003). **Effective Water Governance**. The Background Papers n. 7. GWP.

RONDEAU, A. (1996). “A gestão dos conflitos nas organizações”, In: CHANLAT, Jean-François. **O indivíduo na organização: dimensões esquecidas**. São Paulo: Atlas, 1996. PP 205-25.

ROY, B. **Decision science or decision aid science?** European Journal of Operational Research, [s.l.] v. 66, p. 184-203, 1993.

SAATY, T. L. (1977) **A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures**, Journal of Mathematical Psychology 15: 234-281. Saaty Th. L. (1980) **The Analytic Hierarchy Process**, Mac Gray-Hill, New York

SALES, L. M. M. (2004). **Justiça e mediação de conflitos**, Belo Horizonte: Del Rey.

SALETH, R. M.; DINAR, A. (2004). **The Institutional Economics of Water: A Cross-Country Analysis of Institutions and Performance**. Cheltenham, UK: Edward Elgar,

SALETH, R. M.; DINAR, A. (2005). **Water institutional reforms: theory and practice**. Water Policy, n. 7, p. 1-19.

SANTIN, J. R. ; CORTE, T. D. (2009). **Planejamento Urbano e Direito das Águas: o Plano Diretor do município de Passo Fundo e a gestão dos recursos hídricos**. Revista do Direito (UNISC. Impresso), v. 32, p. 27-39.

SANTOS, M. O. R. M. (2002). **O Impacto da Cobrança pelo Uso da Água no Comportamento do Usuário**. Tese (Doutorado). COPPE/UFRJ. 241 p.

SANTOS, D. C.; LOBATO, M. B.; VOLPI, N. M. P. e BORGES, L. Z. (2006). **Hierarquização de medidas de conservação de água em edificações residenciais com o auxílio da análise multicritério**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, v.6, n.1, p. 31-47. Porto Alegre-RS.

SANTOS, T. F. (2010). **O Plano de Bacia Hidrográfica como Instrumento de Gerenciamento dos Recursos Hídricos**. 62ª Reunião Anual da SBPC. Natal- RN.

SHELTINGA, C. T.; WARNER, J. (2006). **Discovering water values together with stakeholders: local stakeholder participation in water valuation**, (Internal working document).

SCHMIDT, Â. M. A. (2003). **Processo de apoio à tomada de decisão – Abordagens: AHP e MACBETH**. Dissertação (Mestrado). UFSC, Florianópolis.

SCHWINGEL, ACFS. (2008). **Breves considerações sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos**. Disponível em: <http://www2.camara.gov.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/tema14/2007-6528.pdf>. Acesso: Agosto de 2010.

SEMARH (2004). **Proposta de Instalação do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba**. Disponível em: <<http://www.semarh.pb.gov.br/>>. Acesso em: Fevereiro de 2010.

SERPA, M. N. (1999). **Teoria e Prática da Medição de Conflitos**. Rio de Janeiro: Lúmen Júris.

SETTI, A. A. (2005). **Legislação para uso de recursos hídricos**. In: SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. (Org.). *Gestão de Recursos Hídricos: Aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa/ Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

SHAH, Parth. **Strategy to Revitalize Urban Water Bodies: Case of Semi-arid Gujarat, India**. Enschede, ITC, 2005.

SILVA, J. A. (2010a). **Direito Ambiental Constitucional**. Editora Malheiros. Pag 352.

SILVA, J. A. (2010b). **Curso de Direito Constitucional**. 33ª ed. São Paulo: Malheiros.

SILVA, P O. **Análise de técnicas compensatórias de drenagem urbana para atenuação de inundações em uma sub-bacia do rio Jiquiá no Recife**. Dissertação (Mestrado). 139f. Recife-PE. 2011.

SIMÃO, J. M.: **Project Evaluation for the accommodation industry in a sustainable development context**. In: BUSINESS STRATEGY AND THE ENVIRONMENT CONFERENCE, 2005, Leeds [RU]. Proceedings... University of Leeds, Leeds [RU], 2005

SIX, Jean- François. (2001). **Dinâmica da Mediação**. Tradução de Águida Arruda Barbosa, Eliana Riberti Nazareth e Giselle Groeninga, Belo Horizonte: Del Rey.

SOARES, R. M. F.. (2008b). **Direito, Justiça e Princípios Constitucionais**, Salvador: Jus Podivm.

SOARES, S. I. O. (2008a). **A mediação de conflitos na gestão de recursos hídricos no Brasil**. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, 172p.

STEIGUER, J. E.; DUBERSTEIN, J.; LOPES, V. (2005). **The Analytic Hierarchy Process as a Means for Integrated Watershed Management**.

SOUZA, R. S. (2000). **Entendendo a Questão Ambiental: temas de economia, política e gestão do meio ambiente**. Santa cruz do Sul, Edunisc.

THOMAZ, S.R.T. **Using Multi-Criteria Decision Analysis to develop a prototype model to assess integrated proposals for the Rodrigo de Freitas lagoon**. 2002. 58 f. Dissertação (MSc in Decision Sciences) – London School of Economics & Political Science, Londres.

TUCCI, C. E. M. *et al.* (2001). **Gestão de água no Brasil**. Brasília: UNESCO.

TUCCI, C. E. M., **Gerenciamento da drenagem urbana**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, Volume 7, n1, p. 5-27, jan/mar. 2002.

VIEIRA, Z. M. C. L.; RIBEIRO, M. M. R.. (2007). **A gestão de recursos hídricos no Estado da Paraíba: aspectos legais e institucionais**. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo.

VIEIRA, Z. M. C. L. (2008). **Metodologia de análise de conflitos na implantação de medidas de gestão de demanda de água**. Tese (Doutorado). Curso de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, 371 p, 2008.

WALD, A. e MORAES, L.R. (1999). **Agências Reguladoras**. Revista de Informação Legislativa, Brasília, a. 36 n. 141 jan./mar. 1999.

WARNER, J. (2005). **Multi-stakeholder platforms: integrating society in water resource management?** Ambiente e Sociedade, v. 8, n. 2.

WILLEMS, S., (2004). **“Institutional Capacity and Climate Actions: Summary Paper”**, COM/ENV/EPOC/IEA/SLT(2004)2, Organization for Economic Co-Operation and Development, Environment Directorate.

YOUNG, O.R. KING, L. A. SHROEDER, H. (2008). **Institutions and environmental change: principal findings, applications and research frontiers**. Massachussets Institute of Technology Press. Cambridge. 373p.

ZELENY, M. **Compromise Programming.** in Multiple Criteria Decision Making, J. L. Cochrane and M. Zeleny, Eds., pp. 262–301, University of South Carolina, Columbia, 1973.

ZHOURI, A.; et. al. (2005). **Desenvolvimento, sustentabilidade e conflitos socioambientais.** A insustentável leveza da política ambiental: desenvolvimento e conflitos socioambientais. Belo Horizonte: Autêntica Editora, pp. 11-27.

ZUFFO, A. C., REIS, F. L. R., SANTOS, R. F. DOS E CHAUDHRY, F. H. (2002) **Aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento de recursos hídricos.** In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH, Vol. 7, no. 1, pp. 81/102.

APÊNDICE

APENDICE I

QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE COMPARATIVA SOBRE A IMPORTÂNCIA
DOS CRITÉRIOS SELECIONADOS PARA O SOLUCIONAR AS INUNDAÇÕES PELO
MÉTODO AHP

**QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE COMPARATIVA SOBRE A IMPORTÂNCIA
DOS CRITÉRIOS SELECIONADOS PARA O SOLUCIONAR AS INUNDAÇÕES
PELO MÉTODO AHP**

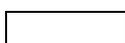
Apresenta-se adiante o questionário a ser aplicado aos decisores. As perguntas serão feitas pelo moderador, em termos comparativos, isto é, par a par, com o foco no objetivo definido que é a escolha da melhor alternativa para solucionar as inundações no canal da Sanbra.

Questão:

Responda ao questionário abaixo com as notas numa escala de 1 a 9 (do mais importante ao menos importante), de acordo com o significado indicado abaixo, o que você considera mais importante para solucionar as inundações urbanas.

CRITÉRIOS	NOTAS								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Qual. Da água	Grandíssima	Muito grande	Grande	Moderadamente grande	Razoável	Moderadamente pequena	Pequena	Muito pequena	Pequeníssima
Reuso da água	Grandíssima	Muito grande	Grande	Moderadamente grande	Razoável	Moderadamente pequena	Pequena	Muito pequena	Pequeníssima
Risco a saúde	Grandíssima	Muito grande	Grande	Moderadamente grande	Razoável	Moderadamente pequena	Pequena	Muito pequena	Pequeníssima
Aceitação soc.	Grandíssima	Muito grande	Grande	Moderadamente grande	Razoável	Moderadamente pequena	Pequena	Muito pequena	Pequeníssima
Custo de Impl.	Grandíssima	Muito grande	Grande	Moderadamente grande	Razoável	Moderadamente pequena	Pequena	Muito pequena	Pequeníssima
Redução da Vaz.	Grandíssima	Muito grande	Grande	Moderadamente grande	Razoável	Moderadamente pequena	Pequena	Muito pequena	Pequeníssima

	Qual. Da água	Reuso da água	Risco a saúde	Aceitação soc.	Custo de Impl.	Redução da Vaz.
Qual. Da água	1					
Reuso da água		1				
Risco a saúde			1			
Aceitação soc.				1		
Custo de Impl.					1	
Redução da Vaz.						1



Interseção para comparação entre critérios



Inverso (recíproco) do valor de comparação

Objetivo: Escolher o melhor solução para inundações

- 1- Qual critério é mais importante para alcançar o objetivo, a qualidade da água ou o reuso de água? (Dê nota de 1 a 9)
- 2- Qual critério é mais importante para alcançar o objetivo, a qualidade da água ou o risco à saúde da população? (Dê nota de 1 a 9)
- 3- Qual critério é mais importante para alcançar o objetivo, a qualidade da água ou a aceitação da sociedade? (Dê nota de 1 a 9)
- 4- Qual critério é mais importante para alcançar o objetivo, a qualidade da água ou o custo de implantação? (Dê nota de 1 a 9)
- 5- Qual critério é mais importante para alcançar o objetivo, a qualidade da água ou a redução na vazão de pico a jusante? (Dê nota de 1 a 9)
- 6- Qual critério é mais importante para alcançar o objetivo, o reuso da água ou o risco à saúde da população? (Dê nota de 1 a 9)
- 7- Qual critério é mais importante para alcançar o objetivo, o reuso da água ou a aceitação da sociedade? (Dê nota de 1 a 9)
- 8- Qual critério é mais importante para alcançar o objetivo, o reuso da água ou o custo de implantação? (Dê nota de 1 a 9)
- 9- Qual critério é mais importante para alcançar o objetivo, o reuso da água ou a redução na vazão de pico a jusante? (Dê nota de 1 a 9)
- 10- Qual critério é mais importante para alcançar o objetivo, risco à saúde da população ou a aceitação da sociedade? (Dê nota de 1 a 9)
- 11- Qual critério é mais importante para alcançar o objetivo, risco à saúde da população ou o custo de implantação? (Dê nota de 1 a 9)
- 12- Qual critério é mais importante para alcançar o objetivo, risco à saúde da população ou a redução na vazão de pico a jusante? (Dê nota de 1 a 9)
- 13- Qual critério é mais importante para alcançar o objetivo, a aceitação da sociedade ou o custo de implantação? (Dê nota de 1 a 9)
- 14- Qual critério é mais importante para alcançar o objetivo, a aceitação da sociedade ou a redução na vazão de pico a jusante? (Dê nota de 1 a 9)
- 15- Qual critério é mais importante para alcançar o objetivo, o custo de implantação ou a redução na vazão de pico a jusante? (Dê nota de 1 a 9)

APENDICE II

PLANILHAS DE CALCULO PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP

(1.a) Matriz de Comparação por Pares - CRITÉRIOS

	Qual. Da agua	Reuso da agua	Risco a saúde	Aceitação soc.	Custo de Impla.	Redução da Vaz.
Qual. Da agua	1	5	1/5	7	1/7	1/4
Reuso da agua	1/5	1	1/7	6	1/6	1/5
Risco a saúde	5	7	1	9	1/3	1/2
Aceitação soc.	1/7	1/6	1/9	1	1/5	1/3
Custo de Impla.	7	6	3	5	1	1/7
Redução da Vaz.	4	5	2	3	7	1

(1.b) Matriz Normalizada

0,058	0,207	0,031	0,226	0,016	0,103
0,012	0,041	0,022	0,194	0,019	0,082
0,288	0,290	0,155	0,290	0,038	0,206
0,008	0,007	0,017	0,032	0,023	0,137
0,404	0,248	0,465	0,161	0,113	0,059
0,231	0,207	0,310	0,097	0,792	0,412

(1.c) Vetor

0,107
0,062
0,211
0,037
0,242
0,341

(1.d) Análises de Consistência

<i>(1.b) x (1.c)</i>		$\lambda(\max)$	CI	CR=CI/RI
0,839	7,860	8,965	0,593	1,023
0,839	13,612			
0,839	3,974			
0,839	22,415			
0,839	3,472			
0,839	2,458			

(2.a) Matrizes de comparação paritária das alternativas nos critérios

CRITÉRIO: Qualidade da Água

	Lotes	Logradouro	Único	Greide
Lotes	1	6	7	9
Logradouro	1/6	1	3	7
Único	1/7	1/3	1	3
Greide	1/9	1/7	1/3	1

CRITÉRIO: Reuso de água

	Lotes	Logradouro	Único	Greide
Lotes	1	7	9	9
Logradouro	1/7	1	3	9
Único	1/9	1/3	1	3
Greide	1/9	1/9	1/3	1

CRITÉRIO: Risco à saúde da população

	Lotes	Logradouro	Único	Greide
Lotes	1	5	7	8
Logradouro	1/5	1	7	6
Único	1/7	1/7	1	5
Greide	1/8	1/6	1/5	1

CRITÉRIO: Aceitação da sociedade

	Lotes	Logradouro	Único	Greide
Lotes	1	5	6	6
Logradouro	1/5	1	3	5
Único	1/6	1/3	1	5
Greide	1/6	1/5	1/5	1

CRITÉRIO: Custo de implantação

	Lotes	Logradouro	Único	Greide
Lotes	1	1/5	1/7	1/7
Logradouro	5	1	1/3	1/3
Único	7	3	1	2
Greide	7	3	1/2	1

CRITÉRIO: Redução na Vazão de pico

	Lotes	Logradouro	Único	Greide
Lotes	1	1/2	1/5	9
Logradouro	2	1	1/6	9
Único	5	6	1	9
Greide	1/9	1/9	1/9	1

(2.b) Matriz Normalizada

0,704	0,803	0,618	0,450
0,117	0,134	0,265	0,350
0,101	0,045	0,088	0,150
0,078	0,019	0,029	0,050

0,704	0,936	0,794	0,450
0,101	0,134	0,265	0,450
0,078	0,045	0,088	0,150
0,078	0,015	0,029	0,050

0,704	0,669	0,618	0,400
0,141	0,134	0,618	0,300
0,101	0,019	0,088	0,250
0,088	0,022	0,018	0,050

0,704	0,669	0,529	0,300
0,141	0,134	0,265	0,250
0,117	0,045	0,088	0,250
0,117	0,027	0,018	0,050

0,704	0,027	0,013	0,007
3,520	0,134	0,029	0,017
4,927	0,401	0,088	0,100
4,927	0,401	0,044	0,050

0,704	0,067	0,018	0,450
1,408	0,134	0,015	0,450
3,520	0,803	0,088	0,450
0,078	0,015	0,010	0,050

(2.c) Vetor

0,644
0,216
0,096
0,044

0,721
0,237
0,090
0,043

0,598
0,298
0,114
0,044

0,551
0,197
0,125
0,053

0,188
0,925
1,379
1,356

0,310
0,502
1,215
0,038

(2d) Análise de Consistência

(7.b) x (7.c)		$\lambda(\max)$	CI	CR=CI/RI
3,011	4,679	29,536	4,707	8,116
3,011	13,910			
3,011	31,413			
3,011	68,143			

3,011	4,175	30,011	4,802	8,280
3,011	12,690			
3,011	33,357			
3,011	69,820			

3,011	5,038	27,281	4,256	7,338
3,011	10,102			
3,011	26,300			
3,011	67,685			

3,011	5,469	25,422	3,884	6,697
3,011	15,259			
3,011	24,079			
3,011	56,883			

3,011	16,049	5,927	0,015	-0,025
3,011	3,255			
3,011	2,183			
3,011	2,221			

3,011	9,724	24,245	3,649	6,291
3,011	6,003			
3,011	2,478			
3,011	78,775			

(3) Matriz para valoração Global por critérios e Alternativas

	Crítérios						
Alternativas	Qual. Da agua	Reuso da agua	Risco a saude	Aceitação soc.	Custo de Impl.	Redução da Vaz.	Scores Globais
Lotes	0,6435	0,721	0,598	0,551	0,188	0,310	0,4110
Logradouro	0,2164	0,237	0,298	0,197	0,925	0,502	0,5028
Único	0,0958	0,090	0,114	0,125	1,379	1,215	0,7927
Greide	0,0442	0,043	0,044	0,053	1,356	0,038	0,3594
Ponderações	0,1068	0,0616	0,2112	0,0374	0,2417	0,3413	

APENDICE III
MATRIZES DAS INTERAÇÕES DO MÉTODO COPELAND

Apêndice II-a Matriz do Reservatórios de detenção em lotes com as demais alternativas

	Reservatórios de detenção em lotes	Reservatórios de detenção em logradouro	Reservatório único de detenção na bacia	Levantamento do greide
Decisor 1		0	0	1
Decisor 2		0	0	1
Decisor 3		0	0	0
Decisor 4		1	1	1
Decisor 5		1	1	1
Decisor 6		1	1	1
Decisor 7		1	1	1
Decisor 8		1	1	1
Decisor 9		0	0	1
Decisor 10		1	1	1
Resultado	1	1	1	

Apêndice II-b Matriz do Reservatórios de detenção em logradouro com as demais alternativas

	Reservatórios de detenção em lotes	Reservatórios de detenção em logradouro	Reservatório único de detenção na bacia	Levantamento do greide
Decisor 1	1		0	1
Decisor 2	1		0	1
Decisor 3	1		0	0
Decisor 4	0		1	1
Decisor 5	0		1	1
Decisor 6	0		1	1
Decisor 7	0		1	1
Decisor 8	0		1	1
Decisor 9	1		0	1
Decisor 10	0		1	1
Resultado	0	1	1	

Apêndice II-c Matriz do Reservatório único de detenção na bacia com as demais alternativas

	Reservatórios de detenção em lotes	Reservatórios de detenção em logradouro	Reservatório único de detenção na bacia	Levantamento do greide	
Decisor 1	1	1			1
Decisor 2	1	1			1
Decisor 3	1	1			0
Decisor 4	0	0			1
Decisor 5	0	0			1
Decisor 6	0	0			1
Decisor 7	0	0			1
Decisor 8	0	0			1
Decisor 9	1	1			1
Decisor 10	0	0			1
Resultado	0	0		1	

Apêndice II-d Matriz do Levantamento do greide com as demais alternativas

	Reservatórios de detenção em lotes	Reservatórios de detenção em logradouro	Reservatório único de detenção na bacia	Levantamento do greide	
Decisor 1	0	0	0		
Decisor 2	0	0	0		
Decisor 3	1	0	0		
Decisor 4	0	0	0		
Decisor 5	0	0	0		
Decisor 6	0	0	0		
Decisor 7	0	0	0		
Decisor 8	0	0	0		
Decisor 9	0	0	0		
Decisor 10	0	0	0		
Resultado	0	0	0		