

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS
HÍDRICOS

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA
AValiação DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE
DRENAGEM URBANA: APLICAÇÃO AO CASO DA RIDE-
DF E ENTORNO

CARLOS AUGUSTO FURTADO DE OLIVEIRA NOVAES

ORIENTADOR: OSCAR DE MORAES CORDEIRO NETTO
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E
RECURSOS HÍDRICOS

PUBLICAÇÃO: PTARH.DM – 183 - 2016

BRASÍLIA/DF: JULHO - 2016

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS
HÍDRICOS

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE
DESEMPENHO DE SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA:
APLICAÇÃO AO CASO DA RIDE-DF E ENTORNO

CARLOS AUGUSTO FURTADO DE OLIVEIRA NOVAES

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS.

APROVADA POR:

Prof. Oscar de Moraes Cordeiro Netto, Doutor (UnB/FT)
(Orientador)

Prof. Dirceu Silveira Reis Júnior, PhD (UnB/FT)
(Examinador Interno)

Prof. Fernán Enrique Vergara Figueroa, Doutor (UFT)
(Examinador Externo)

BRASÍLIA/DF, 20 DE JULHO DE 2016.

FICHA CATALOGRÁFICA

NOVAES, CARLOS AUGUSTO FURTADO DE OLIVEIRA

Desenvolvimento de metodologia para avaliação de desempenho de sistemas de drenagem urbana: aplicação ao caso RIDE-DF e entorno.

xviii, 190p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2016).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1.Avaliação de desempenho	2.Métodos de auxílio à decisão
3.Métodos multiobjetivos	4.Indicadores de desempenho
5.Sistemas de drenagem	6. RIDE-DF
I. ENC/FT/UnB	II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

NOVAES, C. A. F. O. (2016). Desenvolvimento de metodologia para avaliação de desempenho de sistemas de drenagem urbana: aplicação ao caso RIDE-DF e entorno. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 190p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Carlos Augusto Furtado de Oliveira Novaes.

TÍTULO: Desenvolvimento de metodologia para avaliação de desempenho de sistemas de drenagem urbana: aplicação ao caso da RIDE-DF e entorno.

GRAU: Mestre ANO: 2016

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste seminário de dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Carlos Augusto Furtado de Oliveira Novaes
SMPW – Quadra 3 – conj. 5 – lote 1 - B
71735-305 Brasília – DF – Brasil.

Ao meu pai Álvaro que teve uma existência de desafios e soube pacientemente, com sabedoria e luz, vencê-los um a um até seu último instante na face da terra.

AGRADECIMENTOS

A todos os professores do PTARH por sua incrível dedicação à grandiosa arte de ensinar, sempre pacientemente transmitindo conhecimento a alunos quase sempre impacientes no aprender.

Ao caro professor orientador Oscar de Moraes Cordeiro Netto por colocar sua sabedoria e experiência à disposição de forma tão elegante e distinta, notável exemplo de orientação com liberdade.

Aos especialistas citados no Anexo por dedicarem parte de seu precioso tempo analisando as questões a eles colocadas, fazendo com que seu conhecimento esteja aqui neste trabalho.

Aos engenheiros e técnicos das Prefeituras das cinco cidades eleitas para o estudo de caso por terem cedido parte de seu tempo contribuindo com seus conhecimentos e experiência tornando possível que os resultados aqui apresentados se materializassem.

Aos colegas de curso que direta ou indiretamente contribuíram para os objetivos deste trabalho.

À Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA, do Ministério das Cidades, que, no contexto do Termo de Execução descentralizada, firmado com a UnB, para o desenvolvimento do Estudo “Diagnóstico do Saneamento Básico das Regiões Integradas de Desenvolvimento (RIDE’s) do Brasil” propiciou acesso a dados primários, idas a campo e respaldo institucional para desenvolvimento de etapas da presente pesquisa.

RESUMO

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA: APLICAÇÃO AO CASO RIDE-DF E ENTORNO.

O estudo, em linhas gerais, procurou desenvolver uma metodologia suscetível de contribuir para uma melhor gestão dos sistemas de drenagem a partir de conhecimento fundamentado em informações disponíveis que alimentassem indicadores criados para cada um dos seis critérios de análise e avaliação definidos (físico, hidráulico, institucional, ambiental, social e econômico), que receberam pesos de acordo com sugestões de diversos especialistas consultados.

Tais indicadores e critérios são a base da metodologia multicritério formulada para avaliação do desempenho dos sistemas de drenagem urbana em áreas urbanas municipais. Para sua utilização, foi criada uma tipologia de municípios baseada em dois aspectos relevantes: densidade demográfica e vulnerabilidade socioeconômica ambiental às chuvas.

A metodologia também permite, quando se considerar conveniente, por exemplo, por meio da variação de pesos, de critérios e de indicadores, projetarem-se resultados possíveis de ações a serem implementadas sobre os sistemas.

Previamente à definição da metodologia, foi criado um Mapa Conceitual de Sistemas de Drenagem como ferramenta de auxílio ao entendimento dos fatores e atores envolvidos que, de forma visual e didática, favoreceu a percepção dos elementos e suas interações.

Procurou-se a aplicação a esse mapa do conceito de FPEIR – Forças motrizes, pressões, estados, impactos e respostas também como forma de se entender e avaliar o funcionamento das partes e atores desses sistemas.

Finalmente, é aplicada a metodologia a cinco municípios da RIDE-DF e os resultados são obtidos pela utilização de aplicativo eletrônico do método multicritério denominado ELECTRE – TRI.

ABSTRACT

METHODOLOGY FOR OPERATIONAL PERFORMANCE EVALUATION OF URBAN DRAINAGE SYSTEMS

The objective of this study is to create a methodology for operational performance evaluation of urban drainage systems based in available knowledge and information to contribute for the best management of the systems with the use of indicators concerned to the social, environmental, economic, institutional, hydraulic and physical criteria with weights given by specialists after an opinion survey.

The foundation of the methodology is the indicators and criteria stipulated to permit the multicriterial analyses of the performance of the drainage systems existing in the diverse urban municipal areas.

For the use of the methodology, a municipal typology was developed, based in two relevant aspects: demographic concentration and socio economic and environmental vulnerability to storm waters.

The methodology could also be used to make comparisons, when it is important to do, for example, between future situations which can be obtained by simulated administration decisions implemented by changing the weights, criteria and indicators.

Previous to the creation of the methodology, a Conceptual Map of Drainage Systems was created. This map works like a comprehension and visualization tool for the understanding of the elements, stakeholders and interactions between the involved parts and the consequences for all.

The application of the Conceptual Map together with the DPSIR (driven forces, pressures, states, impacts and responses) conceptual structure makes more clear the interactions and its consequences for the systems functioning.

Finally, the methodology was applied to five cities of the RIDE-DF area and the results are given by the electronic computer programme called ELECTRE-TRI.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS	2
1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	3
2 - REFERENCIAL CONCEITUAL E TEÓRICO.....	4
2.1 URBANIZAÇÃO E DRENAGEM.....	4
2.1.1 Urbanização mundial.....	7
2.1.2 Urbanização brasileira.....	10
2.1.3 RIDE-DF e Entorno	14
2.1.4 Urbanização e saneamento	16
2.2 SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA.....	29
2.2.1 Panorama atual dos sistemas de drenagem no mundo	31
2.2.2 Sistemas de drenagem - situação no Brasil.....	40
2.2.3 Técnicas compensatórias	64
2.2.4 Desempenho de sistemas de drenagem urbana	69
2.3 REPRESENTAÇÕES POR MAPA CONCEITUAL.....	70
2.3.1 Mapa conceitual de sistema de drenagem.....	76
2.4 CONCEITOS DE CRITÉRIOS E INDICADORES.....	78
2.5 TÉCNICAS DE CONSULTAS A ESPECIALISTAS	82
2.5.1 Método Delphi	83
2.5.2 Outros métodos e técnicas	85
2.6 MÉTODOS DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO	86
2.6.1 Método Electre Tri.....	90
3. METODOLOGIA.....	94
3.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	95
3.2 CONCEPÇÃO DE MAPA CONCEITUAL DE SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA	95
3.3 CONSULTA A ESPECIALISTAS	96
3.4 DEFINIÇÃO DE TIPOLOGIA DE MUNICÍPIOS, OBJETIVOS E CRITÉRIOS	96
3.5 DETERMINAÇÃO DO MÉTODO MULTICRITÉRIO E INDICADORES	96
3.6 FORMULAÇÃO DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA.....	97
3.7 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA A MUNICÍPIOS DA RIDE DF E ENTORNO	97
4 - DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	99
4.1 MAPA CONCEITUAL.....	99

4.2 TIPOLOGIA DE SISTEMAS	101
4.3 INDICADORES.....	101
4.4 CATEGORIAS DE AVALIAÇÃO	112
4.5 ESTRUTURA DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO	113
5 - RESULTADOS	115
5.1 RESULTADOS DA PESQUISA COM ESPECIALISTAS.....	115
5.2 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA CRIADA A ALGUNS MUNICÍPIOS DA RIDE- DF	116
5.3 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO ELECTRE TRI.....	117
5.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	124
6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	128

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. 1 Diagrama de fluxo das atividades.	3
Figura 2.1 – Distribuição da população urbana mundial por tamanho de aglomerado e número de cidades em 1990, 2014 e a projeção para 2030 (Nações Unidas 2014, modificado).....	6
Figura 2.2 – Diagrama representativo dos processos decorrentes da urbanização relativos às águas urbanas (Hall, 1984, <i>apud</i> Tucci, 2012, adaptado).	8
Figura 2.3 – RIDE pólo Petrolina-Juazeiro. Disponível em https://www.achetudoeregiao.com.br/ba/juazeiro/dados_gerais.htm . Acesso em 14 de fevereiro de 2016.	11
Figura 2.4 – RIDE grande Teresina (Sempla – Piauí e Ministério da Integração Nacional 2016, adaptado)	12
Figura 2.5 – Distribuição da população acumulada e do número de municípios (%) (IBGE 2014, modificado).....	13
Figura 2.6 – Mapa da RIDE-DF e entorno (Fonte: < http://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2012/04/02/explosao-demografica-e-uma-das-principais-preocupacoes-do-entorno >. Acesso em 12 de janeiro de 2016).....	14
Figura 2.7 – Percentuais de domicílios com oferta de serviços de saneamento nas regiões metropolitanas e demais municípios com dados do Censo Demográfico de 2010 do IBGE conforme Krause <i>et al.</i> 2013.	18
Figura 2. 8 – Cobertura de esgotamento sanitário via rede geral ou fossa séptica, por domicílios particulares permanentes –RM e colar metropolitano de Belo Horizonte – MG, em %, com base em dados do Censo de 2010 do IBGE segundo Krause <i>et al.</i> , 2013, adaptado).	19
Figura 2.9 – Mapa da situação de drenagem em municípios do estado de Goiás (IBGE, 2011,Atlas de Saneamento, modificado)	19
Figura 2.10 – Mapa da situação de drenagem nos municípios de Minas Gerais – Cabeceira Grande, Buritis e Unaí, integrantes da RIDE-DF (IBGE, Atlas de Saneamento, 2011, modificado).	20
Figura 2.11- Extravasamento do sistema combinado de esgotamento de águas servidas e águas pluviais (adaptado de < http://www.civicgardencenter.org/ >. Acesso em 01 de janeiro de 2015.What happens to our rain?, November 28, 2011 by Kylie Johnson).....	21
Figura 2.12 – Perfil esquemático do processo de cheia e inundação (Carvalho <i>et al.</i> 2007).....	22
Figura 2.13 – Custo de infraestrutura x densidades (Ferrari, 1979, <i>apud</i> Nobre, 2011).26	
Figura 2. 14 – Três arranjos habitacionais para a mesma densidade (Alves, 2001, <i>apud</i> Barros, 2014).	27
Figura 2.15 – Relação entre a área impermeável e densidade habitacional com dados de São Paulo, Porto Alegre e Curitiba (Campana e Tucci, 1994 <i>apud</i> Tucci 2003).....	34
Figura 2.16 – Efeito da urbanização sobre as vazões máximas (Leopold, 1968, <i>apud</i> Tucci 2012).....	35

Figura 2.17 – Comparação, para o mesmo local, de um projeto tradicional e outro com aplicação de melhores práticas de gestão – BMP (UD&FCD 1992, adaptado).	38
Figura 2.18 – Diagrama esquemático de aplicação das melhores práticas de drenagem em série para a minimização dos impactos na qualidade das águas de escoamentos (UD&FCD 1992, adaptado).	39
Figura 2.19 – Distribuição dos municípios por tipo de sistema de drenagem de acordo com a PNSB – Pesquisa nacional de Saneamento Básico – IBGE – 2000-2008.	41
Figura 2.20 – Evolução da utilização das bacias de retenção em áreas urbanas (Bernardes <i>et al.</i> , 2007).	42
Figura 2.21 – Bacias de retenção/ amortecimento por municípios de acordo com a PNSB 2000.	44
Figura 2.22 – Municípios com sistema de drenagem, com inundações e com reservatórios de retenção e amortecimento.	46
Figura 2.23 – Distribuição dos reservatórios de retenção por região até o ano de 2000 segundo a PNSB.	46
Figura 2.24 – Distribuição percentual da maioria dos reservatórios de retenção (59,5% e 56,2%), por Estado, dos municípios (6,4% e 12,0%) que optaram pela solução de amortecimento e retenção até, respectivamente, os anos de 2000 e 2008.	47
Figura 2.25 – Municípios com erosões por tipos principais de erosões.	48
Figura 2.26 – Municípios com principais fatores agravantes de erosões.	49
Figura 2.27 – Principais atividades de limpeza e manutenção desenvolvidas pelos municípios.	50
Figura 2.28 – Municípios com erosões, assoreamentos, estrangulamentos, existência de manutenção de redes e inundações.	51
Figura 2.29 – Fatores agravantes de erosões e alagamentos.	52
Figura 2.30 – Lançamento de efluentes de sistemas de drenagem por tipo de lançamento.	53
Figura 2.31 – Municípios com áreas de risco e tipo do risco.	54
Figura 2.32 – Municípios com ruas pavimentadas com drenagem superficial e com drenagem subterrânea.	55
Figura 2.33 – Municípios com ruas pavimentadas em % de pavimentação.	55
Figura 2.34 – Gráfico de barras – percentuais de ruas pavimentadas com percentuais sem drenagem.	56
Figura 2.35 – Percentual de ruas pavimentadas sem drenagem.	56
Figura 2.36 – Gráfico de barras – Municípios com drenagem superficial e com drenagem subterrânea nas ruas pavimentadas em percentuais relativos ao total de drenagem.	57
Figura 2.37 – Municípios com ruas pavimentadas com drenagem subterrânea de acordo com percentuais em relação ao total de ruas.	57
Figura 2.38 – Municípios com drenagem subterrânea e superficial e percentuais de ruas pavimentadas com drenagem superficial – gráfico de barras.	58
Figura 2.39 – Municípios com drenagem subterrânea e superficial e percentuais de ruas pavimentadas com drenagem superficial – gráfico setor circular.	58

Figura 2.40 – Totais de municípios com drenagem, com áreas de risco por tipo de risco, segundo a PNSB 2000-2008.....	59
Figura 2.41 – Total de municípios e de pessoal ocupado na atividade e seu crescimento percentual de acordo com as PNSB 2000-2008.	60
Figura 2.42 – Total de municípios por instrumentos legais de gestão utilizados em 2000 e percentuais em relação ao total de municípios.	62
Figura 2.43 – Municípios por instrumentos legais de gestão - gráfico setor circular.....	62
Figura 2.44 – Municípios por órgãos encarregados da drenagem urbana (PNSB, 2000).	63
Figura 2.45 – Municípios por percentual do orçamento utilizado em drenagem urbana – gráfico de barras.	63
Figura 2.46 – Municípios em percentual do orçamento utilizado para drenagem urbana – gráfico setor circular.	64
Figura 2.47 – Esquema dos diferentes tipos de técnicas compensatórias (Baptista <i>et al.</i> 2011, adaptado).	68
Figura 2.48 - Ciclo de gestão do desempenho Stoffel (1997, apud Brostel 2002).....	70
Figura 2.49 - Mapa conceitual demonstrativo das principais características de mapas conceituais (Novak e Caldas 2007, adaptado).....	72
Figura 2.50 – Mapa conceitual demonstrativo das ideias principais subjacentes à construção e uso de um mapa conceitual (Novak e Caldas, 2006, adaptado).	73
Figura 2.51– Mapa conceitual com estrutura em árvore, gerado a partir de uma questão focal estática.....	75
Figura 2.52 – Mapa conceitual com estrutura cíclica, gerado a partir de uma questão focal dinâmica e de um conceito de raiz quantitativo.....	75
Figura 2.53 – Mapa conceitual de Gestão de Sistemas de drenagem urbana produzido com forças motrizes socioeconômicas, ambientais apresentando as suas interações (Sieker <i>et al.</i> 2008).....	77
Figura 2.54 – Modelo de fluxo de informações para a estruturação de indicadores. Fonte: Ott (1978, <i>apud</i> Bollmann e Marques, 2000).....	80
Figura 2.55 – A lógica estrutural dos indicadores (Cordeiro Netto <i>et al.</i> , 2003).....	81
Figura 2.56 – Sequência para a realização de pesquisa com a utilização do Método Delphi (fonte: Wright e Giovinazzo, 2000).....	84
Figura 2.57– Diagrama representativo dos métodos e técnicas de prospecção conhecido como Diamante de Previsão de Popper (2006, <i>apud</i> Quental e Oliveira, 2012, adaptado).....	86

Figura 2.58 – Ações fictícias de referência “ b_h ”, critérios “ j_n ”, categorias “ E^h ” e avaliação de ações “ $g_{in}(a)$ ”.....	92
Figura 2.59 – Diagrama de utilização do método ELECTRE-TRI, conforme Yu e Roy (1992, <i>apud</i> Generino, 1999).....	93
Figura 3.1 – Diagrama demonstrativo dos passos referentes à metodologia.....	94
Figura 4.1 - Mapa conceitual de sistema de drenagem urbana produzido com a utilização da estrutura conceitual DPSIR (do inglês, <i>driving forces, pressures, states, impacts</i> e <i>response</i>).....	100
Figura 5.1- Classificação pelas sistemáticas pessimista e otimista por categorias - Excelente - não existindo nessa categoria nenhum município daqueles analisados (<i>a categoria Excelente só ocorre com a máxima avaliação em todos os critérios</i>).	119
Figura 5. 2 - Classificação pelas sistemáticas pessimista e otimista por categorias - Bom - para cada um dos municípios analisados.....	119
Figura 5. 3 - Classificação pelas sistemáticas pessimista e otimista por categorias - Problemático - para cada um dos municípios analisados.	120
Figura 5. 4- Classificação pelas sistemáticas pessimista e otimista, do total dos municípios (alternativas) analisados e seu enquadramento nas categorias (excelente, bom, satisfatório, problemático e insatisfatório).....	120
Figura 5. 5- Visualização gráfica do desempenho do sistema de drenagem do município de Novo Gama, conforme os critérios adotados para avaliação.....	121
Figura 5. 6- Visualização gráfica do desempenho do sistema de drenagem do município de Cidade Ocidental conforme os critérios adotados para avaliação.	121
Figura 5. 7- Visualização gráfica do desempenho do sistema de drenagem do município de Pirenópolis, conforme os critérios adotados par avaliação.....	122
Figura 5. 8- Visualização gráfica do desempenho do sistema de drenagem do município de Cristalina, conforme os critérios adotados para avaliação.....	122
Figura 5. 9- Visualização gráfica do desempenho do sistema de drenagem do município de Valparaíso, conforme os critérios adotados para avaliação.....	123
Figura 5.10- Visualização da classificação dos municípios após a alteração dos pesos dos critérios em análise de sensibilidade com aumento de duas vezes nos pesos dos critérios social e ambiental e redução dos demais.....	125
Figura 5. 11- Apresentação do resultado para o segundo cenário de análise de sensibilidade.	126

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Distribuição da população das regiões metropolitanas brasileiras (IBGE-2014).....	13
Tabela 2.2 – Informações socioeconômicas dos municípios que fazem parte da RIDE-DF e entorno segundo dados do Censo demográfico de 2010 IBGE.	17
Tabela 2.3 – Custo operacional de redes de infraestrutura urbana (Mascaró, 1987). ...	24
Tabela 2.4 – Densidade residencial bruta, segundo diversos autores, conforme Mascaró (1987).	26
Tabela 2.5 - Classificação de densidades (Barros, 2011, adaptado).....	26
Tabela 2.6 – Quantidade de sistemas por tipo de drenagem (PNSB – IBGE – 2000 e 2008).....	40
Tabela 2.7 – Distribuição de bacias (detenção/ amortecimento) em municípios, de acordo com a PNSB -2000.	44
Tabela 2.8 – Concentração de dispositivos de detenção e amortecimento.....	45
Tabela 4.1 – Relação inicial de indicadores propostos à análise dos especialistas.	102
Tabela 4.2 – Indicadores propostos para o critério Institucional.....	104
Tabela 4.3 – Valores arbitrados para os multiplicadores dos pesos para os indicadores Institucionais.....	105
Tabela 4.4 – Indicadores adotados para o critério social.....	105
Tabela 4.5 – Valores arbitrados para os multiplicadores adotados para os pesos relativos aos indicadores sociais.....	105
Tabela 4.6 – Tabela com os pesos sugeridos para os indicadores físicos.	106
Tabela 4.7 – Tabela com os valores dos multiplicadores de acordo com três intervalos, para F1, F2 e F3 e existência ou não para F5 e F6.	106
Tabela 4.8 – Tabela de pesos para os critérios econômicos.	109
Tabela 4.9 – Multiplicadores arbitrados para os pesos dos indicadores econômicos.	110
Tabela 4.10 – Tabela de pesos arbitrados para os indicadores ambientais.....	111
Tabela 4.11– Multiplicadores para os indicadores ambientais.....	111
Tabela 4.12 – Tabela de pesos dos indicadores hidráulicos.	112
Tabela 4.13 – Valores dos multiplicadores arbitrados para os indicadores do critério hidráulico.	112
Tabela 4.14 – Escala de avaliação de desempenho utilizada.	113
Tabela 5.1 – Pesos dos critérios informados pelos especialistas consultados.	115
Tabela 5.2 – Pesos finais atribuídos aos critérios após a informação dos especialistas consultados.	116

Tabela 5. 3 – Tipologia de municípios conforme os parâmetros de densidade e vulnerabilidade às chuvas.....	116
Tabela 5. 4 – Matriz de consequências – Critérios C1 a C7.....	117
Tabela 5.5 – Pesos e limiares.....	117
Tabela 5.6 – Situações de referência (S_i).....	118
Tabela 5.7 – Diagrama demonstrativo da classificação dos municípios nas categorias.	118

LISTA DE NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES

ABCD	<i>Municípios de Santo André, São Bernardo, São Caetanodo Sul e Diadema</i>
ABRH	<i>Associação Brasileira de Recursos Hídricos</i>
CAESB	<i>Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal</i>
CMAP	<i>Software desenvolvido pelo Florida Institute for Human & Machine Cognition</i>
COARIDE	<i>Conselho Administrativo da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno</i>
DELPHI	<i>Método de construção de consenso por meio de questionários</i>
DPSIR	<i>Driven Forces, Pressures, States, Impacts, Responses</i>
BMP	<i>Best Management Practices</i>
BA	<i>Estado da Bahia</i>
ELECTRE TRI	<i>Elimination and Choice Translating Reality</i>
ETE	<i>Estação de Tratamento de Esgoto</i>
EUA	<i>Estados Unidos da América</i>
FCTH	<i>Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica</i>
FUBRAS	<i>Fundação Franco- Brasileira de Pesquisa e Desenvolvimento</i>
FUNASA	<i>Fundação Nacional de Saúde</i>
IBGE	<i>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística</i>
IDH	<i>Índice de Desenvolvimento Humano</i>
IPC	<i>Índice de Preços ao Consumidor</i>
IPTU	<i>Imposto Territorial Urbano</i>
IVA	<i>Índice de Vulnerabilidade Ambiental</i>
LID	<i>Low Impact Design</i>
LNSB	<i>Lei Nacional de Saneamento Básico</i>
MA	<i>Estado do Maranhão</i>
MCDA	<i>Multi Criteria Decision Aid</i>
MG	<i>Estado de Minas Gerais</i>

Mm/ano	<i>Milímetros de precipitação por ano</i>
ONU	<i>Organização das Nações Unidas</i>
PAM	<i>Procedimento de Agregação Multicritério</i>
PBM-SIG	<i>Performance-based Management Special Interest Group</i>
PE	<i>Estado de Pernambuco</i>
PI	<i>Estado do Piauí</i>
PIB	<i>Produto Interno Bruto</i>
PMSP	<i>Prefeitura Municipal de São Paulo</i>
PNSB	<i>Pesquisa Nacional de Saneamento Básico</i>
RIDE-DF	<i>Região Integrada de Desenvolvimento Econômico do Distrito Federal</i>
RM	<i>Região Metropolitana</i>
SOPAC	<i>Comissão de Geociências Aplicada do Pacífico Sul</i>
SMDU	<i>Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano</i>
SMG	<i>Service de Mathématiques de la Gestion</i>
S/N	<i>Sim/ Não</i>
SWOT	<i>Strenghts , Weaknesses, Opportunities, Threats</i>
SUDS	<i>Sustainable Urban Drainage Systems</i>
TRADE	<i>Training Resources and Data Exchange</i>
TRUST	<i>Transitions to the Urban Water Services of Tomorrow</i>
UN	<i>United Nations</i>
UFCD	<i>Urban Drainage and Flood Control District</i>
UFMG	<i>Universidade Federal de Minas Gerais</i>
UnB	<i>Universidade de Brasília</i>
UWS	<i>Urban Water Systems</i>
WaterMet ²	<i>Ferramenta de Modelagem com Base em Metabolismo Urbano</i>
WSUD	<i>Water Sensitive Urban Design</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

α *Problemática de decisão por escolha de um subconjunto contendo as melhores ações ou, na ausência dessa possibilidade, as satisfatórias.*

β *Problemática de decisão por triagem por alocação de ações em categorias pré-definidas.*

γ *Problemática de decisão por definição por ordenação completa ou parcial, de classes de equivalência compostas por ações que se comparam entre si.*

λ *Nível de corte, igual ao menor valor do grau de credibilidade $\sigma_s(a,b)$, no qual se pode afirmar que "a desclassifica b"*

$\sigma_s(a,b)$ *Índice de credibilidade*

"a" *Alternativa a ser avaliada*

"b" *Alternativa ou ação fictícia de referência*

$C_j(a,b)$ *Índice de concordância sob o critério j da asserção "a é, no mínimo, tão boa quanto b"*

$C_j(b,a)$ *Índice de concordância sob o critério j da asserção "b é, no mínimo, tão boa quanto a"*

$C(a,b)$ *Índice global de concordância da asserção "a é, no mínimo, tão boa quanto b"*

$C(b,a)$ *Índice global de concordância da asserção "b é, no mínimo, tão boa quanto a"*

$D_j(a,b)$ *Índice de discordância sob o critério j da asserção "a é, no mínimo, tão boa quanto b"*

$D_j(b,a)$ *Índice de discordância sob o critério j da asserção "b é, no mínimo, tão boa quanto a"*

E^m *Classe ou categoria de classificação das alternativas*

"j" *Critério*

k_i *Pesos dos critérios, definidos, para cada ação fictícia de referência b_j*

p_j *Limiar de preferência para o critério "j"*

q_j *Limiar de indiferença para o critério "j"*

v_j *Limiar de veto sob o critério "j"*

1 - INTRODUÇÃO

O meio ambiente urbano, constituído por cidades e outras aglomerações humanas, é produto das necessidades do homem, dentre elas o abrigo e a proteção. Para que possa, no entanto, cumprir bem esse papel, o meio ambiente urbano necessita de alguns sistemas desenvolvidos pelo homem, as chamadas infraestruturas urbanas.

Entende-se sistema como uma combinação de partes reunidas para concorrerem para um resultado, ou de modo a formarem um conjunto. As infraestruturas urbanas funcionam como um sistema, que podem ser formados por inúmeros subsistemas, e interagir com tantos outros sistemas no espaço urbano. Esses sistemas reagem às solicitações a que são submetidos e produzem reações compatíveis.

Quando tudo funciona de acordo com as necessidades humanas e as do meio ambiente, esses sistemas podem ser julgados de bom desempenho. Ao contrário, isso não ocorrendo, há redução ou até mesmo a perda de funcionalidade podendo tornar o ambiente urbano motivo de apreensão, quando não de temor e insegurança para o homem.

O aumento da população que vive nas cidades, assim como da área de ocupação, tem se constituído em fator crescente de pressões sobre as suas infraestruturas, fato que, aliado às demais mudanças provocadas por fenômenos de toda natureza, como, por exemplo, as denominadas mudanças climáticas, vem transformando em um permanente desafio à gestão do meio ambiente urbano.

Torna-se difícil não só prover como prever as necessidades a serem supridas e geridas para que o homem continue a ter no meio urbano a confiança e não o receio de que suas necessidades possam deixar de ser atendidas adequadamente.

Trata-se, em última instância, da gestão da qualidade de vida das pessoas em seu habitat, o que envolve suas necessidades de circulação, saúde, comunicação, desenvolvimento, segurança e tantas outras que devem ser atendidas por diversos tipos de sistemas.

Nesse contexto, assumem papéis de relevância para qualidade de vida no meio urbano aqueles que dizem respeito ao Saneamento Básico, considerando quatro sistemas intimamente relacionados, mas que, por diversas razões, quase sempre são tratados e gerenciados de forma separada: sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, gestão dos resíduos sólidos urbanos e drenagem urbana ou manejo de águas pluviais.

Nesta pesquisa, focou-se na questão da gestão do sistema de drenagem urbana e manejo de águas pluviais urbanas no município, buscando-se a formulação de uma metodologia de avaliação de seu desempenho por meio do uso de indicadores com apoio de análise multicritério.

1.1 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

Esta dissertação teve, como objetivo geral, **formular uma metodologia de avaliação de desempenho de sistemas municipais de drenagem urbana, suscetível de contribuir para a tomada de decisão por parte de gestores.**

Adicionalmente, tal metodologia deve permitir a comparação entre diferentes sistemas de drenagem urbana, do ponto de vista de seu desempenho, levando em conta as distintas características locais.

Foram considerados os seguintes objetivos específicos:

- Elaboração de um mapa conceitual de funcionamento de sistemas municipais de drenagem urbana;
- Elaboração de uma tipologia de municípios que permita a sua classificação levando em consideração a grande diversidade de municípios e sistemas existentes;
- Proposição de objetivos, critérios de avaliação e de indicadores de desempenho de sistemas municipais de drenagem urbana;
- Adaptação de método de análise multicritério adequado para promover avaliação de desempenho de sistemas municipais de drenagem;
- Verificação da adequação dos indicadores propostos e da aplicabilidade da metodologia formulada, por meio de sua utilização em alguns municípios da RIDE-DF e Entorno.

1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A Figura 1.1, a seguir, ilustra como está estruturado o texto da presente dissertação. O Capítulo 2 traz o referencial conceitual e teórico relativo aos temas e métodos associados ao desenvolvimento desta pesquisa. O Capítulo 3 apresenta a Metodologia adotada para desenvolvimento do trabalho. O Capítulo 4 traz o desenvolvimento do trabalho, que culmina com a formulação da Metodologia para avaliação de desempenho dos sistemas municipais de drenagem urbana. O Capítulo 5 mostra a aplicação da Metodologia a municípios da RIDE DF e Entorno. O Capítulo 6 traz as conclusões e recomendações.

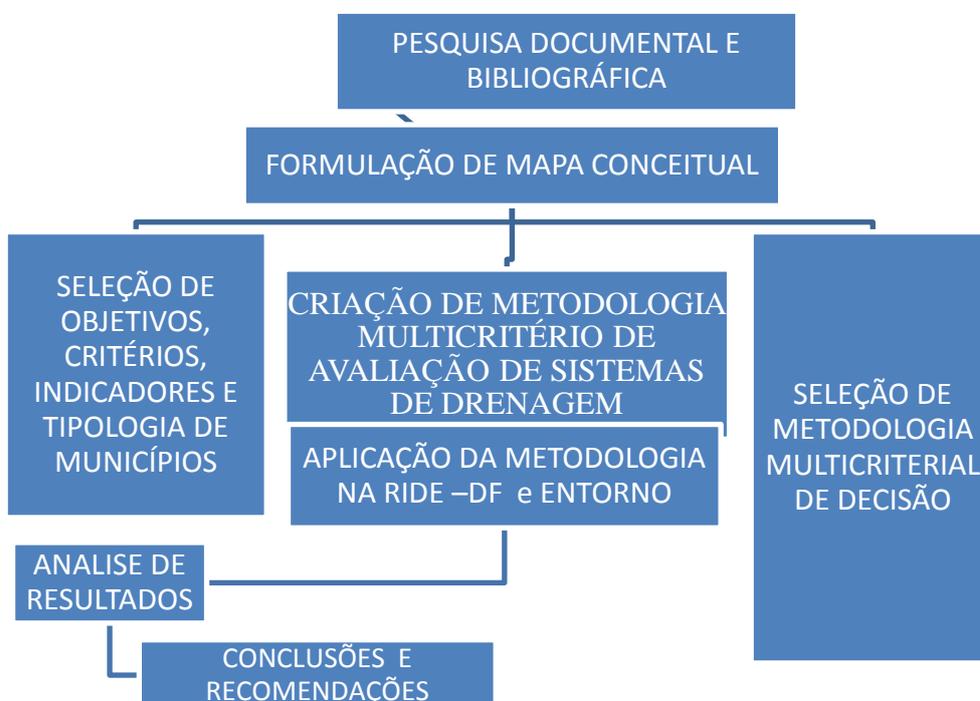


Figura 1. 1 Diagrama de fluxo das atividades.

2 - REFERENCIAL CONCEITUAL E TEÓRICO

Neste capítulo, é apresentado o referencial conceitual e teórico atinente aos temas e métodos associados ao desenvolvimento desta pesquisa. São, assim, discutidos os principais conceitos e fundamentos que nortearam o tratamento da questão da avaliação de desempenho dos sistemas municipais de drenagem urbana, com apresentação de casos, exemplos, experiências e referências que serviram de base para o desenvolvimento deste trabalho.

O capítulo aborda 6 (seis) temas principais: i) a questão da urbanização e drenagem, ii) os sistemas de drenagem urbana, iii) a representação de sistemas por mapa conceitual, iv) os conceitos de indicadores e critérios, v) a consulta a especialistas e vi) a abordagem multicritério.

2.1 URBANIZAÇÃO E DRENAGEM

O crescimento urbano se verifica pelo aumento do número de pessoas vivendo nas cidades, seja por efeito de migrações ou de crescimento vegetativo, esse último expresso pela diferença positiva entre nascimentos e óbitos.

Durante a primeira década deste milênio, esse crescimento, ocorre com maior evidência nos países em desenvolvimento e mais nas grandes cidades, como as chamadas Metrópoles, que contêm mais de um milhão de habitantes, e nas Megalópoles, cidades com mais de dez milhões de pessoas, de acordo com Paviani (2013).

Esses grandes conglomerados urbanos são muitas vezes fruto de fenômenos de conurbação, processo que ocorre com a união física de aglomerados urbanos em sequência geográfica sem, no entanto, ocorrência da união de suas estruturas político-administrativas.

O caso mais conhecido de conurbação, no Brasil é o do chamado ABCD, composto pelos municípios de Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul e Diadema, tendo, como centro aglutinador, o município de São Paulo.

Deve-se ressaltar que nem tudo que é conurbado é “metropolitano” e, dessa forma, apenas a conurbação não é fator definidor de metropolização, existindo diversos exemplos de áreas conurbadas que não são metropolitanas.

Ressalte-se, também, conforme as Nações Unidas (*United Nations*, 2014), que, apesar do crescente número de megacidades, essas ainda abrigam, de fato, uma pequena parte da população mundial.

Existem hoje 28 megacidades onde residem 428 milhões de pessoas, enquanto que, em 1990, eram 10 megacidades com mais de 10 milhões de habitantes. Dezesesseis delas situam-se na Ásia, quatro na América Latina, três na África, três na Europa e duas na América do Norte.

Em contrapartida, as cidades menores abrigam uma grande parte da população urbana mundial e várias delas apresentam rápido crescimento, com cerca de 50% da população urbana mundial, de 3,9 bilhões de habitantes, vivendo em cidades com até pouco mais de 500.000 habitantes.

Em 2014, segundo as Nações Unidas (*United Nations*, 2014), nas regiões mais desenvolvidas, existiam 505 milhões de pessoas vivendo em cidades de menos de 500.000 habitantes enquanto que, nas regiões menos desenvolvidas, cerca de 1,4 bilhão de pessoas vivem em cidades desse porte.

Ao mesmo tempo, cidades com menos de 300.000 pessoas representam, ainda que de forma decrescente, significativa proporção de habitantes em relação ao total mundial, conforme a Figura 2.1, correspondendo, em 2014, a 43% da população mundial e sendo projetada para 2030, a expressiva proporção de 38% da população urbana mundial, segundo as Nações Unidas (*United Nations*, 2014).

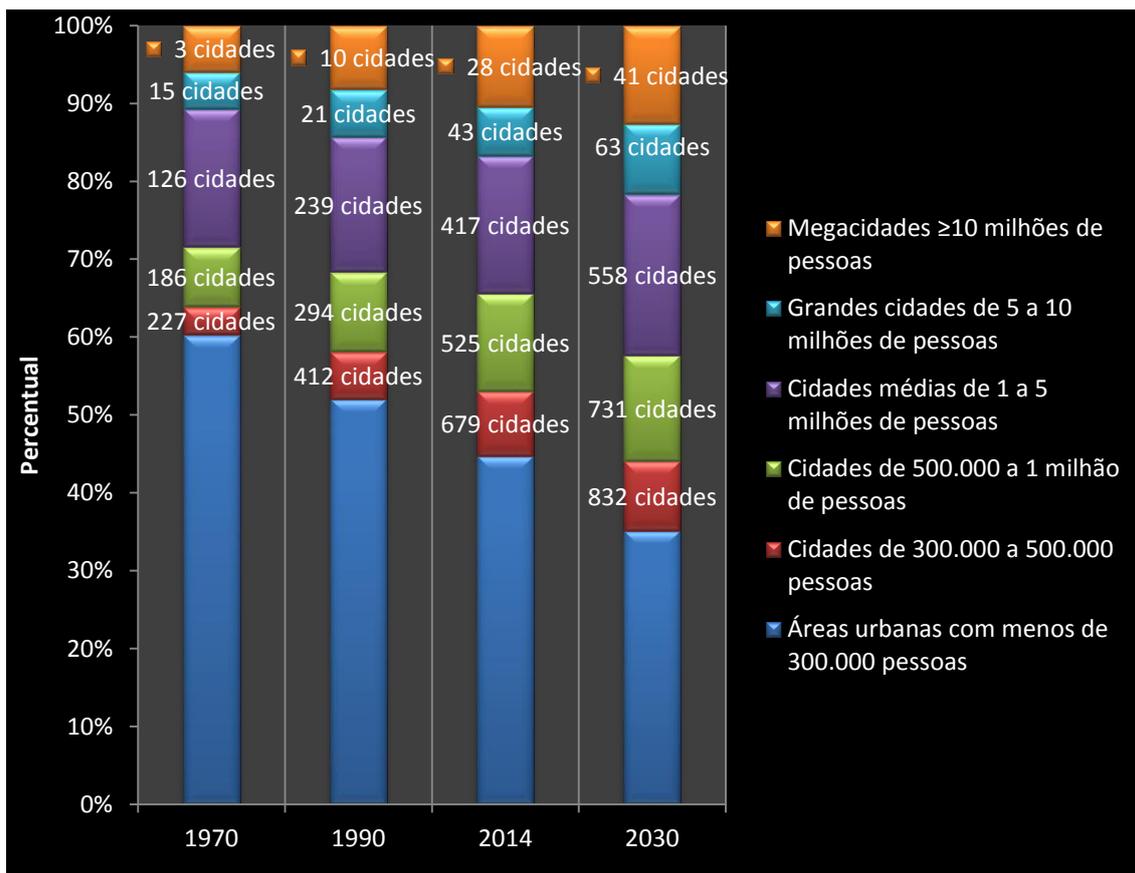


Figura 2.1 – Distribuição da população urbana mundial por tamanho de aglomerado e número de cidades em 1990, 2014 e a projeção para 2030 (Nações Unidas 2014, modificado).

Da análise dos fatos representados nessa Figura 2.1, fica clara a importância de concepção e implementação de políticas públicas específicas que alcancem não só as megalópoles (aproximadamente 12% da população), mas, especialmente, as cidades de menor porte, onde habita a maior parte da população mundial.

Têm ainda chamado atenção as ditas cidades intermédias, entendidas como novas centralidades urbanas, identificadas não pelo critério de tamanho, mas por seu papel e funcionalidade, trazendo a ideia de intermediação entre as diversas centralidades da rede urbana ou em relação à determinada área de influência regional que, no dizer de Moura (2016), em territórios extensos como o do Brasil, tornam-se necessárias para garantir a intermediação entre as várias escalas de urbanização e hierarquias da rede urbana, fortalecendo e induzindo o desenvolvimento regional.

A cidade intermédia, de acordo com Santos (1996, *apud* Moura, 2016) é cidade singular ou núcleo de aglomerações urbanas não metropolitanas, não existindo isoladamente,

mas em articulação horizontal com o espaço imediato ou com cidades próximas e, vertical, com cidades distantes, e ampliando sua área de influência, constituindo um espaço regional sob seu comando, sendo nós por onde transitam fluxos.

2.1.1 Urbanização mundial

"O processo de transformação de grandes centros urbanos em metrópoles e megalópoles, por meio de conurbação e adensamento desmedido, hoje afeta especialmente as cidades em países em desenvolvimento: os assentamentos europeus gradativamente deixaram de ocupar as primeiras posições na hierarquia das cidades com população acima de 5.000.000 de habitantes. São lugares como São Paulo, Rio de Janeiro, Lagos, Hong Kong, Xangai, Cidade de México ou Jakarta os emblemas de um gigantismo urbano" (Medeiros, 2013, p.489).

"A América Latina é a região mais urbanizada do mundo. Em 2011, a população urbana era de 472 milhões de pessoas, ou seja, 79% da população total. Essa população deverá representar, a partir de 2030, 83% do total da população e atingirá 650 milhões de habitantes em 2050" (UN, 2012, *apud* AFD, 2014, p.12).

Milograna (2011) afirma que:

Na América Latina, o Brasil com mais de 80% da população vivendo nas cidades, a Argentina (Bertoni *et al.*, 2003) com população urbana acima de 89%, Bolívia (Terrazas e Seleme, 2003) com 62% de população urbana, Paraguai (Domecq *et al.*, 2003) com 53,7% de população urbana em 1998, Peru (Reyes, 2003) com 68% de população urbana e Uruguai (Genta e Teixeira, 2003) com 90% da população urbana, sofrem com as inundações urbanas. Nesses países, destacam-se, ainda, os efeitos da ocupação de áreas ribeirinhas a rios e arroios.

Dentre os mais diversos efeitos da urbanização sobre o meio ambiente natural e, particularmente seus reflexos sobre as águas, destacava, já na década de oitenta, Hall (1984), conforme a Figura 2.2, aspectos não só quantitativos, como as inundações urbanas, mas de poluição a requerer controle.



Figura 2.2 – Diagrama representativo dos processos decorrentes da urbanização relativos às águas urbanas (Hall, 1984, *apud* Tucci, 2012, adaptado).

Medeiros (2013) afirma, também, que grande população é metáfora para incontrollabilidade, inadequação de serviços públicos e quebra da lei e da ordem e que o

receio reside na incapacidade das estruturas urbanas para atender às demandas crescentes.

"O problema não se relaciona exatamente ou exclusivamente ao tamanho: as metrópoles da Europa Ocidental e da América do Norte, apesar dos inconvenientes inerentes a sua enormidade, são locais de alto nível de vida, o que não acontece em outros lugares" (Harouel, 2001, *apud* Medeiros, 2013, p.490).

Cerca de 30% da população do Japão está concentrada na região metropolitana de Tóquio, de acordo com Mouri (2015) e essa, segundo as Nações Unidas (*United Nations*, 2014), permanece sendo a maior aglomeração urbana do mundo, com cerca de trinta e oito milhões de pessoas, seguida por Delhi, com vinte e cinco milhões, Shangai com vinte e três milhões e São Paulo, Cidade do México e Mumbai com vinte e um milhões cada uma.

A forma de crescimento das cidades deve ser decidida de forma abrangente, pois as opções têm reflexos sobre seus sistemas de infraestrutura, particularmente o de drenagem urbana e o viário.

Ainda segundo as Nações Unidas (*United Nations*, 2014):

"Com bom planejamento e governança, a crescente concentração populacional urbana poderá facilitar o desenvolvimento econômico e social [...]. Todavia, o crescimento urbano rápido sem planejamento ameaça o desenvolvimento sustentável quando a infraestrutura urbana necessária não é desenvolvida ou quando não são postas em prática políticas para a proteção ao meio ambiente e para assegurar que os benefícios da vida na cidade sejam equitativamente compartilhados".

Assim, segundo Santos (2012), sob o ponto de vista das águas urbanas, onde a urbanização já esteja consolidada, o adensamento das cidades se torna conveniente, seja pela maior verticalização ou pela ocupação dos espaços vazios existentes, o que possibilitaria tornar mais factível a gestão das águas superficiais.

Conforme as Nações Unidas (*United Nations*, 2014), diferentemente das áreas rurais, vantagens podem ser obtidas a partir da economia de escala que as cidades são capazes

de permitir em termos da construção de infraestruturas, como redes de água e eletricidade atingindo grande número de pessoas a custos menores.

Com relação ao adensamento das cidades, como afirma Santos (2012), há de ser considerado que: "em termos comparativos com o mundo desenvolvido, nossas grandes cidades e metrópoles são muito pouco adensadas".

Tais políticas de adensamento, no entanto, devem ser cuidadosamente planejadas de forma a não prejudicar a qualidade ambiental nas cidades, incluindo e multiplicando, por exemplo, os espaços verdes e de convívio coletivo dos cidadãos, levando em conta as condições locais de ventilação, insolação e conforto dos espaços.

Dentro desse quadro, segundo François Ascher (2010, *apud* Paviani, 2013, p.121), [...] "uma das características de nossa sociedade é o esforço para controlar o futuro" [...] e assim o receio transformado em risco e precaução são elementos do ambiente de atuação de quem faz a gestão das cidades.

2.1.2 Urbanização brasileira

"Na década de 1970, houve a explosão urbana e metropolitana – 44% da população morava em cidades com população entre 250 mil e 2 milhões de habitantes" (Alves e Azevedo, 2010,p.88).

De acordo com o censo demográfico realizado em 2010, 84% da população brasileira é urbana.

"No Brasil, em 2010, dados do Censo indicavam que 89,4 milhões de pessoas (46,9% da população brasileira) viviam em cidades pertencentes a regiões metropolitanas (RM) ou a regiões integradas de desenvolvimento (RIDE), totalizando apenas 8,6% dos municípios do país" (IBGE, 2013, p.12).

As regiões Metropolitanas são definidas pelas legislações estaduais enquanto as RIDE's o são por legislação federal, pois envolvem municípios pertencentes a mais de uma Unidade da Federação.

As três RIDE's existentes hoje no Brasil apresentam, segundo o IBGE (2014), população de: RIDE Petrolina-Juazeiro com 727.344 habitantes, RIDE Teresina com 1.180.930 habitantes e RIDE-DF e entorno com 4.118.144 habitantes.

A Figura 2.3 exemplifica a região, com os dois Estados, Bahia e Pernambuco, e os oito municípios, Casa Nova (BA), Curuçá (BA), Juazeiro (BA), Sobradinho (BA), Lagoa Grande (PE), Orocó (PE), Petrolina (PE) e Santa Maria da Boa Vista (PE), que fazem parte da RIDE Polo Petrolina (PE) – Juazeiro (BA).

Na Figura 2.4, apresenta-se a situação geográfica da RIDE Grande Teresina, com as duas unidades da Federação, Maranhão e Piauí, e os municípios que delas fazem parte: Timon (MA), Altos (PI), Beneditinos (PI), Coivaras (PI), Curalinhos (PI), Demerval Lobão (PI), José de Freitas (PI), Lagoa Alegre (PI), Lagoa do Piauí (PI), Miguel Leão (PI), Monsenhor Gil (PI), Nazária (PI), Pau-D'arco do Piauí (PI), Teresina (PI) e União (PI).

A RIDE-DF e Entorno será descrita mais detalhadamente no próximo item 2.1.3 pelo interesse deste trabalho, já que o estudo de caso para teste da metodologia proposta é feito em municípios da região.

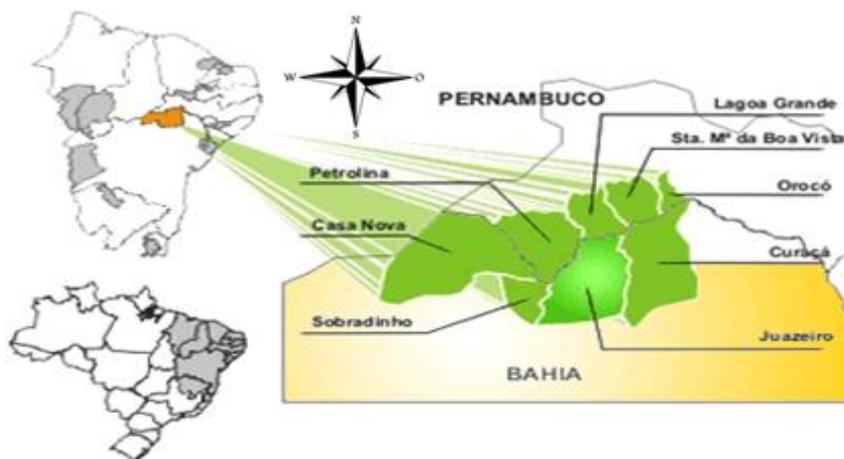


Figura 2.3 – RIDE pólo Petrolina-Juazeiro. Disponível em https://www.achetudoeregiao.com.br/ba/juazeiro/dados_gerais.htm. Acesso em 14 de fevereiro de 2016.

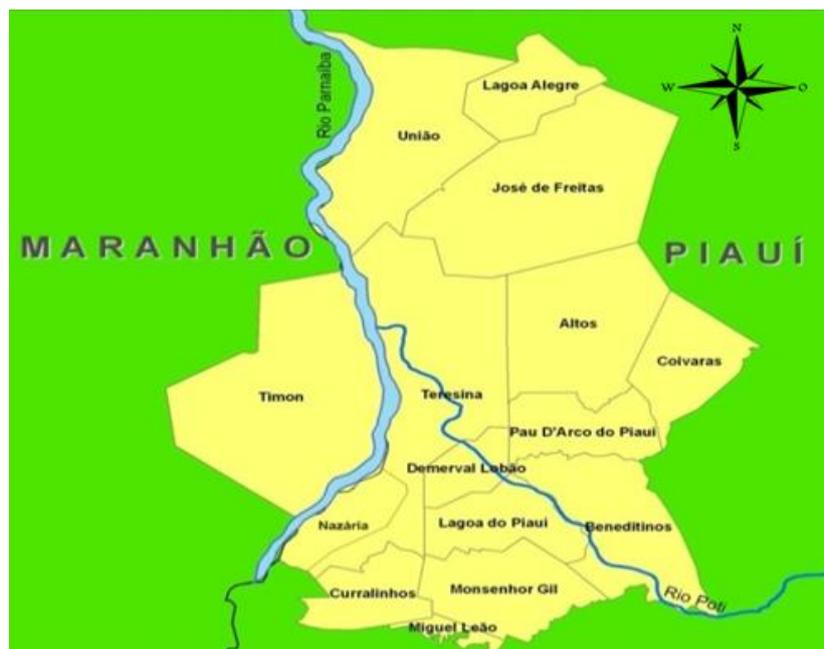


Figura 2.4 – RIDE grande Teresina (Sempla – Piauí e Ministério da Integração Nacional 2016, adaptado).

Até 30 de junho de 2013, segundo o IBGE (2014), em 5,4% dos 5.570 municípios brasileiros residiam 55,8% da população total do Brasil, como ilustra a Figura 2.5, e as 25 maiores regiões, em termos populacionais, somavam 89,9 milhões de habitantes, ou seja, 44,4% da população total brasileira de cerca de quase 203 milhões de pessoas, conforme Tabela 2.1.

Segundo o IBGE, os municípios de médio porte, entre 100 mil e 500 mil habitantes, apresentaram o maior incremento nas taxas geométricas de crescimento populacional entre 2013 e 2014. Esses municípios são centros regionais importantes ou integram regiões metropolitanas e são responsáveis por forte atração migratória (IBGE, 2014).

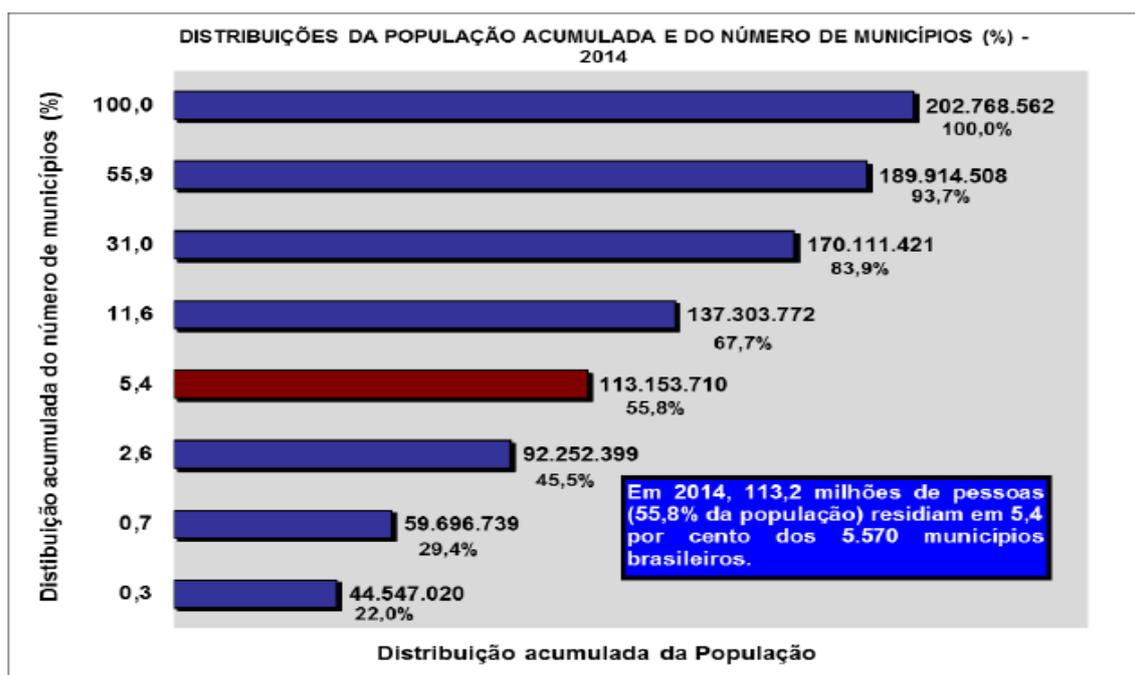


Figura 2.5 – Distribuição da população acumulada e do número de municípios (%) (IBGE 2014, modificado).

Tabela 2.1 – Distribuição da população das regiões metropolitanas brasileiras (IBGE-2014).

POPULAÇÃO DAS REGIÕES METROPOLITANAS			
ORDEM	REGIÃO METROPOLITANA (Composição vigente em 2010)	POPULAÇÃO 2014	% POPULAÇÃO TOTAL
1º	RM SÃO PAULO	20.935.204	10,32%
2º	RM RIO DE JANEIRO	11.973.505	5,91%
3º	RM BELO HORIZONTE	5.767.414	2,84%
4º	RM PORTO ALEGRE	4.161.237	2,05%
5º	RIDE DF E ENTORNO	4.118.154	2,03%
6º	RM SALVADOR	3.919.864	1,93%
7º	RM RECIFE	3.887.261	1,92%
8º	RM FORTALEZA	3.818.380	1,88%
9º	RM CURITIBA	3.414.115	1,68%
10º	RM CAMPINAS	3.043.217	1,50%
11º	RM MANAUS	2.478.088	1,22%
12º	RM GOIÂNIA	2.296.678	1,13%
13º	RM BELÉM	2.129.515	1,05%
14º	RM GRANDE VITÓRIA	1.884.096	0,93%
15º	RM BAIXADA SANTISTA	1.781.620	0,88%
16º	RM NATAL	1.462.045	0,72%
17º	RM GRANDE SÃO LUÍS	1.403.111	0,69%
18º	RM MACEIÓ	1.246.421	0,61%
19º	RM JOÃO PESSOA	1.195.904	0,59%
20º	RM NO/NE CATARINENSE	1.191.558	0,59%
21º	RIDE TERESINA	1.180.930	0,58%
22º	RM FLORIANÓPOLIS	1.111.702	0,55%
23º	RM ARACAJU	912.647	0,45%
24º	RM VALE DO RIO CUIABÁ	871.729	0,43%
25º	RM LONDRINA	818.300	0,40%
TOTAL 25 MAIORES RM		87.002.695	42,91%
TOTAL BRASIL		202.768.562	100,00%

2.1.3 RIDE-DF e Entorno

A RIDE-DF, Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno é uma das mais importantes regiões de desenvolvimento brasileiras, com 22 municípios integrantes do mesmo complexo social e econômico, e a sede do poder central, a Capital Federal do Brasil, Brasília.

Essa região, a primeira das três RIDE's hoje existentes, foi criada por meio da Lei Complementar nº 94, de 19 de fevereiro de 1998. As duas outras, RIDE Polo Petrolina-Juazeiro e RIDE Grande Teresina, foram criadas três anos depois, em 2001.

A RIDE-DF e Entorno é região administrativa composta pelo Distrito Federal e por 22 municípios, sendo 19 do estado de Goiás e três do estado de Minas Gerais.

Como ilustra o mapa da Figura 2.6, os municípios do Estado de Goiás que compõem essa região metropolitana são: Abadiânia, Água Fria de Goiás, Águas Lindas, Alexânia, Cabeceiras, Cidade Ocidental, Cocalzinho de Goiás, Corumbá de Goiás, Cristalina, Formosa, Luziânia, Mimoso de Goiás, Novo Gama, Padre Bernardo, Pirenópolis, Planaltina, Santo Antônio do Descoberto, Valparaíso e Vila Boa, e do Estado de Minas Gerais, Cabeceira Grande, Buritis e Unai.



Figura 2.6 – Mapa da RIDE-DF e entorno (Fonte: <<http://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2012/04/02/explosao-demografica-e-uma-das-principais-preocupacoes-do-entorno>>. Acesso em 12 de janeiro de 2016).

A mesma Lei instituiu o Programa Especial de Desenvolvimento do Entorno do Distrito Federal e criou o COARIDE – Conselho Administrativo da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno.

O Conselho, criado no âmbito da Câmara de Políticas Regionais do Conselho de Governo da Presidência da República, tem a finalidade de coordenar as atividades a serem desenvolvidas na RIDE.

Essa coordenação dos entes federados tem foco no desenvolvimento integrado da região e na redução das desigualdades regionais, buscando, por exemplo, programar a integração e a unificação dos serviços públicos que lhes são comuns.

Quanto ao Programa Especial de Desenvolvimento do Entorno do Distrito Federal, esse tem como objetivo estabelecer normas e critérios para a unificação de procedimentos relativos aos serviços públicos com especial atenção a: tarifas, fretes e seguros; linhas de crédito para atividades prioritárias; isenções e incentivos fiscais, em caráter temporário, de fomento às atividades produtivas em programas de geração de empregos e fixação de mão de obra.

A Lei prevê ênfase especial aos programas e projetos prioritários para a região, com relação à infraestrutura básica e geração de empregos, por meio da previsão de seu financiamento com recursos de natureza orçamentária a serem destinados pela União, Distrito Federal, Estados de Goiás e Minas Gerais e pelos Municípios abrangidos pela RIDE-DF, além de operações de crédito internas e externas (Setti *et al.*, 2005).

São considerados de interesse da RIDE-DF e Entorno os serviços públicos comuns ao Distrito Federal, aos Estados de Goiás e Minas Gerais e aos municípios que a integram, relacionados, dentre outras, às áreas de: infraestrutura; saneamento básico, em especial o abastecimento de água, a coleta e o tratamento de esgotos e o serviço de limpeza pública; proteção ao meio ambiente e controle da poluição ambiental; aproveitamento de recursos hídricos e minerais; uso, parcelamento e ocupação do solo; geração de emprego e capacitação profissional; transportes, sistema viário e habitação popular.

De acordo com a Tabela 2.2, a seguir, existem, na região, segundo a pesquisa do IBGE (2010), apenas quatro municípios de porte médio, Águas Lindas (159.738), Luziânia (174.531 hab.), Formosa (100.085) e Valparaíso (132.982 hab.), de acordo com a

classificação de quantitativo de população, ou seja, com número de habitantes entre 100.000 e 500.000 habitantes.

Para 2015, a previsão é de que o município de Novo Gama venha a fazer parte desse grupo com população estimada em 106.677 habitantes.

Em seguida, ou seja, no grupo de municípios com população entre 50.000 e 100.000 habitantes, encontram-se três municípios: Cidade Ocidental (55.915), Planaltina (81.649) e Santo Antônio do Descoberto (63.248), sendo igualmente previsto que entre para esse grupo o município de Cristalina, com estimativa de 53.300 habitantes em 2015.

2.1.4 Urbanização e saneamento

Dentre as principais questões a serem geridas no contexto urbano se destacam a habitação, o transporte e o saneamento. Todas as três comumente extrapolam os limites dos territórios municipais e, dessa forma, de acordo com Royer (2013), "os limites municipais há muito não são suficientes como locus territorial das políticas públicas, pois o fato urbano é metropolitano, não municipal".

Tabela 2.2 – Informações socioeconômicas dos municípios que fazem parte da RIDE-DF e entorno segundo dados do Censo demográfico de 2010 IBGE.

Município (Nome)	População (nº hab.)	Área (Km ²)	Densidade (hab/km ²)	IDH	Alfabet (%)	Estabel. Saúde	PIB/per cap(R\$)
Abadiânia	15.757	1.045	15,07	0,689	83	11	13.000
Água Fria	5.090	2.029	2,51	0,671	78	3	30.796
Águas Lindas	159.378	178	895,38	0,686	81	20	7.113
Alexânia	23.814	847	28,12	0,682	81	9	25.829
Cabeceiras	7.354	1.127	6,53	0,668	79	3	26.390
Brasília	2.570.160	5.799	443,21	0,824	90	1.756	62.859
Cid. Ocidental	55.915	389	143,74	0,717	83	16	8.548
Cocalzinho	17.407	1.789	9,73	0,657	80	7	13.777
Corumbá	10.361	1.061	9,76	0,680	79	2	10.513
Cristalina	46.580	6.162	7,56	0,699	81	13	34.481
Formosa	100.085	5.811	17,22	0,744	83	30	14.190
Luziânia	174.531	3.961	44,06	0,701	82	31	16.677
Mimoso	2.685	1.386	1,94	0,665	75	1	23.878
Novo Gama	95.018	194	489,78	0,684	81	22	6.759
Pe. Bernardo	27.671	3.139	8,81	0,651	77	10	14.039
Pirenópolis	23.006	2.205	10,43	0,693	82	14	14.374
Planaltina	81.649	2.543	32,11	0,669	79	26	9.210
Sto. Ant. Desc.	63.248	944	67	0,665	80	22	7.236
Valparaíso	132.982	61	2189,03	0,746	85	34	11.632
Vila Boa	4.735	1.060	4,46	0,647	76	4	20.093
Água Boa	15.195	1.320	11,51	0,576	69	7	7.139
Cabec. Grande	6.453	1031	6,26	0,648	78	2	24.726
Unai	77.565	8.447	9,18	0,736	84	19	27.467

Nesse contexto, a Figura 2.7 demonstra que a oferta dos serviços de água e de esgotamento sanitário se concentra nas regiões metropolitanas.

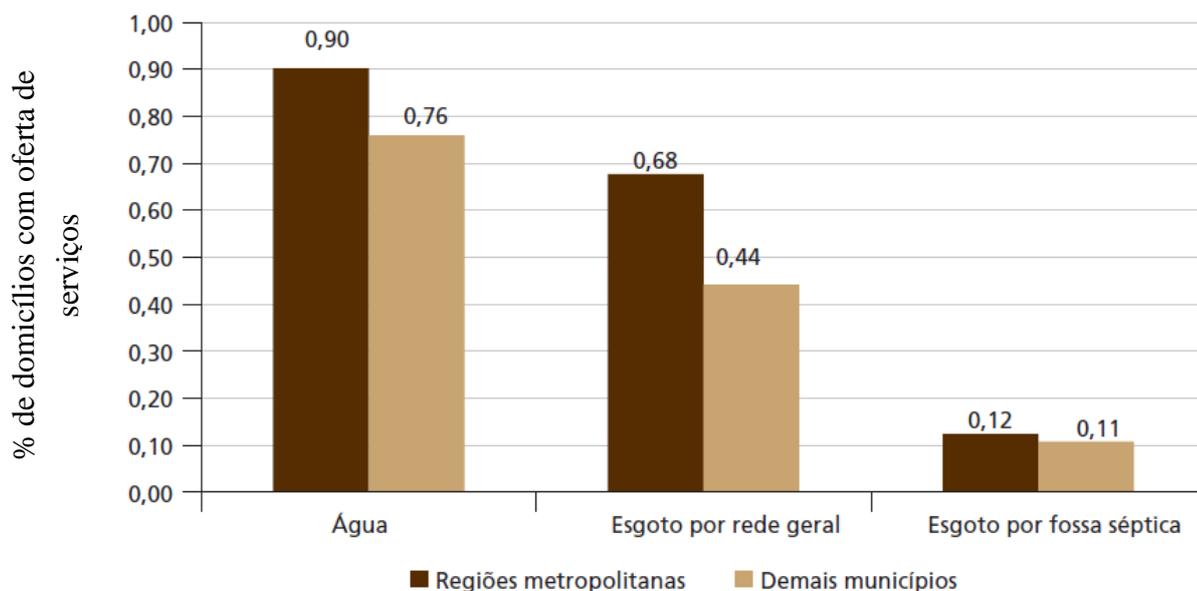


Figura 2.7 – Percentuais de domicílios com oferta de serviços de saneamento nas regiões metropolitanas e demais municípios com dados do Censo Demográfico de 2010 do IBGE conforme Krause *et al.* 2013.

No entanto, deve-se observar a existência de assimetrias nessa distribuição, pois mesmo nas regiões metropolitanas há desigualdades que se manifestam pela presença de áreas com baixa cobertura, em geral tão menor quanto maior a distância do município principal do núcleo.

Há, também, desigualdade de região para região metropolitana como, por exemplo, a cobertura da rede geral de água de abastecimento que chega a 99,5% em Belo Horizonte, mas, em Belém, apresenta apenas 75,4%, como citado por Krause *et al.* (2013).

A Figura 2.8, a seguir, demonstra, por sua vez, que a cobertura de esgotamento sanitário de Belo Horizonte e do Vale do Aço, em Minas Gerais, também apresenta disparidades, indo de nenhuma à cobertura total, dentro do mesmo espaço.

Deve-se ressaltar ainda que a categoria "rede geral" do Censo do IBGE não distingue se o sistema é unitário, ou seja, quando os esgotos são coletados pela rede de drenagem, por ausência de rede de coleta específica, ou se o sistema é separador absoluto, quando existem duas redes, sendo uma rede de coleta específica para os esgotos sanitários e outra para drenagem.

As Figuras 2.9 e 2.10, relativas aos sistemas de drenagem, também apresentam disparidades entre municípios dentro da mesma região, no caso da RIDE-DF e Entorno.

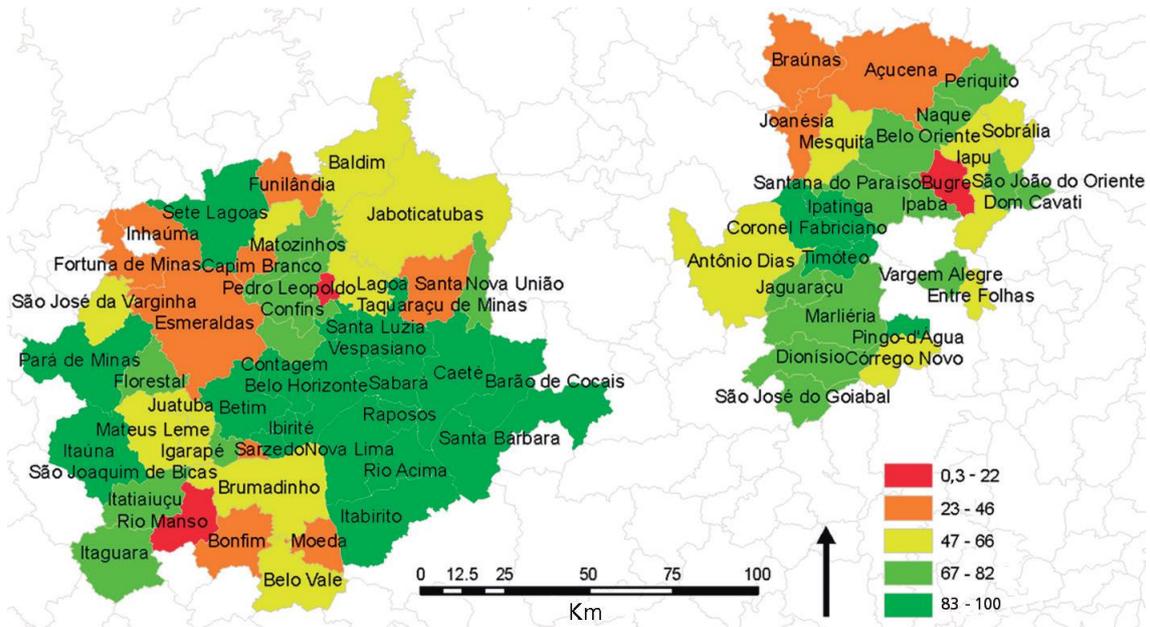


Figura 2. 8 – Cobertura de esgotamento sanitário via rede geral ou fossa séptica, por domicílios particulares permanentes –RM e colar metropolitano de Belo Horizonte – MG, em %, com base em dados do Censo de 2010 do IBGE segundo Krause *et al.*, 2013, adaptado).

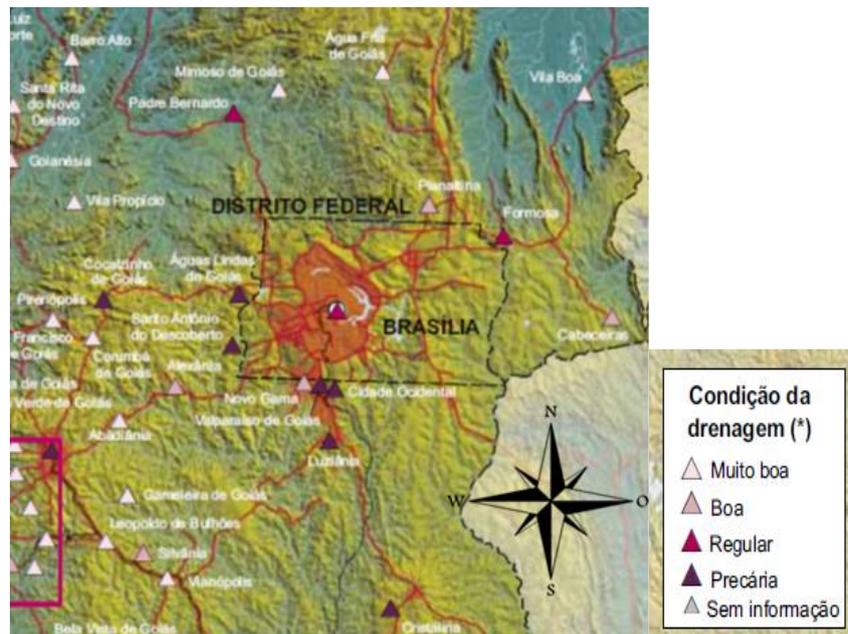


Figura 2.9 – Mapa da situação de drenagem em municípios do estado de Goiás (IBGE, 2011,Atlas de Saneamento, modificado)



Figura 2.10 – Mapa da situação de drenagem nos municípios de Minas Gerais – Cabeceira Grande, Buritis e Unai, integrantes da RIDE-DF (IBGE, Atlas de Saneamento, 2011, modificado).

Em geral, há maior frequência de sistemas unitários em municípios periféricos das regiões metropolitanas, o que significa que os esgotos sanitários não passam por tratamento e contribuem com a poluição dos corpos hídricos receptores.

Tucci (2007) avalia que "à medida que a cidade cresce e o poder público não investe no sistema, o esgoto sanitário de diferentes origens é conectado à rede pluvial".

Existem, também, preocupações com fontes localizadas de contaminação dos escoamentos pluviais, como é o caso de cemitérios localizados em meio urbano, produzindo necrochorume sem controle, conforme estudo de Santos *et al.* (2015).

A Figura 2.11 demonstra, esquematicamente, o sistema unitário norte-americano, projetado para funcionar como tal, e que prevê o tratamento dos fluxos durante todo o tempo, à exceção dos momentos de grandes deflúvios, chamados de "overflow", quando o excesso de escoamento segue direto aos meios receptores.

Esse sistema difere do brasileiro que, funciona como "unitário sem tratamento" todo o tempo, já que, no Brasil as redes de drenagem pluvial não se conectam às ETE's – Estações de Tratamento de Esgotos.

Dessa maneira, quer seja em decorrência da ausência de projeto, da falta de execução de redes, ou devido à grande quantidade de ligações de esgoto irregulares, de forma geral, no Brasil, os sistemas de drenagem têm seu funcionamento como sistemas unitários sem tratamento.

O sistema unitário é predominante em muitos países da Europa segundo Brombach (2002, *apud* Ahlman, 2006), em antigas partes dos EUA, de acordo com Burian *et al.* (2000, *apud* Ahlman, 2006) e no Japão, conforme Fujita (2002, *apud* Ahlman, 2006).

Na Suécia, Ahlman (2006) relata que aproximadamente 25% da população vivem em áreas com sistemas unitários, especialmente em partes antigas de grandes cidades como Estocolmo e que, desde a década de 1950, vêm sendo construídos sistemas separadores.

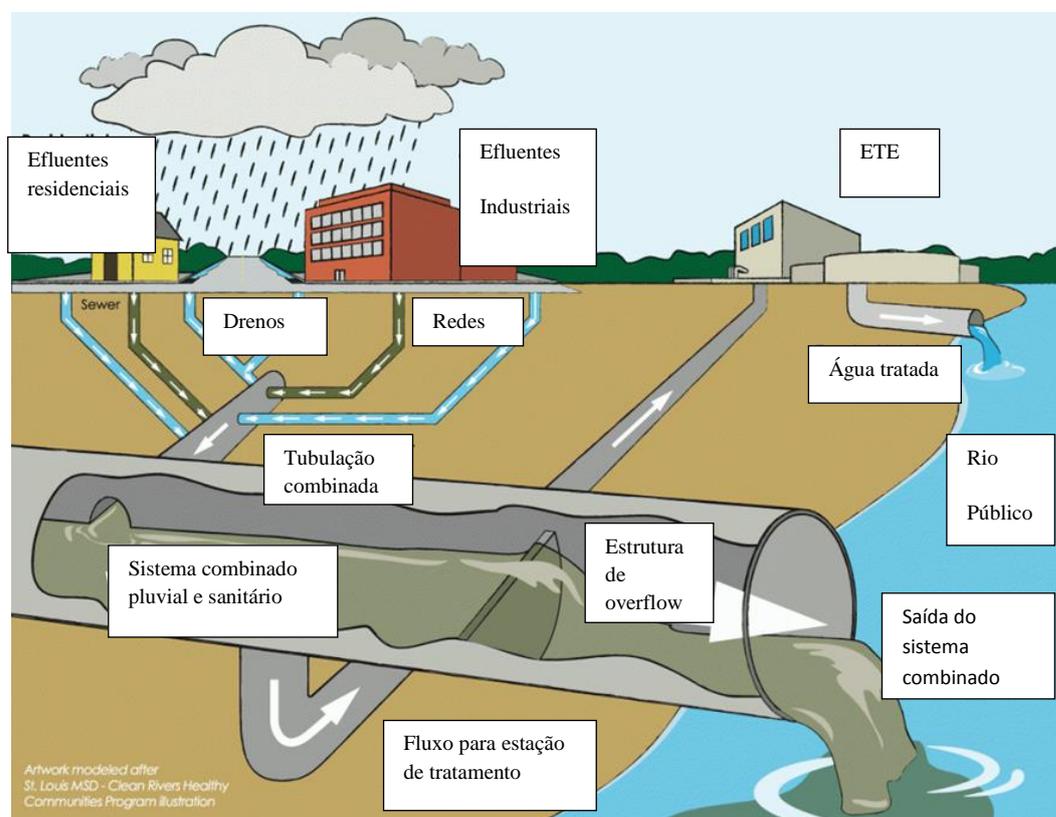


Figura 2.11- Extravasamento do sistema combinado de esgotamento de águas servidas e águas pluviais (adaptado de < <http://www.civicgardencenter.org/>>. Acesso em 01 de janeiro de 2015. What happens to our rain?, November 28, 2011 by Kylie Johnson).

Além disso, como ressaltam Campana *et al.* (2013), o planejamento dos sistemas de drenagem e controle de cheias é bastante complexo e encontra-se incipiente sendo o sistema de drenagem de águas pluviais o mais carente de informações, acarretando falhas nas políticas de repasse de verbas aos municípios.

As cheias ou enchentes diferenciam-se das inundações e de alagamentos, pois as primeiras diferentemente das duas últimas, são processos naturais que ocorrem de tempos em tempos, sendo função do aumento de vazão na calha do rio, podendo ou não extravasar ao leito maior, e à planície de inundação. A Figura 2.12 apresenta, de forma esquemática, esses fenômenos.

As inundações, muito conhecidas por sua repercussão em meio urbano, produzem grande impacto, quando a calha maior se encontra ocupada pela urbanização.

Já os alagamentos, que são fenômenos localizados, podem ocorrer em decorrência de mau funcionamento dos sistemas de drenagem, por exemplo, quando ocorrem entupimentos de tubulações, ou seja, podem ter ou não relação com processos de natureza fluvial ou pluvial.

Dessa forma, podem ocorrer: cheias sem inundações e sem alagamentos e, da mesma forma, podem ocorrer alagamentos sem cheias.

Finalmente, segundo Carvalho *et al.* (2007):

"Define-se enxurrada como o escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais. É comum a ocorrência de enxurradas ao longo de vias implantadas sobre antigos cursos d'água com alto gradiente hidráulico e em terrenos de grande declividade natural".

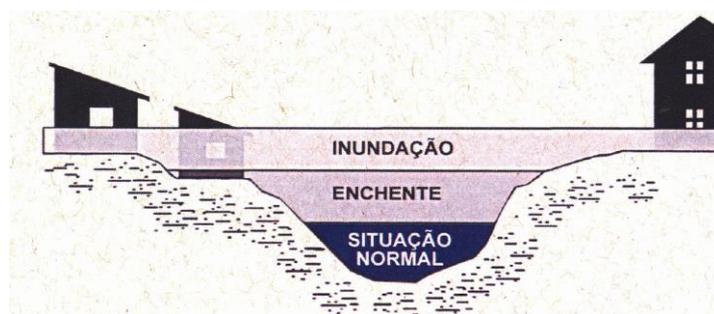


Figura 2.12 – Perfil esquemático do processo de cheia e inundação (Carvalho *et al.* 2007).

Apesar das barreiras legais e institucionais que os gestores públicos municipais encontram no caminho para as soluções dos problemas referentes ao saneamento, as soluções, muitas vezes, devem ser buscadas além do âmbito municipal, de forma a

procurar a redução das deseconomias de aglomeração associadas à gestão individualizada por parte dos municípios.

Dessa forma, os consórcios públicos e outros arranjos de gestão podem ser construídos conjuntamente a partir da esfera local para a regional por municípios, governos estaduais e a União. A partir de 2005, com a promulgação da Lei dos Consórcios Públicos – Lei 11.107 – são criadas disposições para que se contratem esses arranjos institucionais para a realização de objetivos de interesse comum dos entes federados.

Para a Lei nº 11.445/2007, conhecida como Lei Nacional de Saneamento Básico – LNSB, a gestão associada é definida em seu artigo 3º, II, como a "associação voluntária de entes federados, por convênio de cooperação ou consórcio público".

Essa mesma lei, em seu artigo 11, condiciona a validade dos contratos que tenham por objeto a prestação dos serviços de saneamento à existência de entidade de regulação e fiscalização.

A questão é, entretanto, polêmica e, segundo Silva (1999), "se no quadro de controle nacional e estadual dos sistemas já pairam enormes dúvidas quanto à possibilidade de se exercer uma regulação adequada sobre eles, confiar essa competência reguladora aos municípios significa entregá-los à própria sorte e à vontade dos fornecedores e grandes consumidores".

Uma das características da urbanização de interesse para o saneamento trata-se da sua dispersão no terreno, ou seja, da forma como se configura o crescimento das cidades, se concentrado ou disperso, e a instalação de suas redes de infraestruturas.

Sobre isso se expressou também Costa (2013): "Paradoxalmente, quanto mais espraiado se torna o processo de metropolização, mais recortada se torna a gestão em nível local, requerendo, portanto, múltiplos arranjos territoriais e institucionais no que se refere ao planejamento e à formulação de diretrizes regionais".

O custo diferenciado da terra entre centro e periferia das cidades e a opção pelo transporte sobre pneus, dentre outros, são fatores que favoreceram o espraiamento das cidades.

Miguez *et al.* (2016) consideram que: "[...]o advento do automóvel, modificou a morfologia urbana, permitindo o espalhamento das cidades, inclusive fora dos eixos

ferroviários[...]. Mascaró (1987) enfatiza que "O sistema atual de transporte gerou o que se pode chamar de uma violenta força centrífuga, que fez explodir as cidades [...] Mas tudo indica que esse movimento está chegando ao fim, pelo esgotamento dessa força. [...] A energia farta e barata está chegando ao fim e com isso tende-se a esgotar a força centrífuga".

Ressalta, ainda, Mascaró (1987) que "As cidades medievais eram geradas por uma força centrípeta (inversa da atual), formando-se assim cidades compactas [...]. A energia do petróleo e o automóvel foram os únicos sistemas, energético e de transporte, capazes de anular a força centrípeta e desenvolver a centrífuga".

De acordo com Santos (2012), do ponto de vista hidrológico, esse espraiamento geográfico resulta em sobrecarga aos sistemas de drenagem urbana, pois as novas áreas que se vão incorporando trazem incrementos de vazões por meio de aumento do escoamento superficial.

Essa questão remete ao problema da existência ou não de um dado "tamanho ótimo" dos sistemas urbanos de saneamento e de drenagem, especialmente em regiões metropolitanas. O impacto da maior dispersão no terreno sobre o custo das redes e demais equipamentos pode ser causa de inviabilização econômica ou técnica de determinadas alternativas.

Verifica-se, mediante consulta à Tabela 2.3 que pavimentação e drenagem correspondem a aproximadamente de 55 a 60% do custo total das redes de infraestrutura das cidades, conforme Mascaró (1987).

Tabela 2. 3 – Custo operacional de redes de infraestrutura urbana (Mascaró, 1987).

Rede	Participação no custo total de redes de infraestrutura	
	Cidades c/ menores densidades	Cidades c/ maiores densidades
Pavimentação	41,38 %	44,35 %
Drenagem pluvial	14,38 %	15,65 %
Abastecimento de água	03,93 %	03,50 %
Esgoto sanitário	17,10 %	19,73 %
Abastecimento de gás	09,09 %	08,79 %
Energia elétrica	13,16 %	06,81 %
Iluminação pública	00,96 %	01,17 %

Esses elevados percentuais indicam parte das razões pelas quais nem sempre existem executadas tais infraestruturas, particularmente as redes de drenagem pluvial subterrâneas, ocorrendo a drenagem de forma superficial, muitas vezes apenas com a utilização das vias como caminhos para o escoamento, o que pode acarretar erosões e assoreamentos.

Ainda, de acordo com Mascaró (1986), os custos por usuário servido pelas redes de infraestrutura são função da morfologia urbana, dependendo de seus traçados e das densidades de ocupação.

Com relação às densidades, esse autor demonstrou que sua influência é muito grande e para a média urbana brasileira, à época de seus estudos (75 habitantes por hectare), o custo das redes era de 2.500 dólares por família caindo, para áreas com densidade em torno de 500 habitantes por hectare, para menos de 500 dólares por família.

A discussão sobre a densidade ótima é bastante antiga variando de densidade ótima em torno de 250-450 habitantes por hectare (Ferrari, *apud* Nobre, 2011), até 450-540 habitantes por hectare (Mascaró, *apud* Nobre, 2011), sendo consideradas densidades altas 3.000 hab/ha, a exemplo do *Plan Voisin* – Paris, de 1932 (Le Corbusier, *apud* Nobre, 2011) e baixas, como 10 hab/ha, como no projeto da cidade de Broadacre – EUA, em 1934 (Frank Lloyd Wright, *apud* Nobre, 2011).

A densidade pode também variar em função da hora como se pode exemplificar pelo caso da Avenida Paulista em São Paulo que, às 7:00hs da manhã, apresenta 275 pessoas/ha e, às 14:00hs, atinge 830 pessoas/ha, segundo Nobre (2011).

Em São Paulo, com densidade média de 71 hab/ha, encontram-se, na área central, cerca de 400 hab/ha, enquanto que, em sua periferia, há aproximadamente 50 hab/ha. Situação semelhante ocorre na cidade de Campinas, que apresenta, em sua área central, 200 hab/ha, mas com 50 hab/ha na periferia e densidade média de 46 hab/ha.

A Tabela 2.4, a seguir, demonstra outros exemplos para a densidade residencial bruta, considerada como a relação entre a população residente e a área bruta ocupada por ela, sem descontar as vias, as áreas verdes de uso frequente, escolas e áreas comerciais, excluindo-se áreas verdes de uso esporádico como zoológicos, lagos, rios e usos industriais, como demonstra Nobre (2011).

=Tabela 2.4 – Densidade residencial bruta, segundo diversos autores, conforme Mascaró (1987).

Tipologia Urbana	Densidade Bruta	Fontes
Favelas do Rio de Janeiro	1000-1500 hab./ha	Del Rio, (1990)
Bairros verticalizados (SP)	300-400 hab./ha	Gunn, (1994)
Bairros horizontais populares (SP)	100-150 hab./ha	Gunn, (1994)
Bairros "tipo" Jardins (SP)	50-60 hab./ha	Gunn, (1994)

Para a cidade de Caracas, na Venezuela, estudos realizados pelo Banco Obrero, segundo Ferrari (1979, *apud* Nobre, 2011), concluíram que os custos da infraestrutura urbana se comportam como uma parábola com vértice no ponto de otimização, em torno de 1.000 hab/ha, conforma a Figura 2.13.

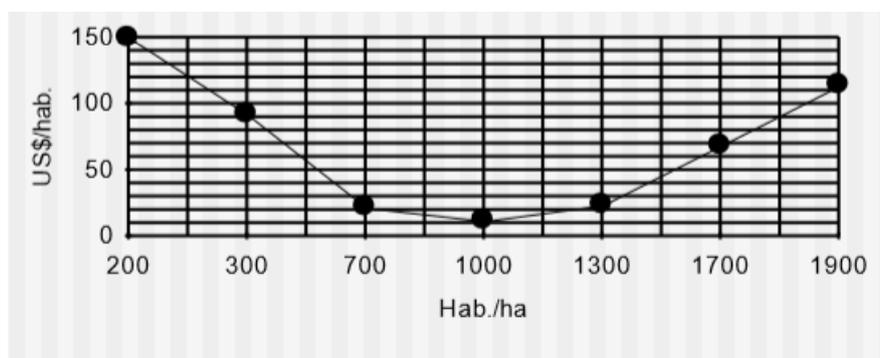


Figura 2.13 – Custo de infraestrutura x densidades (Ferrari, 1979, *apud* Nobre, 2011).

Acioly e Davidson (1998, *apud* Barros, 2014) classificam os projetos urbanos em função das densidades, conforme a Tabela 2.5 a seguir:

Tabela 2 5 - Classificação de densidades (Barros, 2011, adaptado).

Densidade	Habitantes/hectare (hab/ha)
Muito alta	600
Alta	400
Média	200
Baixa	100

A densidade e a morfologia urbana encontram-se interligadas, sendo a última resultante de características ambientais, como também das características culturais da população assentada e segundo Barros (2014): "*Entender como a densidade e a morfologia podem condicionar o espaço e ser condicionadas por ele deverá fazer parte da gestão urbana através das bacias hidrográficas.*"

Ainda que revestidas de grande importância para a análise da espacialização das ocupações urbanas, as densidades brutas e líquidas não são capazes de representar completamente o modo como as ocupações se organizam. A Figura 2.14 apresentada por Alves (2011, *apud* Barros, 2014) exemplifica a afirmativa: para uma mesma densidade habitacional (75 unidades habitacionais por hectare), o mesmo número de unidades habitacionais pode apresentar diversos arranjos no mesmo espaço urbano.

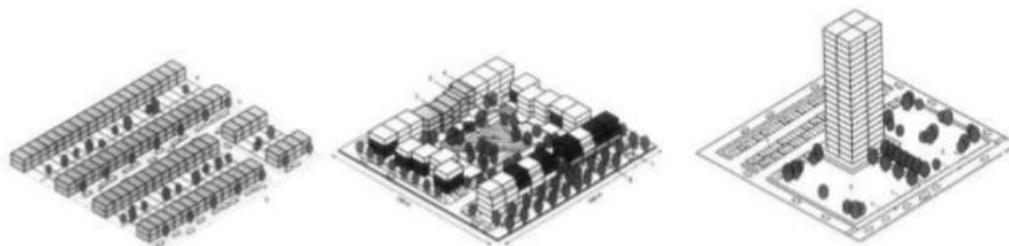


Figura 2. 14 – Três arranjos habitacionais para a mesma densidade (Alves, 2001, *apud* Barros, 2014).

Valores altos demais, ou muito baixos, como afirma Barros (2014), estão normalmente associados respectivamente a densidades insalubres ou ineficientes.

De acordo com Acioly e Davidson (1998, *apud* Barros, 2014), "*os níveis de densidade, a serem definidos durante o processo de planejamento urbano, devem ser economicamente eficientes, reforçar o desenvolvimento humano, sustentável e também serem culturalmente aceitáveis*".

O adequado planejamento do uso e ocupação do solo, feito previamente ao desenvolvimento e crescimento das manchas urbanas, suportado por legislações e instrumentos de ordenamento e fiscalização pode contribuir, significativamente, com a redução do custo dos sistemas, entre eles o de saneamento.

Para isso, o Estatuto da Cidade - que regulamentou os artigos 182 e 183 da Constituição Federal de 1988 – "estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental" (Brasil, 2001, Artigo 1º) e que exista um planejamento "da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do município e do território sob sua área de influência". (Brasil, 2002, artigo 2º, II).

Além do Estatuto, e dos Planos Diretores, os municípios têm sido incentivados a elaborar Planos Diretores de Drenagem Urbana que, em essência, objetivam planejar a distribuição da água pluvial no tempo e no espaço como pontuado por Marques (2006).

Segundo diversos autores, a exemplo de Tucci (2007), o problema de drenagem em meio urbano pode ser entendido como um problema de alocação de espaço para os volumes precipitados.

Os incentivos à elaboração desses Planos são explicitados, por exemplo, por meio de programas como o Programa 1138 - Drenagem urbana e controle de erosão marítima e fluvial do Ministério da Integração Nacional (Brasil, 2009), que, em seu manual para apresentação de propostas, sustenta que:

Ao requerer recursos da União para ações de melhoria do sistema de águas pluviais, o proponente deverá apresentar um plano de manejo de águas pluviais para o seu município, considerando a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão. Com esse procedimento, pretende-se assegurar que a ação proposta tenha sido planejada dentro do contexto das políticas públicas regionais, apresentando indicações de desenvolvimento territorial sustentável.

O mesmo documento (Brasil, 2009) do Ministério da Integração Nacional, sugere, entre as atividades a serem desenvolvidas para a elaboração do plano de manejo de águas pluviais, a confecção de manual de manejo das águas pluviais, que tem como função orientar profissionais da prefeitura, prestadores de serviço e empreendedores.

Dentre os critérios estabelecidos por esse manual devem constar: variáveis hidrológicas regionalizadas, elementos hidráulicos para o projeto de estruturas, critérios para o controle da qualidade da água pluvial, legislação e regulamentação associada e critérios para avaliação e controle dos impactos do desenvolvimento urbano sobre o sistema de drenagem.

Em seu Programa 2040 – Gestão de Riscos e Resposta a Desastres, o Ministério das Cidades traz, por meio de sua Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, na mesma direção, o Manual Para Apresentação de Propostas para Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável e de Manejo de Águas Pluviais na denominada Ação de Apoio a Sistemas

de Drenagem Urbana Sustentável e de Manejo de Águas Pluviais em Municípios com População Superior 50 mil Habitantes ou Integrantes de Regiões Metropolitanas ou RIDE's, recomendações para a seleção das alternativas mais adequadas a serem apresentadas para a obtenção de recursos pelos municípios junto ao Poder Público Federal.

Esse documento recomenda a elaboração, dentro dos princípios e objetivos dos Planos Diretores Municipais, de Programas Municipais de Manejo de Águas Pluviais que devem ser os instrumentos de planejamento para a implantação de medidas propostas, sendo fundamental para a obtenção dos recursos.

Ressalta, ainda, ser importante a divulgação e discussão com a sociedade do Plano Municipal de Manejo de Águas Pluviais, pois a aceitação pela comunidade das medidas propostas é fundamental para o sucesso do Plano, do qual devem fazer parte a organização de seminários, palestras e debates com intuito de divulgar trabalhos realizados e estimular a participação dos agentes envolvidos e interessados.

O plano municipal deve conter, conforme o documento, medidas emergenciais, metas e prioridades, propostas a serem incorporadas pelo Plano Diretor do Município e pela Lei de Zoneamento, propostas para a sua gestão, procedimentos de fiscalização das obras e aprovação de projetos, definição das fontes de recursos, etapas da implantação das medidas de controle, cronograma físico-financeiro, avaliação dos benefícios esperados para cada etapa e programas complementares de médio e longo prazo, como, por exemplo, cadastro da rede de drenagem, monitoramento, estudos necessários ao aperfeiçoamento do plano, manutenção, fiscalização, divulgação, interação com a comunidade e educação.

2.2 SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA

Drenagem é um fenômeno regional que não respeita fronteiras entre estados, municípios ou entre propriedades privadas, conforme observa o Manual de Drenagem Urbana de Denver, no Colorado (EUA, 2008).

Trata-se de assunto que requer soluções que envolvam a presença de atores públicos e privados, de acordo com suas respectivas responsabilidades legais, graus diferenciados de organização, capacidade econômica, e contribuições físicas e operacionais,

amplificadoras ou redutoras dos problemas, com foco nas soluções que interessem à coletividade.

Christofoletti (1981, *apud* Cunha, 2008) afirma que "As áreas urbanas, localizadas em bacias hidrográficas, podem ocupar de 5 a 10% de sua área sem causar grandes comprometimentos com as questões fluviais", ou seja, segundo o autor, ocupações acima dessas taxas podem provocar problemas aos canais urbanos.

"No que se refere à gestão de recursos hídricos no Brasil, os novos modelos de gerenciamento dos rios urbanos buscam soluções de drenagem urbana com enfoque integrado, procurando manter o curso d'água em seu leito natural, despoluindo suas águas e revitalizando seu entorno" conforme destacado por Bontempo *et al.* (2012).

Essa gestão das águas integrada (múltiplos usos), descentralizada (bacia hidrográfica como unidade de planejamento) e participativa (paridade entre os diferentes níveis do poder público e da sociedade civil) está presente na chamada Lei das Águas, lei número 9.433/1997.

No entanto, é preciso sempre lembrar que "Em relação aos outros melhoramentos urbanos, o sistema de drenagem tem uma particularidade: o escoamento das águas das tormentas sempre ocorrerá, independente de existir ou não sistema de drenagem adequado. A qualidade desse sistema é que determinará se os benefícios ou prejuízos à população serão maiores ou menores" (FCTH, PMSP, 1999, p.10).

A aferição dessa qualidade deve levar em conta que, diferentemente de outras infraestruturas, continuamente solicitadas, os sistemas de drenagem permanecem boa parte do tempo "à espera das chuvas" que, por sua vez, são fenômenos únicos, no sentido de que não se repetem da mesma forma, sendo, portanto, de difícil previsibilidade.

Adicionalmente, deve-se prestar atenção às idades e às condições físicas e operacionais dos sistemas urbanos de drenagem já que, como equipamentos e infraestruturas, esses sofrem obsolescência e desgaste, que também influenciam em seu desempenho. A obsolescência aqui referida pode ser tanto de concepção como de idade com o natural desgaste dos equipamentos.

Ao se juntar a isso tudo a permanente e variada intervenção do homem, peça central dos mecanismos urbanos, que modifica o tempo todo seu habitat, as cidades, chega-se ao desafio: avaliar hoje o desempenho dos sistemas de drenagem urbana e, ao mesmo tempo, em um exercício de futuro, conseguir prever o seu comportamento frente aos acontecimentos durante as próximas gerações, avaliando sua sustentabilidade econômico, financeira, operacional e ambiental.

Esse esforço requer a modificação do conceito existente hoje sobre esse sistema de infraestrutura: de passivo para ativo, de estático para dinâmico, no sentido de ser capaz de se adaptar e responder às alterações, nem sempre totalmente conhecidas, dentro de um contexto de busca cada vez maior por sustentabilidade e qualidade do meio ambiente urbano.

2.2.1 Panorama atual dos sistemas de drenagem no mundo

Para Azzout (1996), o saneamento pluvial, durante mais de um século e meio, foi baseado no conceito de "tout-à-l'égout", ou seja, tudo para o esgoto. As redes unitárias, e depois separadoras, foram desenvolvidas sempre com o objetivo de recolher as águas sanitárias e as pluviais encaminhando-as o mais rapidamente possível para os meios receptores.

Dessa maneira, dimensionadas com larga folga, funcionaram durante bom tempo, mas, posteriormente, em especial nas últimas décadas do século passado, esses sistemas têm demonstrado suas limitações e revelado suas fragilidades haja a vista a recorrência de fenômenos urbanos de inundações e eventos de poluição.

Responder a tais problemas recorrentes, por meio das soluções tradicionais, tem-se mostrado cada vez mais caro e tecnicamente complexo.

Posteriormente, houve a alteração dessa ideia, a partir do momento em que os engenheiros passaram a reconhecer que o custo dos sistemas, assim concebidos, tornava-se cada vez mais proibitivo conforme as bacias iam-se tornando mais urbanizadas. Foi, então, que ganhou força a ideia de se incluírem nos projetos de sistemas de drenagem a detenção e a retenção com infiltração das águas de chuva.

Paralelamente, reconhecia-se que a estabilidade, em termos de qualidade da água e manutenção geral do equilíbrio dos corpos receptores sofria reflexos deletérios da drenagem sem controle do meio urbano, conforme Urbonas (2000).

Na década de 1970, nos EUA, em Maryland, tornaram-se obrigatórias técnicas denominadas de BMP's, ou melhores práticas de gerenciamento dos sistemas de drenagem, incluindo a infiltração de águas das chuvas, de acordo com Urbonas (2000).

Esses conceitos têm evoluído e envolvem diversas ideias como: limitar os danos a jusante dos escoamentos, reduzir a erosão e o consequente assoreamento, evitar os reflexos sobre os corpos receptores e integrar a drenagem à paisagem das cidades.

Entre os técnicos, desde então, conforme Urbonas (2000), inicia-se também, a formação do consenso segundo o qual, sem colaboração e a participação de todos os envolvidos, em especial das comunidades, todas essas técnicas não seriam capazes de solucionar integralmente os desafios e de resolver os problemas não só de quantidade, como também de qualidade das águas de drenagem pluvial urbana.

Nessa perspectiva mais ampla, já ao final da década de 1960, precisamente em 6 de maio de 1968, o Conselho da Europa, por meio da Carta Europeia da Água, em um de seus doze princípios, já se pronunciava assim: "A gestão dos recursos hídricos deve inserir-se no âmbito da bacia hidrográfica natural e não no das fronteiras administrativas e políticas".

Considera-se que as melhores práticas de gestão devem ser vistas como medidas estruturais suplementares às boas práticas de manutenção dos sistemas e que um programa de medidas não estruturais deve, paralelamente, coexistir para que se obtenha sucesso. As melhores práticas de gestão não estruturais incluem uma variedade de ações institucionais e educacionais que visam a mudanças de comportamento.

Espera-se com essas alterações comportamentais produzir, como efeito, a redução da quantidade de lixo e sedimentos no sistema de drenagem.

Como já identificava Ide (1984, *apud* Neves, 2006), a falta de limpeza nas ruas é uma das principais fontes de sólidos na drenagem. Neves (2006) estima em $2,25 \text{ kg}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ a quantidade de lixo na drenagem em Porto Alegre, enquanto Tucci (2007)

estima uma quantidade variável entre 2 a 67 kg ha⁻¹ ano⁻¹ e Gava e Finotti (2012) verificaram experimentalmente 0,27 kg ha⁻¹ ano⁻¹ na bacia do rio do Meio em Florianópolis.

Na Austrália, em Melbourne, Allison *et al.* (1997 e 1998b, *apud* Neves, 2006) verificaram o valor de 6 kg ha⁻¹ ano⁻¹; em Auckland, Nova Zelândia, 2,76 kg ha⁻¹ ano⁻¹ foi o valor informado por Cornelius *et al.* (1994, *apud* Neves, 2006) e 48 kg ha⁻¹ ano⁻¹ por Armitage *et al.* (1998b, *apud* Neves, 2006) em Johannesburgo.

Tucci (2003) concluiu que, no desenvolvimento urbano, existem três estágios de produção de material sólido na drenagem urbana: inicial, intermediário e final.

O primeiro quando há implantação de loteamentos e o material predominante é caracterizado por sedimentos e por pequena produção de lixo; no segundo, com parte da população já residindo, há uma mescla entre lixo e sedimentos e, o terceiro, com a urbanização completa, quando há maior parte de lixo e a produção de sedimentos é pequena.

A título de exemplo, pode-se citar que se incluem na categoria de ações não estruturais: a coerção a conexões ilícitas de esgoto, a busca da prevenção e controle de vazamentos acidentais, os códigos de edificações e o zoneamento do uso do solo, contendo incentivos à adoção de boas práticas estruturais em novos projetos.

Na esteira desse processo de evolução do conceito de gestão dos sistemas de drenagem, surge a denominação de técnicas compensatórias que, segundo Baptista (2005), baseiam-se, essencialmente, na retenção e na infiltração das águas precipitadas.

Essas técnicas visam ao rearranjo temporal das vazões e à diminuição do volume escoado, refletindo-se em redução das inundações, da velocidade dos fluxos de água e na melhoria de qualidade das águas pluviais.

A origem da denominação associa-se à ideia da necessidade de se compensarem os efeitos da urbanização sobre os processos do ciclo hidrológico, já que é sabido o fenômeno de aumento do volume de escoamento superficial e da redução da infiltração

com a crescente impermeabilização dos terrenos à medida que avança a urbanização, dentro de determinada bacia hidrográfica.

A Figura 2.15, a seguir, apresenta graficamente a relação entre a densidade urbana e a área impermeabilizada, construída com dados de São Paulo, Porto Alegre e Curitiba, segundo Campana e Tucci (1994, *apud* Tucci, 2007).

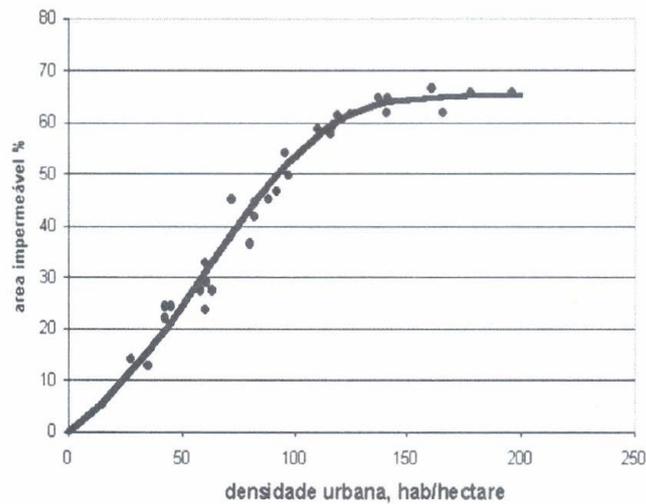


Figura 2.15 – Relação entre a área impermeável e densidade habitacional com dados de São Paulo, Porto Alegre e Curitiba (Campana e Tucci, 1994 *apud* Tucci 2003).

A Figura 2.16, a seguir, ilustra a relação entre as vazões depois e antes da urbanização em função dos percentuais de área urbanizada e de áreas com condutos de drenagem, onde se nota que as vazões depois da urbanização chegam a ser seis vezes maiores para o caso de áreas 100% urbanizadas com cerca de mais de 80% de áreas onde haja condutos, segundo Leopold (1965, *apud* Tucci, 2012).

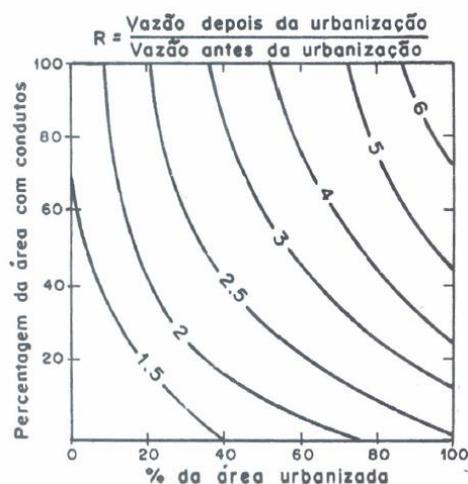


Figura 2.16 – Efeito da urbanização sobre as vazões máximas (Leopold, 1968, *apud* Tucci 2012).

As chamadas técnicas compensatórias são conhecidas também como "técnicas alternativas" em oposição às chamadas soluções clássicas porque as últimas, de acordo com Azzout (1996), são concentradoras dos fluxos, enquanto as primeiras desconcentram, procurando restituir os escoamentos aos terrenos que os produziram. As técnicas alternativas têm a bacia hidrográfica como terreno onde devem ser compensados os efeitos da urbanização.

Esses conceitos vêm evoluindo, tornando-se cada vez mais abrangentes e, atualmente, os objetivos dos sistemas de drenagem têm como meta a manutenção do ciclo hidrológico o mais próximo possível das condições existentes antes da urbanização e a busca por seu desempenho de forma a contribuir com a sustentabilidade, qualidade e resiliência do meio ambiente urbano.

Nessa linha, criaram-se os conceitos de "*Sustainable Urban Design Systems*", ou SUDS, "*Low Impact Development*" ou LID e "*Water Sensitive Urban Design*" ou WSUD, respectivamente, no Reino Unido, na América do Norte e na Austrália, de acordo com Baptista (2011) e Miguez *et al.* (2016).

A gestão integrada das águas urbanas, citada por Mitchell (2006), deve considerar, como componentes de um único sistema, a drenagem, o abastecimento e o esgotamento sanitário, em um mesmo terreno natural, a bacia hidrográfica, buscando relacioná-los entre si de forma a propiciar sustentabilidade às áreas urbanas.

Em Melbourne, na Austrália, vem-se praticando a gestão total do ciclo da água desde 2002, apoiada pela política, adotada em 2004, denominada *Total Watermark* e, em 2005, das diretrizes WSUD.

WSUD, segundo Miguez *et al.* (2016), "procura integrar as ciências sociais e físicas em uma proposição de gerenciamento holístico para águas urbanas [...] desde a escala do lote até a escala da bacia, envolvendo o desenho das edificações e da própria paisagem [...]".

A gestão total do ciclo da água é a gestão integrada de todos os componentes do ciclo hidrológico nas áreas urbanas e adjacentes, incluindo o consumo de água, as águas pluviais e servidas e as águas subterrâneas, de forma a assegurar um leque de benefícios para toda a bacia. A *Total Watermark* foi revista, em 2009, de forma a colocá-la dentro de um contexto que tem "a cidade como uma bacia", segundo Markpoulos *et al.* (2012).

As ações realizadas dentro desse programa resultaram, até àquele momento, na redução de 40% do consumo em parques, prédios públicos e residências e de 50% em edifícios comerciais.

A questão da avaliação do desempenho dos sistemas de drenagem urbana permanece desafiando os pesquisadores e alguns têm-se utilizado de novas ferramentas para análise do assunto como os modelos de metabolismo, que se utilizam da análise de fluxos de entrada, de saída e entre entrada e saída, de acordo com Venkatesh *et al.* (2014, *apud* Behzadian e Kapelan, 2015).

Conforme demonstram Kennedy *et al.*, (2007, *apud* Behzadian e Kapelan, 2015), o conceito de metabolismo dos sistemas urbanos ligados à água deriva do conceito de Metabolismo Urbano, como uma soma total de processos técnicos e socioeconômicos que ocorrem nas cidades, resultando em crescimento, produção de energia e eliminação de resíduos.

Relatam, também, Kennedy *et al.*, (2011, *apud* Behzadian e Kapelan, 2015) que a literatura demonstra a importância dos fluxos relativos à água em análises do Metabolismo Urbano. A água é um dos quatro componentes mais importantes desse metabolismo, junto com a energia, os materiais de construção e os alimentos.

O ciclo urbano da água pode influenciar materiais e energia no Metabolismo Urbano que, por sua vez, implica em uma variada gama de fluxos como, por exemplo, de água, de materiais, de químicos e de custos para que se forneçam os serviços relacionados à água e que, conseqüentemente, geram outros fluxos: de emissões de gases, de acidificação e de contaminações do ar e das águas, conforme Kennedy *et al.* (2011, *apud* Behzadian e Kapelan, 2015).

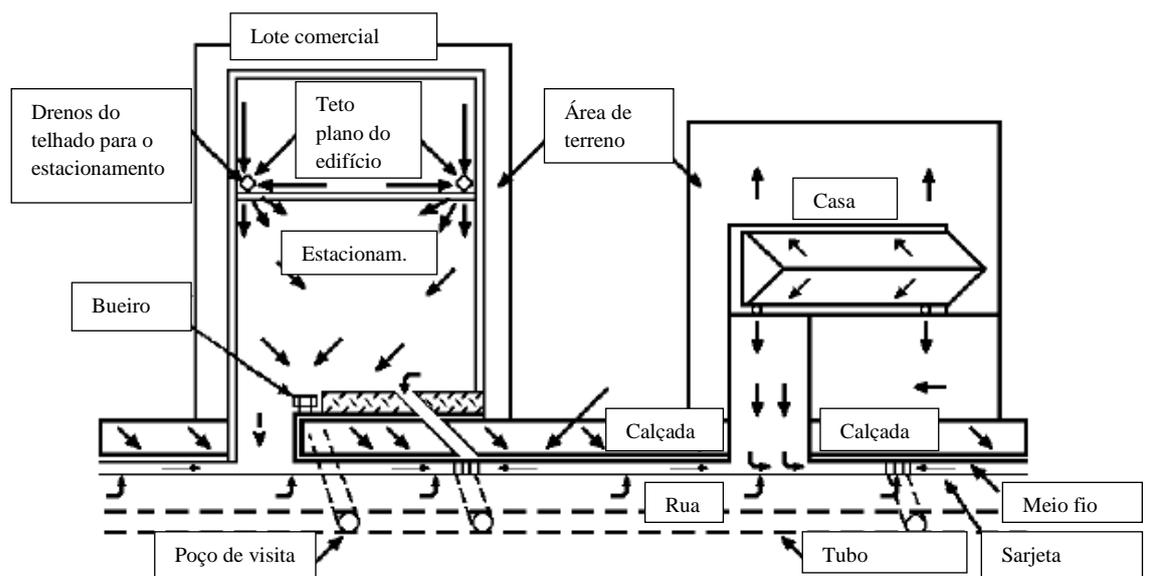
O metabolismo dos sistemas urbanos relativos à água sofre influência e impacta outros aspectos como o social, o econômico e o ambiental e a sua compreensão se torna importante, pois isso pode afetar a seleção de alternativas de intervenção, como a construção de novas infraestruturas ou, simplesmente, a definição de estratégias de operação das já existentes, como ressaltam Behzadian e Kapelan (2015).

Estudos com a aplicação de modelos, como o WaterMet², de análise de metabolismo, visando ao planejamento estratégico dos sistemas urbanos relativos às águas, têm sido realizados com o uso de indicadores e a aplicação de métodos multicritério, como o *Compromise Programing*, permitindo a classificação das diversas alternativas de intervenção em contextos de longo prazo (30 anos). Até agora, no entanto, como concluíram Behzadian e Kapelan (2015), apenas tem sido úteis como forma de demonstrar a metodologia e seu potencial.

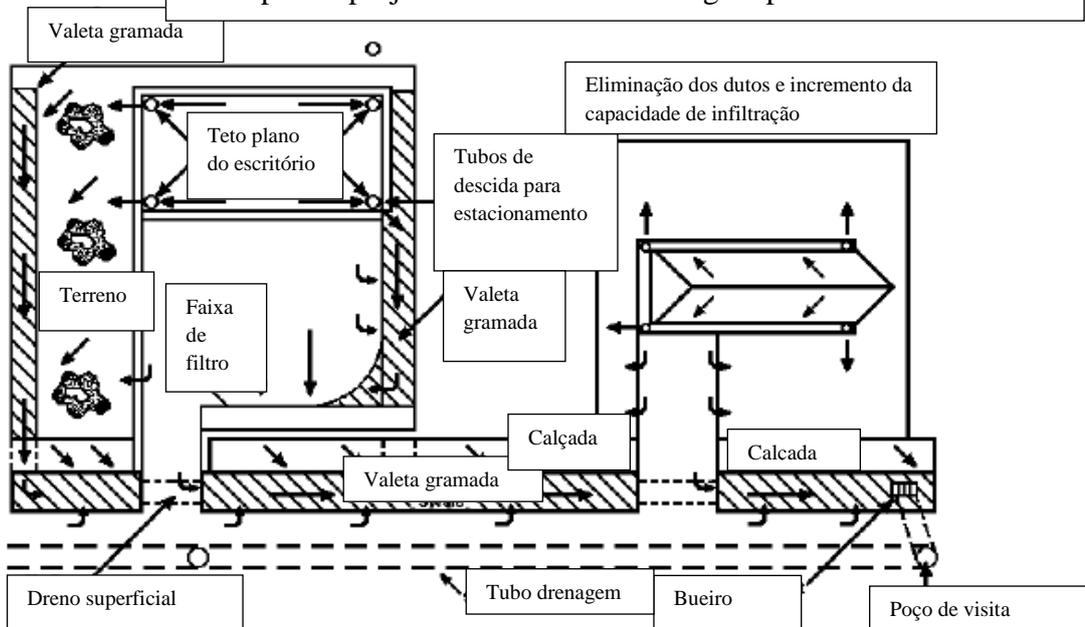
A Figura 2.17, a seguir, ilustra a comparação, para um mesmo local, de um projeto que se utiliza de técnicas tradicionais e outro que se utiliza do conceito de técnicas compensatórias de projeto, com os quatro objetivos do gerenciamento de qualidade das águas pluviais: i) prevenção, ii) controle na fonte, iii) tratamento e iv) redução localizada de volumes, controle e/ou tratamento geral.

A Figura 2.18, por seu turno, apresenta diagrama esquemático de aplicação das melhores práticas de drenagem em série, para a minimização dos impactos na qualidade das águas de escoamento.

No Brasil, o Ministério das Cidades, por meio de sua Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, tem procurado incentivar a apresentação de propostas para sistemas de drenagem urbana sustentável e de manejo de águas pluviais, conforme os princípios apresentados no já citado manual específico para esse fim (Brasil, 2012).



Exemplo de projeto tradicional de drenagem para um lote comercial



Exemplo para o mesmo lote do desenho anterior, mas com projeto de áreas permeáveis, de forma a minimizar a conexão direta das áreas impermeáveis ao sistema de drenagem.

Figura 2.17 – Comparação, para o mesmo local, de um projeto tradicional e outro com aplicação de melhores práticas de gestão – BMP (UD&FCD 1992, adaptado).

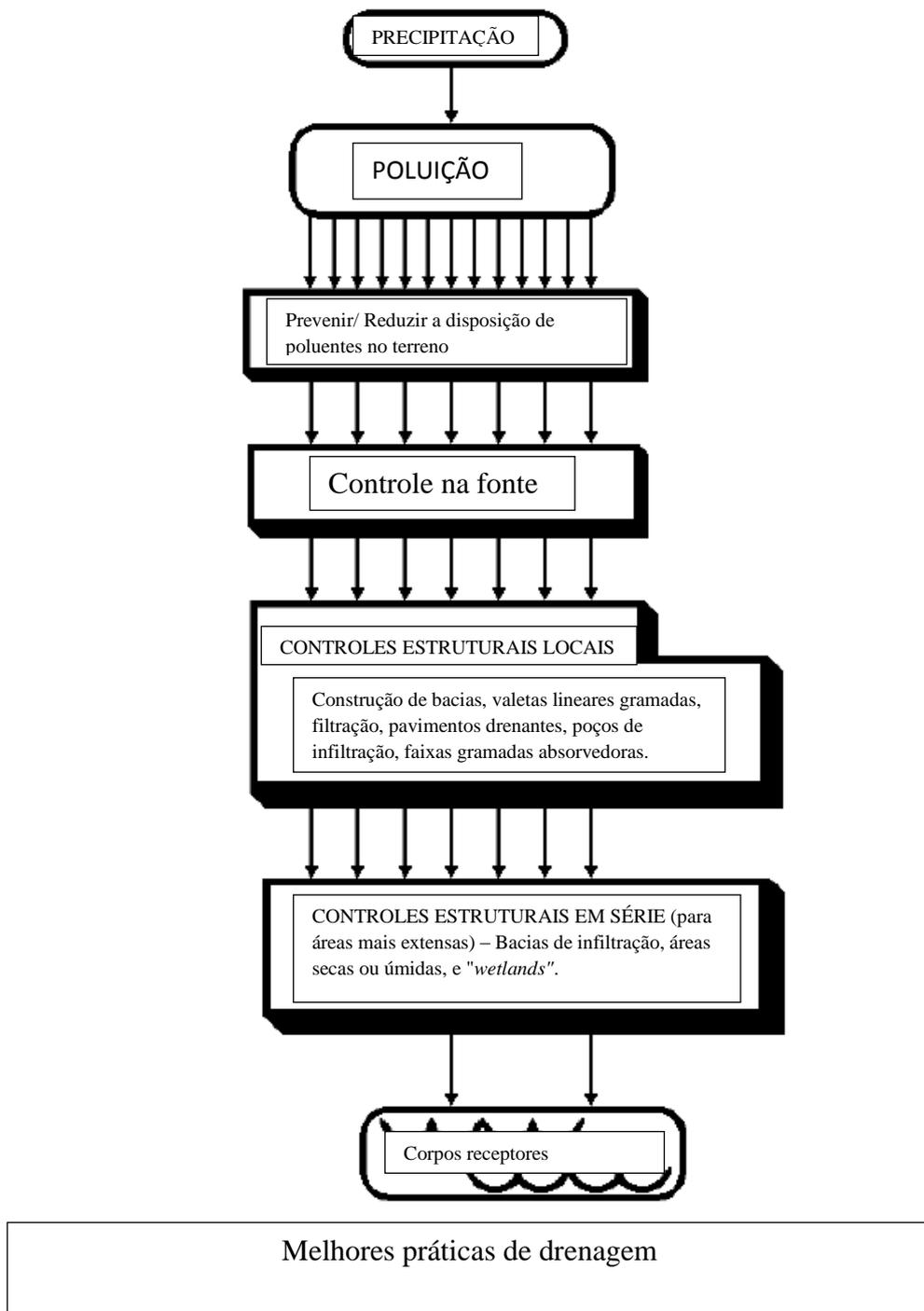


Figura 2.18 – Diagrama esquemático de aplicação das melhores práticas de drenagem em série para a minimização dos impactos na qualidade das águas de escoamentos (UD&FCD 1992, adaptado).

2.2.2 Sistemas de drenagem - situação no Brasil

As Pesquisas de Saneamento, realizadas pelo IBGE, em 2000 e em 2008, podem ser consideradas como um dos conjuntos de dados mais importantes disponíveis para que se tenha, de forma ampla, um retrato da situação dos sistemas de saneamento brasileiro e, de forma mais particular, dos sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais, produzidos e disponibilizados à sociedade (IBGE, 2000 e 2008).

A partir dos dados revelados, pode-se concluir que, apesar de se considerar que o sistema de esgotamento sanitário adotado no país é do tipo separador absoluto, ou seja, redes de drenagem de águas pluviais independentes de redes de drenagem de águas residuais ou, como são mais conhecidas, redes de esgoto, a realidade é diferente.

Os números apontam que existe ainda um grande percentual (15% em 2000 e 12% em 2008) de cidades com redes em sistema único, que coletam os dois tipos de águas residuárias, ou seja, de chuva e sanitárias ao mesmo tempo, além de municípios com sistema misto (parte do município em sistema separador absoluto e parte em sistema único).

Essa redução percentual, entre 2000 e 2008, deve-se a dois fatores: a diminuição do número de municípios que declararam optar pelo sistema único (de 671 para 635) e ao aumento dos municípios que declararam ter sistemas de drenagem (de 4327 para 5256) conforme Tabela 2.6 e Figura 2.19.

Tabela 2 6 – Quantidade de sistemas por tipo de drenagem (PNSB – IBGE – 2000 e 2008).

Total de Municípios (a)		Municípios c/ sistema de drenagem (b)		Municípios c/ drenagem subterrânea (c)		Municípios c/ subterrânea e sistema separador (d)		Municípios c/ subterrânea e sistema único (e)=(c-d)	
2000	2008	2000	2008	2000	2008	2000	2008	2000	2008
5507	5564	4327	5256	3690	4019	3019	3384	671*	635*
		79%	94,5%	85%	76%	82%	84%	15%	12%
		(b/a)	(b/a)	(c/b)	(c/b)	(d/c)	(c/d)	(e/b)	(e/b)

* Os números divergem dos informados pelo IBGE (806), pois existem municípios onde provavelmente o sistema é misto (3% em 2000 e 4% em 2008), podendo ter sido contabilizados duplamente.

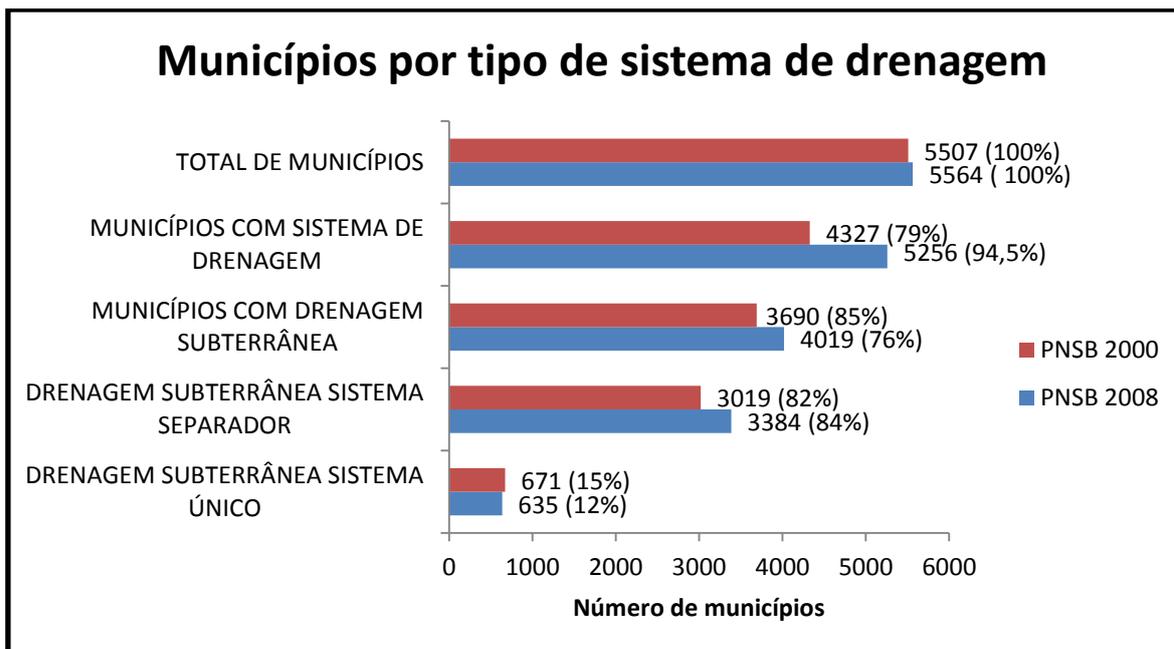


Figura 2.19 – Distribuição dos municípios por tipo de sistema de drenagem de acordo com a PNSB – Pesquisa nacional de Saneamento Básico – IBGE – 2000-2008.

No entanto, ao se levar em conta que existem inúmeras situações onde os sistemas projetados para funcionarem como separadores, em realidade, passam a funcionar como sistema único, seja em razão de infiltrações ou mesmo de ligações clandestinas, acredita-se que esses percentuais possam não retratar perfeitamente a realidade.

As ocorrências citadas se traduzem em perda de qualidade e desempenho desses sistemas como, por exemplo, quando o sistema é separador, ao veicular um volume não previsto em projeto, de água pluvial para a rede de esgotos, poderá sobrecarregá-la e, quando existentes, também sobrecarregar as estações de tratamento de esgotos – ETE's.

Analogamente, quando a rede de águas pluviais, em sendo o sistema separador, recebe águas residuais, há produção de maus odores, além de comprometimento da qualidade dos corpos hídricos receptores, pois como foi modificada a carga inicialmente prevista em projeto, ocorrem impactos negativos imprevistos.

Em números absolutos, a pesquisa revela que, do total de municípios pesquisados, 4327 (79,0%) em 2000 e 5256 (94,5%) em 2008 dispunham de sistemas de drenagem como mostra a Figura 2.19.

Deve-se perceber que do total de municípios com sistemas de drenagem, encontra-se uma parcela em que o sistema de drenagem é apenas superficial, sendo 637 (11,5% do

total de municípios e 14,7% daqueles com sistemas de drenagem) em 2000 e 1237 (22,2% do total de municípios ou 23,5% daqueles com sistemas de drenagem) em 2008.

O recurso a dispositivos de detenção ou amortecimento tem aumentado no País. A opção por essa alternativa que, de acordo com Sperling *et al.* (1998), "foi uma das primeiras soluções compensatórias utilizadas no Brasil, anterior até mesmo ao surgimento da ideia de técnicas alternativas", tem como impulsionadores, em parte, a visão predominantemente hidráulica e quantitativa das soluções, associada às dificuldades de remodelação de redes obsoletas e de falta de espaço disponível para sua ampliação.

Por ser um tipo de infraestrutura urbana dispendiosa, especialmente quando se comparam seus custos com a pequena frequência de sua utilização, ainda que se entenda não ser esse o cálculo mais adequado, há tendência de se buscarem múltiplos usos para ela.

Dessa forma, em relação às bacias de detenção, Welsh (1989, *apud* Bernardes *et al.* 2007) identifica quatro fases da evolução de sua utilização, como demonstram Bernardes *et al.* (2007), na Figura 2.20 a seguir.

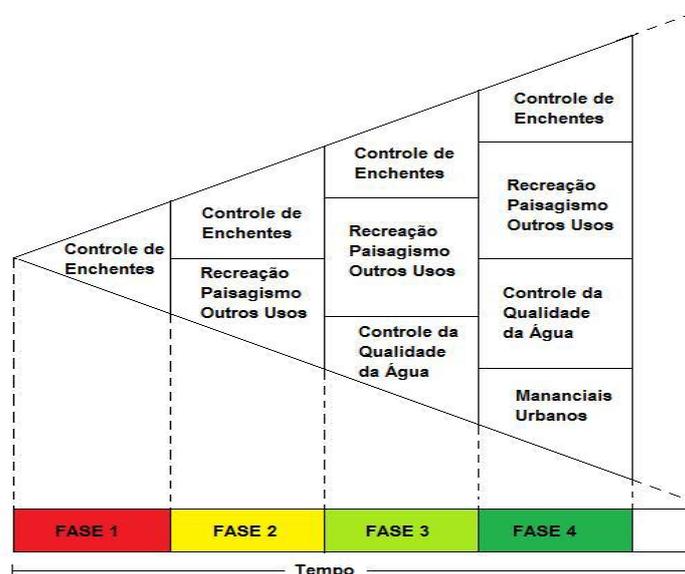


Figura 2.20 – Evolução da utilização das bacias de detenção em áreas urbanas (Bernardes *et al.*, 2007).

Em nosso país, no entanto, essa solução tem sido projetada com enfoque principal na solução dos problemas quantitativos, de volumes de água de escoamento das chuvas,

restando, assim, pouco resolvidos os aspectos qualitativos, de saneamento dessas águas e de seus locais de armazenamento.

Sobre isso, Bernardes *et al.* (2007) realizando estudos em bacias de retenção seca e alagada no Distrito Federal, concluíram que " [...] há indícios claros da contribuição dessas estruturas na melhoria da qualidade do escoamento pluvial." Ao observarem a bacia de retenção alagada comprovaram ainda certa dificuldade de avaliar a qualidade da água de drenagem urbana devido à existência de conexões irregulares de esgoto à rede de drenagem de águas pluviais

Segundo Miguez (2016), em depoimento recente sobre bacias de retenção e retenção: " [...] exigem um plano de manutenção rigoroso, com respostas imediatas pós-inundação já que a população pode ter contato com áreas sujas quando localizadas em áreas públicas de lazer".

De acordo com Canholi (2016): "as inspeções de manutenção devem ser feitas após cada período de cheia, já com a definição das medidas indicadas para correções, que deverão ser feitas antes do próximo período chuvoso".

Tomaz (2016) afirma, sobre as custosas etapas de operação e manutenção dos "piscinões", como são popularmente chamados os reservatórios de retenção e retenção, que podem custar aproximadamente 10% do custo total da obra, incluindo iluminação, prevenção contra infestação de ratos, segurança, limpeza periódica para remoção e destinação de detritos para aterros sanitários e custo de energia elétrica.

Embora a pesquisa aponte que é crescente o número de reservatórios de retenção ou amortecimento, o dado merece reflexão e análise devido ao expressivo número de municípios com inundações, 1235 ou 22,5% do total de municípios em 2000 e 2274 (40,9% do total de municípios) em 2008 e, talvez isso se deva ao custo dessa solução, excludente dos pequenos municípios.

Além disso, com relação aos demais aspectos, especialmente devido à grande carga de poluição das águas superficiais urbanas, da grande quantidade de sedimentos e do lixo urbano presentes em nossas cidades, deve ser a última alternativa a ser considerada, pois, como afirma Santos (2012): "[...], em que pese a sua lógica hidráulica, os piscinões comportam-se como um despropositado atentado sanitário, urbanístico e ambiental."

Pela PNSB, dos municípios que contavam com sistemas de drenagem, existiam dispositivos de detenção ou amortecimento em 353 (8,2%), em 2000 e 665 (12,6%) em 2008, caracterizando-se como uma das alternativas compensatórias que mais tem crescido. A pesquisa PNSB de 2000 associa números de município com número de bacias de detenção e amortecimento presentes, conforme Figura 2.21 e Tabela 2.7.

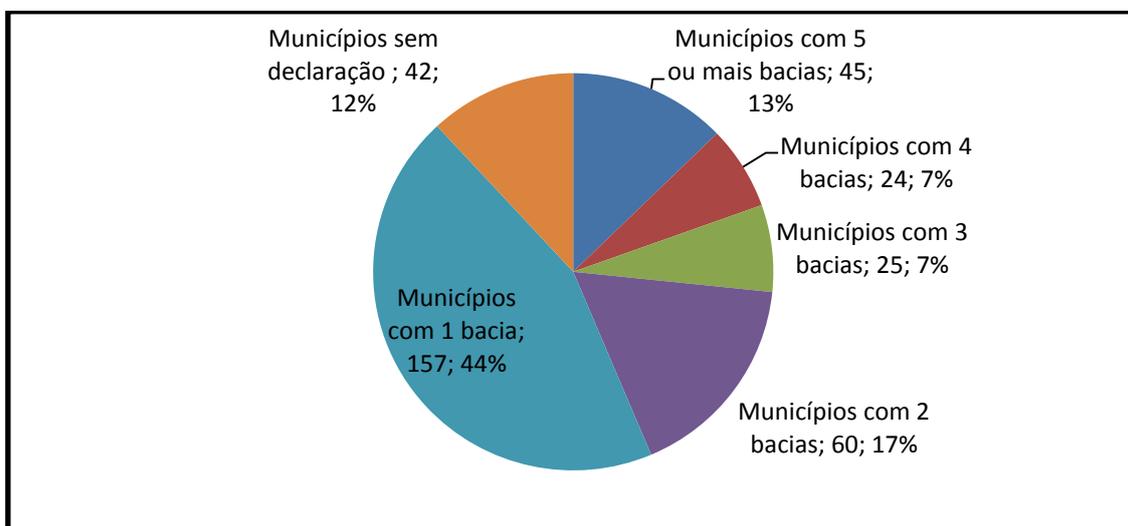


Figura 2.21 – Bacias de detenção/ amortecimento por municípios de acordo com a PNSB 2000.

Tabela 2.7 – Distribuição de bacias (detenção/ amortecimento) em municípios, de acordo com a PNSB -2000.

Número de bacias (a)	Quantidade de municípios (b)	Número total de bacias (a x b)	% do total de bacias	% Acumulada do total de bacias	% Do total de 353 municípios excluídos os 42 sem declaração	% Acumulada de municípios excluídos os sem declaração
5 ou mais	45	225	33,4%	33,4%	14,5%	14,5%
4 bacias	24	96	14,2%	47,6%	7,7%	22,2%
3 bacias	25	75	11,1%	58,7%	8,0%	30,2%
2 bacias	60	120	17,8%	76,5%	19,3%	49,5%
1 bacia	157	157	23,3%	99,8%	50,5%	100%
S/declaração	42					
Totais	353	673				

Por outro lado, a distribuição mostra que, do universo de municípios que optaram pela solução de bacias de detenção e amortecimento (353), após a exclusão daqueles 42 que não declararam a quantidade de bacias, restam 311, dos quais 94 (45+24+25)

municípios, ou cerca de 30%, concentram a maioria das bacias, ou seja, 396 (225+96+75), o que corresponde a quase 60% do total de bacias, conforme Tabela 2.7.

No Sudeste, região que apresenta o maior número de municípios com esse tipo de solução, a concentração se dá em poucos municípios e regiões metropolitanas como se procura mostrar por meio da Tabela 2.8. A Tabela 2.8 mostra nas colunas (f) e (g) que: para Minas Gerais 62% das bacias encontram-se em 1,4% dos municípios, Espírito Santo 80% estão em 2,6% dos municípios e no Rio de Janeiro e São Paulo 54% e 51% delas correspondem respectivamente a 6,6% e 3,0 % dos municípios.

Há de se avaliarem, de forma mais acurada, os motivos para tamanha concentração, sabendo-se que não se trata de solução barata ou de fácil execução, além de requerer grandes espaços, vultosos recursos de manutenção ao longo de toda a vida útil do equipamento e gestão realizada por pessoal qualificado.

Tabela 2.8 – Concentração de dispositivos de detenção e amortecimento.

Estado (a)	Total de Municípios (b)	Municípios c/ detenções (c)	% de municípios c/ detenções (d=c/b)	Número de detenções (e)	Nº de municípios c/ mais detenções; {[nº de detenções / (e)*100 = %]} (f)	nº municípios c/ mais detenções/ (b) x 100 (g)
Minas Gerais	853	44	5%	58	12; {[36/(e)x100]=62% }	1,4%
Espírito Santo	77	4	5%	5	2; {[4/(e)] x100=80% }	2,6%
Rio de Janeiro	91	12	13%	26	6; {[14/(e)] x100=54% }	6,6%
São Paulo	645	91	14%	171	19; {[88/(e)]x100=51% }	3,0%

Isso não deve, no entanto, excluir o seu uso aonde a análise mostre a inviabilidade de outras soluções, ou permita a sua combinação a outras técnicas, possibilitando, por exemplo, redução de seu volume, minimizando custos e outros inconvenientes.

A Figura 2.22, a seguir, apresenta as informações sobre o número de municípios com reservatórios de detenção e amortecimento e o número de municípios que apresentam inundações e alagamentos sendo a proporção de cerca de 3,4:1 entre os primeiros e os últimos, ou seja, para cada 3,4 municípios com inundações um optou pela solução.

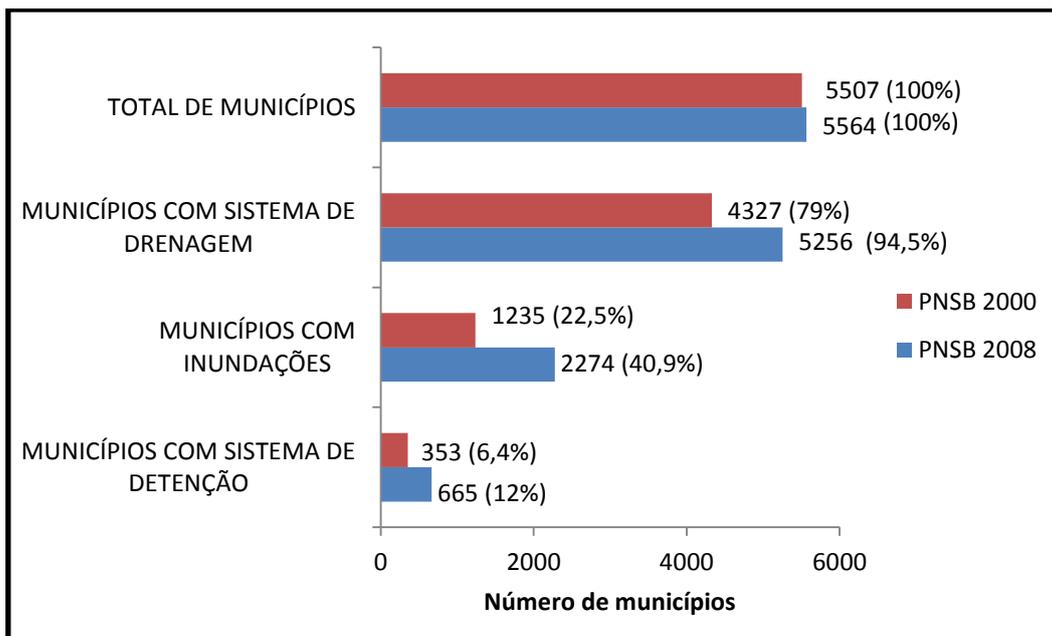


Figura 2.22 – Municípios com sistema de drenagem, com inundações e com reservatórios de retenção e amortecimento.

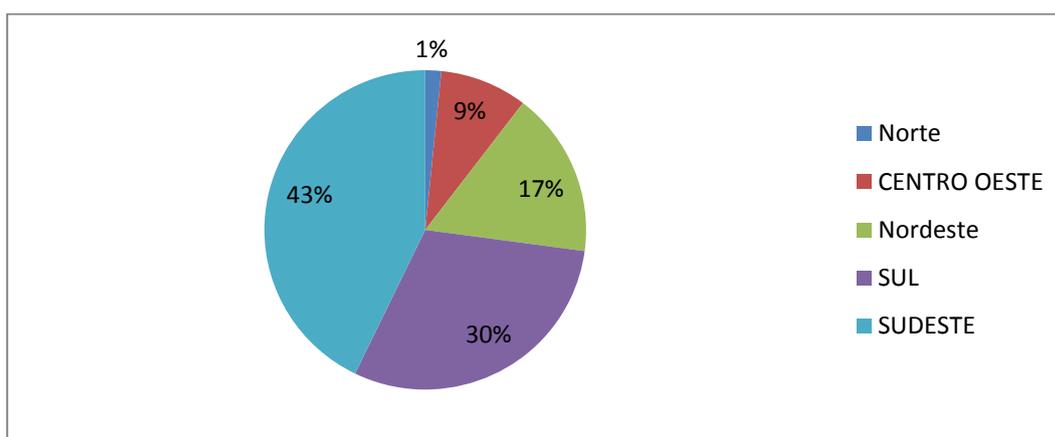


Figura 2.23 – Distribuição dos reservatórios de retenção por região até o ano de 2000 segundo a PNSB.

Ainda que exista um grande número de municípios optantes pela solução, com distribuição por região conforme a Figura 2.23, nota-se sua concentração em três estados, São Paulo (153), Paraná (127) e Minas Gerais (94), totalizando 374 municípios (56%) do total de 665 municípios, em todo o Brasil, que optaram pela solução por meio de dispositivo coletivo de retenção ou amortecimento em 2008, conforme se demonstra na Figura 2.24.

Esse percentual está próximo do apresentado em 2000 (59,5%), ou seja, 210 municípios do total de 353 municípios que se utilizaram dessa alternativa sendo: São Paulo (91), Paraná (75) e Minas Gerais (44) os estados que contribuíram para esse número, com a distribuição desse universo apresentada na Figura 2.24.

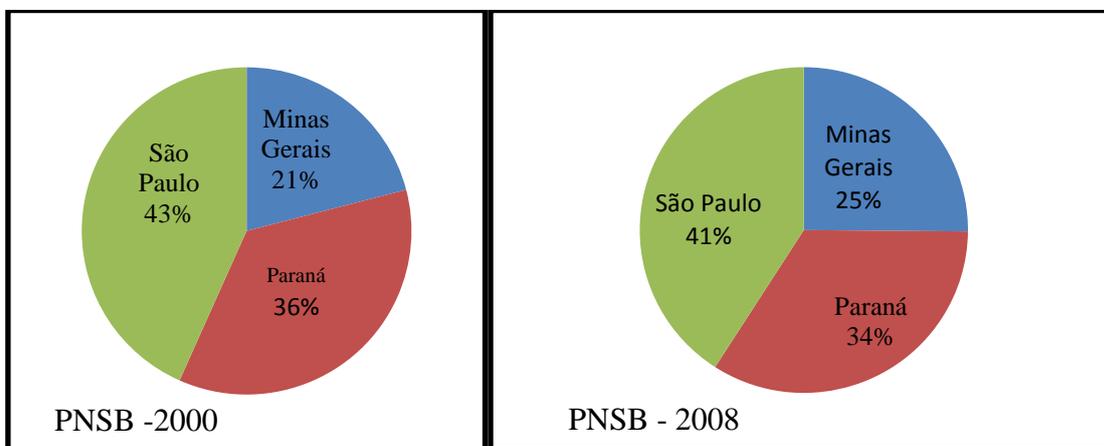


Figura 2.24 – Distribuição percentual da maioria dos reservatórios de detenção (59,5% e 56,2%), por Estado, dos municípios (6,4% e 12,0%) que optaram pela solução de amortecimento e detenção até, respectivamente, os anos de 2000 e 2008.

Um fator a ser considerado diz respeito ao fato de que ainda que os reservatórios de detenção demandem volume considerável de recursos e espaço, esses podem ser localizados pontualmente enquanto que a ampliação física das redes é considerada mais complexa por ser distribuída e muitas vezes de custo mais elevado, especialmente em áreas com elevado grau de urbanização.

Em 2000, conforme Figura 2.26, as erosões que afetam os sistemas de drenagem existiam em 1.101 municípios, ou seja, 20% do total de municípios participantes da pesquisa (5.507), e 25% daqueles que possuem sistemas declarados de drenagem (4.327). Em 2008, erosões ocorriam em 1.434 municípios, significando 26% daqueles abrangidos pela pesquisa e 27% dos 5.256 municípios, onde havia sistemas de drenagem.

As razões principais apontadas para essas erosões em 2000 foram: as condições morfológicas e geológicas características dos processos erosivos (49%), a ocupação intensa e desordenada (42%), sistema inadequado de drenagem (41%) e desmatamento (37%).

Em 2008, essas razões foram: sistema inadequado de drenagem (48%), condições morfológicas e geológicas (48%), ocupação desordenada e intensa (46%), desmatamento (40%) e lançamento inadequado de resíduos sólidos (37,5%).

As Figuras 2.25 e 2.26, a seguir, apresentam, de forma gráfica, para melhor visualização, respectivamente, os dados referentes aos principais tipos de erosões e fatores agravantes, relatados na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB - em 2000 e 2008.

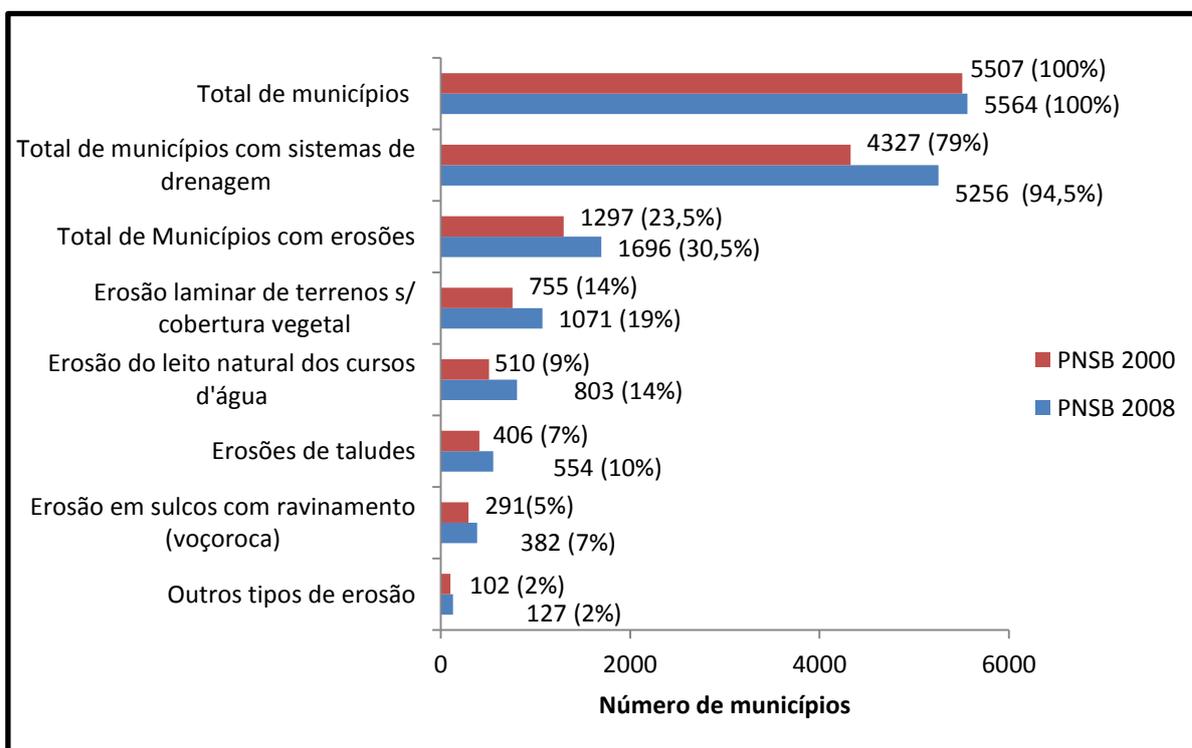


Figura 2.25 – Municípios com erosões por tipos principais de erosões.

Foram ainda declarados na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico problemas de assoreamento das redes de drenagem em 41% dos 4.327 municípios com drenagem em 2000 e 39,5% dos 5.256 em 2008, fato que sugere a existência de erosões a montante, ou pouca manutenção, ou concepção equivocada dos sistemas, como observado por Rezende e Heller (2008).

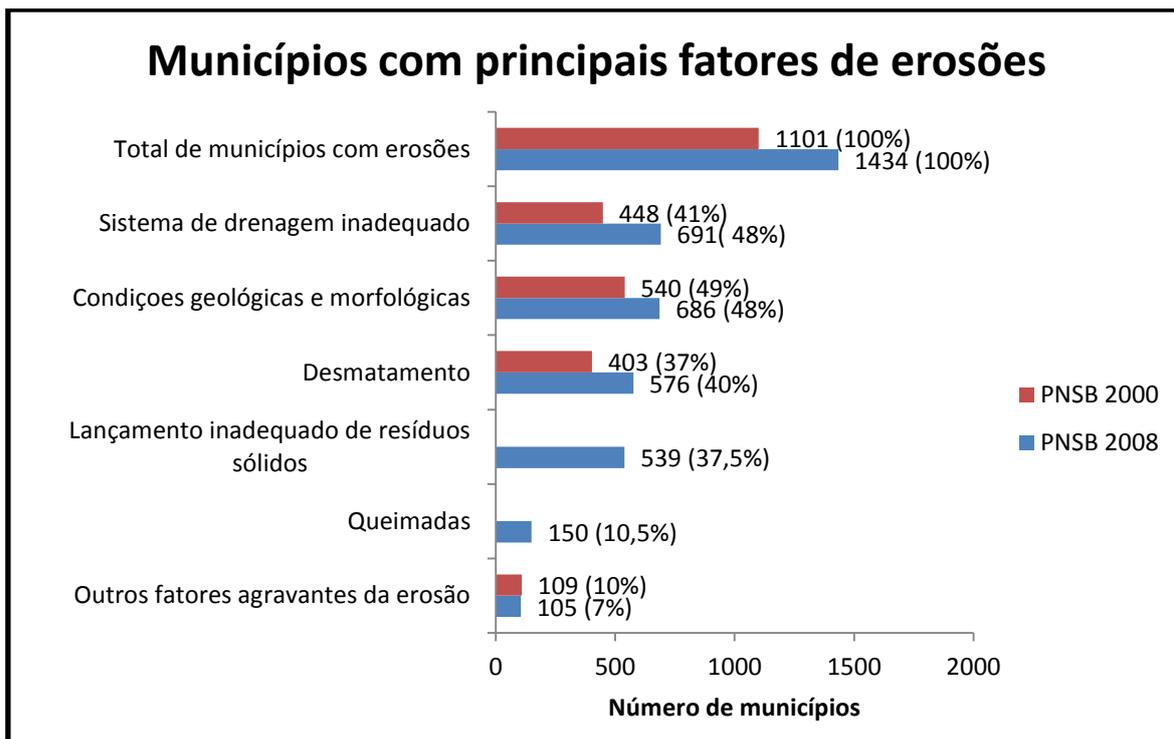


Figura 2.26 – Municípios com principais fatores agravantes de erosões.

Com relação às atividades de manutenção, em 2000, 3.856 municípios (89%) dos integrantes do grupo que declara ter sistemas de drenagem (4.327) disseram fazer manutenção, sendo as tarefas mais usuais: limpeza e desobstrução de dispositivos de captação (como bueiros e bocas de lobo), com 2.472 (64 %); limpeza e desobstrução de galerias, com 2.200 (57%), e dragagem e limpeza de canais, com 1.291 (33,5 %).

Em 2008, a manutenção foi declarada existente em 4.511 municípios, ou seja, 81% do total de municípios (5.564) participantes da pesquisa e 86% do grupo que contava com sistemas de drenagem urbana (5.256), sendo os percentuais relativos de municípios com sistema de manutenção, relacionados por principais tarefas: limpeza e desobstrução de dispositivos de captação, com 3.198 (71%), limpeza e desobstrução de galerias, com 2.356 (52%), e dragagem e limpeza de canais 1.495 (33%).

Como tarefa de manutenção urbana de interesse para o assunto, a varrição e a limpeza de ruas apresentaram os seguintes percentuais, quando referenciados ao número de municípios com sistemas de manutenção respectivamente para os dois momentos da pesquisa: 3.341 (86,6%) em 2000 e 4.179 (92,6%) em 2008.

As informações sobre atividades principais de limpeza e manutenção desenvolvidas pelos municípios e relatadas durante as pesquisas realizadas pelo IBGE em 2000 e 2008 são ilustradas na Figura 2.27.

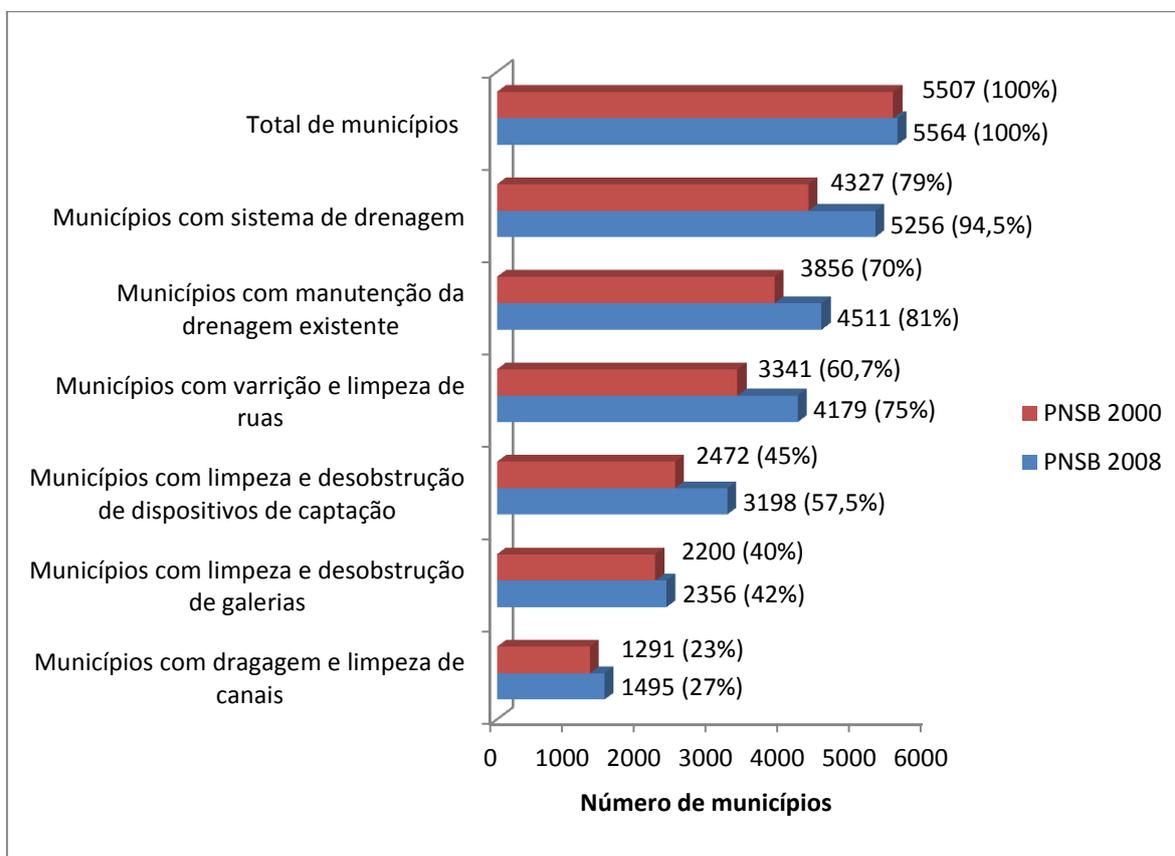


Figura 2.27 – Principais atividades de limpeza e manutenção desenvolvidas pelos municípios.

Com referência ao tema de inundações e alagamentos, a pesquisa IBGE (2000) apontou que 1.235 (22,5%) do total de municípios (5.507) tiveram problemas de inundações e, aproximadamente 41% ou, 2.274 municípios dos 5.564 pesquisados posteriormente pelo IBGE (2008), conforme se apresenta à Figura 2.28.

As causas principais apontadas como fatores agravantes das inundações ocorridas em 2000, relatadas por 1.235 municípios, foram: obstrução de bueiros 631 (51%); adensamento populacional 391 (31,6%); obras inadequadas 345 (27,9%); dimensionamento inadequado 339 (27,4%); interferência física no sistema de drenagem 298 (24%); lençol freático alto 205 (16,6%) e outros não especificados 237 (19%).

Em 2008, esses fatores agravantes, para os 2.274 municípios onde ocorreram inundações, foram: obstrução de bueiros e bocas de lobo 1.026 (45%); ocupação intensa e desordenada do solo 980 (43%); obras inadequadas 721 (31,7%); dimensionamento inadequado do projeto 699 (30,7%); lançamento inadequado de resíduos sólidos 698 (30,7%); desmatamento 485 (21,3%); interferência física no sistema de drenagem 422 (18,5%) e lençol freático alto 359 (15,8%), além de outros não especificados 440 (19,3%). Esses dados estão sistematizados na Figura 2.29.

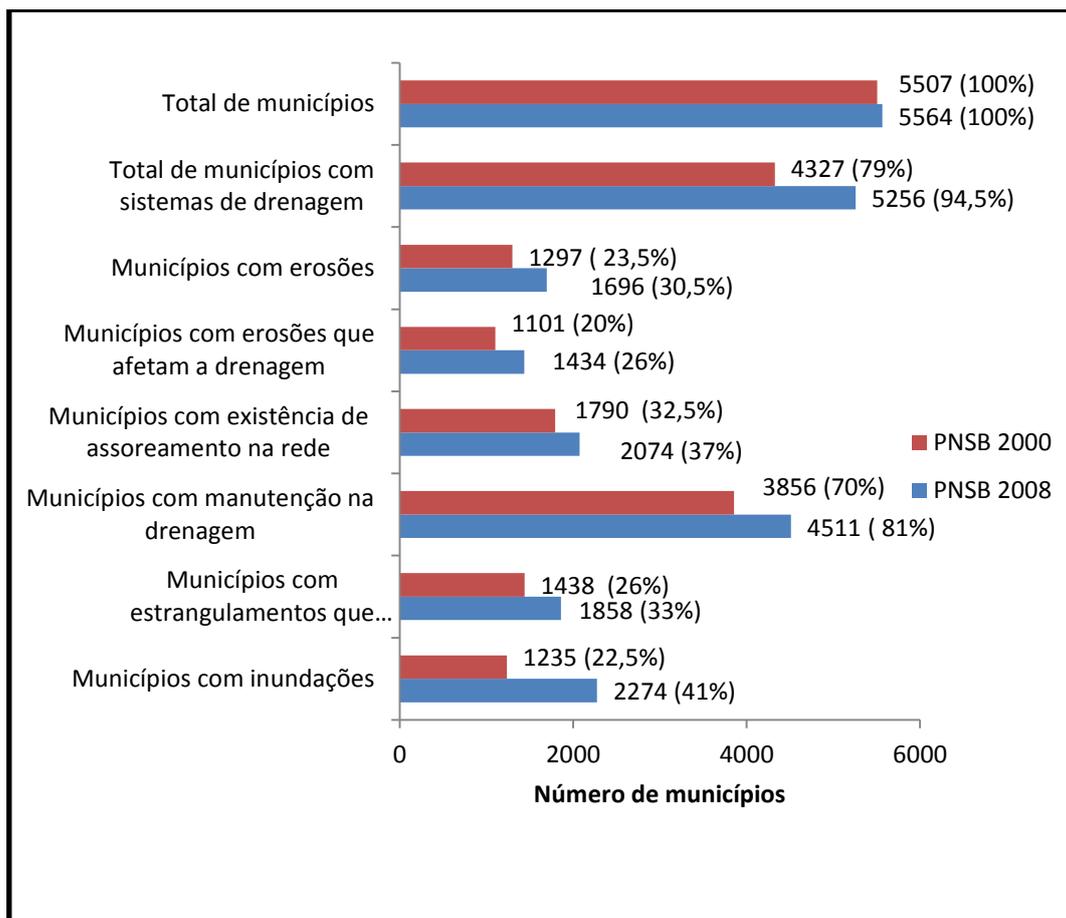


Figura 2.28 – Municípios com erosões, assoreamentos, estrangulamentos, existência de manutenção de redes e inundações.

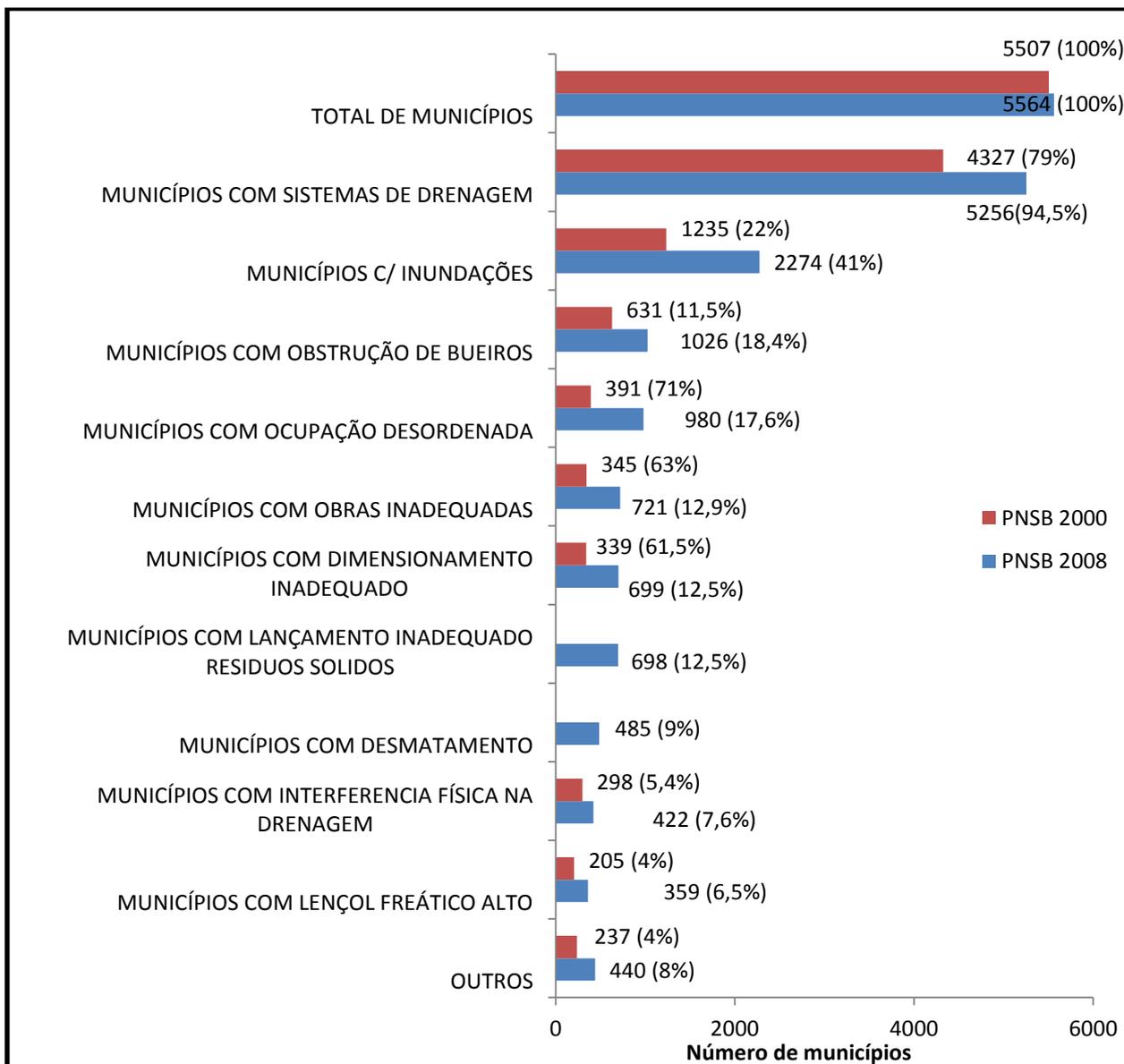


Figura 2.29 – Fatores agravantes de erosões e alagamentos.

Com relação ao lançamento de efluentes, do total de municípios com sistemas de drenagem declarados à pesquisa do IBGE de 2000, 3.787 municípios (87,5%) informaram lançamento em cursos d'água, sendo 3.272 permanentes e 515 intermitentes. Posteriormente, segundo a PNSB de 2008, 4.795 municípios, ou seja, 86,2% daqueles que contavam com sistemas de drenagem, forneceram a informação de lançamento em cursos d'água, sendo 3.909 permanentes e 886 intermitentes.

A Figura 2.30 traz os dados de tipos de lançamentos de efluentes de sistemas de drenagem.

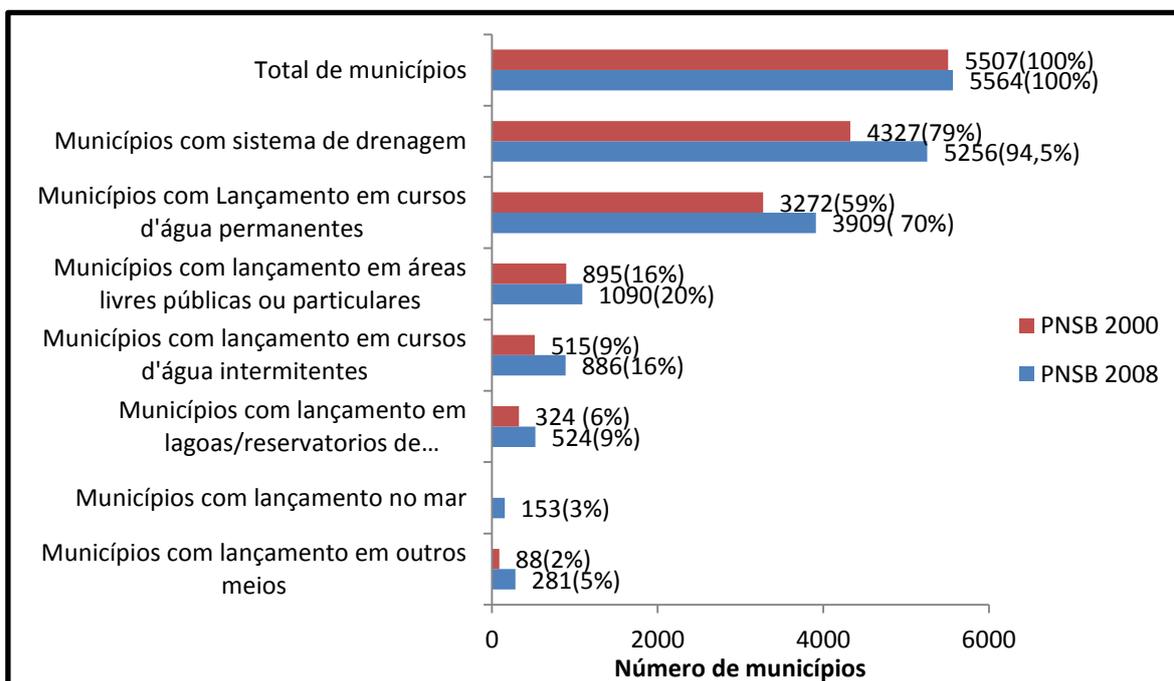


Figura 2.30 – Lançamento de efluentes de sistemas de drenagem por tipo de lançamento.

Em 2000, os dados da pesquisa apontaram que, dos 3.690 municípios que declararam possuir sistemas de drenagem subterrâneos, 3.019 municípios (81,8%) possuíam sistema separador, com redes de drenagem de águas pluviais independentes, o que significa dizer que a carga de poluição carreada por essas redes pluviais era encaminhada diretamente aos meios receptores sem tratamento.

Cabe lembrar, também, que existem momentos em que ocorre o fenômeno chamado de carga de lavagem (em inglês, "first flush"), quando há remoção pelas águas de chuva de material acumulado entre chuvas.

Bertrand-Krajewski *et al.* (1998, *apud* Ide *et al.* 2011) propõem definir primeira lavagem como fenômeno que ocorre quando 80% da massa de poluentes são carreados por 30% do volume total inicialmente escoado.

Nos primeiros volumes escoados, após o início das chuvas, os efluentes da drenagem pluvial se apresentam com carga de poluentes elevada e, de acordo com Porto (1995), quando a carga de lavagem acontece, 80% da carga poluidora estarão contidos em 20% do volume total, sendo fenômeno frequentemente observado em pequenas bacias.

Segundo essa autora: "...Em grandes bacias, as concentrações de poluentes não decrescem rapidamente. À medida que o volume de escoamento aumenta, porque áreas distantes podem estar produzindo altos valores de concentração nas suas descargas iniciais, que se misturam aos valores já decrescentes dos locais próximos à seção de medição".

Observações feitas por Lee e Bang (2000, *apud* Ahlman, 2006) mostraram que grandes eventos de chuvas podem impactar negativamente a qualidade dos corpos receptores muito mais fortemente do que as cargas de efluentes sanitários usuais.

No Brasil, o percentual de esgotos sanitários lançados "in natura", ou seja, sem tratamento algum, é elevado e, segundo Rezende e Heller (2008), apenas 35% do volume coletado por redes têm algum tipo de tratamento antes de seu lançamento.

As Figuras de 2.31 a 2.40, a seguir, trazem informações sobre as PNSB 2000 e 2008, no quesito drenagem urbana.

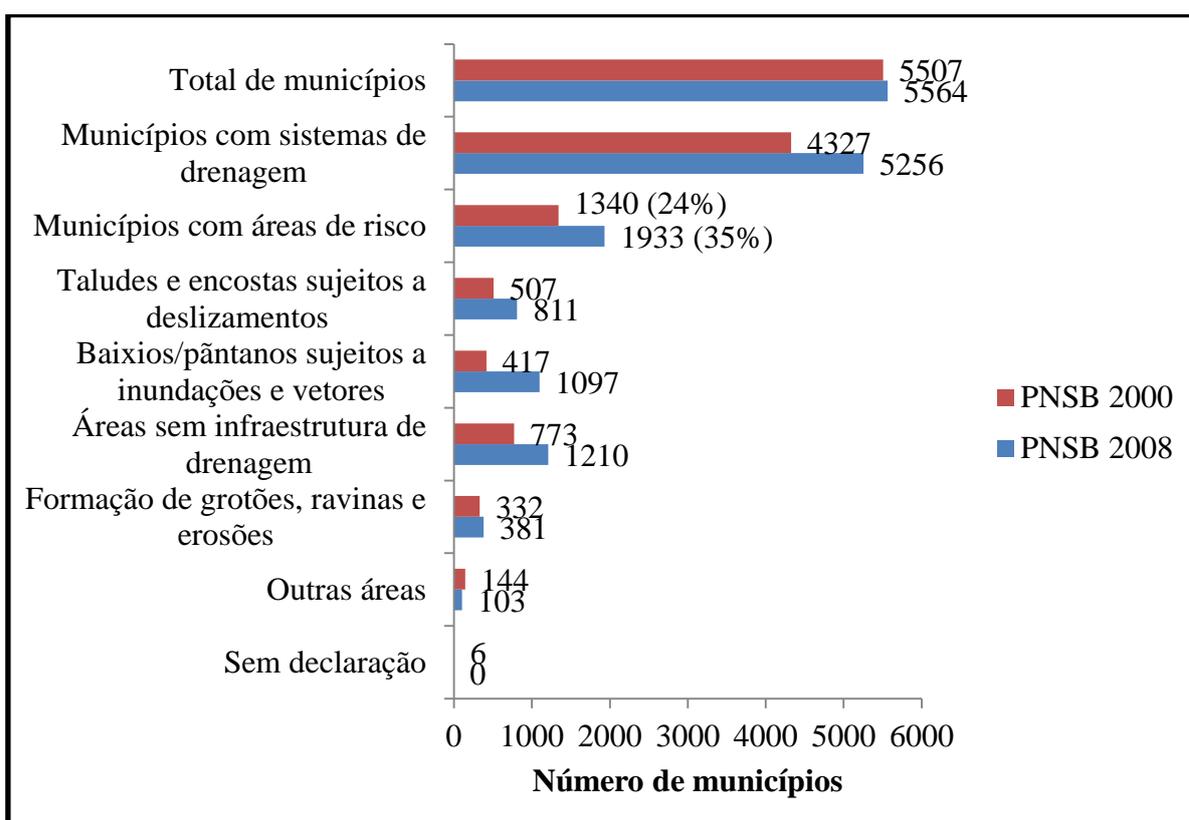


Figura 2.31 – Municípios com áreas de risco e tipo do risco.

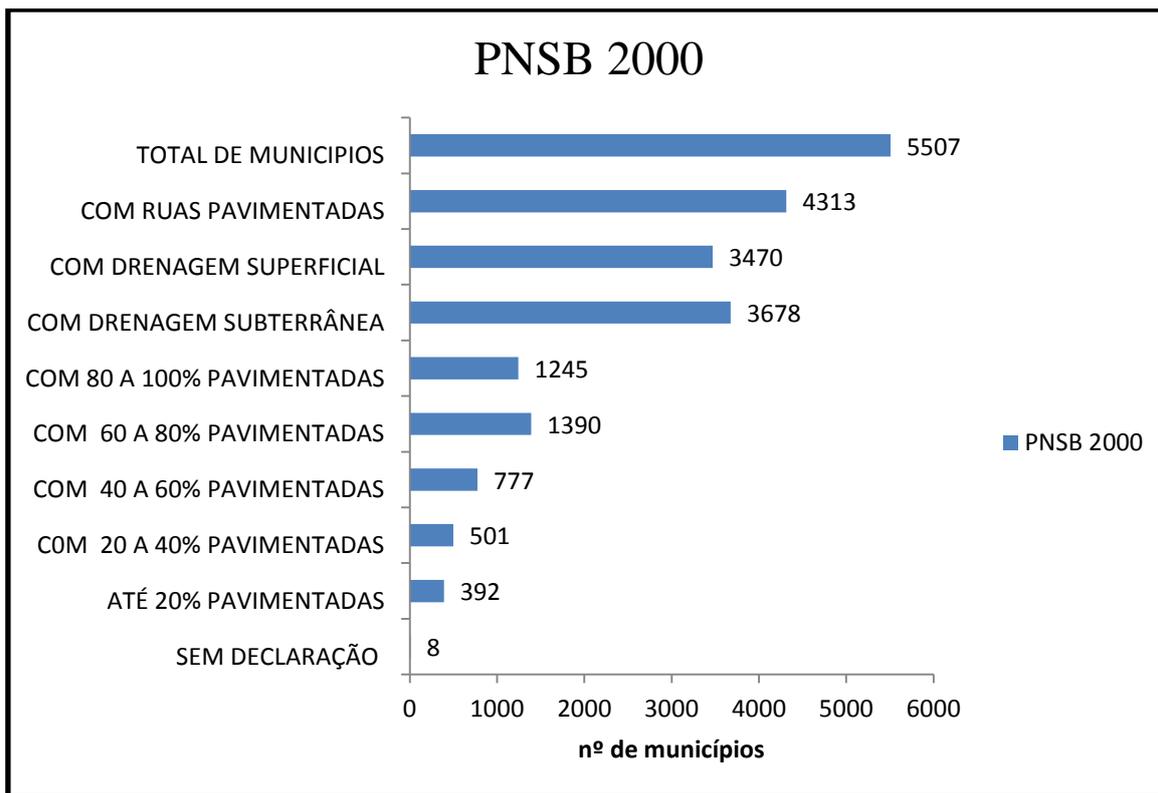


Figura 2.32 – Municípios com ruas pavimentadas com drenagem superficial e com drenagem subterrânea.

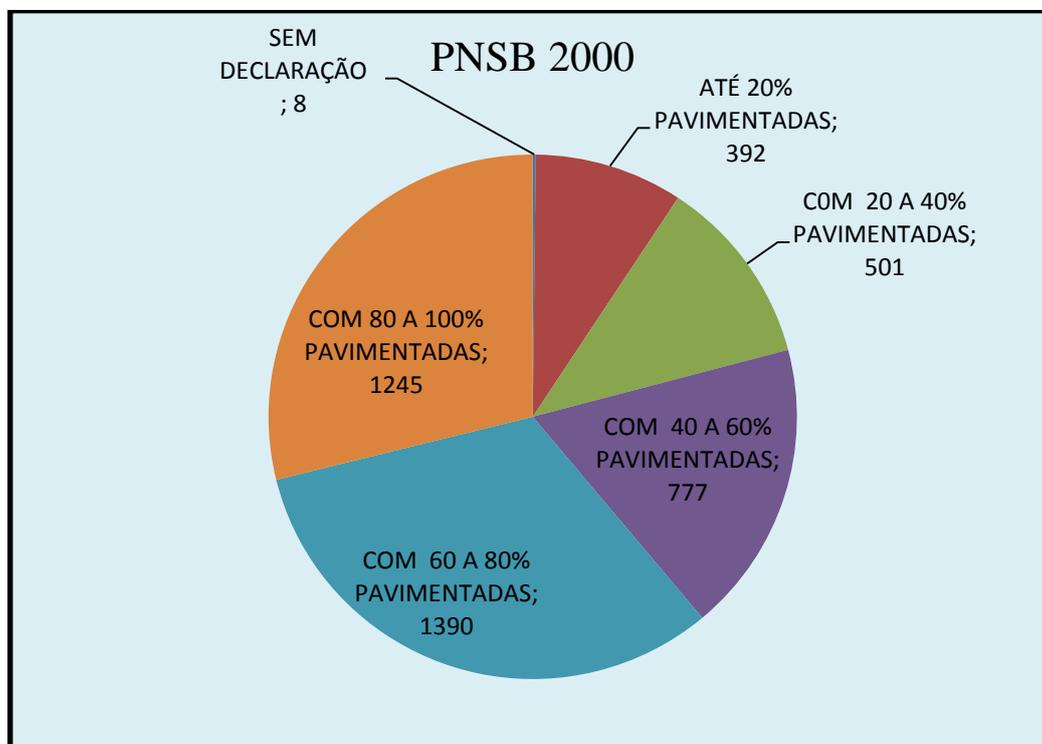


Figura 2.33 – Municípios com ruas pavimentadas em % de pavimentação.

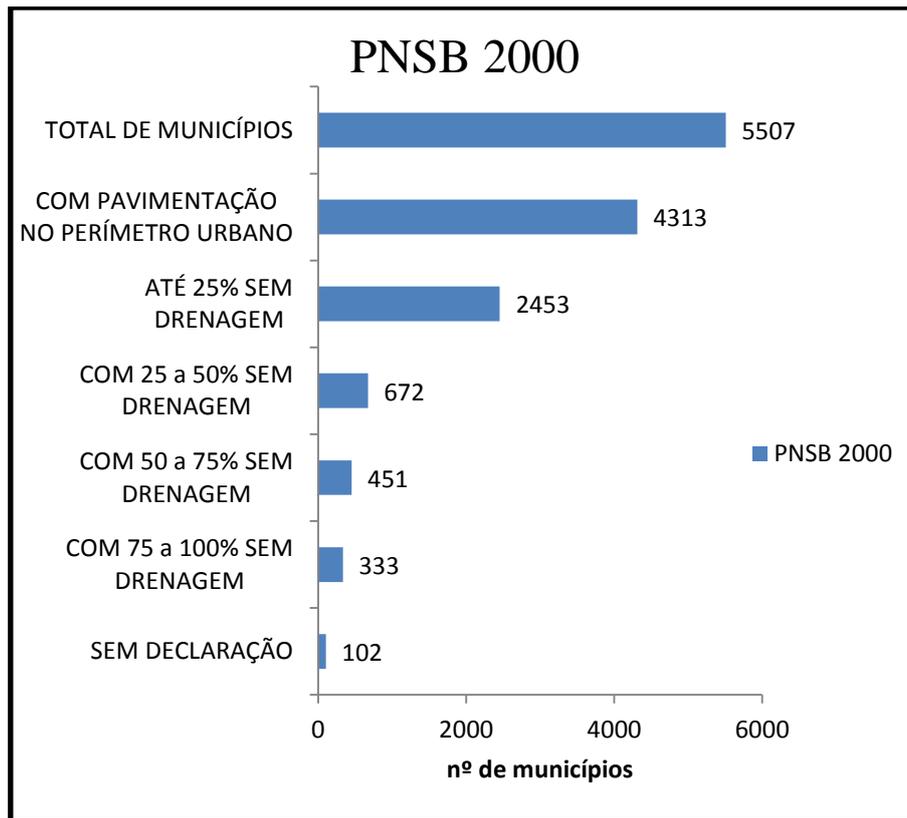


Figura 2.34 – Gráfico de barras – percentuais de ruas pavimentadas com percentuais sem drenagem.

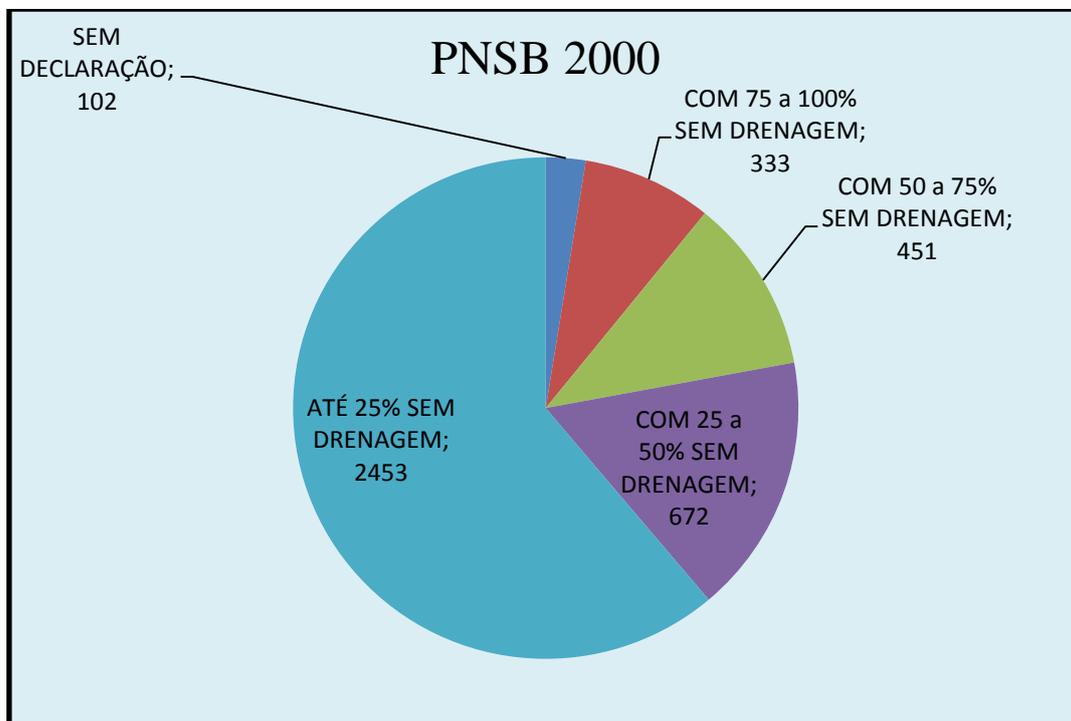


Figura 2.35 – Percentual de ruas pavimentadas sem drenagem.

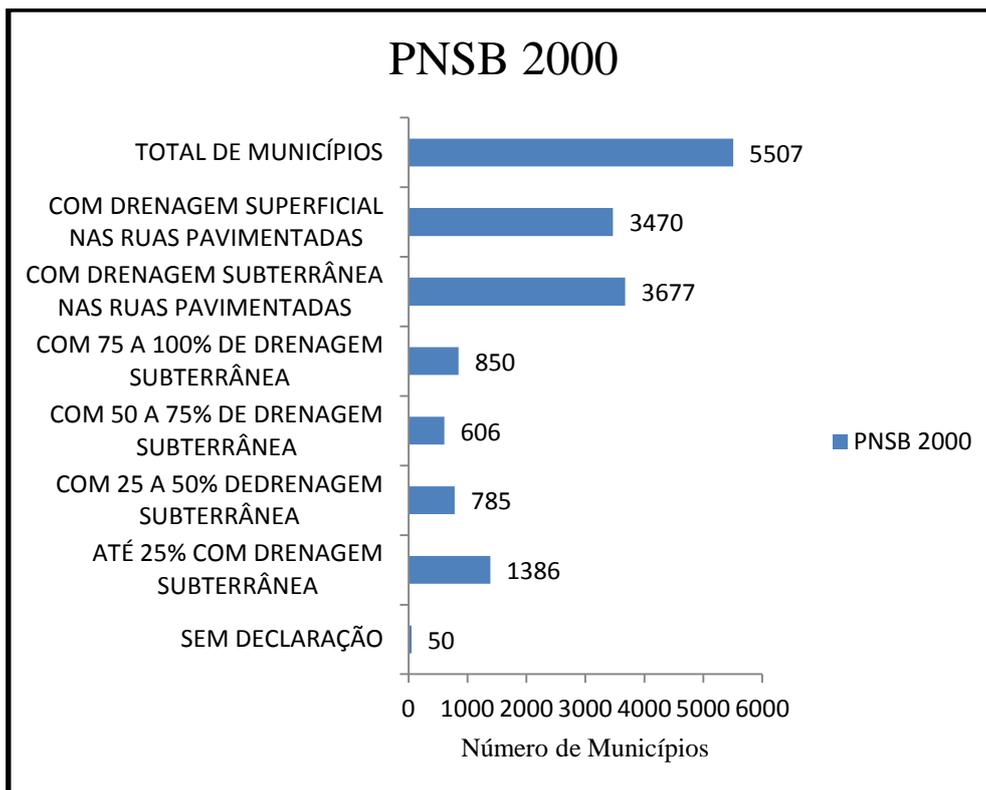


Figura 2.36 – Gráfico de barras – Municípios com drenagem superficial e com drenagem subterrânea nas ruas pavimentadas em percentuais relativos ao total de drenagem.

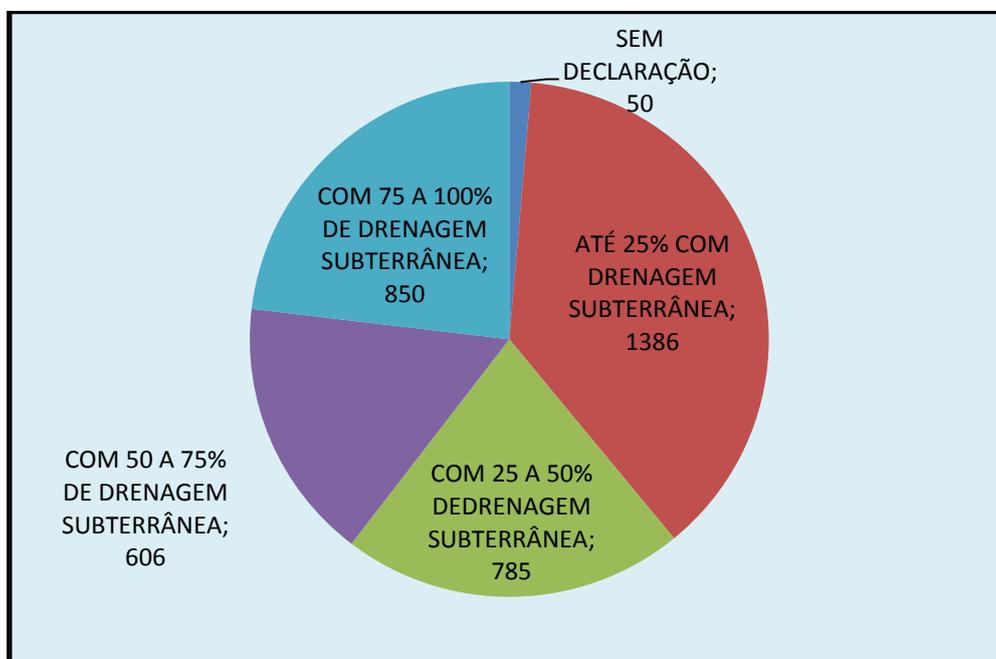


Figura 2.37 – Municípios com ruas pavimentadas com drenagem subterrânea de acordo com percentuais em relação ao total de ruas.

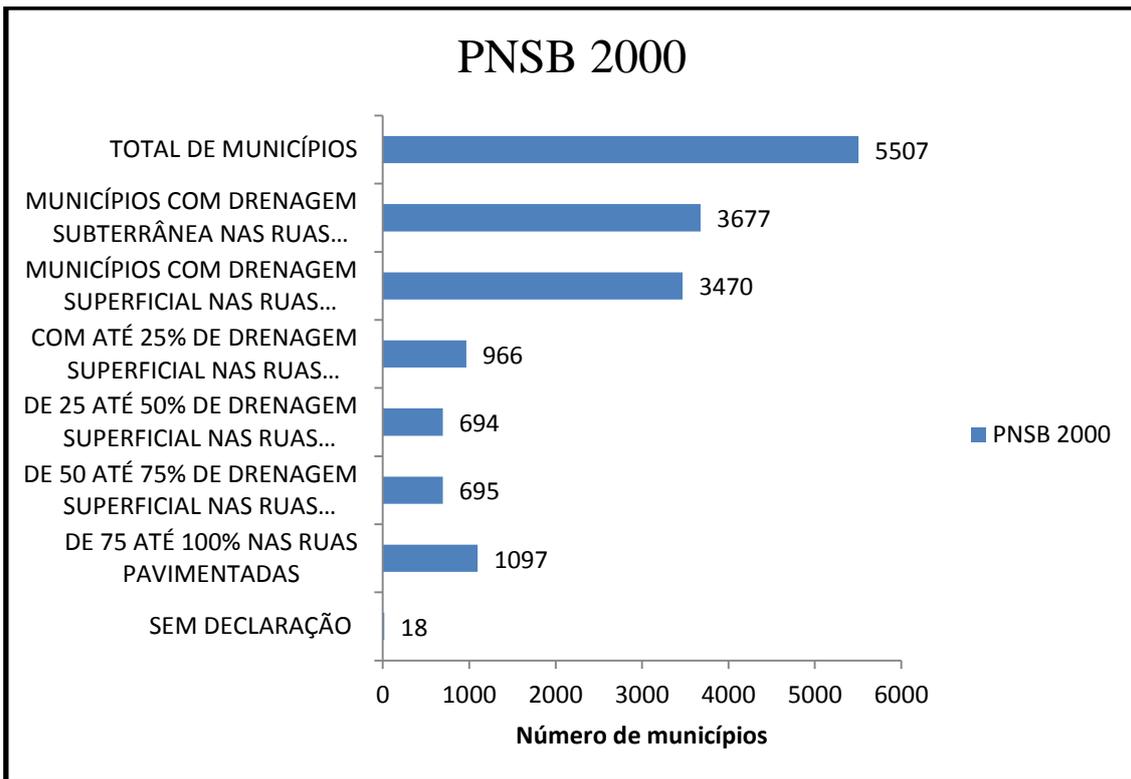


Figura 2.38 – Municípios com drenagem subterrânea e superficial e percentuais de ruas pavimentadas com drenagem superficial – gráfico de barras.

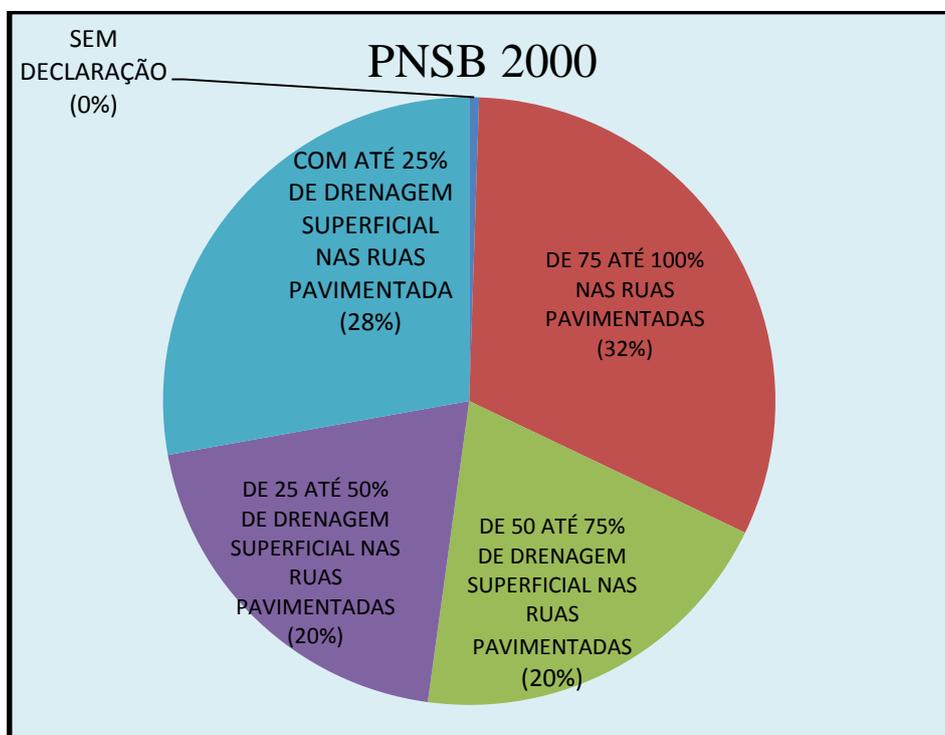


Figura 2.39 – Municípios com drenagem subterrânea e superficial e percentuais de ruas pavimentadas com drenagem superficial – gráfico setor circular.

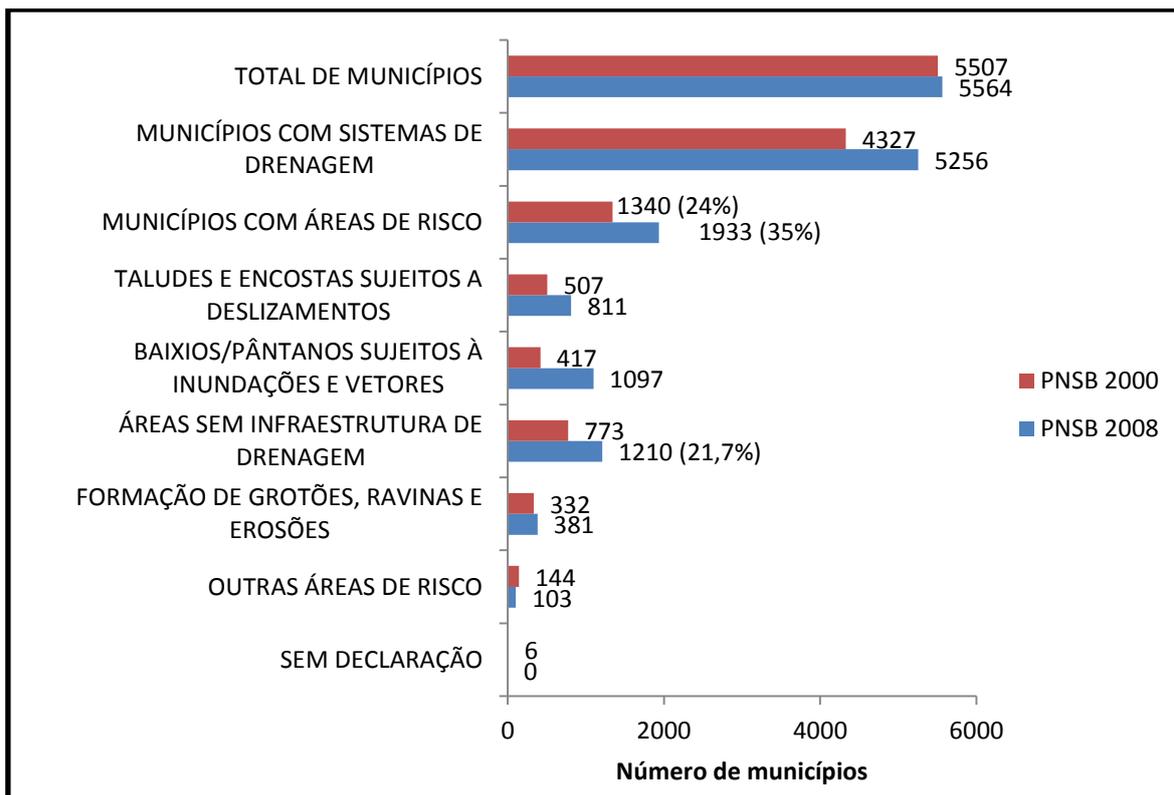


Figura 2.40 – Totais de municípios com drenagem, com áreas de risco por tipo de risco, segundo a PNSB 2000-2008.

Da Figura 2.40 percebe-se que, ainda em 2008, existia um percentual elevado de municípios (21,7%) com áreas sem infraestrutura de drenagem, representando quase um quarto do total de municípios brasileiros. Essas áreas são potencialmente sujeitas às erosões e aos deslizamentos por efeito de eventos pluviais.

Fendrich (1997) classifica a erosão em subterrânea e superficial, sendo a última subdividida em: erosão por embate, erosão laminar, erosão em córregos e erosão em sulcos ou voçoroca. A erosão por embate acontece em decorrência da energia do impacto das gotas de chuva no solo, sendo mais importante no intervalo entre o início da precipitação e a formação do escoamento superficial.

A erosão laminar ou em lençol é caracterizada pelo desgaste causado pelas enxurradas que deslizam como um lençol desgastando suave e uniformemente a superfície do solo.

Já a erosão em córregos consiste no desenvolvimento de pequenos canais concentradores dos fluxos superficiais sendo erosão em sulcos ou voçoroca um estágio avançado da erosão em córregos.

Cunha (2008) afirma que "a melhor maneira de conter a erosão nas margens é por meio da manutenção ou plantio da mata ciliar." As raízes contribuem para a estabilização das margens, mas isso é difícil em meio urbano devido à impermeabilização.

No meio urbano, quando o terreno tem baixa resistência à erosão, o que pode ocorrer em ruas sem calçamento, surge a formação de ravinas, ou seja, escavações provocadas pelas enxurradas, com posterior abertura de sulcos que podem se transformar em voçorocas típicas ao interceptar o lençol freático.

A erosão subterrânea é produzida pela infiltração das águas que, ao encontrarem uma camada impermeável correm lateralmente a essa camada e afloram nas encostas produzindo solapamentos, desbarrancamentos e abertura de valas e sulcos.

Quando a erosão superficial corta o lençol freático acentua-se o efeito erosivo por meio do escoamento subterrâneo.

Nesse caso, o processo erosivo pode se transformar em fenômeno permanente, sofrendo efeito predominantemente mais acentuado do escoamento superficial no período chuvoso e do escoamento subterrâneo no período seco.

A Figura 2.41 apresenta dados de pessoal ocupado com a atividade de drenagem nos municípios sendo de se notar um crescimento significativo de 54% no número de pessoas.

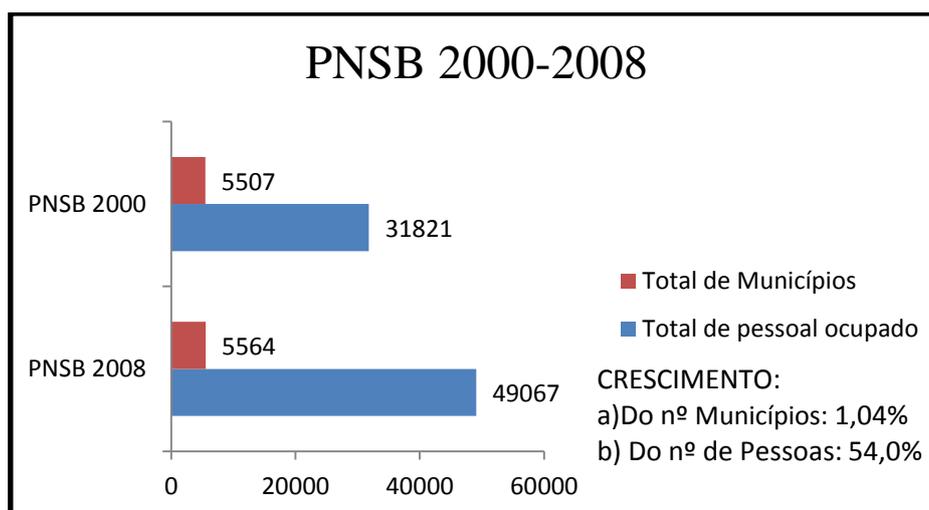


Figura 2.41 – Total de municípios e de pessoal ocupado na atividade e seu crescimento percentual de acordo com as PNSB 2000-2008.

As Figuras 2.42 e 2.43 apresentam o quadro revelado pela pesquisa no que toca aos instrumentos legais que buscam apoiar a gestão dos sistemas de drenagem de forma direta ou indireta.

Constam dentre esses instrumentos: Leis de Uso e Ocupação do Solo, Planos Municipais de Drenagem Urbana, Planos Urbanísticos Municipais, Legislações Municipais e Metropolitanas e Instrumentos reguladores de drenagem.

A maior parte dos municípios que contam com esses dispositivos legais dispõem de instrumentos reguladores de drenagem (21%), seguidos de Leis de Uso e Ocupação do Solo (12%), Legislação Municipal e Metropolitana (6%), plano Diretor de Drenagem Urbana (5%), Plano Urbanístico (2,5%) e outros (2%).

Com relação aos órgãos encarregados de gerir os sistemas de drenagem urbana, a Figura 2.44 apresenta como o de maior ocorrência as Secretarias de Obras, com 85,5%, seguidas dos Gabinetes do Prefeito (6%) e de outros como: Secretarias de Saneamento, Saúde, Meio Ambiente e dos Serviços Autônomos de Água e Esgoto (SAE's).

A presença predominante das secretarias de obras parece decorrer da visão tradicional de concepção dos sistemas de drenagem relacionada a intervenções estruturais, na maioria das vezes pontuais e dependentes de execução de obras, com preocupação predominantemente de solução de problemas de ordem mais quantitativa que qualitativa com relação às águas pluviais urbanas.

A Figura 2.45 complementa o quadro geral apresentado pela PNSB – 2000 com a demonstração dos percentuais de orçamento declarados, comprometidos com os sistemas de drenagem.

Apresenta-se como maior a ocorrência (63%) daqueles municípios que se declararam possuidores de sistemas de drenagem (4.327), de comprometimento de 5% do orçamento do município, seguindo-se aqueles que declararam não ter orçamento especificamente destinado à atividade (25% dos municípios) e com orçamentos entre 5% e 10% (7% dos municípios), entre 10% e 20% do orçamento (2% dos municípios) e com mais de 20% do orçamento (aproximadamente 1% dos municípios), como ilustram as Figuras 2.45 e 2.46.

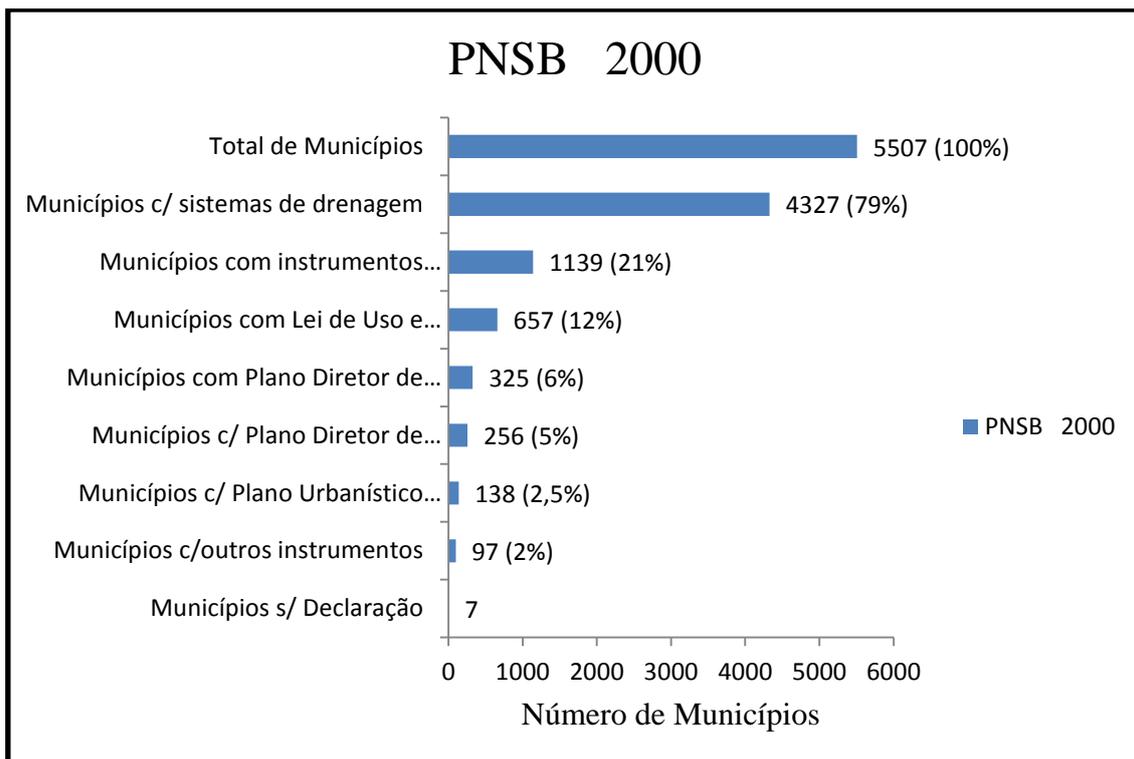


Figura 2.42 – Total de municípios por instrumentos legais de gestão utilizados em 2000 e percentuais em relação ao total de municípios.

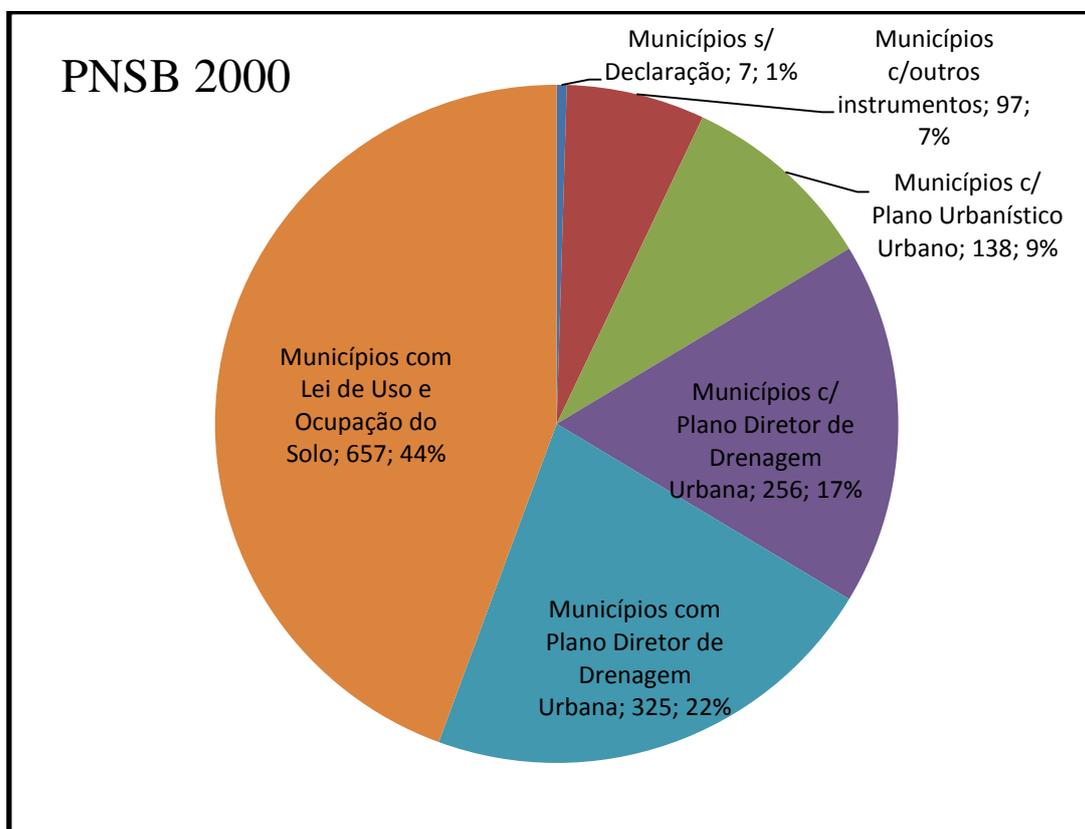


Figura 2.43 – Municípios por instrumentos legais de gestão - gráfico setor circular.

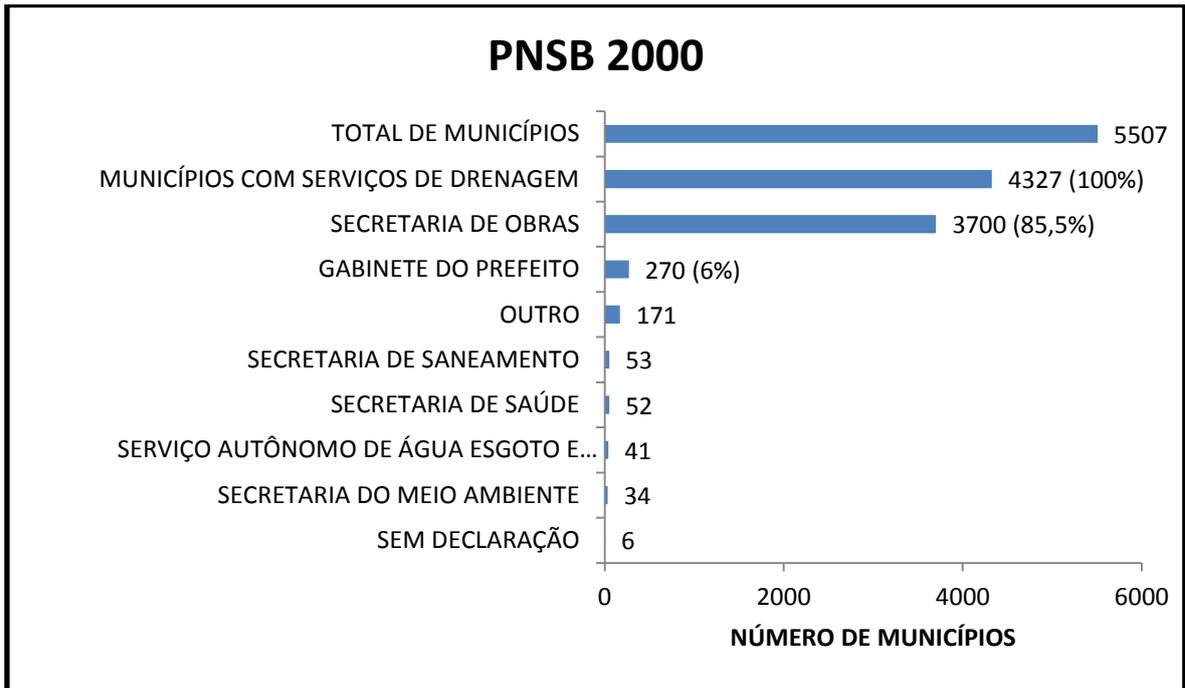


Figura 2.44 – Municípios por órgãos encarregados da drenagem urbana (PNSB, 2000).

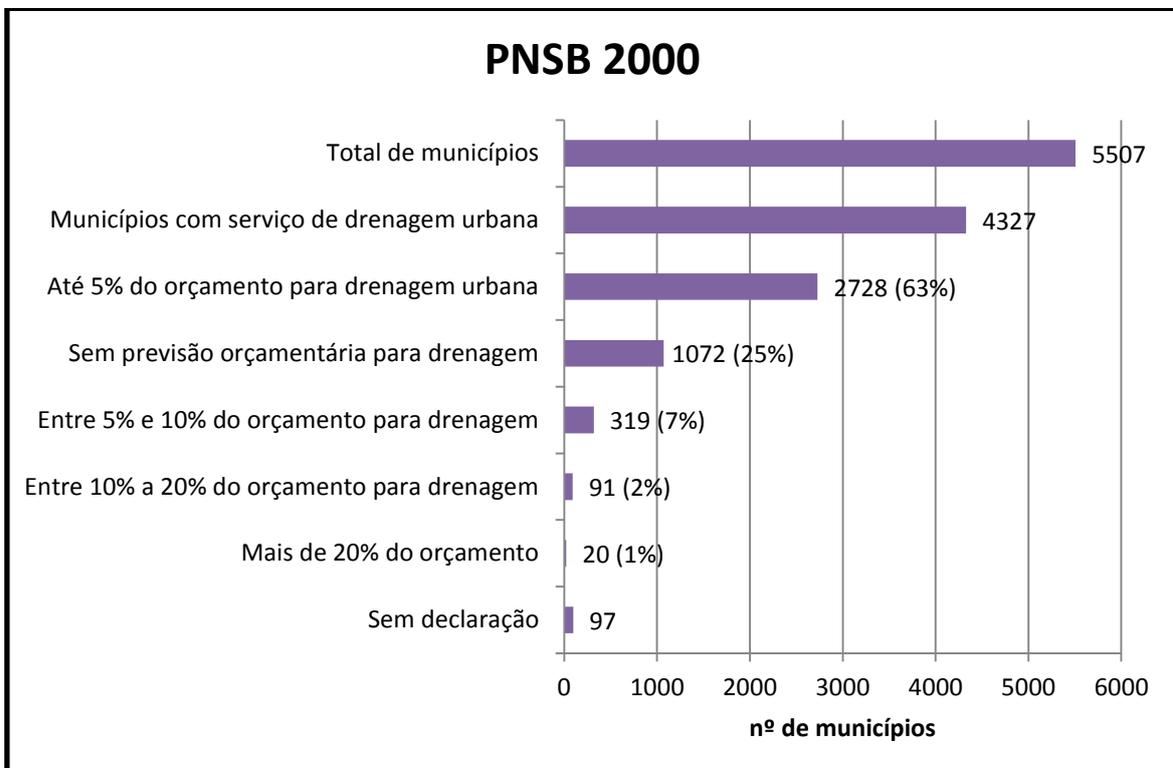


Figura 2.45 – Municípios por percentual do orçamento utilizado em drenagem urbana – gráfico de barras.

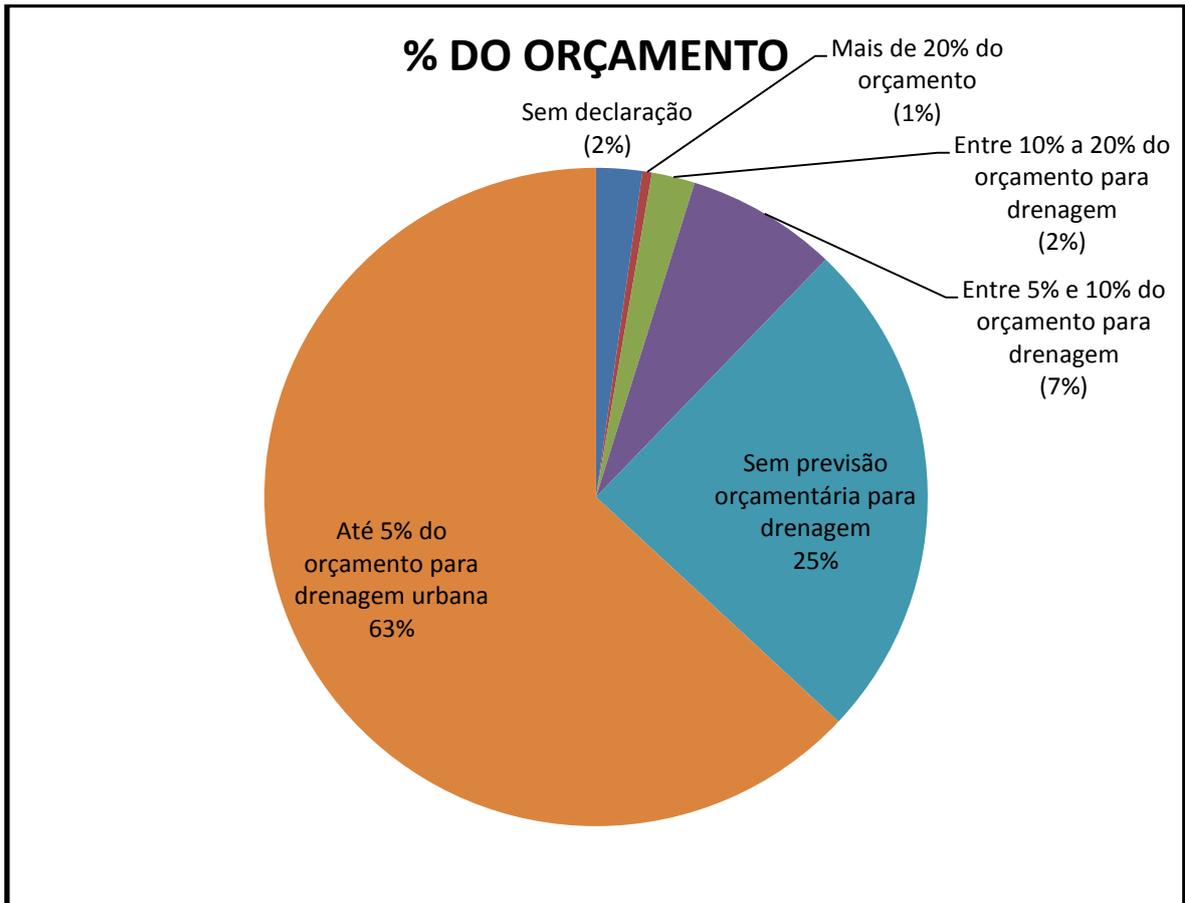


Figura 2.46 – Municípios em percentual do orçamento utilizado para drenagem urbana – gráfico setor circular.

2.2.3 Técnicas compensatórias

Técnicas compensatórias, também chamadas de alternativas, apoiam-se em princípio oposto à ideia de escoar o mais rapidamente as águas precipitadas em direção aos meios receptores, conforme afirma Baptista (2011).

Com a evolução do conceito de sustentabilidade global do planeta e local das cidades, a água passou a ser vista como um recurso cada vez mais valioso e não como um produto a ser descartado a qualquer preço.

De acordo com essa visão, surgiu a ideia de convivência harmoniosa com a água pluvial em meio urbano, de forma a transformá-la em elemento útil e não apenas motivo de preocupação com as formas de desviá-la para longe das cidades o mais rapidamente possível.

A sua permanência em meio urbano passa a ser vista como um privilégio, e não mais como um transtorno.

Mais recentemente, tem ganhado adeptos a crescente proposição de renaturalização e revitalização dos rios urbanos e de suas bacias, reconstituindo meandros, em oposição à antiga ideia de retificação, que procurava acelerar a evacuação das águas.

Isso vem de encontro ao princípio de convivência harmoniosa da cidade com esse recurso natural e, segundo Matta Machado *et al.* (2010) "A revitalização ou renaturalização de rios permite a abordagem sistêmica destes que são os principais elementos da crise ambiental. A volta do peixe e o reencontro das pessoas com as águas limpas são metas civilizatórias."

Existem diversos casos de sucesso como dos rios Cheonggyecheon, em Seul, Coréia, na Ásia, Danúbio, Tâmbisa, Sena, Reno e Isar, na Europa, e Anacostia nos EUA e de iniciativas brasileiras em andamento como dos rios Mosquito e das Velhas em Minas Gerais, além do caso conhecido do rio Tietê em São Paulo, conforme especifica Matta Machado (2010).

Os meandros propiciam o escoamento em velocidade natural, melhores condições para ocorrência das infiltrações e a convivência com as cheias, que são distintas de inundações.

Segundo Veyret (2007):

É preciso distinguir cheia de inundação. A cheia é definida pela alta das águas, que podem permanecer no leito menor do curso de água. A partir do momento que este não é mais capaz de conter o escoamento, a água transborda e se espalha pelo leito maior, provocando uma inundação. Pode haver, portanto, cheia sem inundação.

A gestão da convivência com as cheias, com a aplicação de técnicas compensatórias traz, sob vários aspectos, inúmeras vantagens, como, por exemplo, de busca de manutenção das condições originais do ciclo hidrológico.

Utilizando técnicas de retenção, detenção e de infiltração no terreno, permite-se a recarga dos lençóis freáticos, ampliando o escoamento subterrâneo, possibilitando, em parte, sua purificação por meio da percolação.

Ao reduzir os volumes escoados superficialmente, abater os picos dos hidrogramas, aumentar os tempos de escoamento até o exutório, diminuir a velocidade e reduzir sua energia, com conseqüente redução nas erosões e controle dos assoreamentos, essas técnicas propiciam que a água precipitada deixe de representar um problema urbano.

Sob o ponto de vista econômico, com a escassez de água para abastecimento, cresceu nos grandes centros brasileiros, a exemplo do que já ocorre em outras cidades do planeta, a preocupação com a utilização de água tratada para usos não tão nobres.

A rega de jardins, lavagem de pisos, calçadas, automóveis e descargas de efluentes sanitários são alguns desses usos menos exigentes em qualidade da água e o aproveitamento da água de chuva passou, assim, a ser considerado alternativa possível.

Nesse caso, há economia imediata para a população que passa a ter economia com a redução do seu consumo de água tratada.

A sociedade, como um todo, tem a possibilidade de ver a redução dos volumes escoados pelos sistemas de drenagem demandar menos recursos para sua infraestrutura e remediação de efeitos de alagamentos e inundações.

Sob o ponto de vista de qualidade de vida do meio ambiente urbano, o aparecimento dos chamados "pontos quentes" ou "ilhas de calor", ou seja, de regiões das cidades onde as temperaturas se mostram desconfortáveis, por seus valores elevados, tem motivado a preocupação de arquitetos e urbanistas com alternativas que possibilitem o refrescamento das cidades.

Romero (2001, *apud* Hardt e Santos, 2013) afirmam que as "ilhas de calor" decorrem, entre outros fatores, de grandes espaços pavimentados que, quando associados à redução de áreas verdes, grandes volumes concentrados de edificações e calor liberado por fontes, como veículos automotores, produzem elevações de temperatura pontuais no espaço urbano.

A água de chuva pode se constituir em elemento importante para solução desse problema a custo reduzido.

Como se pode constatar, há uma forte e crescente motivação, decorrente de vários fatores, para mudança na forma de se ver e tratar a água de chuva com conseqüentes reflexos nas técnicas de conceber e projetar os sistemas de drenagem urbana.

Além do que já se tratou aqui, torna-se quase desnecessário relembrar que as inundações e alagamentos, permanecem como fenômeno que traz preocupação aos habitantes das cidades, produzindo reflexos em seu dia a dia como, por exemplo, frequentes interrupções de tráfego, perdas materiais, econômicas e doenças.

Mais recentemente, surgiu, também, o receio quanto à capacidade dos sistemas de infraestruturas para suportarem os efeitos, nem todos perfeitamente previsíveis e quantificáveis, das chamadas mudanças climáticas, consequência, em boa parte, do chamado aquecimento global.

A partir daí, cresceu a preocupação com o projetar sistemas de drenagem resilientes, ou seja, que tenham capacidade de resistir ao conhecido e eventualmente até ao que não se pode ainda conhecer.

Há expectativa de que as técnicas compensatórias, contendo uma nova filosofia de projeto, possam atender aos desejos da sociedade, constituindo-se em campo desafiador para os técnicos e gestores que se debruçam atualmente sobre a questão da drenagem e manejo de águas pluviais em meio urbano, na busca de soluções para os seus problemas.

Poleto *et al.* (2015) ressaltam que, a partir de 1990, discute-se "[...] a questão da demanda por soluções para o escoamento pluvial que possuíssem um maior respeito às questões ambientais que a simples compensação de impactos quantitativos."

O diferencial de LID/WSUD em relação às técnicas compensatórias, segundo Poleto *et al.* (2015), reside na "[...] antecipação do planejamento da drenagem em relação ao projeto arquitetônico-estrutural do empreendimento, e adaptação às condições locais."

Zhou (2014) esclarece que a terminologia varia dentro do mesmo conceito de técnicas sustentáveis de drenagem urbana, sendo na Europa denominada de SUDS – *Sustainable Urban Drainage System* e na Nova Zelândia de LIUDD (*Low Impact Urban Design and Development*).

No momento, estão em relevo e são muito consideradas as técnicas alternativas ou compensatórias estruturais de infiltração ou de detenção, podendo apresentar-se combinadas: valas e valetas de armazenamento, detenção e/ou infiltração, micro reservatórios domiciliares, poços de infiltração, telhados armazenadores, pavimentos

porosos, dotados ou não de dispositivos de infiltração, trincheiras de infiltração ou drenantes e bacias de detenção e retenção.

As técnicas compensatórias, segundo Milograna (2011):

[...] podem ser classificadas conforme a sua área de atuação na bacia hidrográfica como sendo:

- Distribuída ou na fonte – atua sobre lotes, passeios, etc.;
- Na microdrenagem – atua sobre o hidrograma resultante de um ou mais loteamentos;
- Na macrodrenagem – atua sobre os córregos, rios e riachos urbanos.

Há menção também às técnicas não estruturais (Baptista *et al.*, 2011), conforme Figura 2.47, a seguir:

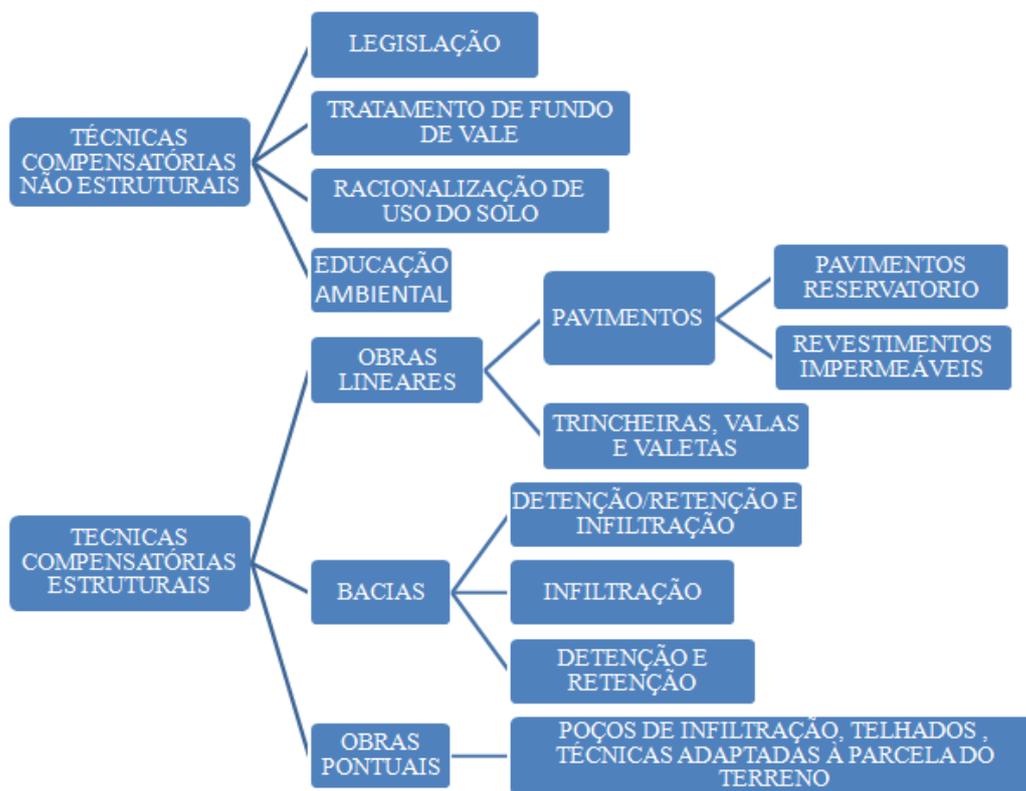


Figura 2.47 – Esquema dos diferentes tipos de técnicas compensatórias (Baptista *et al.* 2011, adaptado).

No entanto, como pontuado por Zhou (2014), atualmente, parece ser conveniente que, de forma sinérgica, combinem-se as soluções tradicionais com as compensatórias, adicionando o que cada uma tem de melhor, para que se alcancem soluções efetivas de projeto para os problemas de qualidade, quantidade e sustentabilidade dos sistemas de águas urbanas.

2.2.4 Desempenho de sistemas de drenagem urbana

A ideia de utilização sustentável dos recursos, e em especial dos naturais, tem levado à aplicação de metodologias de avaliação de desempenho a todo o tipo de atividade, como forma de mensurar objetivamente, de forma quantitativa e qualitativa, se um produto, serviço ou sistema atinge as metas previstas ou os requisitos desejados.

Cardoso (2008) afirma que as medidas de desempenho devem fornecer, de forma clara e inequívoca, informações sobre os produtos ou serviços como: se há satisfação dos clientes ou usuários; se os objetivos estão sendo cumpridos; se há utilização correta dos recursos e se há necessidade de melhorias.

Por outro lado, segundo Cavaco (1998, *apud* Cardoso, 2008), adotando-se a sistemática de avaliação de desempenho, torna-se possível conhecer melhor as atividades facilitando a tomada de decisão quanto às ações corretivas e melhorias.

Essa sistemática pode ser parte de um sistema de gestão integrada de uma organização, e envolver objetivos que permitam a um produto ou serviço atingir requisitos previamente estabelecidos.

A Figura 2.48, a seguir, ilustra, de forma simplificada, um ciclo de gestão e avaliação do desempenho organizacional que tem como meta a sua melhoria.



Figura 2.48 - Ciclo de gestão do desempenho Stoffel (1997, apud Brostel 2002).

De acordo com o PBM SIG-Performance Based Management – Special Interest Groups (1995), a terminologia sobre o assunto não é universal, havendo quem considere igualmente as medidas e os indicadores de desempenho, mas há quem os diferencie quanto aos seus objetivos e finalidades, tratando-os como um subconjunto de medidas ou como uma relação entre elas.

Alguns preferem índices considerados como um conjunto de medidas relacionadas e individualmente ponderadas que acompanham as mudanças comparando-as a referências como, por exemplo, o índice de preços ao consumidor, IPC.

Em essência, medir desempenho tem como objetivo principal executar mudanças buscando melhorias, mas não se pode aperfeiçoar o que não se mede e não se consegue medir o que não se conhece.

Uma das formas de se mais bem conhecer um sistema, um tema ou um assunto é por meio da elaboração de um mapa conceitual, o que será discutido no subcapítulo a seguir.

2.3 REPRESENTAÇÕES POR MAPA CONCEITUAL

O mapa conceitual é uma ferramenta criada em 1972 em um programa de pesquisa desenvolvido na Universidade de Cornell, nos EUA, com o intuito de estudar a habilidade das crianças em assimilar os conceitos da Ciência e os efeitos desse aprendizado em sua educação escolar posterior, segundo Novak e Cañas (2006).

Segundo esses autores, a ferramenta buscava descrever a evolução no entendimento conceitual das crianças, mas, em seguida, foram percebidas inúmeras outras aplicações.

O programa de pesquisa se fundamentou na psicologia cognitiva de aprendizagem de David Ausubel (1963; 1968; *apud* Novak e Cañas 2006) que tem, como base, a ideia de que o conhecimento acontece por assimilação de novos conceitos e proposições a partir de uma estrutura de conhecimentos preexistentes de domínio do aprendiz, chamada de estrutura cognitiva.

Dessa forma, posteriormente, com a integração do mapa conceitual à rede mundial de computadores, e o desenvolvimento de programas como o CmapTools, difundiu-se seu uso passando a ser frequentemente utilizado em escolas, universidades, empresas e órgãos de governo.

Isso permitiu a criação de novos ambientes de aprendizado, centrados no conceito de mapas conceituais, em que os alunos constroem seus próprios modelos de conhecimento, de forma individual ou colaborativa, que poderão servir como base para aprendizado ao longo do resto da vida, conforme Novak e Cañas (2006).

O mapa conceitual consiste em um diagrama composto por nós e linhas representando conceitos (nós) e relações entre pares desses conceitos (linhas).

Interpreta-se o mapa conceitual como sendo: a representação de aspectos importantes da organização dos conceitos na mente de determinado analista, com relação a um determinado tema (estrutura cognitiva), segundo Ruiz-Primo e Shavelson (1996).

A combinação de dois nós ligados por uma linha é chamada de proposição, que é a unidade básica de significado em um mapa conceitual e a menor unidade que pode ser utilizada para julgar a validade da relação (linha) entre os dois conceitos (nós) segundo Dochy (1994, *apud* Ruiz-Primo e Shavelson, 1996).

A Figura 2.49 ilustra um mapa conceitual, que responde à questão focal: quais são as características principais de um mapa conceitual?

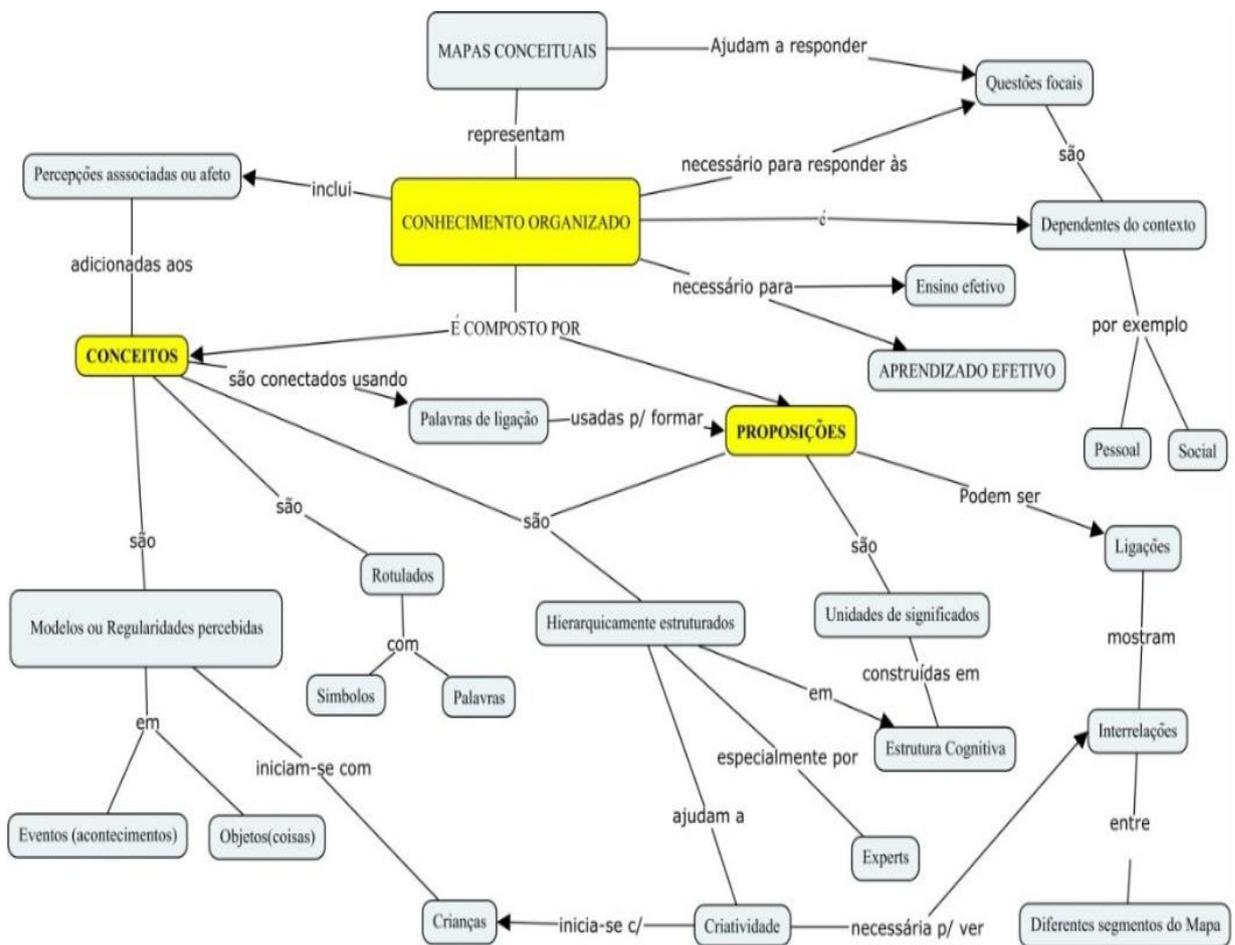


Figura 2.49 - Mapa conceitual demonstrativo das principais características de mapas conceituais (Novak e Caldas 2007, adaptado).

Uma maneira de se construir um mapa conceitual é formulando-se uma boa questão focal, ou seja, uma questão que claramente especifique o problema que se deseja conhecer ou resolver, conforme afirmam Cañas e Novak (2006) e demonstra-se à Figura 2.50.

QUESTÃO FOCAL: QUAIS SÃO AS IDÉIAS EPISTEMOLÓGICAS FUNDAMENTAIS BÁSICAS DE MAPAS CONCEITUAIS?

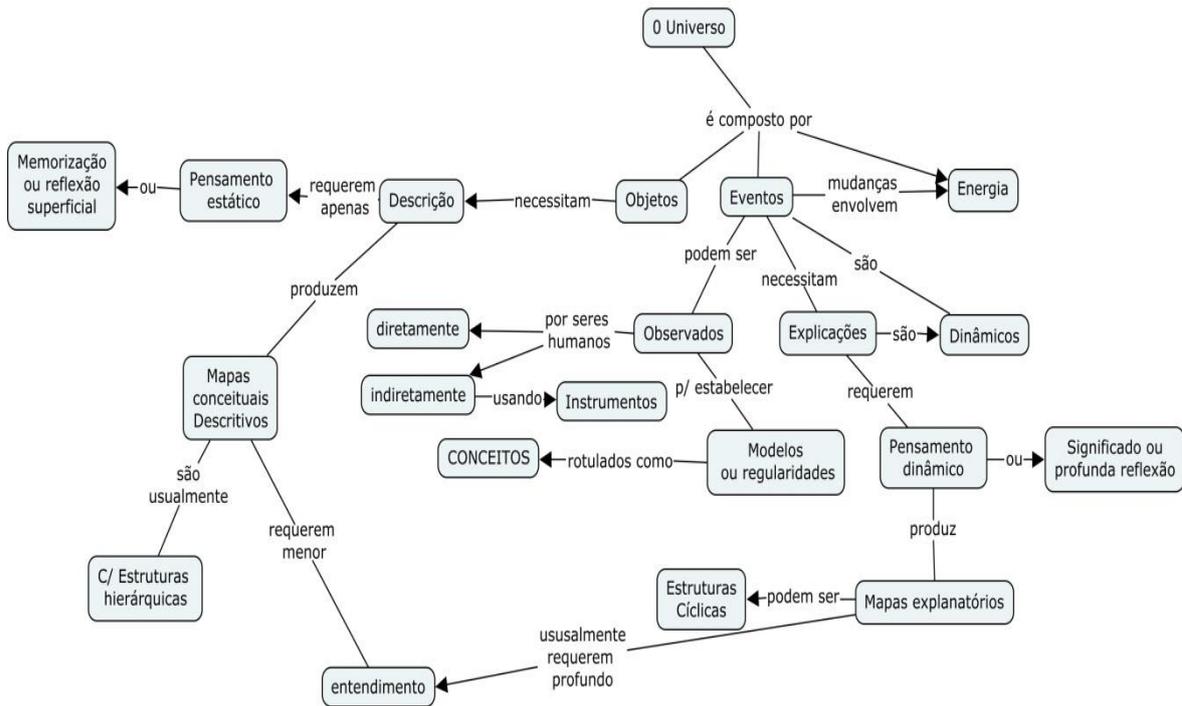


Figura 2.50 – Mapa conceitual demonstrativo das ideias principais subjacentes à construção e uso de um mapa conceitual (Novak e Caldas, 2006, adaptado).

Questões focais que requeiram explicações dos eventos e não somente descrições de características de objetos são melhores, pois requerem reflexões mais profundas e significativas, de acordo com Novak e Cañas (2007).

Um mapa conceitual é uma ferramenta gráfica para organização e representação de relações (linhas) entre conceitos (nós), indicadas pelas chamadas frases de ligação colocadas sobre essas linhas. Os conceitos e as proposições são usualmente organizados de forma hierarquizada do mais geral ao mais específico.

O mapa conceitual diz respeito sempre a um evento ou uma situação que se procura entender por meio da organização do conhecimento, conforme Novak e Cañas (2007) e trata-se de uma construção permanente, pois nunca é considerado como finalizado.

Um mapa conceitual não tem uma única maneira de ser traçado e é um instrumento dinâmico, refletindo a compreensão de quem o faz, no momento em que o faz mudando à medida que essa compreensão também muda, conforme salienta Moreira (2005).

A primeira etapa, ao se construir um mapa conceitual, é a composição de uma lista com os principais conceitos aplicados ao domínio ou tema que se deseja abordar. Normalmente, chega-se a aproximadamente de 15 a 25 conceitos que, em seguida, são hierarquizados em uma lista, do mais geral ao mais específico, e, a partir daí, vão sendo posicionados de acordo com suas relações.

Com a utilização de recursos de multimídia, a construção coletiva pode ser facilitada, por exemplo, com a utilização de projeção em um ambiente em que os colaboradores possam construir simultaneamente o mapa. Alternativamente, isso pode também ser feito à distância, permitindo que a construção seja feita em diferentes momentos por cada pessoa, já que há a possibilidade das informações serem armazenadas e compartilhadas de qualquer local e a qualquer momento, ampliando as possibilidades da ferramenta.

Finalmente, deve-se ressaltar, conforme afirma Moreira (2005), que embora possa conter uma organização hierárquica, do conceito mais amplo ao mais específico, e muitas vezes incluam setas, não devem ser confundidos com organogramas ou diagramas de fluxo, pois não implicam sequência, temporalidade ou direcionalidade, nem hierarquias organizacionais ou de poder. Mapas conceituais não buscam classificar conceitos, mas relacioná-los e hierarquizá-los.

As Figuras 2.51 e 2.52, a seguir, ilustram, respectivamente, mais dois exemplos de mapas conceituais, levando em conta a natureza estática ou dinâmica da questão focal: um mapa conceitual com estrutura em árvore, gerado a partir de uma questão focal estática (*o que é qualidade de educação?*) e um mapa conceitual, com estrutura cíclica, gerado a partir de uma questão focal dinâmica (*efeitos de incremento na qualidade de educação*).

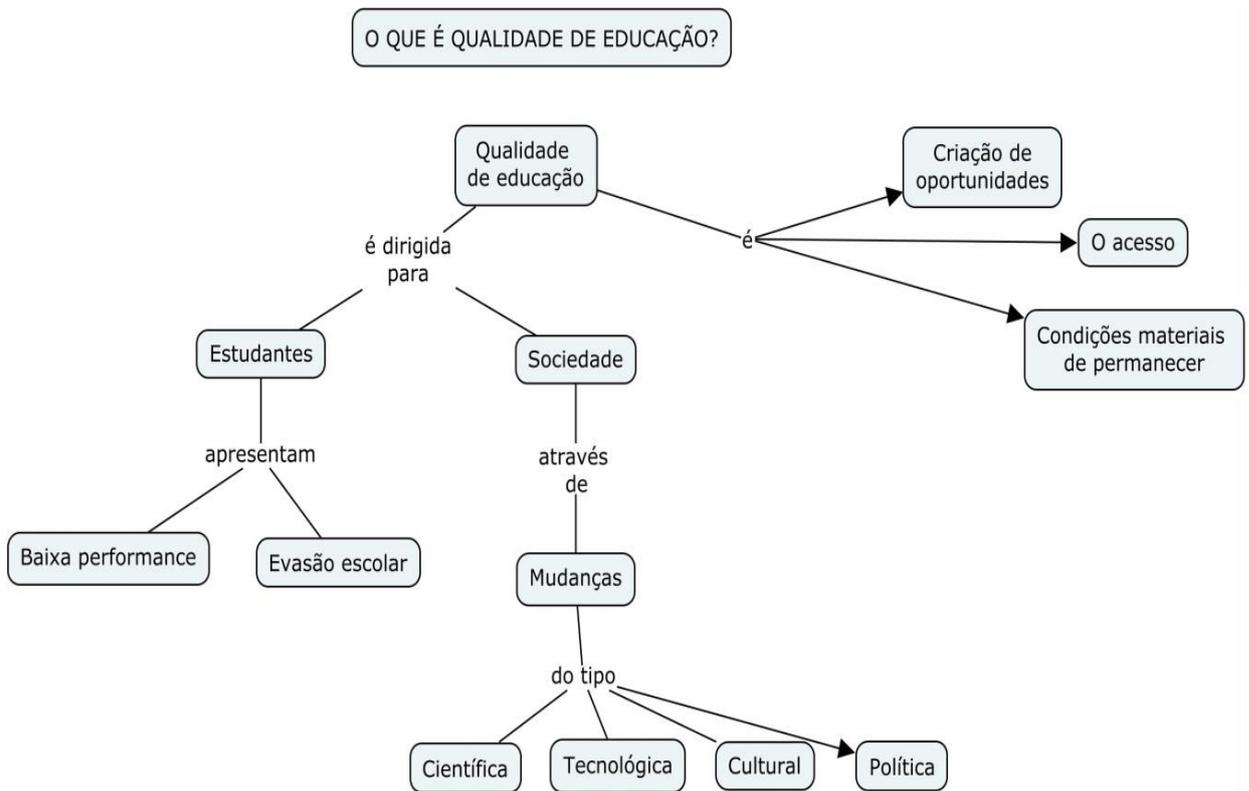


Figura 2.51– Mapa conceitual com estrutura em árvore, gerado a partir de uma questão focal estática.

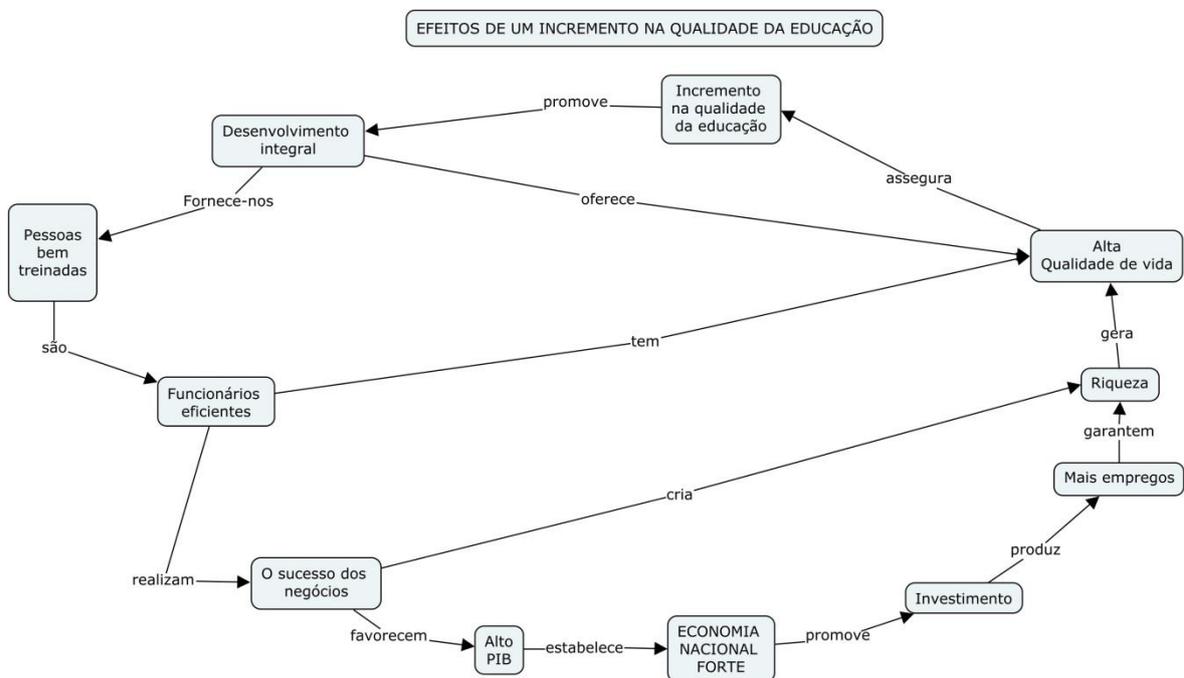


Figura 2.52 – Mapa conceitual com estrutura cíclica, gerado a partir de uma questão focal dinâmica e de um conceito de raiz quantitativo.

Para Caldas (2012), mapas conceituais são ferramentas adequadas à formalização de conhecimentos relevantes, científicos e populares, facilitando a criação de um entendimento comum, e fortalecendo as negociações em processos de tomadas de decisão.

Essa mesma autora, ao utilizar a abordagem conceitual DPSIR (do inglês, *driving forces, pressures, states, impacts, responses*), para a coleta estruturada de informações, constatou que "aumenta a eficácia de uso dos mapas conceituais, tornando-os mais robustos e relevantes, uma vez que: orienta e auxilia a escolha dos elementos a serem incluídos no mapa conceitual; direciona o mapa para uma grande e complexa cadeia de causalidade; explicita a visualização de onde e como a dimensão humana se integra e interfere no estado do ecossistema".

Afirmam, ainda, Soares *et al.* (2011, *apud* Caldas 2012) que: "O modelo DPSIR – em aplicação pela Agência Ambiental Europeia – permite que usuários conceituem e estruturem as decisões de acordo com: as relações de causa-efeito, a descrição das variáveis de sustentabilidade, indicadores, a validade conceitual e a coerência com a realidade local. Após detectar-se um impacto, investigam-se as possíveis causas do problema para identificar respostas possíveis, isto é, prosseguem atrás dos impactos até a identificação das forças motrizes mais prováveis. Esse processo conduz os tomadores de decisão à descrição conceitual das causas, relações e dos problemas em que as decisões devem ser baseadas. Essa fase representa o início do processo decisório".

2.3.1 Mapa conceitual de sistema de drenagem

A Figura 2.53, a seguir, apresenta um mapa conceitual com as forças motrizes socioeconômicas e ambientais e suas interações, produzido por Sieker *et al.* (2008), envolvendo a questão da gestão da drenagem urbana.

O Mapa Conceitual produzido por Sieker *et al.* (2008) pode ser analisado também por meio da estrutura DPSIR onde as forças motrizes são classificadas em socioeconômicas, socioambientais, mudanças climáticas e outras, as pressões como sendo a impermeabilização das superfícies, a poluição do escoamento e o consumo de água, os estados estando a se referir aos diversos aspectos de forma detalhada enquanto os impactos, chamados de consequências, surgem subdivididos em projeto, operação e indiretos, ficando as soluções apenas citadas sem detalhá-las.



Figura 2.53 – Mapa conceitual de Gestão de Sistemas de drenagem urbana produzido com forças motrizes socioeconômicas, ambientais apresentando as suas interações (Sieker *et al.* 2008, adaptado).

2.4 CONCEITOS DE CRITÉRIOS E INDICADORES

Objetivo e critérios são apresentados por Barbosa (1997) como sendo:

[...] segundo uma definição conceitual precisa, 'objetivo' representa um ideal da sociedade sobre o qual existe grande consenso em certo momento histórico. São exemplos: a segurança nacional, o bem-estar social, a eficiência econômica e a distribuição de renda, entre outros. Os critérios ou atributos constituem a tradução dos objetivos em características, qualidades ou medidas de desempenho diante das alternativas [...]. São exemplos: a maximização dos benefícios líquidos, a minimização do impacto ambiental, a minimização de riscos, entre outros.

Os indicadores, conforme Cordeiro Netto *et al.* (2003), "são informações que comunicam a partir da mensuração de elementos e fenômenos da realidade. A quantificação de informações, com base em padrões de referência, pode tornar o seu significado mais claro e facilitar a comunicação. Os indicadores não são informações explicativas ou descritivas, mas pontuais, no tempo e no espaço, cuja integração e evolução permitem o acompanhamento dinâmico da realidade."

E, ainda, os indicadores devem ter características como relevância, condições analíticas (embasamento técnico-científico), mensurabilidade (dados facilmente disponíveis e a custos aceitáveis), qualidade dos dados e comparabilidade conforme Hamilton (1996, *apud* Cordeiro Netto *et al.*, 2003).

Segundo Néspoli e Zeilhofer (2012), apesar de persistir a noção de que más condições socioambientais decorram apenas da falta de recursos em todas as esferas da administração pública para a efetivação de políticas públicas, o que falta, muitas vezes, são informações e indicadores.

Sobre isso afirmam esses autores que:

"[...] a pouca disponibilidade de informações e indicadores constitui-se um dos grandes entraves para a priorização, transparência, participação social e efetividade das ações das administrações municipais, de forma que estruturas e recursos sejam otimizados na gestão ambiental urbana."

De acordo ainda com Kliksberg (2002, *apud* Néspoli e Zeilhofer, 2012): "O bem-estar social e ambiental não passa apenas pela disponibilidade de recursos, mas também pela definição de prioridades, de graus de igualdade e de organização social".

Sistemas de indicadores que reflitam a realidade urbana são poderosas ferramentas utilizadas para auxiliar na identificação de questões municipais prioritárias.

Com respeito à legislação, a ideia de construção de sistemas de indicadores está presente no Estatuto das Cidades (lei federal 10.257/2001), na Lei 9.433/97 que trata de Recursos Hídricos e na Lei 11.445/2007 (Brasil, 2007), que trata das diretrizes relativas ao Saneamento Básico. Nesses normativos, preconiza-se a transparência das ações, respaldada em sistemas de informações e na construção de sistemas de indicadores que fundamentem as suas propostas e seu acompanhamento.

Já tanto a Agenda 21, fruto da Conferência do Rio, em 1992, como a Agenda Habitat, fruto da conferência de Istambul, em 1996, a partir da constatação que o crescimento urbano mundial se daria predominantemente nos países do terceiro mundo, em cidades que abrigam a maior parte das atividades e pessoas, passaram a formular diretrizes como de desenvolvimento sustentável, coordenação setorial, descentralização da tomada de decisões e participação das comunidades interessadas em instâncias específicas da gestão urbana, como afirmou Grostein (2001, *apud* Coutinho e Malheiros, 2012), o que tornou importante a construção de indicadores locais.

Os indicadores são expressos em unidades de medida como, por exemplo, tempo ou área, facilitando a comunicação e a compreensão da realidade, mas também podem ser construídos sob a forma de índices integrados e requerem padrões de referência para que seu significado fique mais claro, facilitando a sua interpretação e comparação.

Bollmann e Marques (2000) afirmam que a função do indicador é simplificar e que, dessa forma, algum teor informativo pode se perder, mas que quando construído de maneira adequada, a perda não produz distorção significativa em relação às variáveis resposta, desde que o indicador seja aplicado aos fins para o qual foi criado.

Ott (1978, *apud* Bollmann e Marques, 2000) apresentou um fluxo de informações onde propõe critérios de agrupamento e uniformização de dados em indicadores, de acordo com três etapas (seleção, padronização e agregação) sem considerar os critérios de

seleção das variáveis que comporão o indicador, lacuna preenchida por Bollmann e Marques (2000), conforme a Figura 2.54.

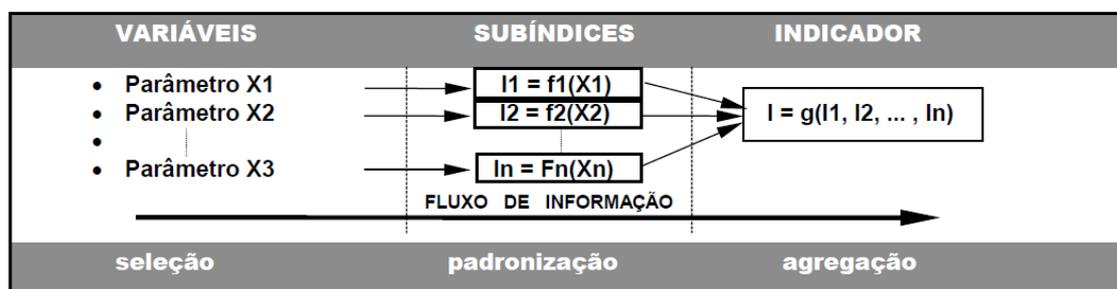


Figura 2.54 – Modelo de fluxo de informações para a estruturação de indicadores.
Fonte: Ott (1978, *apud* Bollmann e Marques, 2000).

De Bonis (2005), em pesquisa onde determinou um índice para os sistemas de drenagem urbana, esclareceu que:

O objetivo de um índice para o Sistema de Drenagem Urbana é de poder ser aplicável em qualquer cidade e fundamentar as tomadas de decisão para investimentos, tais como: como e onde realizar a implantação ou ampliação da rede de drenagem e possivelmente a introdução de novas tecnologias complementares e distribuídas sobre a bacia urbana.

Um exemplo muito conhecido de índice é o IDH – Índice de Desenvolvimento Humano – adotado pela ONU a partir de 1990 em seus relatórios de desenvolvimento humano, que combina: longevidade (expectativa de vida ao nascer); nível educacional, mensurado pela ponderação entre alfabetização adulta (2/3) e a taxa combinada de escolaridade (1/3), e o nível de vida, medido pelo PIB real per capita.

A Figura 2.55, a seguir, procura mostrar a lógica de construção de índices integrados, de acordo com Cordeiro Netto *et al.* (2003).

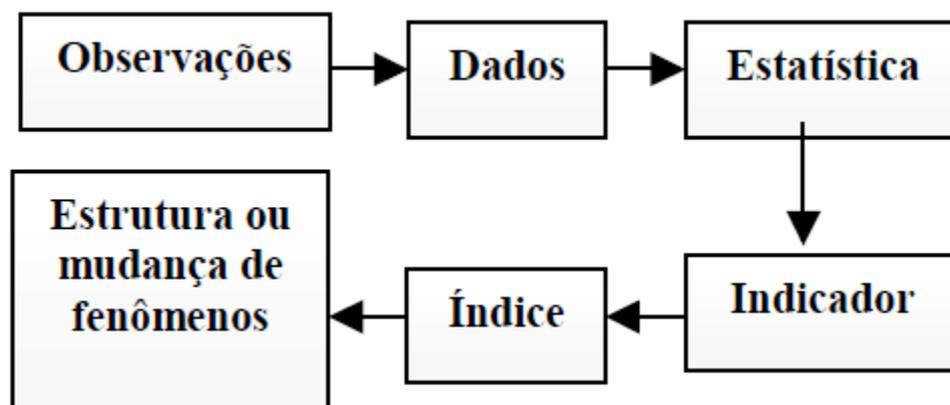


Figura 2.55– A lógica estrutural dos indicadores (Cordeiro Netto *et al.*, 2003).

O Manual de Drenagem Urbana do Município de São Paulo (São Paulo, 2012), em seu volume 1, considera que:

"Os indicadores de desempenho do sistema de drenagem apresentam grande potencialidade para auxiliar as entidades envolvidas no processo de gestão e manejo das águas pluviais urbanas [...] Desse modo, é essencial para a adequada gestão das águas pluviais do Município a definição de indicadores urbanos que identifiquem o comportamento do sistema de drenagem, possibilitando, desta forma, a avaliação e o acompanhamento dos programas de drenagem por bacia hidrográfica. Na construção de um sistema de indicadores, é importante que se estabeleçam os critérios e métodos de forma coerente com os objetivos pretendidos para que a escolha seja adequada."

O uso de indicadores acompanha a existência e disponibilidade de dados o que faz com que os conjuntos de indicadores adotados possam evoluir, aperfeiçoando-se à medida que haja ampliação das informações disponíveis, de seu monitoramento, e da aquisição de experiência com relação à sua utilização. Isso tudo faz com que seja comum que uma quantidade de indicadores básica evolua e possa crescer sendo então sua representatividade ampliada já que depende da confiabilidade dos dados que são obtidos.

Indicadores devem ser capazes de não só refletir a situação atual, mas de acompanhá-la em sua evolução ao longo dos anos, sendo produzidos em intervalos de tempo que

permitam o monitoramento e a avaliação da implantação das políticas públicas subsidiando o processo de tomada de decisões e possibilitando que a população dele participe e o acompanhe.

De acordo com Miranda e Teixeira (2004), existem diversos critérios que devem ser levados em conta ao se definirem indicadores, demonstrados na Tabela 2.9 a seguir:

Tabela 2.9 – Critérios que podem ser considerados na definição de indicadores e características que os explicitam.

CRITÉRIO	CARACTERÍSTICAS
Acessibilidade dos dados	Facilidade ao acesso dos dados referentes ao indicador
Clareza na comunicação	Permitir uma rápida compreensão e aceitação pelos usuários
Relevância	Refletir algo básico e fundamental para descrever o fenômeno monitorado
Amplitude geográfica	Ser sensível à mudança no espaço
Padronização	Maior a possibilidade de comparar uma realidade com as demais
Preditividade	Avisar antecipadamente os problemas antes que se tornem de difícil solução
Pró-atividade	Mostrar o que vem dando certo de forma a motivar
Sensibilidade temporal	Mostrar mudanças e tendências ao longo do tempo
Definição de metas	Permitir estabelecimento de metas a serem alcançadas
Confiabilidade da fonte	Possuir uma ou mais fontes de dados de confiança
Capacidade de síntese	Transmitir rapidamente uma informação, permitindo acesso aos detalhes, se necessários

2.5 TÉCNICAS DE CONSULTAS A ESPECIALISTAS

Dentre as técnicas estatísticas que podem ser utilizadas para a determinação e interpretação de dados, Bollmann e Marques (2000) citam: análise de matriz de correlação, análise de componentes principais, análise fatorial e procedimentos de classificação não paramétricos.

A vantagem dessas técnicas sobre os métodos de análise de opinião é a menor incorporação de variáveis subjetivas, mas são de difícil aplicação e interpretação de resultados.

Quanto aos métodos de pesquisa de opinião, a técnica DELPHI, desenvolvida pela Rand Corporation (EUA), é a mais utilizada (*idem*, 2000).

2.5.1 Método Delphi

O método Delphi, um painel de consulta a especialistas, foi desenvolvido na década de 1950 por Olaf Helmer e Norman Dalkey, cientistas da empresa Rand Corporation dos EUA.

Trata-se da técnica de consulta mais difundida e baseada nas consultas dos gregos aos oráculos (oráculo de Delphi) e, segundo Hiltz e Turoff (1978, *apud* Cordeiro Netto *et al.*), em sua versão original, foi aplicada ao chamado "Projeto Delphi", que procurava a opinião de especialistas para fins militares e estratégicos, dando início à chamada tecnologia de opinião conforme Ludlow (1975, *apud idem*).

De acordo com Miller (1993), a metodologia foi desenvolvida para lidar com problemas complexos e multidimensionais por diversos tipos de especialistas e assim, largamente utilizada desde então.

Patton (1990, *apud* Miller, 1993) consideram a metodologia como sendo qualitativa e Heikkila e Leckie (1989, *apud idem*) consideram seu emprego como uma alternativa aos métodos quantitativos.

Esse autor, Miller (1993), cita que o seu correto emprego para análises regionais pode incorporar dimensões qualitativas aos dados quantitativos, complementando dados escassos e transformando dados em conhecimento utilizável para planejadores e formuladores de políticas.

O método consiste de um questionário enviado diversas vezes até que haja convergência de respostas, ou seja, determinado grau de consenso, que significa o julgamento intuitivo do grupo.

Há pressuposição de que o julgamento coletivo é melhor do que a opinião de uma só pessoa e a base é o uso estruturado do conhecimento, da experiência e da criatividade de um grupo de especialistas de acordo com Wright e Giovinazzo (2000).

Tem como características o anonimato dos envolvidos, a representação estatística da distribuição dos resultados e o retorno ou "*feedback*" das respostas do grupo para as rodadas subsequentes, segundo Martino (1993, *apud* Wright e Giovinazzo, 2000).

A aplicação da técnica é caracterizada pela troca de opiniões entre os respondentes, mas mantendo-se o anonimato dos respondentes e a possibilidade de revisão das opiniões individuais após o conhecimento do resultado estatístico da visão do grupo.

Dessa forma, a existência de apenas uma rodada, ou a não manutenção do anonimato descaracterizam o uso da pesquisa como técnica Delphi.

A Figura 2.56 demonstra a sequência apresentada por Wright e Giovinazzo (2000) para a execução de uma pesquisa utilizando-se a técnica Delphi.

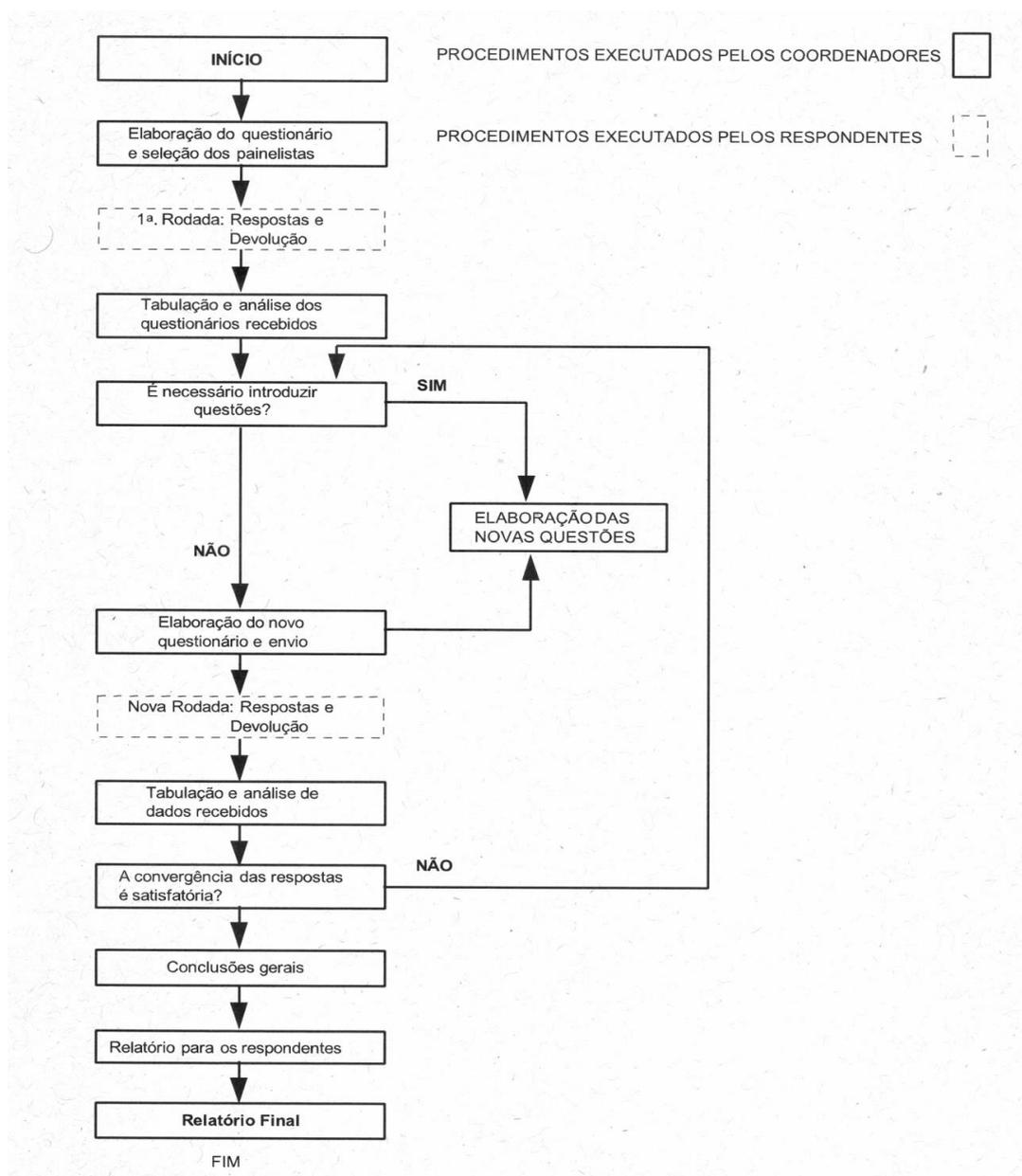


Figura 2.56 – Sequência para a realização de pesquisa com a utilização do Método Delphi (fonte: Wright e Giovinazzo, 2000).

2.5.2 Outros métodos e técnicas

Apesar de o método Delphi ("*iterative survey*") de consulta à opinião de especialistas ser o mais utilizado, tendo amplo sucesso, ele não é o único, sendo amplamente usados também os painéis de especialistas, "*workshops*", entrevistas, encontros, "*surveys*" e "*Participatory techniques*".

Além disso, conforme Coelho (2003) e Quental e Oliveira (2012), existe uma classificação de métodos e técnicas, proposta por Porter *et al.* (2004) e Skumanich e Sibernagel (1997), em uso nas atividades prospectivas, que as divide segundo famílias denominadas como: Criatividade, Métodos Descritivos e Matrizes, Métodos Estatísticos, Opinião de Especialistas, Monitoramento e Sistemas de Inteligência, Modelagem e Simulação, Cenários, Análise de Tendências, e Sistemas de Avaliação e Decisão.

Dentre as vantagens da família de métodos denominada "Opinião de Especialistas", segundo Coelho (2003), encontram-se a possibilidade de identificação de muitos modelos e percepções internalizados pelos especialistas que os tornam explícitos, a possibilidade de abertura de espaço para a intuição e de participação de quem realmente entende do assunto tratado.

Por outro lado, como desvantagens são citadas: a possibilidade de se encontrarem especialistas, de se fazerem projeções equivocadas ou preconceituosas e ainda de que haja ambiguidade ou divergência entre suas opiniões.

Mais recentemente, na Universidade de Manchester, Popper (2006, *apud* Quental e Oliveira, 2012) propôs uma nova classificação dos métodos e técnicas de prospecção chamada de Diamante de Previsão (*The Foresight Diamond*), representados esquematicamente por um "diamante" de quatro lados que exhibe em seus vértices as dimensões consideradas importantes.

São elas: a) criatividade, ligada à imaginação; b) *expertise*, ligada à experiência e ao conhecimento; c) interação, relacionada à discussão e à interação e d) evidências, que consideram a análise de dados reais. A proposta de Popper é escolher e combinar métodos que equilibrem essas quatro dimensões, como pode ser visto pela Figura 2.57 a seguir.

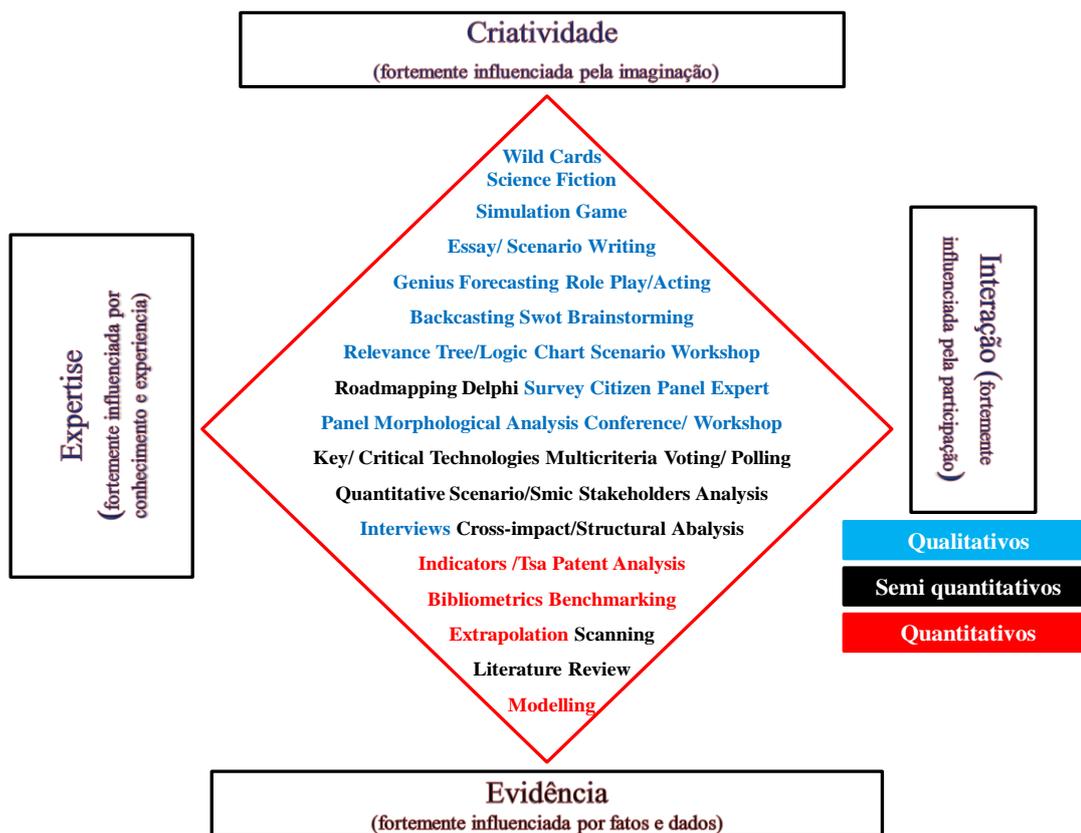


Figura 2.57– Diagrama representativo dos métodos e técnicas de prospecção conhecido como Diamante de Previsão de Popper (2006, *apud* Quental e Oliveira, 2012, adaptado).

2.6 MÉTODOS DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Todo processo de decisão consiste, em essência, na escolha entre alternativas de ações que devem ser comparadas por meio de métodos apropriados escolhidos com o intuito de definir ganhos e perdas, ou vantagens e desvantagens, de cada uma em relação a objetivos previamente definidos. Quando se busca a melhor alternativa em função do objetivo único de maior rentabilidade, como é o caso de uma grande parte dos empreendimentos privados, os critérios econômicos e financeiros prevalecem.

Ao se analisarem empreendimentos onde não há predominância de um objetivo único, mas de múltiplos e complexos objetivos (ambientais, sociais, econômicos, tecnológicos

e políticos), caso das ações de Estado ou de governo, entram em jogo múltiplos critérios.

Há convivência de critérios como a minimização dos impactos ambientais, maximização dos benefícios sociais, implementação de inovações tecnológicas e maior abrangência regional dentre outros.

Muitos desses critérios podem ser antagônicos para determinadas alternativas, ou seja, os ganhos segundo um critério podem representar perdas sob outro critério tornando a decisão de escolha mais difícil.

Para Harada e Cordeiro Netto (1999), nesses casos se necessita de metodologia de análise de decisão mais complexa que a simplesmente econômica e assim surgem dois grandes grupos de metodologias: de critério único e de multicritério.

Incluem-se, no primeiro grupo, as análises custo-efetividade, custo-benefício e risco-benefício.

Diferentemente dessas análises de critério único, por exemplo, econômico, em que se busca otimizar um índice que representa vários benefícios satisfeitos, as análises multicritério levam em conta a otimização de diversos critérios, como econômico, ambiental, social e técnico.

Esses critérios espelham os múltiplos objetivos representativos de diversos aspectos da realidade e dos interesses de vários grupos, medidos em diferentes escalas.

Essas metodologias se aplicam também aos casos em que não há apenas um tomador de decisão, mas vários, e assim também são conhecidas como: multiobjetivos, multicritérios e multidecisores.

Havendo mais critérios a serem satisfeitos, determinar quando uma alternativa é superior à outra pode não ser muito claro, não sendo fácil identificar quando uma alternativa exerce "dominância" sobre outra, pois não existe superioridade quanto a todos os critérios.

A chamada transitividade entre alternativas (se $a > b$ e $b > c$ então $a > c$) pode não ocorrer já que pode haver dominância em uns aspectos, mas não em outros e, além disso, podem ser introduzidos conceitos de incomparabilidade e de indiferença entre alternativas.

Dessa forma, percebe-se que, embora possam ser mais abrangentes, as análises requerem um grande número de informações para cada alternativa, pois dependem dos critérios analisados e dos tomadores de decisão, tornando a análise mais subjetiva o que, conforme Harada e Cordeiro Netto (1999), pode ser desvantajoso em relação a outras metodologias.

Assim, a análise multicritério conta hoje com um grande número de métodos que, para efeito de classificação, foram agrupados por Barbosa e Goicochea *et al.* (1997, 1982, *apud* Harada e Cordeiro Netto, 1999).

Esses autores adotaram a classificação sugerida por Vincke *et al.* (1989, *apud* Harada e Cordeiro Netto, 1999) que se baseia nos papéis que assumem analista e tomador de decisão, entendidos o primeiro como aquele que investiga as alternativas e o segundo como o que julga, decidindo qual será a preferida.

Para Barbosa (1997), existem três grupos: Grupo I – Técnicas de Geração de soluções não dominadas; Grupo II – técnicas com articulação de preferências *a priori*; e Grupo III – Técnicas com articulação progressiva de preferências.

No primeiro grupo, as alternativas são geradas pelo analista e depois é incorporada a estrutura de preferência do tomador de decisão.

No segundo grupo, o juízo de valor do tomador de decisão é feito, antecipadamente, explicitando as trocas possíveis entre objetivos e seus pesos relativos.

O terceiro grupo contempla a interação entre analista e tomador de decisão durante todo o processo decisório.

Na classificação proposta por Vincke *et al.* (1989, *apud* Harada e Cordeiro Netto, 1999), e adotada pela SMG – *Service de Mathématiques de la Gestion* (Paris, França) – existem, com denominação diferente, as três famílias de métodos: os baseados na teoria de utilidade multiatributo, os seletivos e os iterativos.

O primeiro grupo permite agregar diferentes critérios dentro de uma mesma função e tem como objetivo obter a alternativa que possa otimizar essa função.

Essa função é uma representação matemática da estrutura de preferências do tomador de decisão, pois esses métodos partem do pressuposto de que ele procura maximizar uma função de utilidade ou minimizar uma função custo.

Essa família de metodologias permite ordenar as alternativas em ordem de preferência, sendo um dos mais utilizados o método da Programação de Compromisso.

O segundo grupo, dos chamados métodos seletivos (ou de desclassificação), estabelece comparações de alternativas, duas a duas, por meio do estabelecimento de uma relação que segue as margens de preferência determinadas pelos tomadores de decisão, chamada de relação de seleção.

Essa relação, segundo Harada e Cordeiro Netto (1999), indica se existem argumentos suficientes para decisão sobre ser ou não um dos componentes do par tão bom quanto o outro e podendo ainda se considerarem pesos que representem a importância relativa entre os critérios.

Conceitos de indiferença e incomparabilidade de preferência entre alternativas podem ser adicionados e assim, em algumas situações pode não ser possível ordenar completamente as alternativas.

Os métodos da família ELECTRE fazem parte desse grupo e serão abordados no próximo item.

A última família parte da premissa de que o tomador de decisão não tenha, a princípio, estabelecido seu sistema de preferências o que vai acontecendo aos poucos, conforme vai avançando o seu entendimento do problema no decorrer do processo de tomada de decisão. Por isso, são chamados de métodos de articulação progressiva de preferências quando ocorrem, alternadamente, etapas de análise e de reavaliação e debate das preferências ou, das etapas computacionais e de debate, conforme afirmam Harada e Cordeiro Netto (1999).

Ainda que haja, em todos os métodos, a participação dos tomadores de decisão emitindo suas preferências, definindo critérios e ações, nos métodos iterativos sua participação é mais direta, pois intervêm na elaboração da solução durante os procedimentos e não só na definição do problema.

Segundo Barbosa (1997, *apud* Harada e Cordeiro Netto, 1999), dessa família fazem parte o Método do Valor Substituto de Troca e o Método dos Passos.

A grande utilização de métodos multicritério na área de recursos hídricos e saneamento possibilitou que Hajkowicz e Collins (2007, *apud* Campos 2011) ao analisar 113 artigos abrangendo 34 países identificassem em 98 desses artigos os principais métodos utilizados.

Ellis *et al.* (2004), ao analisar a aplicação de metodologia multicritério para a definição do local para a construção de uma bacia de detenção em Blanc-Mesnil (Seine Saint Denis, Paris, France), com objetivo principal de drenar e tratar os escoamentos de uma rodovia local, afirmaram que a análise multicritério deve ser capaz de avaliar o que fazer, quais as ações possíveis, mas igualmente a opção de não fazer, ou seja, de "deixar como está".

2.6.1 Método Electre Tri

Os métodos ELECTRE – *Elimination and Choice Translating Reality* – começaram a ser desenvolvidos por Roy (1985, *apud* Generino e Cordeiro Netto, 1999) e sua equipe e fazem parte da família de métodos seletivos (ou de desclassificação), de acordo com a tipologia de Vincke (1992, *apud* Generino e Cordeiro Netto, 1999).

No âmbito desses métodos, existem três problemáticas decisórias de referência chamadas de α , β e γ , que servem para posicionar o processo de decisão como apresentado na Tabela 2.10 a seguir.

Tabela 2.10 – Tabela demonstrativa das problemáticas de decisão, objetivos, resultados e procedimentos de decisão.

Problemática	Objetivo	Resultado	Procedimento
α	Escolha de um subconjunto contendo as melhores ações ou, na ausência dessa possibilidade, as satisfatórias.	Escolha	Seleção
β	Triagem por alocação de ações em categorias pré-definidas.	Triagem	Alocação
γ	Definição, por ordenação completa ou parcial, de classes de equivalência compostas por ações que se comparam entre si.	Sequência	Classificação

No caso de avaliação de desempenho de sistemas de drenagem urbana, em que não se busca a hierarquia entre sistemas, nem a seleção dos melhores sistemas, mas sim uma alocação de determinado sistema em classes pré-definidas (muito bom, bom médio, ruim, péssimo, por exemplo), a problemática que se impõe é a “ β ” (triagem/alocação), cujo método da família ELECTRE correspondente é o ELECTRE TRI, em que há o enquadramento de ações em categorias pré-definidas a partir do valor de cada ação.

As ações são classificadas em função de ações fictícias de referência b_h pré-definidas, chamadas de ações de referência, para delimitar categorias E^h .

A Figura 2.58, a seguir, ilustra graficamente a problemática, sendo $b_0, b_1, b_2, \dots, b_h$ as ações fictícias de referência, $j_1, j_2, j_3, \dots, j_n$ os critérios e $E^1, E^2, E^3, \dots, E^h$, as categorias de classificação.

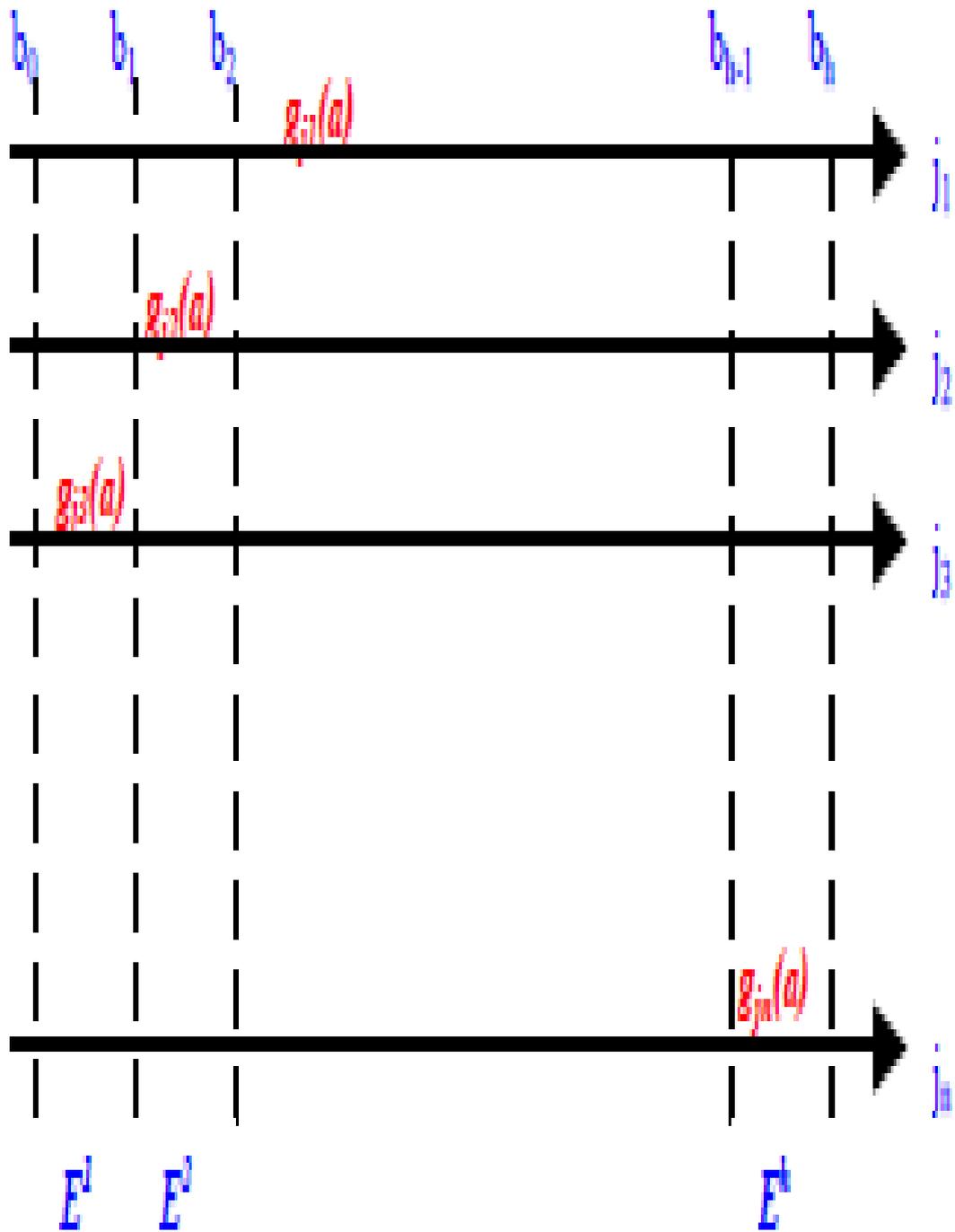


Figura 2.58 – Ações fictícias de referência “ b_h ”, critérios “ j_n ”, categorias “ E^h ” e avaliação de ações “ $g_{in}(a)$ ”.

A descrição detalhada do método encontra-se no Anexo A e o diagrama de fluxo na Figura 2.59 a seguir.

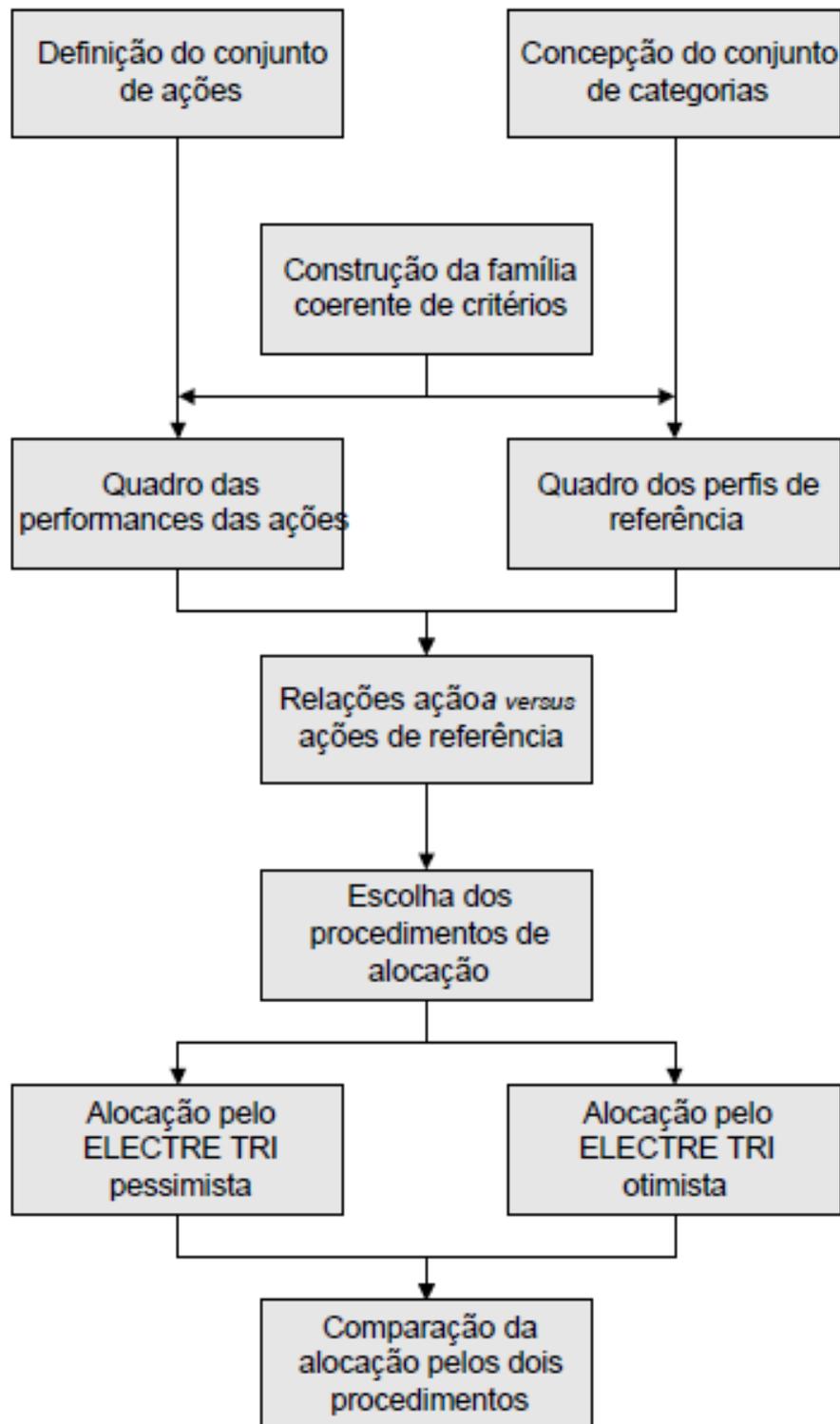


Figura 2.59 – Diagrama de utilização do método ELECTRE-TRI, conforme Yu e Roy (1992, *apud* Generino, 1999).

3. METODOLOGIA

Esquemáticamente, a metodologia adotada para desenvolvimento da presente pesquisa seguiu os passos apresentados no diagrama da Figura 3.1 a seguir.

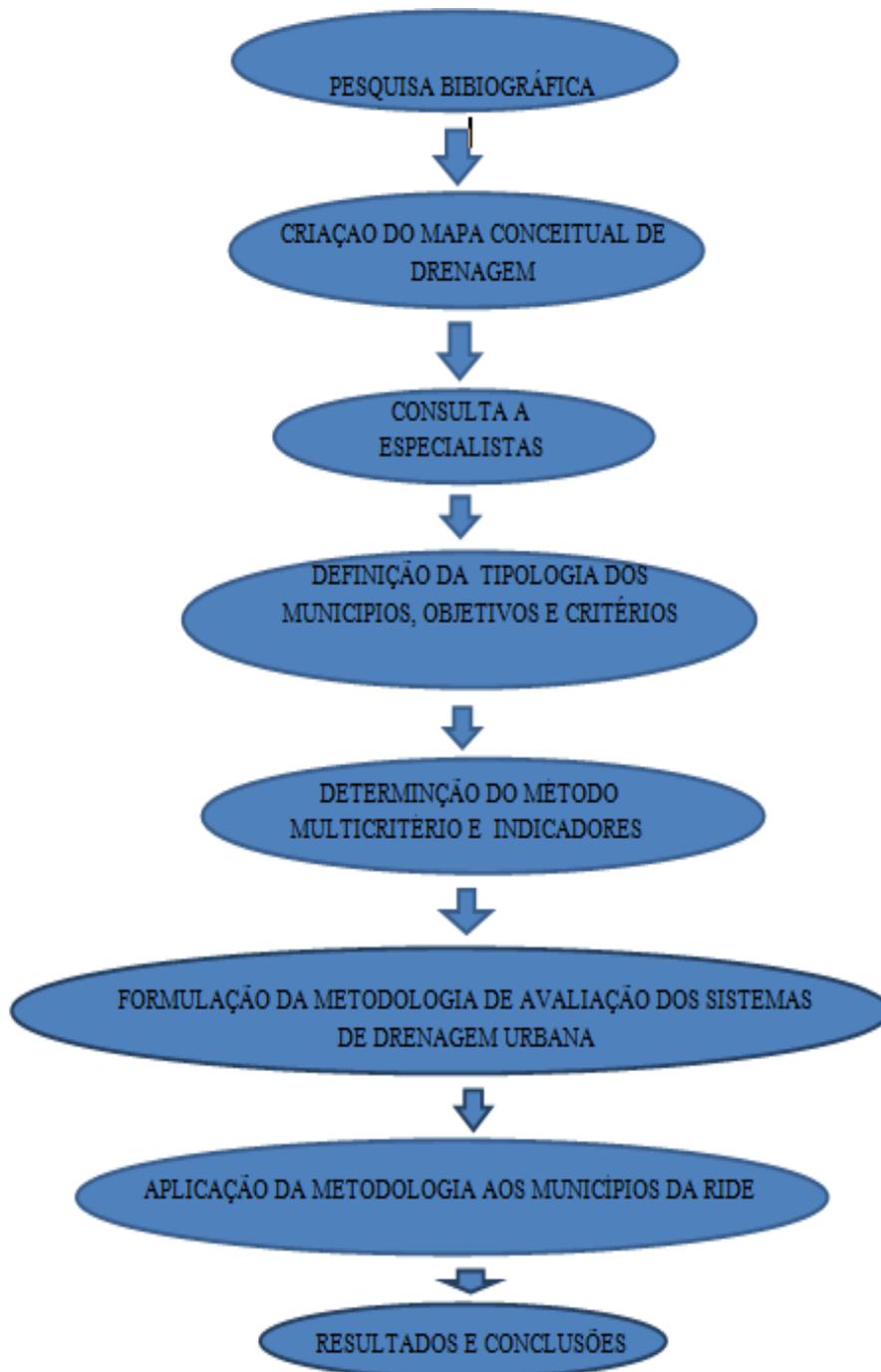


Figura 3. 1 – Diagrama demonstrativo dos passos referentes à metodologia.

3.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Inicialmente, foi realizada pesquisa bibliográfica, como parte da metodologia, de forma a se poder verificar o estágio de desenvolvimento dos estudos e pesquisas sobre o tema na literatura especializada, artigos de periódicos científicos e nos trabalhos acadêmicos como teses e dissertações.

Buscou-se, nessa pesquisa, avaliar a questão da urbanização e drenagem, os princípios dos sistemas de drenagem urbana em escala urbana municipal, as formas de representação de sistemas por meio de mapas conceituais e indicadores de desempenho, as técnicas de consulta a especialistas e as alternativas de avaliação por abordagem multicritério

3.2 CONCEPÇÃO DE MAPA CONCEITUAL DE SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA

A partir do conceito de que o melhor caminho para o entendimento de qualquer assunto de complexidade elevada é o conhecimento dos aspectos relevantes que compõem seu universo, buscou-se, além da revisão da bibliografia disponível, um ferramental que propiciasse, também, fácil visualização desse conhecimento.

A metodologia que se mostrou adequada foi a de desenvolvimento de um mapa conceitual de drenagem urbana, como ferramenta que propiciasse, de forma clara e didática, apresentar todos os aspectos que circundam o tema em suas variadas dimensões. Esse mapa conceitual buscou a resposta à seguinte pergunta focal “*o que influencia no desempenho dos sistemas de drenagem urbana?*”.

Procurou-se associar a construção desse mapa à estrutura denominada DPSIR (do inglês: *driving forces, pressures, states, impacts, responses*) que tem sido utilizada com sucesso em diversas aplicações de sistemas sócio ambientais de forma a tornar o mapa mais completo, abrangente e fidedigno à realidade.

A construção desse mapa permitiu a identificação de indicadores e critérios que buscassem representar os processos que mais influenciam em um sistema de drenagem urbana, assim como elementos que pudessem levar à definição de uma tipologia de sistemas municipais de drenagem urbana.

3.3 CONSULTA A ESPECIALISTAS

A consulta a especialistas foi realizada por meio eletrônico e com a utilização de questionários enviados a diversos especialistas, que se encontram no Anexo B. Para essa pesquisa eletrônica, foi utilizado um aplicativo eletrônico disponível gratuitamente na Internet, pelo sítio do Google.

O objetivo da consulta foi obter a opinião sobre a tipologia de municípios proposta e sobre os critérios e indicadores propostos para avaliação do desempenho dos sistemas de drenagem urbana em suas diversas dimensões: social, econômica, técnica (aspectos físicos, hidráulicos e hidrológicos), institucional e ambiental.

Foram enviadas solicitações de resposta a cerca de 60 especialistas, com retorno de somente 20% desse total.

3.4 DEFINIÇÃO DE TIPOLOGIA DE MUNICÍPIOS, OBJETIVOS E CRITÉRIOS

Após a pesquisa bibliográfica, a elaboração do mapa conceitual de sistemas de drenagem, a definição prévia de tipologia de sistemas e de indicadores de avaliação de desempenho e a consulta aos especialistas, além da análise dos dados das PNSB 2000 e 2008, foi possível confirmar, no âmbito dos municípios, quais são os fatores ligados às situações de vulnerabilidade da população, com respeito ao tema drenagem urbana: inundações e alagamentos, contaminações de corpos receptores, escorregamentos de encostas, erosões, assoreamentos e contaminações de água e solo, que de uma forma ou de outra podem estar ligados aos sistemas de drenagem.

Essas situações, presentes nas informações fornecidas pelas PNSB de 2000 e 2008, permitiram que se pudesse definir vulnerabilidade, expressa pela presença das situações descritas no parágrafo anterior, e grau de urbanização, representado pela densidade demográfica, como sendo os dois elementos formadores da tipologia em que se classificaram os municípios para efeito de avaliação de seus sistemas de drenagem.

3.5 DETERMINAÇÃO DO MÉTODO MULTICRITÉRIO E INDICADORES

O Método Multicritério de Auxílio à Decisão – MCDA – "Multi Criterion Decision Aid" escolhido para aplicação com vistas ao desenvolvimento da metodologia de avaliação do desempenho dos sistemas de drenagem urbana com a utilização de indicadores foi o método ELECTRE TRI.

O método ELECTRE-TRI permite fixar padrões de referência, utilizados para definir os limites das categorias, que, conforme Brostel (2002), ao estudar o desempenho de ETE's, afirmou que "[...] no caso específico, podem representar uma escala de desempenho. Além disso, o ELECTRE-TRI possui mecanismos que permitem introduzir as incertezas da decisão, por meio do estabelecimento de limiares de preferência e indiferença".

A escolha se deu em função do conhecimento disponível, de diversas aplicações bem-sucedidas na área de recursos hídricos e saneamento, encontradas por meio da pesquisa bibliográfica, e da facilidade de utilização de aplicativo eletrônico para introdução de dados e realização dos cálculos, tornando viável a sua aplicação a este estudo, como a literatura tem comprovado, a exemplo de Generino (1999).

A utilização do método ELECTRE-TRI pressupõe a definição de uma série de parâmetros: as categorias de avaliação, os critérios, os pesos de cada critério, as ações de referência, os limiares de indiferença, preferência estrita e veto, assim como o nível de corte.

3.6 FORMULAÇÃO DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA

A metodologia de avaliação de desempenho baseada em indicadores e no método multicritério foi formulada com base naqueles indicadores selecionados em função da revisão bibliográfica e de sugestões dos especialistas, de acordo com os critérios propostos. Os critérios determinados inicialmente foram: ambiental, econômico, social, institucional, físico, hidráulico e hidrológico.

A metodologia desenvolvida se resume a: i) seleção dos sistemas municipais de drenagem para avaliação de desempenho, ii) verificação da base de dados para avaliação, iii) enquadramento do sistema municipal na tipologia proposta, iv) definição de critérios, indicadores, parâmetros, pesos e desempenhos específicos, v) aplicação do Método ELECTRE-TRI e vi) análise dos resultados.

3.7 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA A MUNICÍPIOS DA RIDE DF E ENTORNO

Foram escolhidos, para um teste da metodologia formulada, 5 (cinco) municípios da RIDE DF e Entorno: Cidade Ocidental, Cristalina, Novo Gama, Pirenópolis e

Valparaíso, de forma que se pudesse ter uma amostragem representativa da tipologia de sistemas municipais de drenagem urbana.

Esse teste serviria para verificar a pertinência da metodologia. Os resultados obtidos seriam submetidos ao crivo da equipe técnica do Estudo “Diagnóstico do Saneamento Básico das Regiões Integradas de Desenvolvimento (RIDES) do Brasil (RIDE DF e Entorno, RIDE Polo Grande Teresina/PI, e RIDE Polo Petrolina/PE e Juazeiro/BA)”, que já havia avaliado “in situ” o desempenho dos sistemas de drenagem urbana desses municípios.

4 - DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

4.1 MAPA CONCEITUAL

Apresenta-se a seguir, na Figura 4.1, o resultado da criação de um Mapa Conceitual de sistemas de drenagem urbana, que tem como característica a demonstração dos conceitos principais que envolvem o assunto e de suas relações.

A pergunta foco é: *Quais são os elementos principais que influem no desempenho dos sistemas de drenagem urbana?*

O mapa conceitual foi criado, como já salientado, procurando-se utilizar da estrutura conceitual DPSIR ou FPEIR – forças motrizes, pressões, estado, impactos e respostas de forma a tornar mais evidentes os relacionamentos entre os conceitos.

O mapa conceitual desenvolvido auxiliou no trabalho com indicadores ao permitir a fácil visualização das interconexões entre os elementos envolvidos em sistemas de maior complexidade, devido à quantidade de agentes e processos que atuam, como é o caso dos sistemas de drenagem urbana.

Também, no dizer de Philippi Jr. *et al.* (2012), sobre indicadores:

"[...] deve-se buscar a melhor forma de repassar seu entendimento à comunidade, através de mapas, desenhos ou gráficos, e informar às pessoas com seriedade e honestidade, estabelecendo uma revisão periódica dos indicadores."

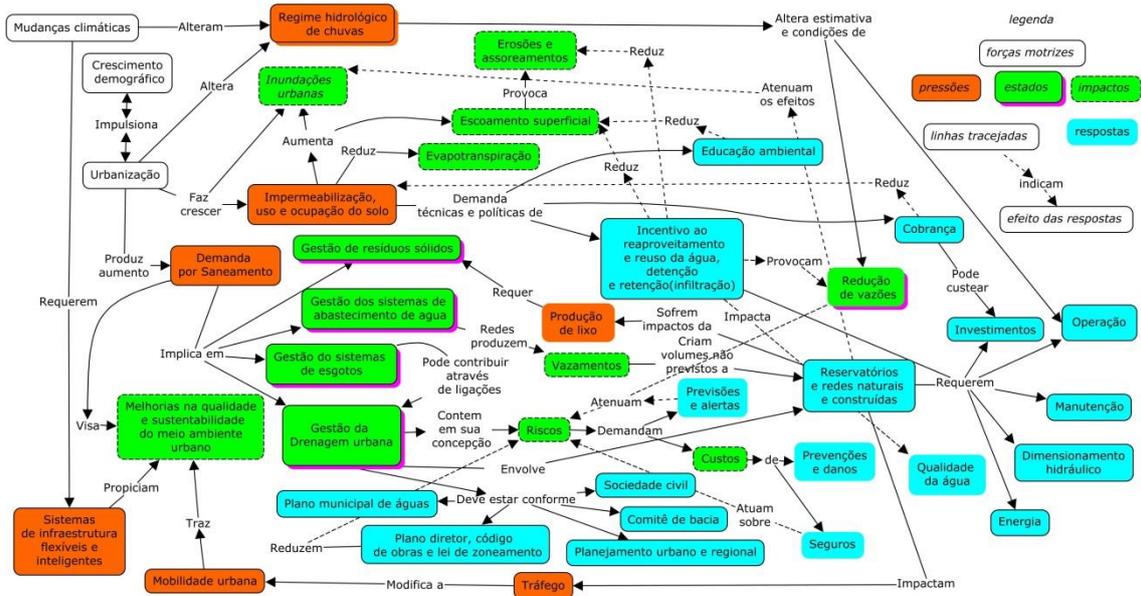


Figura 4.1 - Mapa conceitual de sistema de drenagem urbana produzido com a utilização da estrutura conceitual DPSIR (do inglês, *driving forces, pressures, states, impacts e response*)

4.2 TIPOLOGIA DE SISTEMAS

Tendo em vista a diversidade de problemas que podem estar associados à drenagem urbana em função das características dos municípios, impôs-se a necessidade de se considerar uma tipologia de situações municipais quanto à drenagem urbana. Considerava-se que, eventualmente, indicadores e critérios pudessem ser diferentes, tendo em vista as características urbanas e climáticas do sistema analisado.

A partir da pesquisa bibliográfica efetuada, da análise dos dados disponíveis nas pesquisas do IBGE e das informações levantadas em campo, consideraram-se duas variáveis explicativas para definir tipos diferentes de sistemas: densidade demográfica e vulnerabilidade às chuvas. Considerando-se duas classes para cada variável, ter-se-iam 4 (quatro) situações municipais de referência:

- Alta densidade demográfica e alta vulnerabilidade às chuvas,
- Baixa densidade demográfica e alta vulnerabilidade às chuvas,
- Alta densidade demográfica e baixa vulnerabilidade às chuvas,
- Baixa densidade demográfica e baixa vulnerabilidade às chuvas,

4.3 INDICADORES

Importante se faz salientar que nem todos indicadores se aplicariam a todo e qualquer município como é o caso, por exemplo, daqueles que se aplicam às cidades litorâneas que sofrem efeitos das marés.

Aos indicadores selecionados, serão atribuídos pesos de forma a ponderar aqueles que tiveram maior frequência de aceitação pelos especialistas consultados devendo, no entanto, a soma total dos pesos dos indicadores ser igual a 100.

Quanto a indicadores de drenagem urbana, foram pesquisadas informações em diversos trabalhos já realizados a exemplo de Castro (2002), Moura (2004), De Bonis et al. (2005) Brito (2006) e Mendonça (2009), revelando-se informações proveitosas, algumas vezes com aspectos que se sobrepunham, mas nenhuma com a preocupação específica de análise de desempenho da gestão dos sistemas de drenagem urbana municipais.

Existem presentes em alguns manuais de drenagem e manejo de águas pluviais indicadores específicos para cada localidade, como é o caso do Manual produzido para

o Município de São Paulo (2012) cuja descrição, presente na tabela 7.4, do Volume I daquele documento, reproduz-se no Anexo A.

Os indicadores, inicialmente concebidos, apresentados no Apêndice C, têm seu cálculo efetuado da forma explicada a seguir:

Em princípio, buscou-se considerar os sistemas de drenagem urbana em suas diversas dimensões: social, econômica, técnica (aspectos físicos, hidráulicos e hidrológicos), institucional e ambiental.

Apresentam-se, a seguir, os indicadores e os critérios inicialmente adotados.

Tabela 4. 1 – Relação inicial de indicadores propostos à análise dos especialistas.

Dimensão	Indicador	Unidade de medida
F1	Densidade de redes	Km/km ²
F2	Área impermeabilizada	m ² /ha
F3	Áreas sujeitas a escorregamentos/erosões	m ² /ha
F4	Taxa média de infiltração	m ³ /ha
F5	Lençol freático pouco profundo (<1,0m)	S/N
F6	Topografia acidentada	S/N
H1	Área da mancha de inundação	m ² /ha total
H2	Frequência de inundações	Nº ocorrências/ 365d
H3	Frequência de assoreamentos	Nº ocorrências/ 365d
H4	Frequência de alagamentos	Dias /365 dias
H5	Contribuição de águas residuárias	Q _{resid} /Q _{total}
H6	Possibilidade de contribuição de marés para eventos de inundação e alagamentos	S/N
H7	Frequência de obstruções ao tráfego de veículos	Nº ocorrências/365d
HD1	Área de contribuição	m ² /ha
HD2	Intensidade de chuva	mm/ano
HD3	Frequência anual de precipitações	nº de dias/365
E1	Custo de construção de reservatórios de armazenamento	\$/m ³
E2	Custo de implantação de redes	\$/Km

Tabela 4. 1 (cont.) – Relação inicial de indicadores propostos à análise dos especialistas.

E3	Custo de manutenção de redes	\$/km
E4	Custo de flexibilização/adaptação do sistemas	\$/risco-probabilidade
E5	Recursos utilizados anualmente em drenagem	\$ utiliz./\$orçamento
E6	Custos de não implantação ou de correr riscos	\$anual do risco/custo de implantação
E7	Custo por volume	\$/m ³ absorvido
E8	Custo de desassoreamento/desobstrução	\$/m ³ recolhido
E9	Custos de desapropriação	\$/há
E10	Custo para usuários	\$ taxas/ \$ custos
E11	Custo de desobstruções	\$/ano
A1	Existência de técnicas compensatórias	S/N
A2	Doenças de veiculação hídrica	Nº/nº de referência
A3	Criação de áreas verdes na implantação dos sistemas	m ² criados/m ² exist.
A4	Quantitativo precipitado com destinação inadequada	m ³ /inad./m ³ adeq
A5	Quantitativo de coleta e varrição	m ² c/ serviço/m ² s/ser
A6	Possibilidade de contaminação de nascentes e lençol freático	S/N
A7	Possibilidade de contaminação de redes de drenagem por águas residuárias de esgotos	S/N
A8	Possibilidade de ocorrência de desastres naturais como deslizamento de terra e de pedras	S/N
A9	Possibilidade de contribuição de intrusão salina no sistema de drenagem por efeitos de marés	S/N
A10	Quantidade de resíduos sólidos (lixo) no sistema	Kg/mês
S1	Domicílios atendidos	Nº atend/nº na área
S2	Densidade populacional por tipo (residencial/comercial/industrial)	hab/m ²
S3	Áreas desapropriadas pelo sistema	m ² /ha total

Tabela 4. 1(cont.) – Relação inicial de indicadores propostos à análise dos especialistas.

S4	IDH – Índice de desenvolvimento humano	Adimensional
S5	Participação popular	n° famílias participantes/ n° total
S6	Valor do IPTU	\$/m ²
S7	Existência de imóveis nas áreas de inundações	S/N
I1	Recursos humanos	N° pessoas atividade/ n° total
I2	Existência de Plano de Saneamento	S/N
I3	Existência de Plano de Drenagem Urbana	S/N
I4	Existência de fiscalização do sistema	S/N
I5	Existência ou não de órgão de regulação	S/N

Para o critério institucional, levaram-se em conta cinco indicadores considerados da forma apresentada na Tabela 4.2, a seguir:

Tabela 4.2 – Indicadores propostos para o critério Institucional.

Código do indicador	Assunto	Peso sugerido	Unidade de medida
I1	Recursos Humanos	0,20	n° pess./tot.
I2	Plano de Saneamento	0,20	S/N
I3	Plano de Drenagem	0,20	S/N
I4	Fiscalização	0,20	S/N
I5	Regulação	0,20	S/N

Para I1 foram arbitrados valores de multiplicadores dos pesos de acordo com a Tabela 4.3 a seguir, sendo a avaliação classificada como crescente, ou seja, quanto maior o valor do indicador, melhor a classificação do sistema.

Tabela 4.3 – Valores arbitrados para os multiplicadores dos pesos para os indicadores Institucionais.

I1	1º Intervalo	2º Intervalo	3º Intervalo
Nº de pessoas da administração municipal ou Secretaria municipal envolvidas na atividade/ número total	> 0,05	de 0,0 até 0,05	0
Valor p/ multiplicador	1,0	0,5	0,0

Para os demais (I2, I3, I4 e I5), foram considerados para “Sim”, multiplicador 1,0 e para “Não” multiplicador zero.

Na apresentação dos indicadores sociais adotados, indicados na Tabela 4.4, ressalta-se que, daqueles inicialmente sugeridos, em atendimento às sugestões dos especialistas, foram excluídos: S1, domicílios atendidos (nº de domicílios atendidos/ nº de domicílios na área do sistema), por avaliar-se que S2, densidade populacional, abrange S1; S4, IDH – Índice de Desenvolvimento Humano, e S6, Valor do IPTU (\$/m²).

Os demais, S2, S3, S5 e S7, têm os pesos distribuídos igualmente entre eles (Tabela 4.4) e multiplicadores adotados conforme a Tabela 4.5, a seguir:

Tabela 4.4 – Indicadores adotados para o critério social.

Código do Indicador	Assunto	Peso sugerido	Unidade de medida
S2	Densidade populacional	0,25	hab/ha
S3	Áreas desapropriadas	0,25	m²/ha
S5	Participação da sociedade	0,25	Famílias Part/tot
S7	Imóveis em área de inundação	0,25	S/N

Tabela 4.5 – Valores arbitrados para os multiplicadores adotados para os pesos relativos aos indicadores sociais.

Código do Indicador	1º intervalo		2º Intervalo	
S2	> 10 hab/ha	Valor =0,0	< 10hab/ha	Valor =1,0
S3	>1,0%	Valor =0,0	nenhuma	Valor =1,0
S5	até 0,1%	Valor = 0,0	> 0,1%	Valor =1,0
S7	sim	Valor = 0,0	não	Valor = 1,0

Com relação aos indicadores sociais, adotou-se o critério de avaliação crescente, ou seja, quanto maior o seu valor, considera-se melhor a condição do sistema avaliado, o que significa dizer que a existência ou necessidade de desapropriação de áreas, a existência de imóveis em áreas de inundação, a pouca participação da sociedade e a alta densidade populacional, são fatores considerados como redutores do desempenho do sistema em avaliação.

Para os indicadores físicos, após as consultas, foi excluído F4 – taxa média de infiltração (m³/ha), atribuindo-se pesos iguais aos demais, conforme Tabela 4.6.

Tabela 4. 6 – Tabela com os pesos sugeridos para os indicadores físicos.

Código do Indicador	Indicador	Peso sugerido	Unidade de medida
F1	Densidade de redes	0,20	km/km ²
F2	Área impermeabilizada	0,20	m ² imp./m ² total
F3	Áreas sujeitas a escorr./ erosão	0,20	m ² /m ² total
F5	Lençol freático alto	0,20	S/N
F6	Topografia acidentada	0,20	S/N

Foram arbitradas, segundo Tabela 4.7, as seguintes escalas para pontuação dos indicadores físicos:

Tabela 4.7 – Tabela com os valores dos multiplicadores de acordo com três intervalos, para F1, F2 e F3 e existência ou não para F5 e F6.

	1º INTERVALO		2º INTERVALO		3º INTERVALO	
F1	≤ 0,5	Valor = 0	> 0,5 e < 1,5	Valor = 0,75	≥ 1,5	Valor = 1,0
F2	≤ 0,25	Valor = 1,0	> 0,25 e ≤ 0,5	Valor = 0,5	> 0,5	Valor = 0,0
F3	≤ 0,25	Valor = 1,0	> 0,25 e ≤ 0,5	Valor = 0,5	> 0,5	Valor = 0,0
	Existência					
F5	Sim		Valor = 0		Não	Valor = 1,0
F6	Sim		Valor = 0		Não	Valor = 1,0

No caso dos indicadores físicos, também se adotou o critério crescente, ou seja, quanto maior o seu valor melhor será considerado o desempenho do sistema em avaliação.

Dessa forma, supôs-se que: maior quantidade de redes, menor quantidade de áreas impermeabilizadas e sujeitas a escorregamentos e erosões, inexistência de lençol freático alto e ausência de topografia acidentada, são fatores que favorecem o bom desempenho dos sistemas de drenagem.

A declividade dos terrenos de uma bacia, segundo Vilela (1975), responde, em certa medida, pela velocidade do escoamento superficial com impacto sobre o tempo de concentração da rede de drenagem. Da mesma forma, sofrem influência do fator velocidade tanto os picos de enchente como as taxas de infiltração e a susceptibilidade à erosão dos terrenos.

O aspecto tocante ao custo das redes de drenagem, também sofre impacto das declividades, sendo esse custo decrescente até 4% de declividade e voltando a crescer a partir de 6 a 7%, segundo Mascaró (1994).

Considerando esses aspectos, foi adotado maior valor para a inexistência de topografia acidentada, sendo 1,0 para resposta "SIM" e 0,0 para resposta "NÃO".

Villela (1975) afirma que: "A densidade de drenagem varia inversamente com a extensão do escoamento superficial e, portanto, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia."

Esse índice pode ser entendido como a razão entre o comprimento total dos cursos d'água (L) de uma bacia (efêmeros, intermitentes ou perenes) e a área total da bacia (A), ou seja, $D_d=L/A$ (Km/Km^2), sendo consideradas bem drenadas as bacias onde esse número for maior, em geral variando de 0,5 a 3,5, respectivamente para pobremente drenadas e bem drenadas, ainda segundo Villela (1975).

Na impossibilidade da obtenção de estimativas confiáveis da rede para o cálculo de densidade de redes de drenagem ($F1$), optou-se por distribuir o seu peso por faixas conforme tabela 4.7.

Para a estimativa da área impermeabilizada, pode ser utilizado o resultado do trabalho de Campana e Tucci (1994, *apud* Canholi, 2005), que apresenta uma relação empírica que possibilita o cálculo da parcela impermeabilizada baseando-se na densidade populacional, fundamentando-se, no entanto, em dados de apenas três grandes centros

urbanos: São Paulo, Curitiba e Porto Alegre, expressas pelas expressões de Conte (2001, *apud* Canholi, 2005) a seguir:

$$A_{\text{imp}}/A_{\text{total}} (\%) = -3,86 + 0,55 d \text{ (para } 7 \leq d \leq 115 \text{ hab/ha)} \quad (\text{Equação 4.1})$$

$$\text{e } A_{\text{imp}}/A_{\text{total}} (\%) = 53,2 + 0,054 d \text{ (para } d > 115 \text{ hab/ha)} \quad (\text{Equação 4.2})$$

Para o questionário utilizado em campo, considerando a dificuldade prevista para que os entrevistados pudessem formular uma estimativa precisa de áreas impermeabilizadas optou-se pela utilização de três faixas, quais sejam: $\leq 25\%$, entre $> 25\%$ e $\leq 50\%$ e $> 50\%$, às quais, posteriormente, foram atribuídos os valores da Tabela 4.6.

Com relação ao indicador F3, na impossibilidade de se obter uma estimativa confiável de valor das áreas sujeitas a erosões e escorregamentos, optou-se pela alteração de sua unidade de medida de m^2/m^2_{total} para "SIM/NÃO" procurando refletir sua quantificação em função de uma estimativa de percentual da área total sujeita a esse tipo de ocorrência conforme se apresenta no questionário aplicado do Apêndice E, adotando-se três intervalos: $\leq 25\%$, entre $>25\%$ e $\leq 50\%$, e $> 50\%$.

A taxa média de infiltração, indicador F4, foi descartada por ter uma variabilidade grande em função de aspectos como as características e estados dos diversos tipos de solos, mostrando-se inadequada a análise pretendida.

Para o critério econômico foram eliminados E4, E7, E8, E10 e E11, restando E1, E2, E3, E6 e E9 sendo atribuídos os pesos de 0,20 a cada um e devendo seu cálculo ser efetuado com a aplicação dos multiplicadores arbitrados conforme a Tabela 4.8, a seguir.

Tabela 4.8 – Tabela de pesos para os critérios econômicos.

Indicador	Nome	Peso Arbitrado	Unidade
E1	Custo de Construção Reservatórios (\$/m ³)	0,20	S/N
E2	Custo de Construção de Redes (\$/Km)	0,20	S/N
E3	Custo de Manutenção Redes (\$/Km)	0,20	Alto/baixo
E6	Custo de não Implantação (custo anual do risco/custo de implantação do sistema)	0,20	S/N
E9	Custos de Desapropriação (\$/m ²)	0,20	S/N

Os custos incluídos no critério econômico são usualmente medidos em unidades monetárias (\$) e divididas por unidades físicas (m²,m³, Km) sendo ainda classificados em custos de investimento e custos de operação e manutenção, o que torna necessária a explicitação dos indicadores dentro da lógica aqui adotada de avaliação de desempenho dos sistemas de drenagem.

Dessa forma, quando se fala em custos de construção de reservatórios (indicador E1), e de construção de redes (indicador E2), subentende-se sua necessidade para que o sistema possa ter o desempenho esperado. Assim, a presença desses custos indica a necessidade dessas ações de construção e aponta para um desempenho insuficiente acarretando nota inferior (zero para SIM).

O mesmo raciocínio é aplicado à manutenção de redes (indicador E3), custo de não implantação (E4) e custo de desapropriações (E9), o que permitiu que fosse adotada como métrica "SIM/NÃO", sendo atribuídos pesos 0,0 para "SIM" e 1,0 para "NÃO", considerando critério crescente, ou seja, quanto maior o valor do indicador, mais adequado. O indicador custo de desapropriações (E9) foi avaliado a partir da pergunta 5 do questionário, por não ter sido formulada pergunta específica para ele.

Ressalte-se apenas o critério E3 que tem certa subjetividade expressa pela métrica "ALTO/BAIXO", pois foi considerada inadequada a métrica "SIM/NÃO", já que sempre existirão custos de manutenção para qualquer sistema. Acredita-se que a métrica adotada permite identificar melhor a relevância desses custos, muito embora se considere a necessidade de se relativizarem os conceitos de alto e baixo, em relação a um número como, por exemplo, o orçamento municipal ou outras categorias de despesas municipais. Foi atribuído valor 0,0 para "ALTO" e 1,0 para "BAIXO" conforme a Tabela 4.9.

Tabela 4. 2 – Multiplicadores arbitrados para os pesos dos indicadores econômicos.

Indicador	Pior situação		Melhor situação	
	E1	SIM	Valor = 0,0	NÃO
E2	SIM	Valor = 0,0	NÃO	Valor =1,0
E3	ALTO	Valor = 0,0	BAIXO	Valor =1,0
E6	SIM	Valor = 0,0	NÃO	Valor =1,0
E9	SIM	Valor = 0,0	NÃO	Valor =1,0

Com relação aos indicadores ambientais foram descartados A1, A2, por se considerarem as dificuldades de correlação ou de quantificação. A3 tem peso arbitrado menor por se considerar que pode haver em A3, "criação de áreas verdes", ponderação já presente nos critérios S3 - "áreas desapropriadas" e F2 - "áreas impermeáveis" e A4, foi descartado pela subjetividade do aspecto "inadequado", restando assim os demais.

Na determinação dos indicadores para o critério ambiental foi adotada sistemática crescente, ou seja, quanto maior mais adequado, e distribuídos pesos iguais aos indicadores, com exceção do já citado A3.

No questionário aplicado, optou-se por utilizar a métrica "SIM/NÃO" para os indicadores A3, A5 e A10 pela inexistência das informações no formato que inicialmente se pretendia encontrar (Kg/ha/ano; m²criado/m²existente; m² com/m² total), adotando-se valores 0,0 para "SIM" e 1,0 para "NÃO" na avaliação de A10 e 0,0 para "NÃO" e 1,0 para "SIM" em A3 e A5.

Com relação à A3, criação de áreas verdes se refere à situação existente antes da instalação dos sistemas de drenagem necessários ao bom desempenho. Esses dados e essas hipóteses estão resumidos nas Tabelas 4.10 e 4.11.

Tabela 4.10 – Tabela de pesos arbitrados para os indicadores ambientais.

Indicador	Nome	Peso arbitrado	Unidade
A3	Criação de áreas verdes (m ² criado/m ² existente antes)	0,10	S/N
A5	Coleta e varrição (m ² com/m ² total)	0,15	S/N
A6	Contaminação de nascentes ou lençol freático	0,15	S/N
A7	Contaminação de rede pluvial	0,15	S/N
A8	Desastres Naturais	0,15	S/N
A9	Intrusão salina	0,15	S/N
A10	Lixo no sistema (kg/ha/ano)	0,15	S/N

Tabela 4.11 – Multiplicadores para os indicadores ambientais.

Indicador	1º Intervalo		2º Intervalo	
A3	SIM	Valor = 1,0	NÃO	Valor = 0,0
A5	SIM	Valor = 1,0	NÃO	Valor = 0,0
A6	Sim	Valor = 0,0	Não	Valor = 1,0
A7	Sim	Valor = 0,0	Não	Valor = 1,0
A8	Sim	Valor = 0,0	Não	Valor = 1,0
A9	Sim	Valor = 0,0	Não	Valor = 1,0
A10	Sim	Valor = 0,0	Não	Valor = 1,0

Para o critério Hidráulico, H2 e H3, foram condensados em um só H3, por sua natureza semelhante, e H5 eliminado, pelas dificuldades em sua quantificação e por sugestão de alguns dos especialistas, ficando os demais, conforme ilustra a Tabela 4.12, quanto maior o valor do indicador, mais adequado o desempenho do sistema. Na Tabela 4.13, aparecem registrados os multiplicadores para os indicadores do critério hidráulico.

Tabela 4. 3 – Tabela de pesos dos indicadores hidráulicos.

Indicador	Nome	Pesos arbitrados	Unidade
H1	Mancha de inundação	0,20	m ² de mancha/ m ² total
H3	Frequência de alagamentos/inundações	0,20	Ocorrências/365
H4	Frequência de Assoreamento	0,20	Ocorrências/365
H6	Contribuição de Marés	0,20	S/N
H7	Frequência de Obstrução ao Tráfego	0,20	Ocorrências/365

Tabela 4. 4 – Valores dos multiplicadores arbitrados para os indicadores do critério hidráulico.

Indicador	Pior situação		Melhor situação	
H1	≥ 0,04	Valor = 0,0	< 0,04	Valor = 1,0
H3	≥ 0,03	Valor = 0,0	< 0,03	Valor = 1,0
H4	≥ 0,10	Valor = 0,0	< 0,10	Valor = 1,0
H6	Sim	Valor = 0,0	Não	Valor = 1,0
H7	≥ 0,015	Valor = 0,0	< 0,015	Valor = 1,0

Com relação à aplicação dos indicadores hidráulicos, no entanto, se deve ressaltar que há necessidade de se ajustar à realidade de dados e informações disponíveis como, por exemplo, no caso do indicador H1, mancha de inundação que poderia ser quantificado por meio do número de pessoas ou de domicílios afetados em relação ao total da região em estudo.

Em função disso, para os cinco municípios analisados neste trabalho, a unidade de medida que se adotou, aplicada conforme o questionário disponível no Anexo E, foi SIM/NÃO com multiplicadores de valor zero para SIM e 1,0 para NÃO.

4.4 CATEGORIAS DE AVALIAÇÃO

Com relação às categorias de avaliação de desempenho, foi adotada uma tipologia construída com 4 (quatro) categorias (insatisfatório, problemático, bom e adequado), a partir da definição de 5 (cinco) ações de referência, baseadas em uma escala arbitrada de valores de 0 a 1, segundo a Tabela 4.14 a seguir. O nome da categoria de avaliação corresponde ao nome da ação de referência do limite inferior.

Resumindo, para um desempenho “x” de determinado critério de determinado sistema, tem-se:

- Categoria Insatisfatório se $0,00 \leq x < 0,25$,
- Categoria Problemático se $0,25 \leq x < 0,50$,
- Categoria Bom se $0,50 \leq x < 0,75$,
- Categoria Adequado se $0,75 \leq x \leq 1,00$,

Tabela 4.54 – Escala de avaliação de desempenho utilizada.

Ação de Referência	Valor
Excelente	1,00
Adequado	0,75
Bom	0,50
Problemático	0,25
Insatisfatório	0,00

4.5 ESTRUTURA DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

Com base no que foi discutido e apresentado, chegou-se a uma versão da Metodologia de Avaliação, conforme apresentado na Figura 4.2.

A fase inicial da metodologia consiste na determinação de critérios, indicadores e respectivos pesos a serem adotados, na definição de um município ou conjunto de municípios para análise. Em seguida, define-se o enquadramento do município na tipologia criada e se consulta, na base de dados e informações existente, para a identificação de indicadores de desempenho desse(s) município(s). Há uma proposição inicial de 27 (vinte e sete) indicadores distribuídos em 5 (cinco) critérios de avaliação. Dependendo do enquadramento a ser avaliado, alguns indicadores podem não ser utilizados e outros indicadores e critérios podem ser incluídos.

A segunda fase apresenta a adoção de pesos e de parâmetros dos indicadores para aplicação do ELECTRE TRI. Há uma proposição inicial de pesos e de parâmetros para os indicadores. Do mesmo modo, dependendo do caso a ser avaliado, modificações podem ser feitas nos pesos, limiares e parâmetros do ELECTRE TRI.

Ainda, na segunda fase adotam-se as categorias de desempenho e as consequentes ações de referência. Há uma proposição inicial de 4 (quatro) categorias (Insatisfatório,

Problemático, Bom, Adequado) e 5 (cinco) ações de referência (Excelente, Adequado, Bom, Problemático, Insatisfatório).

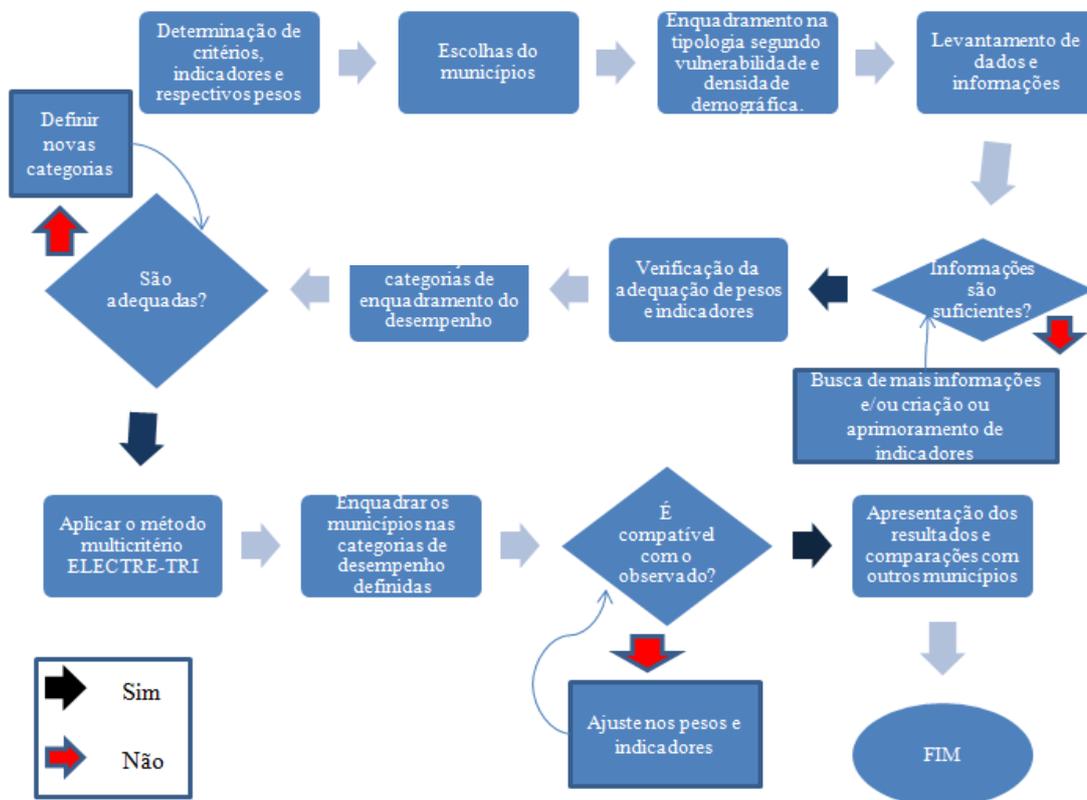


Figura 4.1 - Estrutura da Metodologia de Avaliação.

O resultado final do procedimento de avaliação é fornecido pela utilização do ELECTRE TRI, com o enquadramento do município analisado na categoria de desempenho. O resultado obtido pode ser submetido à apreciação de conhecedor do sistema de gestão do município para eventuais ajustes nos parâmetros e testes.

5 - RESULTADOS

5.1 RESULTADOS DA PESQUISA COM ESPECIALISTAS

Aos critérios foram atribuídos pesos, em função do que propuseram os especialistas consultados, sendo o resultado para cada um dos critérios, obtido pelo cálculo da média dos valores atribuídos por cada especialista, conforme ilustra a Tabela 5.1 a seguir.

Tabela 5.1 – Pesos dos critérios informados pelos especialistas consultados.

Critério/especialista	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	Média
C1 – Físico	0	15	20	25	15	10	20	20	15	20	16,00
C2 - Hidráulico	50	20	15	25	20	7,5	20	20	15	20	21,25
C3- Institucional	10	10	5	10	5	17,5	5	5	15	10	9,25
C4 - Ambiental	15	10	10	20	20	17,5	15	15	20	10	15,25
C5 – Social	10	10	10	5	15	15	10	10	10	5	10,00
C6 – Hidrológico	0	15	25	0	15	15	20	20	15	20	14,50
C7- Econômico	15	20	15	15	10	17,5	10	10	10	15	13,75
Somatória dos pesos	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

O critério hidrológico foi posteriormente excluído, conforme sugestão de alguns especialistas e de acordo com o pensamento de técnicos portugueses, que conceituam alguns fatores hidrológicos como fatores de contexto, e consideram que tais fatores podem ter como objetivo contribuir para explicar alguns indicadores de desempenho, mas que não devem se constituir em indicadores, a exemplo de diversos outros fatores como a permeabilidade dos solos e profundidade do lençol freático.

Posteriormente, com a exclusão do critério hidrológico, procedeu-se à distribuição de seu valor médio de peso, de forma linear, aos demais seis critérios restantes o que resultou em um valor final de pesos para os critérios conforme a Tabela 5.2, a seguir:

Tabela 5. 2 – Pesos finais atribuídos aos critérios após a informação dos especialistas consultados.

CRITÉRIO	PESO ATRIBUÍDO	PESO AJUSTADO
C1- FÍSICO	18,42	0,18
C2- HIDRÁULICO	23,67	0,24
C3 - INSTITUCIONAL	11,67	0,12
C4 - AMBIENTAL	17,67	0,18
C5 - SOCIAL	12,42	0,12
C7 - ECONÔMICO	16,17	0,16

5.2 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA CRIADA A ALGUNS MUNICÍPIOS DA RIDE- DF

Foram escolhidos, para o estudo de caso e aplicação da metodologia criada, os municípios: Cidade Ocidental, Cristalina, Novo Gama, Pirenópolis e Valparaíso de forma que se pudesse ter um universo que representasse as variações de densidades e de vulnerabilidades, como na Tabela 5.3 a seguir:

Tabela 5. 3 – Tipologia de municípios conforme os parâmetros de densidade e vulnerabilidade às chuvas.

	Densidade Demográfica Alta - A	Densidade Demográfica Baixa - B
Vulnerabilidade Alta - A	Valparaíso (2.180hab/km ²)	Pirenópolis (10,43 hab/km ²)
Vulnerabilidade Baixa - B	Novo Gama/Cidade Ocidental (489 hab/km ² /143,74hab/km ²)	Cristalina (7,56hab/km ²)

Os resultados obtidos a partir da aplicação do questionário apresentado no Apêndice E encontram-se nas tabelas do Apêndice F, por município consultado. A partir dos resultados obtidos em campo, foi possível a elaboração da chamada matriz de consequências para os critérios C1 a C7 mostrada a seguir na Tabela 5.4.

Tabela 5. 4 – Matriz de consequências – Critérios C1 a C7.

MUNICÍPIO	C1 Físico	C2 Hidráulico	C3 Institucional	C4 Ambiental	C5 Social	C7 Econômico
Cidade Ocidental	0,80	1,00	0,30	0,75	0,75	0,80
Cristalina	1,00	0,80	0,80	0,45	0,40	0,60
Novo Gama	0,20	0,40	0,00	0,70	0,50	0,40
Pirenópolis	0,45	0,60	0,80	0,75	0,24	0,00
Valparaíso	0,80	1,00	0,20	0,75	0,75	0,80

5.3 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO ELECTRE TRI

Apresentam-se, a seguir, na Tabela 5.5, para cada critério, as unidades (adimensionais), os valores dos pesos, tipo de preferência (crescente ou decrescente), os limiares de indiferença (q), preferência (p), veto (v) e os pesos ajustados, para cada um dos critérios considerados na avaliação do desempenho dos sistemas de drenagem e, em seguida, na Tabela 5.6, as situações ou ações de referência com seus intervalos, crescentes ou decrescentes, e respectivos valores para cada um dos critérios. Adotou-se o valor de veto de 1,0 para, em uma primeira avaliação, não haver influência desse parâmetro na avaliação.

Tabela 5.5 – Pesos e limiares.

Nome	Unidade	Preferência	Peso	q	p	v	Peso ajustado
C1 Físico	Adim.	CRESCENTE	18	0,10	0,20	1,00	0,18
C2 Hidráulico	Adim.	CRESCENTE	24	0,10	0,20	1,00	0,24
C3 Institucional	Adim.	CRESCENTE	12	0,10	0,20	1,00	0,12
C4 Ambiental	Adim.	CRESCENTE	18	0,10	0,20	1,00	0,18
C5 Social	Adim.	CRESCENTE	12	0,10	0,20	1,00	0,12
C7 Econômico	Adim.	CRESCENTE	16	0,10	0,20	1,00	0,16

Tabela 5.6 – Situações de referência (S_i).

Situação\Critério		C1	C2	C3	C4	C5	C7
S ₁	INSATISFATORIO/RUIM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S ₂	PROBLEMÁTICO	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
S ₃	BOM	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
S ₄	ADEQUADO	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
S ₅	EXCELENTE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Além dos dados constantes dessas duas Tabelas, 5.4 e 5.5, os valores dos desempenhos, baseados nos indicadores e na metodologia de avaliação, sob cada um dos critérios utilizados, e obtidos para cada um dos cinco municípios avaliados, apresentados na Tabela 5.3, Matriz de Consequências, e o valor de λ , adotado por sugestão da literatura como 0,75, formam o conjunto de dados que possibilitam a geração de resultados pelo aplicativo utilizado como suporte de cálculo do método ELECTRE TRI.

Os resultados produzidos com o uso do aplicativo podem ser visualizados na reprodução das imagens das telas, apresentadas nas Figuras de 5.1 a 5.9 e na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Diagrama demonstrativo da classificação dos municípios nas categorias.

INSATISFATORIO	PROBLEMÁTICO (classificação pessimista)	BOM (classificação pessimista)	BOM (classificação otimista)	ADEQUADO (classificação otimista e pessimista)	EXCELENTE
	NOVO GAMA, PIRENÓPOLIS	CRISTALINA	CRISTALINA, NOVO GAMA, PIRENÓPOLIS	VALPARAISO, CIDADE OCIDENTAL	

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
EXCELENTE		
ADEQUADO		
BOM		
PROBLEMÁTICO		
INSATISFATORIO		
PESSIMO		

Figura 5. 1- Classificação pelas sistemáticas pessimista e otimista por categorias - Excelente - não existindo nessa categoria nenhum município daqueles analisados (a categoria Excelente só ocorre com a máxima avaliação em todos os critérios).

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
EXCELENTE		
ADEQUADO		
BOM	A0005-CR	A0002-NG
PROBLEMÁTICO		A0003-PI
INSATISFATORIO		A0005-CR
PESSIMO		

Figura 5. 2 - Classificação pelas sistemáticas pessimista e otimista por categorias - Bom - para cada um dos municípios analisados.

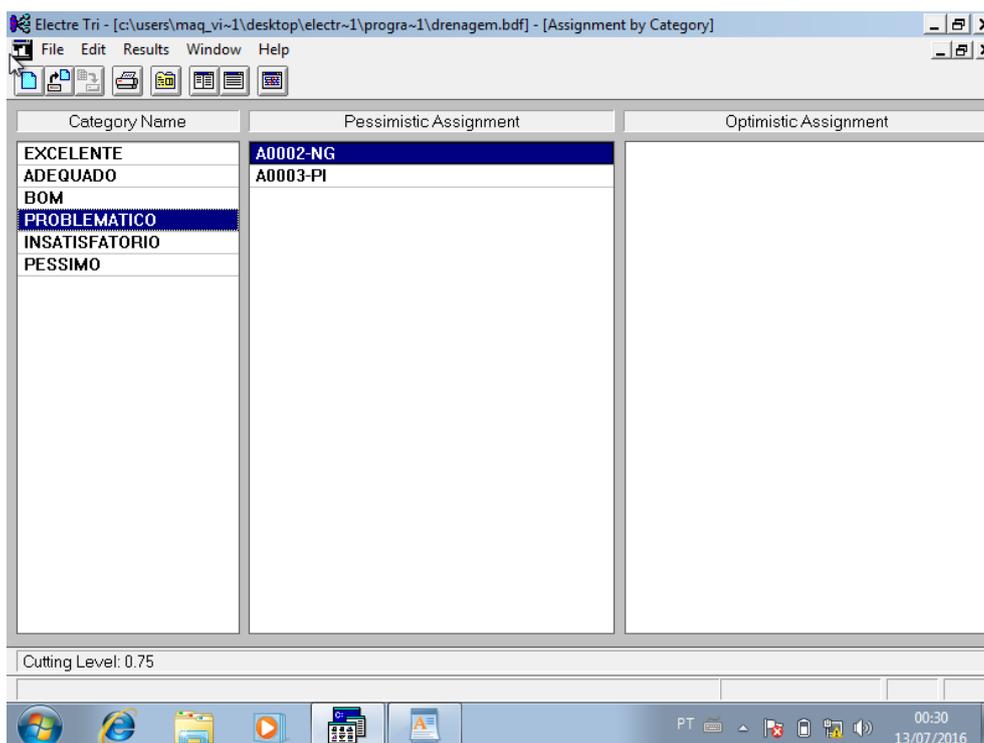


Figura 5. 3 - Classificação pelas sistemáticas pessimista e otimista por categorias - Problemático - para cada um dos municípios analisados.

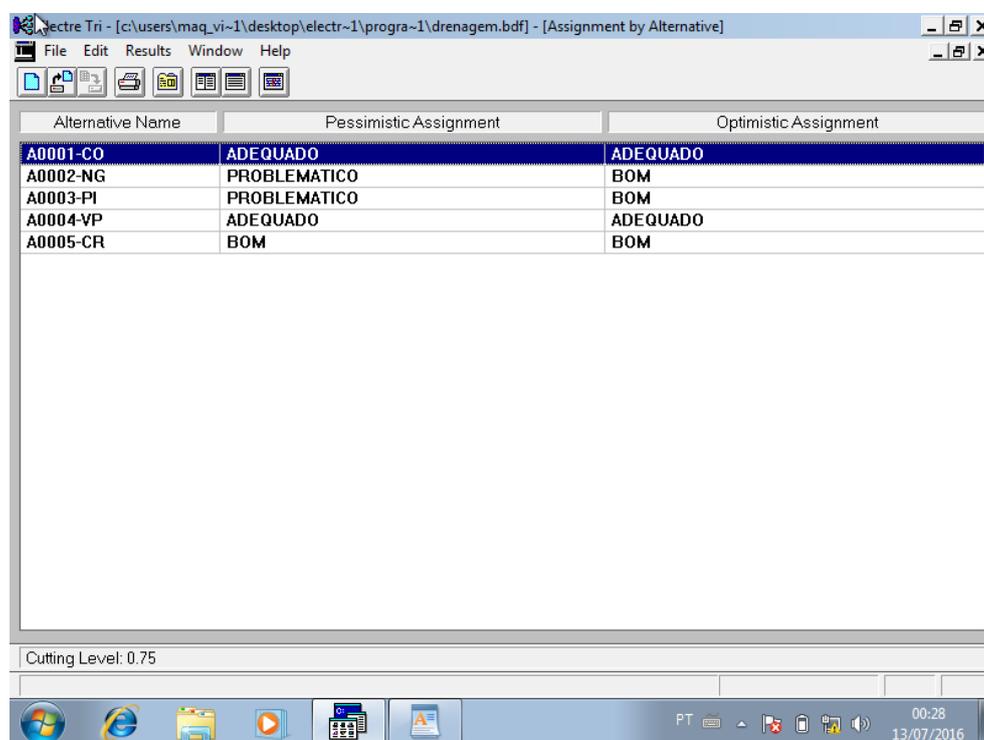


Figura 5. 4- Classificação pelas sistemáticas pessimista e otimista, do total dos municípios (alternativas) analisados e seu enquadramento nas categorias (excelente, bom, satisfatório, problemático e insatisfatório).

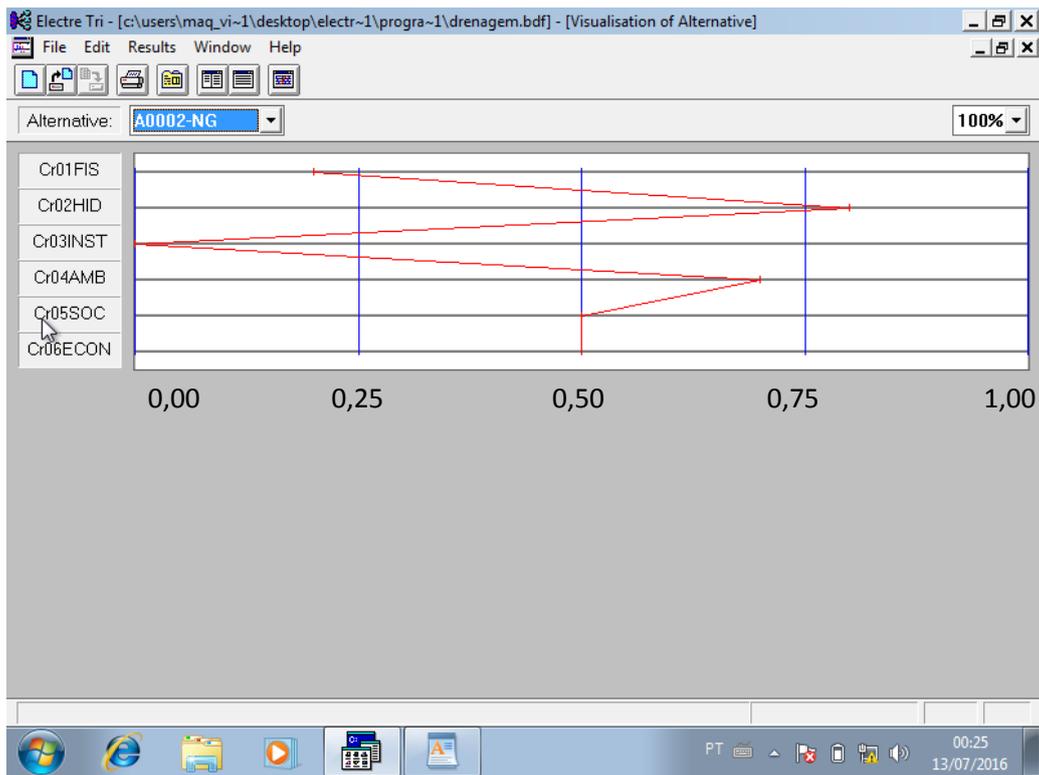


Figura 5. 5-Visualização gráfica do desempenho do sistema de drenagem do município de Novo Gama, conforme os critérios adotados para avaliação.

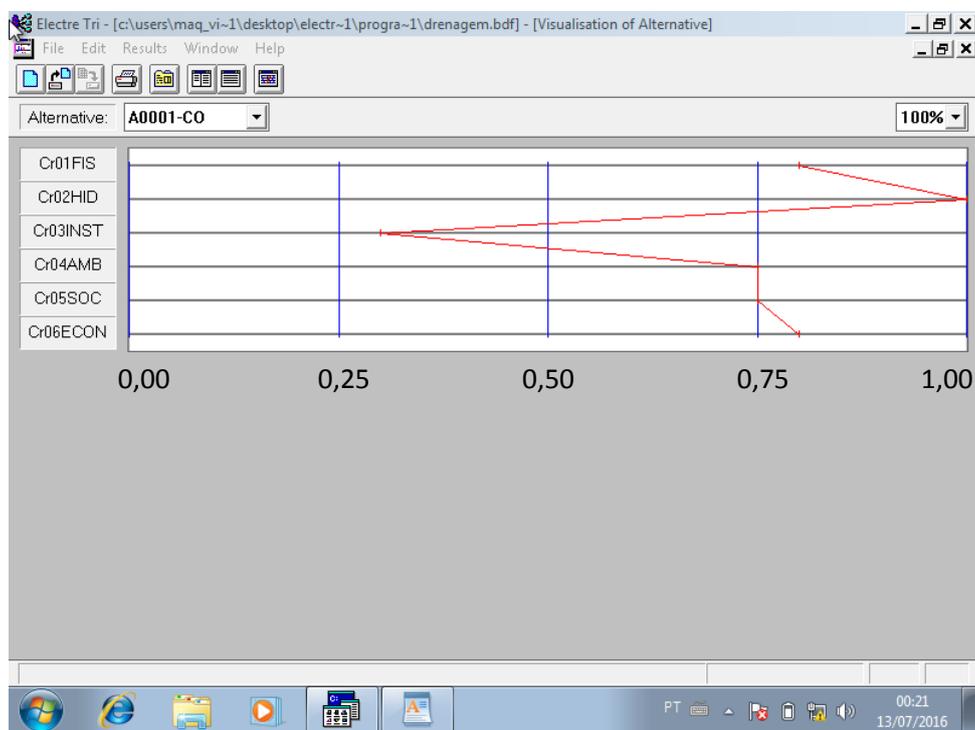


Figura 5. 6-Visualização gráfica do desempenho do sistema de drenagem do município de Cidade Ocidental conforme os critérios adotados para avaliação.

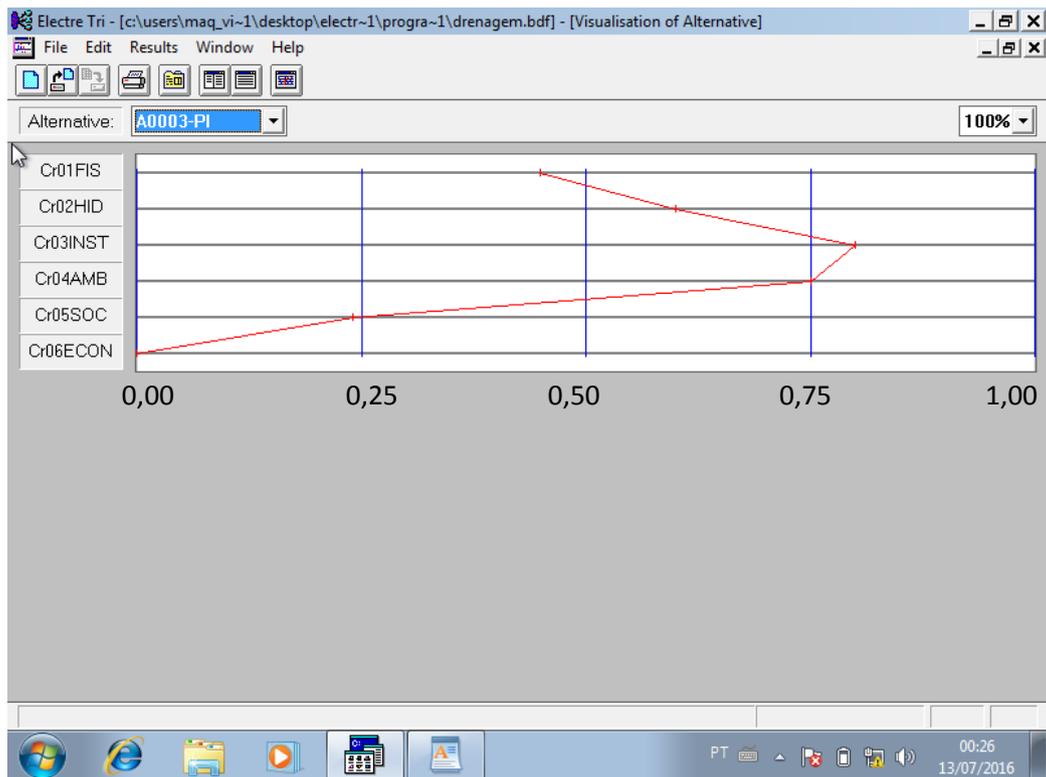


Figura 5. 7- Visualização gráfica do desempenho do sistema de drenagem do município de Pirenópolis, conforme os critérios adotados par avaliação.

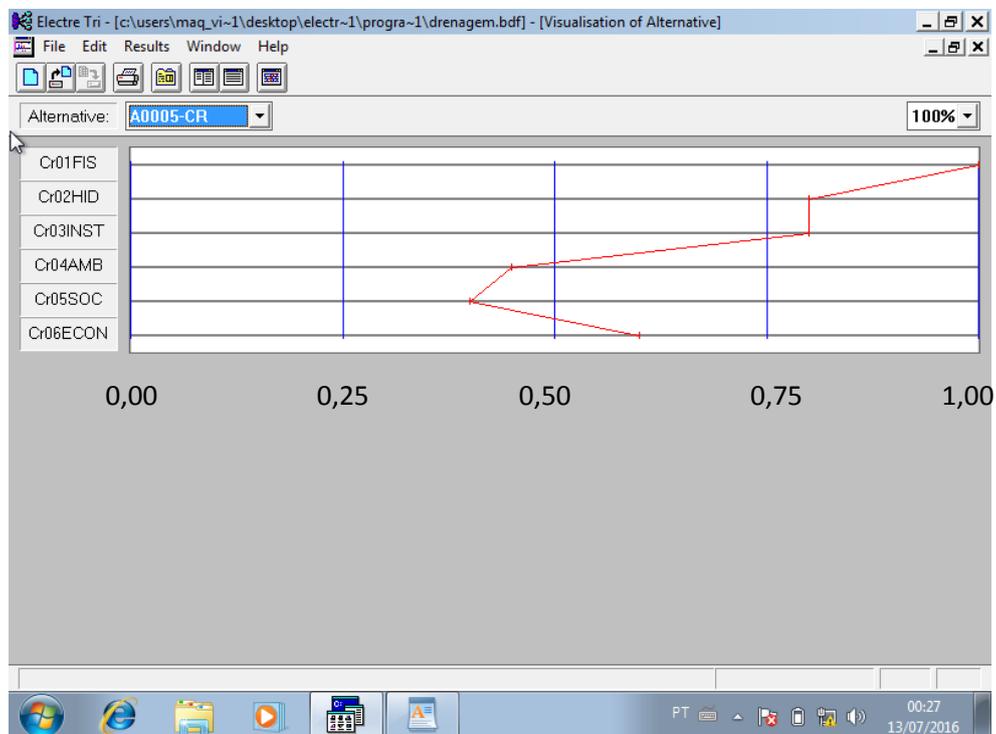


Figura 5. 8- Visualização gráfica do desempenho do sistema de drenagem do município de Cristalina, conforme os critérios adotados para avaliação.

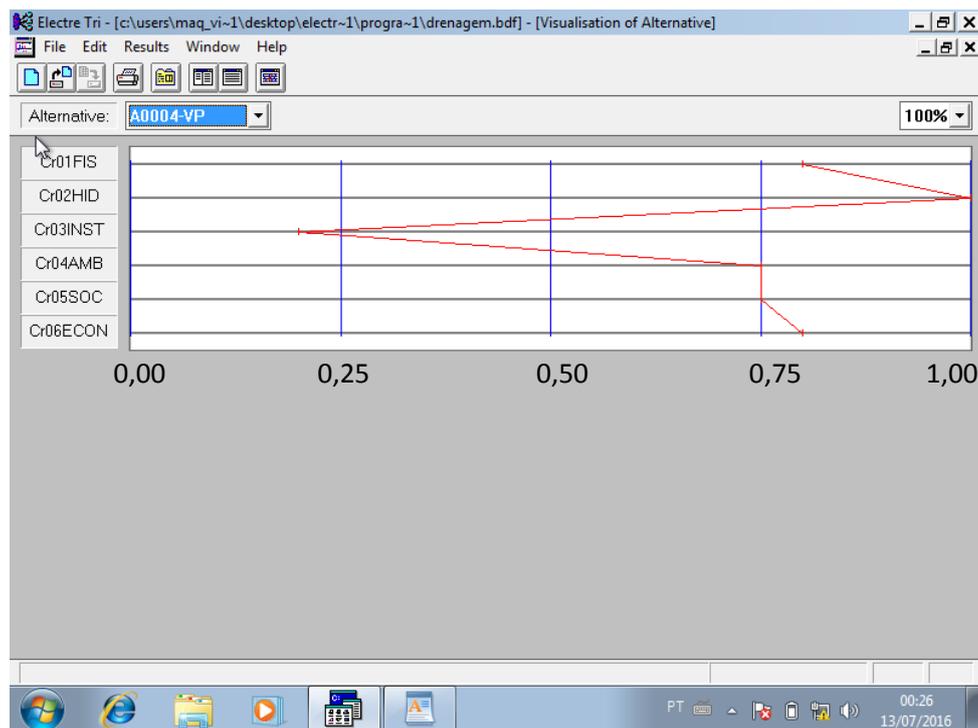


Figura 5. 9- Visualização gráfica do desempenho do sistema de drenagem do município de Valparaíso, conforme os critérios adotados para avaliação.

Os resultados fornecidos pelo programa apresentados às Figuras de 5.4 a 5.9 permitem a fácil visualização de como ações atuantes sobre os aspectos constantes de cada um dos seis critérios, apresentados em cada linha (físico, hidráulico, institucional, ambiental, social e econômico) poderia refletir-se em melhoria de desempenho para cada Município, considerados os pesos adotados para cada critério e a cada indicador.

Dessa forma, a título de exemplo, para Valparaíso e Cidade Ocidental, uma ação sobre o critério Institucional visando à sua melhora poderia representar efeito significativo, tendo em vista que a "nota" referente a ele situou-se abaixo de 0,25, sendo a menor dentre todos os critérios presentes na análise.

Já para Cristalina, os critérios social e ambiental receberam menor pontuação e poderiam ser privilegiados em termo de ações para sua efetiva melhoria visando a aumentar o desempenho do sistema.

Em Pirenópolis, a menor pontuação foi atribuída ao critério econômico enquanto em Novo Gama os critérios físico e institucional atingiram os menores valores.

Dessa forma, as ações de gestão poderão variar de uma localidade para outra em função da importância de seus efeitos sobre o desempenho final dos sistemas de drenagem sob a ótica adotada para sua avaliação.

5.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Cabe inicialmente considerar que a consulta a especialistas, com relação aos pesos dos critérios, foi bem-sucedida, porém com relação aos pesos dos indicadores, talvez pela forma como foi apresentada, não retornou resultados consistentes dada sua grande variabilidade e perceptível disparidade das respostas.

A inconsistência ocorreu em função de que não houve perfeito entendimento, para alguns dos especialistas, de que a soma de todos os itens, constantes no questionário, considerados importantes para a composição de cada indicador, deveria totalizar 100 pontos, nas perguntas intituladas "Ponderação dos indicadores".

Dessa forma, não foi possível, para os indicadores, a utilização da média de valores atribuídos pelos especialistas, como aconteceu com o peso dos critérios.

Assim, as tabelas criadas para os indicadores foram arbitradas com base nas respostas de parte dos especialistas e nas informações obtidas da bibliografia.

A análise de sensibilidade permite avaliar quão sensível pode ser uma avaliação dos sistemas de drenagem a variações nos valores médios para os pesos dos critérios adotados, citados pelos especialistas.

Foi proposto então um cenário onde os pesos dos critérios ambiental e social são multiplicados por dois passando a 0,36 e 0,24, reduzidos à metade os pesos dos critérios físico, hidráulico e econômico passando a ser respectivamente 0,09, 0,12 e 0,08 e reduzido para 0,11 o peso do critério institucional.

Alternative Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
A0001-GO	ADEQUADO	ADEQUADO
A0002-NG	BOM	BOM
A0003-PI	PROBLEMÁTICO	BOM
A0004-VP	ADEQUADO	ADEQUADO
A0005-CR	BOM	BOM

Cutting Level: 0.75

00:48
13/07/2016

Figura 5. 10 - Visualização da classificação dos municípios após a alteração dos pesos dos critérios em análise de sensibilidade com aumento de duas vezes nos pesos dos critérios social e ambiental e redução dos demais.

Não houve alteração geral de classificação da avaliação de desempenho dos sistemas para essa análise com as alterações propostas. Apenas Novo Gama sofreu pequena melhora no critério pessimista, de problemático a bom.

A proposição de outro cenário onde os pesos dos critérios institucional e econômico são multiplicados por dois, os pesos dos critérios físico, ambiental e social divididos por dois e o critério hidráulico reduzido de 0,24 para 0,20, de forma geral, praticamente não resulta em alteração da classificação, havendo piora apenas para Pirenópolis quando a sistemática é pessimista, de problemática para insatisfatório, conforme a tela demonstrada na Figura 5.11.

Alternative Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
A0001-CO	ADEQUADO	ADEQUADO
A0002-NG	PROBLEMÁTICO	BOM
A0003-PI	INSATISFATORIO	BOM
A0004-VP	ADEQUADO	ADEQUADO
A0005-CR	BOM	BOM

Cutting Level: 0.75

Figura 5. 11- Apresentação do resultado para o segundo cenário de análise de sensibilidade.

A conclusão é de que o aumento de pesos para os critérios social e ambiental com a redução dos demais ou a sua redução com o aumento dos demais, da forma realizada, mantém praticamente inalteradas as avaliações, revelando estabilidade da metodologia nesse sentido.

O aumento do peso dos critérios ambiental e social, a redução do peso dos critérios hidráulico e físico com a manutenção do institucional, que parece ser a tendência nas sociedades em desenvolvimento, não alteraria as avaliações dos sistemas, indicando a correção no cenário atual e a estabilidade da metodologia para os cenários futuros, com a variação dos pesos como se colocou na metodologia, mantida a tendência citada de evolução.

Por outro lado, a redução dos pesos dos critérios ambiental, social e físico, com a valorização dos pesos dos critérios institucional e econômico e pequena redução no peso do critério hidráulico, manteriam inalteradas as avaliações dos desempenhos dos sistemas em relação aos pesos adotados na metodologia. Isso também indica estabilidade da metodologia para uma realidade mais conservadora, ampliando a sua utilização, ainda que não se vislumbre ser essa a tendência geral de nossa sociedade.

Pode-se concluir então pelo acerto dos pesos sugeridos pela metodologia para a situação atual, não significando que ela não possa, e nem que não deva, ser alterada com a evolução dos fatos e dos dados, tendo mostrado sua utilidade atual e seu potencial de adequação às mudanças.

6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Considerando que a proposta inicial deste trabalho foi a elaboração de uma metodologia de análise que possibilitasse a avaliação do desempenho de sistemas de drenagem urbana municipais de forma a facilitar a tomada de decisão com relação à aplicação de recursos e gestão urbana, foi, inicialmente, desenvolvido o chamado Mapa Conceitual de Sistemas de Drenagem Urbana como uma ferramenta de apoio que permitiu com êxito uma fácil e didática visualização de todos os elementos e processos que os interligam nos sistemas de drenagem e suas interconexões com os demais sistemas urbanos, conforme se pode confirmar pelos resultados obtidos.

Embora ainda seja desconhecido o uso do Mapa Conceitual, entende-se que se mostrou uma ferramenta que pode vir a ter seu uso difundido à medida que os processos decisórios venham a incorporar com maior frequência a participação das comunidades e populações envolvidas, que em geral tem maior dificuldade de entendimento da complexidade dos fenômenos abrangidos pela questão das águas urbanas, especialmente suas interrelações e as consequências das decisões de gestão.

Em seguida, foi adotada a metodologia multicritério, de apoio à decisão, de reconhecida pertinência em aplicações no campo dos recursos hídricos, como demonstra a literatura nacional e internacional, parte da qual foi estudada ao longo deste trabalho, sendo escolhido o método denominado de ELECTRE-TRI, fazendo-se seu uso por meio do aplicativo ElectreTri Version 2.0a da Universidade de Paris Dauphine (1995-1998) ao qual foram aplicados dados obtidos em cinco municípios da RIDE-DF.

A obtenção desses dados foi precedida de prévia escolha orientada pelos indicadores e critérios determinados a partir de objetivos traçados para os sistemas levando em conta opiniões de especialistas consultados e informações da pesquisa bibliográfica realizada ao início dos trabalhos. Foram enviadas questionários com solicitações de resposta a cerca de 60 especialistas, com retorno de aproximadamente 20% desse total.

Após o trabalho de levantamento e escolha inicial de critérios e indicadores, foram descartados alguns indicadores por insuficiência ou inexistência de informações ou de condições para obtê-las de forma simples.

Também se descartou o que se denominou de critério hidrológico por considerações de não pertinência para a análise, por depender e estar ligado mais às condições específicas

de cada local ou de cada contexto, aplicando-se mais às situações prévias de projetos e menos a sistemas já existentes, em funcionamento e operação.

Foram determinados pesos para cada critério a partir das médias de valores apontados pelos especialistas consultados, o mesmo não ocorrendo com os pesos dos indicadores por dificuldades reputadas ao entendimento desuniforme dos consultados quanto às perguntas.

Tal não foi, no entanto, um obstáculo para que se pudesse arbitrar com sucesso valores para esses pesos com base parte nas respostas dos especialistas e parte na literatura consultada.

Para avaliação da metodologia, foi realizada a sua aplicação a cinco municípios da RIDE-DF, divididos de forma a que se pudesse observar seu melhor enquadramento possível às quatro categorias em que se propôs dividir as cidades de acordo com parâmetros representativos de vulnerabilidade e densidade populacional.

Foram encontradas dificuldades com essa classificação, pois a maioria dos municípios da RIDE-DF enquadra-se no critério de tamanho adotado como de baixa densidade populacional, ou seja, de menos de dez habitantes por hectare e nenhum acima dele o que, no entanto, não invalida a proposição desse limite, já que existem regiões com densidades superiores. Ainda assim, procurou-se dividir os municípios em faixas de densidade maior e menor na tentativa de identificação de semelhanças e diferenças, mas que não se pôde chegar a maiores conclusões talvez pelo pequeno número de municípios abordados.

Acredita-se que o computo da densidade levando em conta apenas a mancha urbana e a população nela residente pode levar a alterações nos valores de densidade, e trazer novo significado em termos de melhor classificar os municípios quanto a esse aspecto.

Quanto ao critério de situação de vulnerabilidade às ocorrências que podem afetar o desempenho dos sistemas de drenagem, também carrega ainda um grau de subjetividade importante, que merece ser aprofundado e mais detalhado, mas que se mostra com potencial de classificação considerável.

Com relação às avaliações, embora sejam diversas das apresentadas pelo Atlas do IBGE- 2011, conforme se demonstra às Figuras 2.9 e 2.10, há de se levar em conta a

evolução desses sistemas, já que se passaram cerca de cinco anos desde a produção desses dados.

Importante salientar que o que o Atlas considerou situação "precária" para os municípios de Valparaíso, Cidade Ocidental e Cristalina, a análise pela metodologia desenvolvida por este trabalho indicou a categoria "ADEQUADO" para as duas primeiras e "BOM" para Cristalina, pela classificação pessimista.

No caso de Pirenópolis, o Atlas do IBGE - 2011 indica situação "muito boa" e a análise pela metodologia criada indica "PROBLEMÁTICA" e "BOM", restando, também, pequena discrepância para o município de Novo Gama para o qual o Atlas indica situação "BOM" enquanto a metodologia aponta "PROBLEMÁTICA" e "BOM" na classificação pessimista e otimista, respectivamente.

Assim, a análise dessas situações deve investigar se ocorreram modificações durante o período decorrido desde 2011 até 2016, verificando, por exemplo, se Cristalina evoluiu para melhor e se Novo Gama teve a situação do sistema agravada, fatos que justificariam as discrepâncias. A situação verificada nas visitas a campo corresponde aos resultados obtidos.

Recomenda-se, assim, além dessas verificações, a aplicação da metodologia a diversos outros municípios da RIDE-DF e de outras regiões de forma a se verificar em um universo maior de municípios a consistência da metodologia criada.

As análises de sensibilidade realizadas, ainda que de forma simples, apresentam consistência, mas recomenda-se a sua ampliação com outras combinações de pesos para os diferentes critérios e também a variação dos pesos e escalas arbitrados para os indicadores. Alguns indicadores podem ser "desligados", quando não se considerar, por exemplo a sua presença como é o caso de presença de efeitos de maré em cidades que não se encontrarem situadas no litoral ou próximo a ele, de forma a tornar a análise mais realista.

Da mesma forma, a atribuição de valor ao parâmetro de veto "v" pode ter valores diferentes de 1,0 de forma a atuar em diversas situações, o que não se observou nesta pesquisa.

Uma nova consulta a especialistas quanto aos valores dos pesos dos indicadores, formulada em formatos que não deixem margem a dúvidas seria de grande contribuição ao aprimoramento do trabalho. Caso se deseje aumentar o universo de participantes, pretendendo, por exemplo, maior representatividade, recomenda-se que o número de questionários enviados deva ser aumentado, pois em média o retorno tem sido, com base neste e em outros estudos, em torno de 20 a 30 %.

A criação de um banco de dados dos resultados, decorrente da aplicação da metodologia a um número maior de municípios, e seu cotejamento com as realidades observadas nesses municípios, deverá propiciar maior visão de eventuais ajustes necessários de imediato e com o tempo seu aprimoramento, contando com dados de um universo maior de cidades e regiões.

A proposição de indicadores que considerem a utilização das mais recentes técnicas compensatórias poderá ser útil no futuro, já que, no momento, poucas utilizações dessas técnicas se apresentam, exceção feita aos reservatórios que, no entanto, ainda tem na RIDE-DF uma participação pequena, como se verificou, mas que apresentam tendência de maior utilização futura.

O critério econômico carece da disponibilização de um número maior de informações nas fontes pesquisadas em campo, ou seja, nos municípios, recomendando-se maior atenção não só do ponto de vista de seus custos de implantação e manutenção, mas sob o olhar, que se procurou tangenciar, mas sem sucesso, de custos não incorridos pelo bom funcionamento dos sistemas ou, de outra forma, de custo de não implantação das medidas, ações e dispositivos de drenagem.

Os chamados "custos de não fazer", podem ser, por vezes, inferiores aos das ações necessárias ao bom desempenho dos sistemas, representando, assim, também uma alternativa a quem decide. No entanto, mesmo para que essa decisão seja adotada, fazem-se necessárias informações que devem estar fundamentadas em indicadores criados, por exemplo, com base em análises que possibilitem a quantificação dos riscos de "não fazer" e seus respectivos custos, lembrando que o conceito de risco associa-se ao de probabilidade de ocorrência o que traz complexidade maior à criação desses indicadores.

Recomenda-se ainda a utilização da metodologia com enfoque comparativo entre os sistemas de drenagem, que ela é capaz de fornecer, facilitando a comparação indireta das soluções por meio da classificação dos desempenhos dos sistemas nas categorias definidas e propiciando aos analistas e tomadores de decisão elementos para escolha de soluções, ainda que o universo de situações seja bastante amplo.

Dessa forma, o desempenho do sistema em si ao longo do tempo poderá ser analisado não só individualmente, mas, também, sob o ponto de vista dos sistemas, considerados como conjuntos de soluções e de investimentos demandados por cada um, melhores ou nem tanto, quando comparados uns aos outros em suas diferenças e valores de recursos aplicados.

Finalmente, considera-se que a metodologia atingiu seu objetivo, mostrando-se como uma ferramenta de grande potencial de avaliação dos sistemas de drenagem, como se desejou inicialmente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFD (2014). O financiamento da cidade latino-americana instrumentos a serviço de um desenvolvimento urbano sustentável. *Savoirs Communs* nº 16.
- Ahlman, S. (2006). *Modelling of Substance Flows in Urban Drainage Systems*. Tese de Doutorado, Chalmers University of Technology, Goteborg, Suécia, 90 p.
- Alves, A.M. e Azevedo, H.P.L. (2010). "Rides-por que criá-las?". *Geografias*, **6**(2), 87-101.
- Azzout, Y. (1996). *Aide a La Decision Appliquee au Choix des Techniques Alternatives en Assainissement Pluvial*. Tese de Doutorado, L'Institut National des Sciences Appliquees de Lyon, Lyon, França, 245p.
- Barros, N.S. (2014). *A densidade e a Morfologia Urbana como Parâmetros para o Planejamento de Bacias Hidrográficas*. III Seminário Nacional sobre o Tratamento de áreas de Preservação Permanente em Meio Urbano e Restrições Ambientais ao Parcelamento do solo. Belém, PA.
- Baptista, M., Nascimento, N., Barraud, S.(2011). *Técnicas compensatórias em drenagem urbana*. 2ª ed. rev. ABRH, Porto Alegre, 318p.
- Barbosa, P.S. (1997). "O emprego da análise multiobjectivo no gerenciamento dos recursos hídricos brasileiros." *A Água em Revista - Revista Técnica e Informativa do CPRM*, Ano V, nº 8, 42-46.
- Behzadian, K. e Kapelan, Z. (2015). "Advantages of integrated and sustainability based assessment for metabolism based strategic planning of urban water system." *Science of the Total Environment*, 527-528, 220-231.
- Bernardes, R.S., Campana, N.A. e Silva Jr., J.A. (2007). "Controle qualitativo e quantitativo do escoamento pluvial urbano com bacias de retenção." *Revista Ambiente e Água*, **(2)**, 3, 98-111.
- Bontempo, V.L., Olivier, C., Moreira, C.W.S. e Oliveira, G.(2012). "Gestão de águas urbanas em Belo Horizonte: avanços e retrocessos." *REGA*, **9** (1), 5-16.
- BRASIL. Lei Complementar nº 94, de 19 de fevereiro de 1998.
- _____. Lei no 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os Artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.
Brasília, 10 jul. 2001. Disponível: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm>.

- _____. Lei no 11.107, de 6 de abril de 2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Brasília, 6 abr. 2005. Disponível em: <<http://goo.gl/1X3OU>>.
- _____, Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Saneamento para Todos - 4º volume. Gestão das águas pluviais urbanas. Tucci, Carlos E.M. – Brasília: Ministérios das Cidades, 2006,194p.
- _____, Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Manual para apresentação de propostas para sistemas de drenagem urbana sustentável e de manejo de águas pluviais. Programa – 2040 – Gestão de Riscos e Resposta a Desastres. Brasília: Ministérios das Cidades, 2012,26p.
- _____, Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Infraestrutura Hídrica. Manual para apresentação de propostas. Programa 1138 drenagem urbana e controle de erosão marítima e fluvial. Brasília, 2009, 29P.
- Brito, D. S. (2006). *Metodologia para Seleção de Alternativas de Sistemas de Drenagem*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Brasília, DF, 117p.
- Brostel, R. de C. (2002). *Formulação de Modelo de Avaliação de Desempenho Global de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE's)*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Brasília, DF, 278p.
- Cajazeiro, J.M.D. (2012). Análise da susceptibilidade à formação de inundações nas bacias e áreas de contribuição do ribeirão arrudas e córrego da onça em termos de índices morfométricos e impermeabilização. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 109 p.
- Caldas, A.L.R. (2012). Método de Diagnóstico para Gestão Participativa de Recursos Hídricos: Estudo de Caso e Modelagem Conceitual com Enfoque DPSIR. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Goiás, Departamento de Ciências Ambientais, Goiânia, GO, 179p.
- Campana, N.A., Baptista, M.B. e Milograna, J. (2013). "Sistemática para avaliação dos danos diretos decorrentes de inundações à infraestrutura urbana." *Rega*, **10**(2), 37-50.
- Campos, V.R. (2011). *Modelo de Apoio à Decisão Multicritério para Priorização de Projetos em Saneamento*. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, SP, 175p.
- Canãs, A.J. e Novak, J.D. (2006). "Re-examining the foundations for effective use of concept maps." *Anais do II International Conference on Concept Mapping, San José, Costa Rica*.

- Canholi, A.P. (2005). *Drenagem urbana e controle de enchentes*. Oficina de Textos, São Paulo, SP, 302p.
- Canholli, A P. (2016). Piscinões – conheça os parâmetros de projeto, execução, operação e manutenção dos piscinões. *Infraestrutura Urbana*, 55, 46-47, fevereiro. Entrevista concedida a Gisele Cichinelli.
- Cardoso, M.A. (2008). *Avaliação do Desempenho de Sistemas de Drenagem Urbana*. Tese de Doutorado, Universidade Técnica de Lisboa, Departamento de Hidráulica e Ambiente, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal, 450p.
- Carvalho, C. S.; Macedo, E. S. e Ogura, A. T.(2007) (Orgs.). *Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios*. Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Brasília, DF, 176 p.
- Castro, L.M. A. de (2002). *Proposição de Indicadores para Avaliação de Sistemas de Drenagem Urbana*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, MG, 133p.
- Castro, L.M. A. de (2007). *Proposição de Metodologia para a Avaliação dos Efeitos da Urbanização nos Corpos de Água*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, MG, 297p.
- Coelho, G.M. (2003). Prospecção tecnológica: metodologias e experiências nacionais e internacionais. *Projeto CTPetro Tendências Tecnológicas: Nota Técnica 14*, Instituto Nacional de Tecnologia.
- Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - Governo do Distrito Federal. *Avaliação Multicritério das Bacias Hidrográficas dos Mananciais da CAESB – Produto 2 – Qualificação/ CAESB*, Brasília, DF: CAESB, 2011. 45p.
- CONSELHO DA EUROPA, Carta Europeia da Água. Estrasburgo, 06 de maio de 1968.
- Cordeiro Netto, O.M., Nascimento, N.O., Magalhães Jr., A.P. (2003). "Os indicadores como instrumentos potenciais de gestão das águas no atual contexto legal-institucional do Brasil – Resultados de um painel de especialistas." *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 8 (4), 49-67.
- Costa, H.S.de M. (2013). "Metrópole brasileira contemporânea e o planejamento territorial." In: Gonzalez, S.F.N., Francisconi, J.G. e Paviani, A. *Planejamento e Urbanismo na atualidade brasileira: objeto teoria prática*. São Paulo, 65-82.
- Cunha, S. B. (2008). "Morfologia dos canais urbanos." In: Poletto, C. (org.) *Ambiente Sedimentos*. ABRH, Porto Alegre, RS, 329-360.

- De Bonis, A. (2005). *Gestão Ambiental de Drenagem Urbana no Município do Rio de Janeiro: Apresentação do Caso do Rio dos Macacos*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, RJ, 163p.
- Ellis, J.B., Deutsch, J. C., Mouchel, J.M., Scholes, L. e Revitt, M.D.(2004). "Multicriteria decision approaches to support sustainable drainage options for the treatment of highway and urban runoff." *Science of the Total Environment*, 334 e 335, 251-260.
- EUA, Colorado, Denver, Urban Drainage and Flood Control District. Urban Storm Drainage Criteria Manual, vol.1. Denver: UDFCD, Rev.Ed.2008. 861p.
- FCTH e PMSP (1999). Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica e Prefeitura do Município de São Paulo.
- Fendrich, R.(1997). "Erosão Urbana." In: Fendrich, R., Obladen, N. L., Aisse, M.M. e Garcias, C.M. *Drenagem e Controle da Erosão Urbana, Champagnat*, Curitiba, 17-49.
- Florida Institute for Human and Machine Cognition (2015). Win Map Tools v06.01.01_07-23-15 Cmap.ihmc.us Copyright(c) 1998-2015.
- Gava, T.e Finotti, A.R. (2012). "Resíduos sólidos urbanos na rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio do Meio, Florianópolis S/C." *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS*, 1(2), 79-101.
- Generino, R. C. M. (1999). “*Desenvolvimentos em Metodologias Multicritério para Procedimentos de Avaliação em Auditorias Ambientais: Aplicação em Estações de Tratamento de Esgotos em Brasília*”. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Programa de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Brasília, DF, 167p.
- Generino, R.C.M. e Cordeiro Netto, O.M. (1999). Métodos Multicritério Electre. Brasília, 13 p. Texto de Disciplinas de Pós Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília.
- Harada, A.L. e Cordeiro Netto, O.de M. (1999). Métodos Multicritério de Auxílio à Decisão. Brasília, 13p, Texto de Disciplinas de Pós Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília.
- Hardt, L.P.A. e Santos, C.R. dos (2013). Qualidade ambiental e de vida nas cidades. In: Francisconi, Jorge Guilherme; Gonzales, Suely F.N; Paviani, Aldo. (orgs.). *Planejamento e Urbanismo na atualidade brasileira: objeto teoria prática*. Livro Expressão, São Paulo,151-168.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Pesquisas. Estimativa de população nos municípios brasileiros com data de referência em 01 de julho de 2014. Brasília 2014. Nota Técnica.

- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Atlas de Saneamento 2011. IBGE, Regionalização e Alto Crescimento: uma análise sobre o crescimento de empresas nas Regiões Metropolitanas brasileiras / Cristiano Santos... [et al.]. - Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria de Pesquisas, 2013. 40p. – (Textos para discussão. Diretoria de Pesquisas; n. 48).
- Ide, C.N., Val, L.A.A.do, Ribeiro, M.L., Steffen, J.L., Rodrigues, P.S.B., Flores, A.M.F., Oliveira, H.A.R.de, Silva, J.B. (2011). "Avaliação de transporte de sólidos decorrente de eventos chuvosos em uma bacia urbana e outra rural." In: *Engenharia de Sedimentos: na Busca de Soluções para Problemas de Erosão e Assoreamento*. ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Brasília, 177-199.
- Krause, C., Nadalin V.G. e Lima Neto, V.C. (2013). "O Saneamento Básico como Questão Metropolitana: Há Cooperação?" In: Krause, C., França, K.C.B. de, Furtado, B.A. (eds.). *Território Metropolitano, Políticas Municipais: por soluções conjuntas de problemas urbanos no âmbito metropolitano*. Ipea, Brasília, DF, 338p.
- Makropoulos, C., Rozos, E., Bruaset, S., Frijns, J., e Zouwen, M. (2012). "Best practices for Sustainable Urban Water Cycle Systems – An overview of enabling and constraining factors for a transition to sustainable UWCSs. *Transitions to the Urban Water Services of Tomorrow*- TRUST, D 11.1, 1-83.
- Marandola J. E. e Hogan, D.J. (2005). "Vulnerabilidade e riscos: entre geografia e demografia." *Revista Brasileira de Estudos Populacionais*, **22** (1), 29-53.
- Marques, C.E.B. (2006). *Proposta para a Formulação de Planos Diretores de Drenagem Urbana*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Brasília, DF, 153p.
- Mascaró, J.L. (1987). *Desenho urbano e custos de urbanização*. MHU-SAM, Brasília, 192p.
- Mascaró, J.L. (1986). *A forma urbana e seus custos*. In: Turkienicz, B. e Malta, M. (eds.) *Desenho Urbano*. Anais do II SEDUR – Seminário sobre Desenho Urbano no Brasil. São Paulo: PINI; Brasília: CNPQ; Rio de Janeiro: FINEP, 61-78.]
- Mascaró, J.L. (1994). *Manual de loteamentos e urbanizações*. Editora Sagra – D.C. Luzzatto, Porto Alegre, 237 p.
- Matta Machado, T.G. da, Lisboa, A. H., Alves, C.B.M., Lopes, D.A., Goulart, E.M.A., Polignano, M.V. (2010). *Revitalização de Rios no Mundo: América, Europa, e Ásia*. Instituto Guaicuy, Belo Horizonte, MG, 344p.
- Medeiros, V. (2013). *Urbis Brasiliae: o labirinto das cidades brasileiras*. Editora Universidade de Brasília, Brasília, 612p.

- Mendonça, E.C. (2009). *Metodologia para Avaliação de Desempenho de Sistemas de Drenagem Urbana*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Brasília, DF, 176p.
- Miguez, M.G., Veról, A.P. e Rezende, O.M. (2016). *Drenagem Urbana: do Projeto Tradicional à Sustentabilidade*. Elsevier, Rio de Janeiro, 366p.
- Miguez, M.G. (2016). Piscinões – conheça os parâmetros de projeto, execução, operação e manutenção dos piscinões. *Infraestrutura Urbana*, 55, 46-47, fevereiro. Entrevista concedida a Gisele Cichinelli.
- Milograna, J. (2009). *Sistemática de Auxílio à Decisão para a Seleção de Alternativas de Controle de Inundações Urbanas*. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Brasília, DF, 316p.
- Miller, M.M. (1993). "Enhancing regional analysis with the Delphi method." *The Review of Regional Studies*, **23**(2), 191-212.
- Miranda, A.B. e Teixeira, B.A.do N. (2004). "Indicadores para o Monitoramento da Sustentabilidade em Sistemas Urbanos de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário." *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **9** (4), 269-279.
- Mitchell, V. G. (2006). "Applying Integrated Urban Water Management Concepts: A review of Australian Experience." *Environmental Management*, **37**(5), 589-605.
- Moreira, M.A. (2005). "Concept maps and meaningful learning." *Revista Chilena de Educação Científica*, **4**(2), 38-44.
- Moura, P.M. (2004). *Contribuição para avaliação global de sistemas de drenagem urbana*. Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 146p.
- Moura, R. (2016). "Cidades Intermédias no Brasil: Heterogeneidade e Diversidade." Secretaria de Desenvolvimento Regional, Ministério da Integração Nacional, Brasília, DF.
- Mouri, G. (2015). "Assessment of land cover relocation incorporating the effects of human activity in typical urban and rural catchments for the design of management policies." *Environmental Science & Policy*, 50, 74-87.
- Néspoli, G.R.C.B. e Zeilhofer, P. (2012). "Sistema de Indicadores Socioambientais para Planejamento e Gestão Urbana." In: Philippi Jr e Malheiros (eds.). *Indicadores de Sustentabilidade e Gestão Ambiental*, Editora Manole, Barueri, SP, 263-293.

- Neves, M.G.F.P.das (2006). *Quantificação de Resíduos Sólidos na Drenagem Urbana*. Tese de Doutorado, UFRGS, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre, RS, 249p.
- Nobre, E.A.C. (2011) *Índices Urbanísticos: AUP 0573, Desenho Urbano: da teoria ao projeto*, FAUUSP, São Paulo, SP.
- Novak, J.D. e Canãs, A.J. (2006). "The origins of the concept mapping tool and the continuing evolution of the tool." *Information Visualization*, 5, 175-184.
- Novak, J.D. e Canãs A.J. (2007). "Theoretical origins of concept maps, how to construct them, and uses in education." *Reflecting Education*, 3 (1), 29-42.
- Paviani, Aldo. Neourbanismo e a evolução das metrópoles. In: Francisconi, Jorge Guilherme; Gonzales, Suely F.N; Paviani, Aldo. (Orgs.). *Planejamento e Urbanismo na atualidade brasileira: objeto teoria prática*. 1ª ed. São Paulo: Rio de Janeiro: Livre Expressão, 2013,p.109-130.
- PBM SIG (1995). *How to Measure Performance. A Handbook of Techniques and Tools. Training Resources and Data Exchange (TRADE) Performance-based Management Special Interest Group, U.S. Department of Energy, Environment, Safety and Health Office of Operating Experience, Analysis and Feedback. E.U.A., 186p.*
- Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB - 2008. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 218 p. Acompanha 1 CD-ROM. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf>. Acesso em: jan.2016.
- Philippi Jr., A., Coutinho, S.M.V. e Malheiros, T.F. (2012). "Indicadores de Sustentabilidade: uma Abordagem Conceitual". In: Philippi Jr., A. e Malheiros, T.F. (eds.) *Indicadores de Sustentabilidade e Gestão Ambiental*. Editora Manole, Barueri, SP, 31-76.
- Poleto, C., Silveira, A.L.L da, Cardoso, A.R., Goldenfum, J.A., Dornelles, F. Tassi, R. e Moura, P.M. (2015). In: Poleto, C., Silveira, A.L.L da, Cardoso, A.R., Goldenfum, J.A., Dornelles, F. Tassi, R. e Moura, P.M. (orgs.) *Águas Urbanas – volume 1*. ABRH, Porto Alegre, 16-22.
- Porto, M. F. A. (1995). "Aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas" In: Tucci, C.E.M., Porto, R.L., Barros, M.T. (orgs.) *Drenagem Urbana*. ABRH/Editora da Universidade UFRGS, Porto Alegre, 387-428.
- Quental, C.M. e Oliveira, M.M.M. de (2012). "A prospecção tecnológica como ferramenta de planejamento estratégico para a construção do futuro do Instituto Oswaldo Cruz." *Revista Eletrônica de Comunicação Informação Inovação em Saúde*, Rio de Janeiro, 6 (1), p. 50-61. Disponível em: www.reciis.icict.fiocruz.br. Acesso em: 04 fev.2016.

- Rezende, S.C. e Heller, L. (2008). *O saneamento no Brasil: políticas e interfaces*. 2ª ed. rev. e ampl. Editora UFMG, Belo Horizonte, 387p.
- Richemond, N. M. de e Veyret, Y. (2007). "O Risco, Os Riscos" In: Veyret, Y. (org.) *Os Riscos: O Homem como Agressor e Vítima do Meio Ambiente*. Editora Contexto, São Paulo, 23-79.
- Royer, L.O. (2013). "Municípios "autárquicos" e região metropolitana: a questão habitacional e os limites administrativos." In: Furtado, B. A., Krause, C. e França, K. C. B. (eds.) *Território metropolitano, políticas municipais: por soluções conjuntas de problemas urbanos no âmbito metropolitano*. Ipea, Brasília, 157-194.
- Ruiz-Primo, M. A. e Shavelson R. J. (1996). "Problem and issues in the use of concept maps in Science assessment." *Journal of Reserch I Science Teaching*, **33** (6),569-600.
- Santos, A.R. dos (2012). *Enchentes e Deslizamentos: Causas e Soluções: áreas de risco no Brasil*. Editora Pini, São Paulo, 136p.
- Santos, A.R. dos (2014). *Manual Básico para a Elaboração e para o Uso da Carta Geotécnica*. São Paulo, SP,109p.
- Santos, A.G.S.dos, West, C.B., Campos, V.P.e Moraes, L.R.S. (2015). "Qualidade da água subterrânea utilizada no entorno do cemitério do Campo Santo em Salvador –BA." In: Poletto, C.,Silveira, A.L.L.da, CARDOSO, A.R., Goldenfum, J.A., Dornelles, F., Tassi, R., Moura, P.M.. *Águas Urbanas – volume 1*.ABRH, 117-142.
- São Paulo (cidade). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. *Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana*. São Paulo: SMDU, 2012, 168p.
- Setti, A.A. et al. *O saneamento no Distrito Federal: aspectos culturais e socioeconômicos*. Brasília: FUBRAS/CAESB, 2005.
- Sieker, H., Helm, B., Krebs,P., Schlottmann, P. e Trankner, J. (2008). "Flexibility – a planning criterion for storm water management." *Anais do 11th International Conference on Urban Drainage*, 1-10, Edinburg, Scotland, UK.
- Silva, R.T. (2010). "A regulação e o controle público da infraestrutura e dos serviços urbanos no Brasil." In: O processo de urbanização no Brasil. Editora da Universidade de São Paulo, 2ª ed. atualizada, São Paulo, 261-312.
- Tomaz, P. (2016). Piscinões – conheça os parâmetros de projeto, execução, operação e manutenção dos piscinões. *Infraestrutura Urbana*, 55, 46-47, fevereiro. Entrevista concedida a Gisele Cichinelli.
- Tucci, C.E.M. (2012). *Hidrologia, Ciência e Aplicação*. 4ª ed. 4ª reimpressão. Editora da UFRGS/ABRH. Porto Alegre, RS, 943p.

- Tucci, C.E.M. (2007). *Inundações Urbanas*. ABRH/RHAMA. Porto Alegre, 393p.
- Tucci, C.E.M. (2003). "Águas urbanas." In: Tucci, C.E.M. e Bertoni, J.C.(orgs.) *Inundações Urbanas na América do Sul*. ABRH, Porto Alegre, RS, 471p.
- United Nations (2014). "A World of Cities". Department of Economic and Social Affairs, Population Division, World Urbanization Prospects: The 2014 Revision. Population Facts, August 2014, nº 2014/2, disponível em www.unpopulation.org, acesso em 14-04-2016.
- University Paris-Dauphine (1995-1998). "Electre Tri Version 2.0a, Copyright (c)Lamsade." Programed by Institute of Computer Science of Poznan, Poland.
- Urban Drainage & Flood Control District (1992). Urban Storm Drainage Criteria Manual – Volume 3 – Best Management Practises. Denver, CO.
- Urbanas, B. (2000). "Assessment of stormwater best management practice effectiveness." In: Field, R., Heaney, J. e Pitt, R. (eds.) Innovative urban wet weather flow management systems, CRC Press, E.U.A., 7.1-7.43.
- Von Sperling, E. , Nascimento, N. O. e Baptista, M.B.(1998)."Inserção ambiental de bacias de retenção urbanas." XXVI Congresso Interamericano de Engenharia Sanitaria Y Ambiental, Lima, Peru.
- Vilela, S.M. e Mattos, A. (1975). Hidrologia Aplicada. Editora McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, SP, 245p.
- Wright, J.T.C. e Giovinazzo, R.A. (2000). "Delphi – uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo." *Caderno de Pesquisas em Administração*, 1 (12), 54-65.
- Zonensein, J. (2007). *Índice de risco de cheia como ferramenta de gestão de enchentes*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, RJ, 115p.
- Zhou, Q. (2014). "A review of Sustainable urban drainage systems considering the climate change and urbanization impacts." *Water*, 6, 976-992.

Referências Bibliográficas citadas em “apud”.

- Acioly, C., Davidson, F.(1998). *Densidade Urbana: um Instrumento de Planejamento e Gestão Urbana*. Mauad, Rio de Janeiro, Brasil.
- Allison, R.A., Chien, F.H.S. & MCMahon, T.A. (1997). *Stormwater Gross Pollutants*. Industry Report Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Austrália.
- Allison, R.A., Walker, T.A., Chien, F.H.S., o'Neill, I.C. & MCMahon, T.A. (1998). *From Roads to Rivers – Gross Pollutant Removal from Waterways*. Research Report for Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Australia, 98p.
- Alves, S.R. (2011). *Densidade Urbana: Compreensão e Estruturação do Espaço Urbano nos Territórios de Ocupação Dispersa*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Arquitetura, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 101p.
- Ascher, F. (2010). *Os Novos Princípios do Urbanismo*. Romano Guerra, São Paulo, SP.
- Ausubel, D.P. (1963). *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. Grune and Stratton, New York, N.Y., EUA.
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. Holt Rinehart and Winston: New York, N.Y., EUA.
- Barbosa, P.S. (1997). “O emprego de análise multiobjetivo no gerenciamento dos recursos hídricos brasileiros.” *A água em Revista*. CPRM. Ano V (8).
- Bertoni, J.C., Maza, J.A. e Paoli, C.V. (2003). “*Argentina*”. In: Tucci, C.E.M., Bertoni, J.C. *Inundações Urbanas na América do Sul*. ABRH, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 471p.
- Bertrand – Krajewski, J.L., Chebbo, G., Saget, A. (1998). “ Distribution pollution mass vs. volume in storm water, discharges and the first flush phenomenon.” *Water Research*, S.1, **32** (8), 2341-2356.
- Brombach, H. (2002). ”Urban Storm Water in Germany”. In: *Proceedings of the Ninth International Conference on: Urban Drainage*, E.W. Strecker & W.C. Huber (eds.), September 8-13, Portland, Or, EUA.
- Burian, S.J., Nix, S.J., Pitt, R.E. e Durrans, S.R. (2000). “Urban wastewater management in the United States: past, present, and future”. *Journal of Urban Technology*, **7** (3), 33-62.

- Campana, N., Tucci, C.E.M. (1994). “Estimativa de área impermeável de microbacias brasileiras”. *RBE – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **3** (1).
- Campana, N., Tucci, C.E.M. (1994). “Estimativa de área impermeável de macrobacias urbanas.” *Revista Brasileira de Engenharia*, **12** (2).
- Cavaco, N.A.C.M. (1998). *Desenvolvimento de um Sistema de Avaliação do Desempenho de Atividades Logísticas*. Dissertação de Mestrado em Transportes, IST, Lisboa, Portugal.
- Christofoletti, A. (1981). *Geomorfologia Fluvial: O Canal Fluvial*.V.1. Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, S.P., 313p.
- Conte, A.E. (2001). “Metodologia expedita para avaliação de cheias de projeto na região metropolitana de São Paulo.” *In: Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 14, ABRH, Aracaju.
- Coutinho, S.M.V. e Malheiros, T.F. (2012). “Indicadores de sustentabilidade local: caso de Ribeirão Pires, SP.” *In: Philippi Jr, A. e Malheiros, T.F. (Eds.) Indicadores de Sustentabilidade e Gestão Ambiental*. Manole (Coleção Ambiental, 12), Barueri, SP, 189-231.
- Dochy, F.J.R.C. (1994). “ Assessment of domain-specific and domain transcend prior knowledge: entry assessment and the use of profile analysis.” *In M. Birenbaum & Dochy, F.J.R.J. (eds.) Alternatives in Assessment of Achievements, Learning Process and Prior Knowledge*. Kluwer Academic, Boston, EUA, 93-129.
- Domecq, R.M., Perito, A., Chamorro, L., Ávila, J.L. e Báez, J. (2003). “Paraguai”. *In: Tucci,C.E.M., Bertoni, J.C. Inundações Urbanas na América do Sul*. ABRH, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 471p.
- Ferrari, C. (1979). *Curso de Planejamento Municipal Integrado*. Livraria Pioneira Editora, São Paulo, SP.
- Fujita, S.(2002). “Full-fledged movement on improvement of the combined sewer system and flood control underway in Japan.” *Proceedings of the Ninth International Conference on: Urban Drainage*, E.W. Strecker & W.C. Huber (eds.), September 8-13, Portland, Or, EUA.
- Genta, J.L. e Teixeira (2003). “Uruguai”. *In: Tucci, C.E.M., Bertoni, J.C. Inundações Urbanas na América do Sul*. ABRH, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 471p.
- Goicochea, A., Hansen, D.R., Duckstein, L. (1982). *Multiobjective Decision Analysis with Engineering and Business Applications*. John Wiley & Sons, Chichester, Inglaterra, Reino Unido.

- Grostein, M.D. (2001). “Metrópole e expansão urbana: a perspectiva de processos insustentáveis.” *Perspectiva*, **15** (1) jan.-mar.
- Hajkowicz, S.A., Collins, K. (2007). “A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management.” *Water Resource Management*, V.21, 1553-1566.
- Hall, M. J. (1984). *Urban Hidrology*. Elsevier, Essex, Reino Unido.
- Harouel, J. L. (2001). *História do Urbanismo*.3ed. Papirus, Campinas, SP.
- Heikkila, E. e Leckie, P. (1989). “Expert evaluation of municipal revenues and expenditures by use category.” *Journal of Planning Education and Research*, **8**, 35-44.
- Hiltz, S.R. e Turoff, M. (1978). *The Network Nation - Human Communication Via Computer*. Addison-Wesley, New York, N.Y.,EUA.
- Ide, C.N. (1984). *Qualidade da Drenagem Pluvial Urbana*.Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.
- Kennedy, C., Cuddihy, J., Engel-Yan J. (2007). “ The changing metabolism of cities.” *J.Ind. Ecol.*, **11** (2), 43-59.
- Kennedy, C., Pincetl, S., Bunje, P. (2011). “The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design.” *Environmental Pollution*, **159** (8), 1965-1973.
- Kliksberg, B.(2002). *America Latina – Uma Região de Risco-Pobreza, Desigualdade e Institucionalidade Social*. cadernos UNESCO Brasil Série Desenvolvimento Social, 1. UNESCO, Brasília, DF
- Lee, J.H., Bang, K.W. (2000). “ Characterization of urban stormwater runoff.” *Water Research*, **34** (6), 1773-1780.
- Leopold, L.B. (1968). *Hydrology for Urban Planning: A Guide Book on the Hydrologic Effects os Urban Land Use*.USGS circ 554, 18p.

- Ludlow, J. (1975). "Delphi inquiries and knowledge utilization." In: Linstone, H.A., Turoff, M. (eds.). *The Delphi Method – Techniques and Applications*. Reading: Addison-Wesley Publishing Company Inc., 620p.
- Martino, J.P. (1993). *Technological Forecasting for Decision Making*. 3ed. Mc Graw Hill Inc., New York, N.Y., EUA.
- Mascaró, J. (1986). A Forma Urbana e seus Custos. In: Turkiencz, B. & Malta, M. (eds.). *Desenho Urbano? Anais do II SEDUR – Semin[ario sobre Desenho Urbano no Brasil]*, 61-68, UnB, Brasília.
- ONU (2012). World Population Prospects: The 2012 Revision (2011) e World Urbanization Prospects. The 2011 Revision (2012). Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat.
- Ott, W.R. (1978). *Environmental Indices: Theory and Practice*. Ann Arbor Science Pub. Inc., Mich., EUA.
- Patton, M. Q., (1990). *Qualitative Evaluation and Research Methods*. 2ed. Sage, Newbury Park, California, EUA.
- Popper, R. Info [Homepage na Internet] Reino Unido University of Manchester [Atualização não informada; acesso em 12/06/2009; Disponível em: < http://WWW.rafaelpopper.info/skills/foresight_diamond.htm>].
- Reyes, J. (2003). "Peru". In: Tucci, C.E.M., Bertoni, J.C. Inundações Urbanas na América do Sul. ABRH, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 471p.
- Roy, B. (1985). *Métodologie Multicritère D'aide à La Decision*. Economica, Paris, 423p.
- Romero, M.A.B. (2001). *Arquitetura Bioclimática do Espaço Público*. Editora da Universidade nacional de Brasília – UnB, Brasília.
- Santos, M. (1996). *A Natureza do espaço: Técnica e Tempo. Razão e Emoção*. Hucitec, São Paulo, SP.
- Soares, A.B., Silva Filho, J.C.L., Abreu, M.C.S., Soares, F.A. (2011). "Revisando a estruturação do modelo DPSIR como base para um sistema de apoio à decisão para a sustentabilidade de bacias hidrográficas." *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, 4 (3), set.-dez. 2011, 521-545.

- Stoffel, I. (1997). *Administração do desempenho: metodologia gerencial de excelência*. Florianópolis:s.e.
- Terrazas, L.E.M. e Seleme, M.E.(2003). “*Bolívia*”.In: Tucci,C.E.M., Bertoni, J.C. Inundações Urbanas na América do Sul. ABRH, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 471p.
- Vincke, P.(1989). *L'aide Multicritère à la Décision*. Éditions de L'Université de Bruxelles, Bruxelas, Bélgica,179p.
- Vincke, P. (1992). *Multicriteria Decision AID*. John Willey & Sons Ltda, Inglaterra.
- Venkatesh, G., Saegrov, S., Brattebo, H. (2014). “ Dynamic metabolism modeling of urban water services – demonstrating effectiveness as a decision-support tool for Oslo, Norway.” *Water Research*, **61**, 19-33.
- Walesh, S.G. (1989). *Urban Surface Water Management*. Editora John Wiley & Sons, New York, EUA, 599p.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Metodologia de cálculo do método ELECTRE TRI

O método ELECTRE TRI considera a problemática beta (Roy, 1985 e Yu e Roy, 1992). Classifica as diversas alternativas para solução de um problema, por meio da comparação de cada ação potencial com uma referência estável (padrão/ações de referência). Em realidade, as ações de referência são ações fictícias, definidas para delimitar as diversas categorias. Nesse caso, cada categoria está limitada inferior e superiormente por duas ações de referência e cada uma dessas ações serve de limite a duas categorias, uma superior e outra inferior (Yu e Roy, 1992 e Maystre *et al.*, 1994).

A Figura A.1 ilustra graficamente esses processos. Conhecidas as ações fictícias de referência $b_0, b_1, b_2, \dots, b_h$ e os critérios j_1, j_2, \dots, j_n , definem-se as categorias E^1, E^2, \dots, E^h . Para um dado critério j_i , a ação "a" seria alocada em uma determinada categoria em função de sua avaliação $g_{jn}(a)$. Na figura em questão, por exemplo, a ação "a" sob o critério j_2 seria alocada à categoria E^2 em função de sua avaliação $g_{j_2}(a)$.

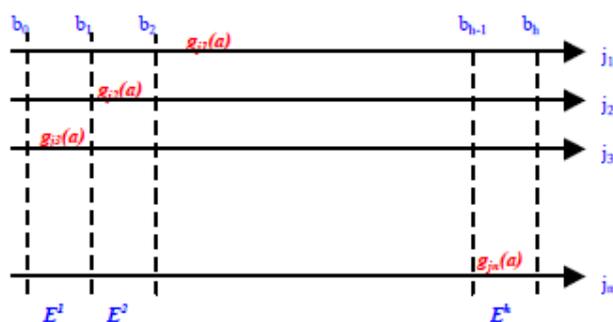


Figura A.1 - Ações de referência fictícias (b), critérios (j) e categorias (E) no ELECTRE TRI (Yu e Roy 1992, adaptado).

Os múltiplos critérios considerados no método ELECTRE TRI estabelecem uma relação de desclassificação de uma ação a , a alocar a cada uma das ações de referência, a partir de um processo conhecido como *procedimento de agregação multicritério (pam)*. As condições prévias a serem observadas para o estabelecimento dessas relações são (Yu e Roy, 1992):

- "a família de critérios é uma família de pseudocritérios;
- o quadro de desempenho das ações está construído";
- são conhecidos, para cada ação de referência fictícia b_h , os limiares de indiferença $q_j(b_h)$, de preferência $p_j(b_h)$ e de veto $v_j(b_h)$ para cada critério j ; (com h variando a partir de 0 a n);

- os pesos dos critérios são definidos, para cada ação de referência, como sendo $\mathbf{k} = (\mathbf{k}_1, \mathbf{k}_2, \dots, \mathbf{k}_n)$, onde $\mathbf{k}_i > 0, \forall j$;
- para o procedimento de agregação deve ser fixado um valor real λ , compreendido entre **0,5 e 1**, denominado **nível de corte** (Yu e Roy,1992).

Castro (2007) em utilização do método propôs os valores de 0,05, 0,20 e 0,60 respectivamente para os limiares de indiferença (q), preferência (p) e veto (v).

Mousseau et al. (1999, apud Castro,2007) recomendam a utilização do valor de $\lambda=0,750$.

Com o objetivo de levar em conta a imprecisão, a incerteza e a indeterminação, além de outras relações de preferência entre as ações, utilizam-se os limiares p_j e q_j (onde $p_j \geq q_j \geq 0$), sendo p_j o limiar de preferência, q_j o limiar de indiferença, para cada critério j .

Quando p_j e q_j são nulos, o critério é chamado de verdadeiro, ou seja, há completa transitividade entre as ações (se $g(a) > g(b)$ e $g(b) > g(c)$ então $g(a) > g(c)$).

Para p_j e q_j diferentes de zero, o critério passaria a ser denominado "pseudo-critério" segundo ROY(1985, apud Generino e Cordeiro Netto), pois permite outros tipos de relações de preferência entre ações.

O limiar de veto (v_j), definido para cada critério j indica o nível a partir do qual uma ação "a" é tão melhor que uma ação "a_i" sob determinado critério que, mesmo considerando todos os outros critérios, "a_i" nunca poderá ser considerada globalmente melhor que "a".

Para que o método possa estabelecer uma relação de desclassificação entre uma ação **a** e uma ação fictícia de referência **b**, deve-se calcular os denominados índices de concordância por critério $C_j(\mathbf{a},\mathbf{b})$ e $C_j(\mathbf{b},\mathbf{a})$, de concordância global $C(\mathbf{a},\mathbf{b})$ e $C(\mathbf{b},\mathbf{a})$, de discordância por critério $D_j(\mathbf{a},\mathbf{b})$ e $D_j(\mathbf{b},\mathbf{a})$, de discordância global $D(\mathbf{a},\mathbf{b})$ e $D(\mathbf{b},\mathbf{a})$, bem como o índice de credibilidade $\sigma_s(\mathbf{a},\mathbf{b})$, para verificar em que medida a ação **a** desclassifica a ação fictícia de referência **b**, e, analogamente, o índice de credibilidade

$\sigma_s(\mathbf{b},\mathbf{a})$, para avaliar em que medida a ação fictícia de referência \mathbf{b} desclassifica a ação \mathbf{a} .

A seguir, encontram-se apresentadas as formas para se obter esses índices de concordância, de discordância e de credibilidade, considerando-se critérios de sentido de preferência crescente (quanto maior melhor).

A) Cálculo dos índices de concordância $C_j(\mathbf{a},\mathbf{b})$, $C_j(\mathbf{b},\mathbf{a})$, $C(\mathbf{a},\mathbf{b})$ e $C(\mathbf{b},\mathbf{a})$, deve-se considerar que:

- 1) $C_j(\mathbf{a},\mathbf{b})$ = índice de concordância sob o critério i da asserção “ \mathbf{a} é, no mínimo, tão bom quanto \mathbf{b} ”,
- 2) $C_j(\mathbf{b},\mathbf{a})$ = índice de concordância sob o critério i da asserção “ \mathbf{b} é, no mínimo, tão bom quanto \mathbf{a} ”,
- 3) $C(\mathbf{a},\mathbf{b})$ = índice global de concordância da asserção “ \mathbf{a} é, no mínimo, tão bom quanto \mathbf{b} ”,
- 4) $C(\mathbf{b},\mathbf{a})$ = índice global de concordância da asserção “ \mathbf{b} é, no mínimo, tão bom quanto \mathbf{a} ”,
- 5) p_j = limiar de preferência definido para o critério j ;
- 6) q_j = limiar de indiferença definido para o critério j .

1) O cálculo de $C_j(\mathbf{a},\mathbf{b})$ é efetuado da forma seguinte:

se $g_j(\mathbf{a}) \leq g_j(\mathbf{b}) - p_j$, então $C_j(\mathbf{a},\mathbf{b}) = 0$

se $g_j(\mathbf{a}) > g_j(\mathbf{b}) - q_j$, então $C_j(\mathbf{a},\mathbf{b}) = 1$

se $g_j(\mathbf{b}) - p_j < g_j(\mathbf{a}) \leq g_j(\mathbf{b}) - q_j$, então $0 < C_j(\mathbf{a},\mathbf{b}) \leq 1$, onde $C_j(\mathbf{a},\mathbf{b})$ é obtido por interpolação linear, de acordo com a fórmula de cálculo de $C_j(\mathbf{a},\mathbf{b})$ a seguir.

2) De forma análoga, calcula-se $c_j(\mathbf{b},\mathbf{a})$. Observa-se que, em face dos conceitos apresentados, a soma de $c_j(\mathbf{b},\mathbf{a})$ e de $c_j(\mathbf{a},\mathbf{b})$ não é necessariamente igual a 1. Uma vez calculados os valores do índice de concordância para cada critério, pode-se promover o cálculo dos índices globais de concordância da forma que se segue, onde K_j é o peso do critério j .

$$C_j(a,b) = \frac{p_j - [g_j(b) - g_j(a)]}{p_j - q_j}$$

(Equação A.1)

3) Cálculo do índice de concordância global da asserção "a é ao menos tão bom quanto b", conforme fórmula abaixo:

$$C(a,b) = \left(\frac{\sum_{j=1}^n k_j \cdot C_j(a,b)}{\sum_{j=1}^n k_j} \right)$$

(Equação A. 2)

4) Cálculo do índice de concordância da asserção "b é ao menos tão bom quanto a", conforme fórmula a seguir.

$$C(b,a) = \left(\frac{\sum_{j=1}^n k_j \cdot C_j(b,a)}{\sum_{j=1}^n k_j} \right)$$

(Equação A. 3)

B) Para o cálculo do índice de discordância $D_j(a,b)$, deve-se considerar que:

$D_j(a,b)$ = índice de discordância sob o critério i da asserção "a é, no mínimo, tão boa quanto b",

$D_j(b,a)$ = índice de discordância sob o critério i da asserção "b é, no mínimo, tão boa quanto a",

V_j = limiar de veto definido para o critério i .

Tem-se:

se $g_j(a) > g_j(b) - p_j$, então $d_j(a,b) = 0$;

se $g_j(a) \leq g_j(b) - v_j$, então $d_j(a,b) = 1$;

se $g_j(b) - v_j < g_j(a) \leq g_j(b) - p_j$, então $0 < d_j(a,b) \leq 1$, onde $d_j(a,b)$ é obtido por interpolação linear, de acordo com a fórmula a seguir:

$$d_j(a,b) = \frac{g_j(b) - g_j(a) - p_j}{v_j - p_j}$$

(Equação A. 4)

C) Cálculo dos índices de credibilidade $\sigma_s(a,b)$ e $\sigma_s(b,a)$.

Para exprimir em que medida a “ação a desclassifica a ação de referência b”, levando-se em conta, globalmente, os índices de concordância $C_j(a,b)$ e de discordância $D_j(a,b)$ é determinado o índice de credibilidade $\sigma_s(a,b)$. A determinação do índice de credibilidade $\sigma_s(a,b)$ se constitui, pois, do procedimento de agregação multicritério (pam) a que já se fez menção.

Na ausência de critérios discordantes ou quando todos os índices de discordância são julgados insuficientes em relação ao valor do índice de concordância $C(a,b)$, o índice de credibilidade $\sigma_s(a,b)$ coincide com o valor de $C(a,b)$ (índice global de concordância).

Quando, sob um critério discordante j_i , refuta-se totalmente a proposição “a desclassifica b” ($D_{j_i}(a,b) = 1$), o índice de credibilidade $\sigma_s(a,b)$ passa a ser nulo (ou seja, a proposição “a desclassifica b” passa a não ser globalmente verossímil). Quando, sob um critério j_m , o valor de $D_{j_m}(a,b)$ se situa entre o valor de $C(a,b)$ e 1, o índice de credibilidade $\sigma_s(a,b)$ de “a desclassifica b” deve ser “diminuído”, incorporando, assim, um “veto parcial” estabelecido pelo critério j_m . Analiticamente, o valor de $\sigma_s(a,b)$ é definido da forma que se segue:

Define-se $F(a,b)$ como sendo o conjunto de critérios para os quais o valor calculado de $D_j(a,b)$ for superior ao valor do índice de concordância global $C(a,b)$. Dessa forma,

Se $F(a,b) = \{j \in F / D_j(a,b) > C(a,b)\} = \emptyset$, logo $\sigma_s(a,b) = C(a,b)$

Se $F(a,b) \neq \emptyset$, então

$$\sigma_s(a, b) = C(a, b) \cdot \prod_{j \in F} \left(\frac{1 - D_j(a, b)}{1 - C(a, b)} \right)$$

(Equação A. 5)

De forma análoga, calcula-se o valor de $\sigma_s(b, a)$.

Na Figura A.2, encontram-se representados os procedimentos efetuados na relação de desclassificação entre uma alternativa **a** e a ação de referência **b**, a partir dos índices de credibilidade $\sigma_s(a, b)$ e $\sigma_s(b, a)$ e do nível de corte λ considerado. Os símbolos **R**, **>** e **I** representam, respectivamente, operadores que definem as três relações finais possíveis entre **a** e **b**: incomparabilidade, preferência e indiferença (Yu e Roy, 1992 e Maystre *et al.*, 1994). Observe-se que a definição da relação entre **a** e **b** depende também de λ . Para

valores de λ mais elevados, o que caracteriza decisões em que se busca minimizar as diferentes incertezas, a ocorrência da relação de incomparabilidade entre ações poderia ser mais frequente, mantendo-se inalteradas todas as outras condições do problema. Do mesmo modo, caso se escolha um valor mais reduzido de λ (menor exigência com relação às incertezas), poderia ser aumentada a frequência das relações de indiferença.

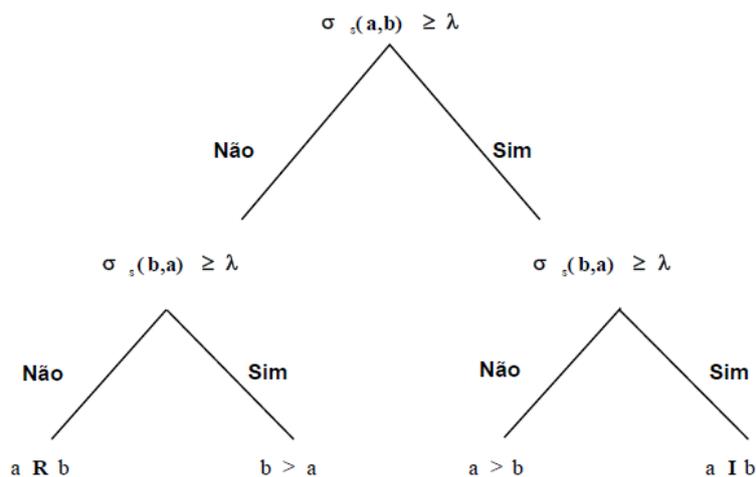


Figura A.2 - Relações entre **a** e **b** a partir de $\sigma_s(a, b)$, $\sigma_s(b, a)$ e λ , segundo Yu e Roy (1992).

O procedimento de cálculo de $\sigma_s(a,b)$ e de $\sigma_s(b,a)$ se repete para cada ação b_i de referência. O número de relações de preferência entre a e b_i corresponde, assim, ao número de ações de referência.

Passa-se, então, ao procedimento de alocação da ação a a uma das categorias E_i predefinidas.

Dois são os procedimentos de alocação previstos em ELECTRE TRI, denominados pessimista e otimista. A Figura A.3 apresenta o esquema geral desse método (Yu e Roy, 1992). Ambos os procedimentos se utilizam de uma mesma técnica: a de comparar de forma sistemática cada ação a alocar com todas as ações de referência. A diferença entre os dois reside na sequência dessa comparação e no critério de identificação da categoria de alocação.

No procedimento pessimista, a comparação se inicia com a melhor ação de referência e prossegue para ação imediatamente inferior, até se identificar a primeira ação de referência b_i , que é desclassificada por a ; aloca-se então a ação a à categoria que é limitada inferiormente por essa ação de referência b_i .

No procedimento otimista, a comparação de a é iniciada com a pior ação de referência, passando-se à ação imediatamente superior até se identificar a primeira ação de referência b_i que desclassifica a . A ação a é então alocada à categoria que é limitada superiormente pela ação de referência b_i .

O primeiro caso, pessimista, pode ser aplicado, na prática, quando os recursos disponíveis são limitados, vez que esse procedimento, na dúvida entre categorias, aloca as ações analisadas nas categorias as mais baixas possíveis. O procedimento otimista representa uma atitude oposta, procurando "*colocar as ações nas categorias as mais altas possíveis.*" (Yu e Roy, 1992). Segundo Mendonça (2009): "o procedimento é indicado para situações em que se deseje favorecer ações com atrativos particulares ou qualidades excepcionais."

Em resumo, pode-se considerar que esse método apresenta dois interesses principais para a pesquisa:

- julga uma ação potencial por si mesma, independentemente das outras ações potenciais;
- fixa um ou vários padrões de referência (Generino e Cordeiro Netto, 1998).

Observações finais: a) quadro de performances é um quadro que discrimina as ações e os critérios, apresentando a performance de cada ação sob cada um dos critérios (YU,1992); b) os pesos dos critérios podem ser diferentes para cada ação de referência, no entanto, por razões de coerência é aconselhável que não se modifique

muito esse valor; c) o nível de corte, denominado λ , é considerado o menor valor do grau de credibilidade $\sigma_s(a,b)$, no qual se pode afirmar que "a desclassifica b" (YU 1992).

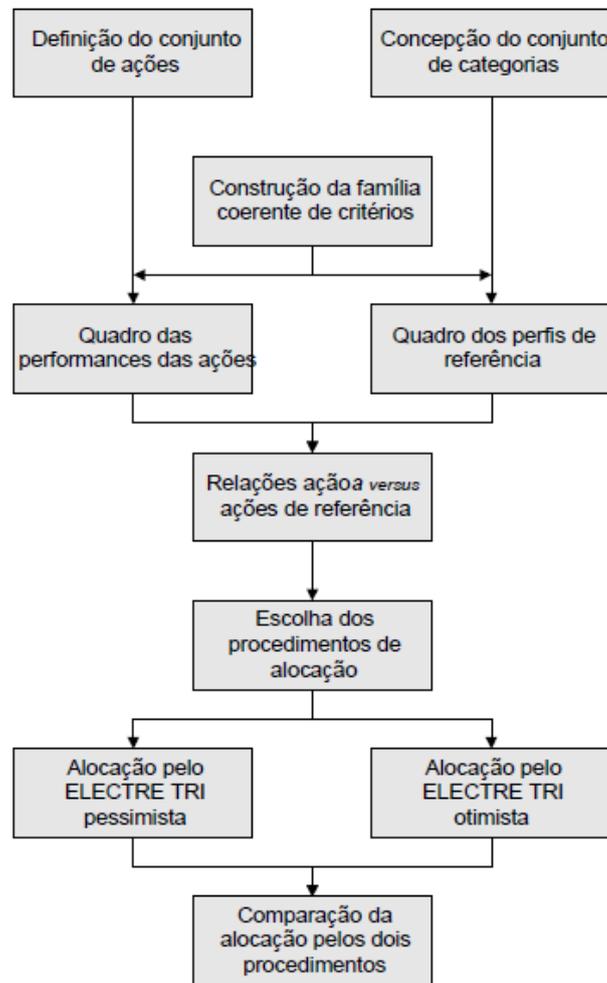


Figura A.3 – Diagrama geral de utilização do ELECTRE TRI (Yu e Roy, 1992,apud Generino ,1999).

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO ENVIADO AOS ESPECIALISTAS PARA VALIDAÇÃO, OU NÃO DA TIPOLOGIA DO MUNICÍPIOS E DOS INDICADORES SUGERIDOS.

Nome do entrevistado* _

Atividade profissional * _Essa questão, e as demais quatro que se seguem, procura apenas caracterizar o universo de respondentes de acordo com sua atividade profissional principal, formação acadêmica, local e tempo de atuação, além da instituição onde trabalha atualmente.

- Pesquisador
- Projetista
- Professor Universitário
- Engenheiro
- Gestor Público
- Técnico
- Com atividade profissional no assunto
- Outros:

Local de atividade.* _Região de maior atuação profissional.

- Sul
- Sudeste
- Centro-oeste
- Nordeste
- Norte
- Todas anteriores
- Exterior
- Outros:

Tempo de atividade.* _Expressa o tempo de experiência com o assunto.

- Um ano.
- De um a cinco anos.
- De cinco a dez anos.
- De dez a vinte anos.
- Mais de vinte anos.
- Outros:

Formação acadêmica.* _Formação acadêmica pós-graduação.

- Nenhuma.
- Especialização.
- Mestrado.

- Doutorado.
- Outros:

Instituição de atuação.* Empresa, órgão, organização, agência.

- Empresa pública.
- Empresa privada.
- Órgão Público Federal.
- Órgão Público Estadual.
- Órgão Público Municipal.
- OSCIP ou ONG.
- Agência.
- Autônomo.
- Outros:

Indicadores físicos. Indicadores físicos devem permitir avaliação do desempenho dos sistemas a partir de informações trazidas pelo meio físico. A partir dessa ideia aponte os indicadores que considera adequados.

- Densidade de redes de drenagem (km/km²)
- Área impermeabilizada (m²/ha)
- Áreas sujeitas a escorregamentos e erosões(m²/ha)
- Taxa média de infiltração (m³/ha)
- Lençol freático pouco profundo (menos de 1,0 m de profundidade) (S/N).
- Topografia acidentada (S/N).
- Outros:

Comentários sobre indicadores físicos. Caso ache adequado complementar com comentários, sugestões ou observações sobre indicadores físicos utilize o espaço abaixo.

Indicadores Hidráulicos Procuram caracterizar a realidade sob esse ponto de vista. A partir dessa ideia aponte aqueles que considera adequados, ressaltando que águas residuárias são consideradas provenientes de sistemas de esgotos, como aquelas devidas às ligações clandestinas e que alagamentos estão ligados geralmente a obstruções dos sistemas de drenagem enquanto inundações significam extravasamentos do rio para o exterior de sua calha, ou seja, ao longo da planície de inundação.

- Área da mancha de inundações (m²/ha total)
- Frequência de inundações (dias de ocorrências/365 dias)
- Frequência de assoreamentos ou obstruções (nº de ocorrências/365)
- Frequência de alagamentos (dias de ocorrências/365)
- Contribuição de águas residuárias (Qresiduária/Qtotal)

- Possibilidade de contribuição de marés para eventos de inundação e alagamentos (S/N)
- Frequência obstruções ao tráfego de veículos (nº de dias de ocorrências/365 dias)
- Outros:

Comentários sobre indicadores Hidráulicos. Caso ache adequado complementar com comentários ou sugestões sobre indicadores hidráulicos utilize o espaço abaixo.

Indicadores hidrológicos. Procuram caracterizar, sob o ponto de vista hidrológico, a área em que se situam os sistemas de drenagem a serem avaliados. A partir dessa idéia, aponte os indicadores que considera adequados.

- Área de contribuição (m²/ha)
- Intensidade de chuva (mm/ano)
- Frequência anual de precipitações (nº dias/365)
- Outros:

Comentários sobre indicadores hidrológicos. Caso ache adequado complementar com comentários ou sugestões sobre indicadores hidrológicos utilize o espaço abaixo.

Indicadores Econômicos. Procuram caracterizar os sistemas de drenagem sob o ponto de vista de dispêndios (custos e investimentos). A partir disso aponte aqueles que considera adequados.

- Custo de construção de reservatórios de armazenamento (\$/m³)
- Custo de implantação de redes (\$/km)
- Custo de manutenção de redes (\$/Km)
- Custo de flexibilização/adaptação do sistema a mudanças (climáticas e outras) (\$/risco ou probabilidade)
- Recursos utilizados anualmente em drenagem (\$ utilizados/ \$ total do orçamento)
- Custos de não implantação ou custos de correr riscos (custo anual estimado dos riscos/custo estimado de implantação do sistema)
- Custo por volume (\$/m³ absorvido)
- Custo de desassoreamento e desobstrução (\$/m³ recolhido)
- Custos de desapropriação (\$/ha)
- Custo de desobstruções (\$/ano)
- Custo para usuários (\$ taxas arrecadadas/\$ custos do sistema)
- Outros:

Comentários sobre indicadores Econômicos. Caso ache adequado complementar com comentários ou sugestões sobre indicadores econômicos, utilize o espaço abaixo.



Indicadores ambientais. Procuram caracterizar os sistemas de drenagem com relação à sua contribuição ao meio ambiente. Sob esse ponto de vista, aponte aqueles que considera adequados. Consideram-se técnicas compensatórias: bacias, valas e valetas de retenção e retenção, pavimentos porosos, revestimentos permeáveis, trincheiras de retenção e infiltração, telhados armazenadores e reservatórios individuais nos lotes.

- Existência ou não de técnicas compensatórias na concepção dos sistemas(S/N)
- Doenças de veiculação hídrica (nº/nº de referência)
- Criação de áreas verdes na implantação dos sistemas (m² criados/m² existentes)
- Quantitativo precipitado com destinação inadequada (m³ com destinação inadequada/m³ com destinação adequada)
- Quantitativo de coleta e varrição (m² com serviço/m² total)
- Possibilidade de contaminações de nascentes e lençol freático (S/N)
- Possibilidade de contaminações de redes de drenagem por águas de esgoto (S/N)
- Possibilidade de ocorrência de desastres naturais como deslizamentos de pedras e terra (S/N)
- Possibilidade de contribuição de intrusão salina no sistema de drenagem por efeitos de marés(S/N)
- Quantidade de resíduos sólidos (lixo) no sistema (kg/mês)
- Outros:

Indicadores sociais. Procuram caracterizar o alcance e a forma concebida de atendimento, financiamento e decisão sobre as soluções propostas para os sistemas de drenagem urbana. Sob esses aspectos aponte os indicadores que considera adequados.

- Domicílios atendidos (nº de domicílios atendidos/ nº total de domicílios na área do sistema)
- Densidade populacional por tipo (comercial/residencial/industrial) (hab/m²)
- Áreas desapropriadas pelo sistema (m²/ha total)
- IDH - índice de desenvolvimento econômico na área do sistema.
- Participação popular (nº famílias que participam/nº famílias na área de influência do sistema)
- Valor do IPTU (\$/m²)
- Existência ou não de imóveis nas áreas de inundação(S/N)
- Outros:

Comentários sobre indicadores sociais. Caso considere adequado complementar com comentários ou sugestões sobre indicadores sociais, utilize o espaço abaixo.

Indicadores institucionais. Procuram caracterizar a estrutura envolvida com a dimensão institucional com reflexo no desempenho dos sistemas de drenagem urbana. Sob esse ponto de vista procure apontar os indicadores que considera adequados.

- Recursos humanos (n° pessoas envolvidas na atividade/ n° de pessoas na área do sistema)
- Existência ou não de Plano de Saneamento (S/N).
- Existência ou não de Plano de Drenagem Urbana(S/N).
- Existência de fiscalização do sistema (n° de fiscais/n° de pessoas envolvidas com a atividade na área do sistema)
- Existência ou não de órgão de regulação (S/N).
- Outros:

Comentários sobre indicadores institucionais. Caso considere adequado complementar com comentários ou sugestões sobre indicadores institucionais, utilize o espaço abaixo.

Tipologia de municípios - Densidade demográfica. O Brasil possui 5570 municípios de características bastante diferentes. Para sua análise, ao se criarem indicadores, deve-se observar essa realidade. A forma encontrada para classificá-los foi a criação de uma tipologia que considera a densidade demográfica como fator relevante. Com relação a adequação desse fator, e considerando que 10 indica perfeita adequabilidade e 0 nenhuma adequabilidade, aponte o grau que avalia ser correto entre 0 e 10:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Densidade demográfica

Tipologia dos municípios - Vulnerabilidade socio-econômico e ambiental. O segundo fator relevante para a formação da tipologia proposta é a vulnerabilidade sócio-econômica e ambiental. Sendo esta entendida como o risco existente em um determinado ambiente (representado, por exemplo, pela escassez de água, falta de saneamento e contato com doenças de veiculação hídrica, moradia em lugares sujeitos a riscos de enchentes, erosões e escorregamentos de terreno), associado ao grau de exposição da população a esse risco, a incapacidade de reação e a dificuldade de adaptação diante da materialização do risco. Com relação a adequação desse fator, para a classificação dos municípios, e considerando que 10 indica perfeita adequabilidade e 0 nenhuma adequabilidade, aponte o grau que avalia ser correto entre 0 e 10:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Vulnerabilidade socio-econômica ambiental.

Comentários sobre a Tipologia dos Municípios - Densidade demográfica e Vulnerabilidade sócio-econômico e ambiental. Existe alguma outra variável que você julga importante ou adicional para a definição da Tipologia de Municípios?

- Não
- Sim
- Não tenho opinião a respeito
- Não desejo responder a essa pergunta

Caso a resposta anterior tenha sido sim, se desejar, use o espaço abaixo para deixar seus comentários.

Adicionar item

Página de confirmação

Mostrar link para enviar outra resposta

Publicar e mostrar um link público para os resultados do formulário

Permitir que os participantes editem as respostas após o envio

Pesos dos critérios *

Para que se possa analisar de uma forma equilibrada os critérios, ou seja, dando maior pontuação aquele que você considera mais relevante e posteriormente aos demais em ordem decrescente até totalizar a distribuição dos 100 pontos, solicitamos indicar a pontuação que considere mais adequada, a cada um dos critérios (a somatória dos pontos atribuídos aos sete critérios ser igual a 100).
Marcar apenas uma oval por linha.

	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Critério físico	<input type="radio"/>																				
Critério hidráulico	<input type="radio"/>																				
Critério hidrológico	<input type="radio"/>																				
Critério econômico	<input type="radio"/>																				
Critério ambiental	<input type="radio"/>																				
Critério social	<input type="radio"/>																				
Critério institucional	<input type="radio"/>																				

Ponderação dos indicadores físicos

Para que se possa determinar pesos a cada indicador componente do critério físico de avaliação do desempenho dos sistemas de drenagem urbana, solicitamos indicar a pontuação, em uma escala de 0 a 100, com soma total de 100, para aqueles que você considera relevantes, de cada um dos itens sugeridos.

Marcar apenas uma oval por linha.

	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Densidade de redes de drenagem (km/Km ²)	<input type="radio"/>																				
Área impermeabilizada (m ² /Km ²)	<input type="radio"/>																				
Áreas sujeitas a escorregamentos e erosões (m ² /ha)	<input type="radio"/>																				
Taxa média de infiltração (m ³ /ha)	<input type="radio"/>																				
Lençol freático pouco profundo (menos de 1,0m) (S/N)	<input type="radio"/>																				
Topografia acidentada (S/N)	<input type="radio"/>																				

Ponderação dos indicadores hidráulicos

Para que se possa determinar pesos a cada indicador componente do critério hidráulico de avaliação do desempenho dos sistemas de drenagem urbana, solicitamos indicar a pontuação, em uma escala de 0 a 100, com soma total de 100, para aqueles que você considera relevantes, de cada um dos itens sugeridos.

Marcar apenas uma oval por linha.

	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Área da mancha de inundações (m ² /ha)	<input type="radio"/>																				
Frequência de inundações (dias de ocorrências/365)	<input type="radio"/>																				
Frequência de assoreamentos (dias de ocorrências/365)	<input type="radio"/>																				
Frequência de alagamentos (nº de dias de ocorrências/365)	<input type="radio"/>																				
Contribuição de águas residuárias (Qres/Q total)	<input type="radio"/>																				
Possibilidade de contribuição de marés para eventos de inundações (S/N)	<input type="radio"/>																				
Frequência de obstruções ao tráfego de veículos (nº de dias de ocorrências/365)	<input type="radio"/>																				

Ponderação dos indicadores hidrológicos

Para que se possa determinar pesos a cada indicador componente do critério hidrológico de avaliação do desempenho dos sistemas de drenagem urbana, solicitamos indicar a pontuação, em uma escala de 0 a 100, com soma total de 100, para aqueles que você considera relevantes, de cada um dos itens sugeridos.

Marcar apenas uma oval por linha.

	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Área de contribuição (m ² /ha)	<input type="radio"/>																				
Intensidade de chuva (mm/ano)	<input type="radio"/>																				
Frequência anual de precipitações (nº dias/365)	<input type="radio"/>																				

Ponderação dos indicadores econômicos

Para que se possa determinar pesos a cada indicador componente do critério econômico de avaliação do desempenho dos sistemas de drenagem urbana, solicitamos indicar a pontuação, em uma escala de 0 a 100, com soma total de 100, para aqueles que você considera relevantes, de cada um dos itens sugeridos.

Marcar apenas uma oval por linha.

	0	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Custo de construção de reservatórios de armazenamento (\$/m ³)	<input type="radio"/>																			
Custo de implantação de redes (\$/m ³)	<input type="radio"/>																			
Custo de manutenção de redes (\$/m ³)	<input type="radio"/>																			
Custo de flexibilização/adaptação do sistema a mudanças (climáticas e outras) (\$/\$ risco)	<input type="radio"/>																			
recursos utilizados anualmente em drenagem (\$ utilizados/ \$ total do orçamento)	<input type="radio"/>																			
Custos de não implantação ou custos de correr riscos (\$ anual estimado dos riscos/ \$ estimado de implantação do sistema)	<input type="radio"/>																			
Custo por volume (\$/m ³ absorvido)	<input type="radio"/>																			
Custo de dessassoreamento e desobstrução (\$/m ² recolhido)	<input type="radio"/>																			
Custos de desapropriações (\$/ha)	<input type="radio"/>																			
Custo de desobstruções (\$/ano)	<input type="radio"/>																			
Custo para os usuários (\$ taxas arrecadadas/ \$ custos do sistema)	<input type="radio"/>																			

Ponderação dos indicadores ambientais

Para que se possa determinar pesos a cada indicador componente do critério ambiental de avaliação do desempenho dos sistemas de drenagem urbana, solicitamos indicar a pontuação, em uma escala de 0 a 100, com soma total de 100, para aqueles que você considera relevantes, de cada um dos itens sugeridos.

Marcar apenas uma oval por linha.

	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Existência, ou não, de técnicas compensatórias na concepção dos sistemas (S/N)	<input type="radio"/>																				
Doenças de veiculação hídrica (nº/ nº de referência)	<input type="radio"/>																				
Criação de áreas verdes na implantação dos sistemas (m ² criados/m ² existentes)	<input type="radio"/>																				
Quantitativo precipitado com destinação inadequada (m ³ inadequado/ m ³ adequado)	<input type="radio"/>																				
Quantitativo de coleta e varrição (m ² com serviço/m ² total)	<input type="radio"/>																				
Possibilidade de contaminações de nascentes e lençol freático (S/N)	<input type="radio"/>																				
possibilidade de contaminações de redes de drenagem por águas de esgotos (S/N)	<input type="radio"/>																				
Possibilidade de ocorrência de desastres naturais como deslizamentos de pedras e terra (S/N)	<input type="radio"/>																				
Possibilidade de contribuição de intrusão salina no sistema de drenagem por efeitos de marés (S/N)	<input type="radio"/>																				
Quantidade de resíduos sólidos (lixo) no sistema (kg/mês)	<input type="radio"/>																				

Ponderação de indicadores sociais

Para que se possa determinar pesos a cada indicador componente do critério social de avaliação do desempenho dos sistemas de drenagem urbana, solicitamos indicar a pontuação, em uma escala de 0 a 100, com soma total de 100, para aqueles que você considera relevantes, de cada um dos itens sugeridos.

Marcar apenas uma oval por linha.

	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Domicílios atendidos (nº atendidos/nº existentes na área do sistema)	<input type="radio"/>																				
Densidade populacional por tipo (residencial, comercial, industrial) (hab/m²)	<input type="radio"/>																				
Áreas desapropriadas pelo sistema (m²/ha total)	<input type="radio"/>																				
IDH - Índice de desenvolvimento econômico na área do sistema	<input type="radio"/>																				
Participação popular (nº de famílias que participam/ nº de famílias na área de influência do sistema)	<input type="radio"/>																				
Valor do IPTU (\$/m²)	<input type="radio"/>																				
Existência, ou não, de imóveis nas áreas de inundação (S/N)	<input type="radio"/>																				

Ponderação de indicadores institucionais

Para que se possa determinar pesos a cada indicador componente do critério institucional de avaliação do desempenho dos sistemas de drenagem urbana, solicitamos indicar a pontuação, em uma escala de 0 a 100, com soma total de 100, para aqueles que você considera relevantes, de cada um dos itens sugeridos.

Marcar apenas uma oval por linha.

	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Recursos humanos (nº de pessoas envolvidas na atividade/ nº de pessoas na área do sistema)	<input type="radio"/>																				
Existência, ou não, de Plano de Saneamento (S/N)	<input type="radio"/>																				
Existência, ou não, de Plano de Drenagem Urbana (S/N)	<input type="radio"/>																				
Existência de fiscalização do sistema (n) de fiscais/nº de pessoas envolvidas com a atividade na área do sistema)	<input type="radio"/>																				
Existência, ou não, de órgão de regulação (S/N)	<input type="radio"/>																				

APÊNDICE C – Tabela de indicadores propostos.

Dimensão	Indicador	Unidade de medida
F1	Densidade de redes	Km/km ²
F2	Área impermeabilizada	m ² /ha
F3	Áreas sujeitas a escorregamentos/erosões	S/N
F5	Lençol freático pouco profundo (<1,0m)	S/N
F6	Topografia acidentada	S/N
H1	Área da mancha de inundação	S/N
H3	Frequência de alagamentos/inundações	S/N
H4	Frequência de dessassoreamentos e dragagens	S/N
H6	Possibilidade de contribuição de marés para eventos de inundação e alagamentos	S/N
H7	Frequência de obstruções ao tráfego de veículos	S/N
E1	Custo de construção de reservatórios de armazenamento	S/N
E2	Custo de implantação de redes	S/N
E3	Custo de manutenção de redes	S/N
E6	Custos de não implantação ou de correr riscos	S/N
E9	Custos de desapropriação	S/N
A3	Criação de áreas verdes na implantação dos sistemas	S/N
A5	Quantitativo de coleta e varrição	S/N
A6	Possibilidade de contaminação de nascentes e lençol freático	S/N
A7	Possibilidade de contaminação de redes de drenagem por águas residuárias de esgotos	S/N
A8	Possibilidade de ocorrência de desastres naturais como deslizamento de terra e de pedras	S/N
A9	Possibilidade de contribuição de intrusão salina no sistema de drenagem por efeitos de marés	S/N
A10	Quantidade de resíduos sólidos (lixo) no sistema	S/N
S2	Densidade populacional (resid./comerc./industrial)	hab/m ²

APÊNDICE C – Tabela de indicadores propostos.

S3	Áreas desapropriadas pelo sistema	S/N
S5	Participação popular	S/N
S7	Existência de imóveis nas áreas de inundações	S/N
I1	Recursos humanos	Nº pessoas atividade/ nº total
I2	Existência de Plano de Saneamento	S/N
I3	Existência de Plano de Drenagem Urbana	S/N
I4	Existência de fiscalização do sistema	S/N
I5	Existência ou não de órgão de regulação	S/N

APÊNDICE D – Relação de especialistas consultados

NOME	OCUPAÇÃO	LOCAL	EXPERIÊNCIA
PRISCILLA MACEDO MOURA	PROF. UNIV.	SUDESTE	> 5 ANOS
MARCOS H. F. MONTENEGRO	REGULADOR	C. OESTE	> 20 ANOS
MATEUS AMARAL	ENG/GESTOR	C. OESTE	> 5 ANOS
MATHEUS HERRERO RONDERO	ENGENHEIRO	SUDESTE	> 5 ANOS
SÉRGIO EDUARDO	MESTRANDO	C. OESTE	< 5 ANOS
ALEXANDRE A. GODEIRO CARLOS	GESTOR PUBL.	C. OESTE	> 5 ANOS
WALDEMAR SIQUEIRA FILHO	ENGENHEIRO	SUDESTE	> 20 ANOS
JUAN PABLO C. SALAZAR	ENGENHEIRO	EXTERIOR	< 5 ANOS
CELSO SANTOS CARVALHO	GESTOR PUBL.	SUDESTE	> 20 ANOS
MARLIAN LEÃO	GESTOR PUBL.	C. OESTE	> 5 ANOS
JAVIER PEREZ	ENGENHEIRO	EXTERIOR	> 10 ANOS

APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO APLICADO NOS MUNICÍPIOS DA RIDE



FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

PÓS GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS

ALUNO DE MESTRADO: CARLOS AUGUSTO FURTADO DE OLIVEIRA NOVAES

QUESTIONÁRIO AOS MUNICÍPIOS SOBRE INFORMAÇÕES RELEVANTES PARA DESEMPENHO DE DRENAGEM URBANA

- 1) Existência, ou não, de ocorrências de fenômenos que podem impactar a drenagem urbana no município (responder sim ou não conforme a tabela abaixo e se possível quantificar a frequência, caso esta seja conhecida).

FENÔMENO	SIM/NÃO	FREQUÊNCIA OU BAIRRO
Inundações e alagamentos		
Contaminação de rios e corpos receptores por águas pluviais		
Erosões		
Assoreamentos de tubos e canais		
Escorregamentos de encostas		

- 2) Qual a quantidade de pessoas do quadro municipal envolvida com drenagem em relação ao quadro total?

_____ pessoas na drenagem; _____ total de pessoas

- 3) Quais dos seguintes Planos existem no Município?

TIPO	SIM	NÃO
PLANO DE SANEAMENTO		
PLANO DE DRENAGEM		
FISCALIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE DRENAGEM		
REGULAÇÃO		

- 4) Existe participação social da população nas questões de drenagem? Como?

SIM	NÃO

Tipo de participação _____ (consultas públicas, audiências, seminários, palestras, associações de bairro, outras)

- 5) Existem áreas desapropriadas ou previstas para desapropriação por motivo de enchentes, erosões e escorregamentos de encostas?

SIM	NÃO

Local ou bairro _____

- 6) A topografia é acidentada?

SIM	NÃO

Locais ou bairros _____

- 7) Existem imóveis em áreas sujeitas à inundações?

SIM	NÃO

Locais ou bairros _____

- 8) Qual o comprimento estimado das redes de drenagem do município?

_____ km ou _____ % ruas

- 9) Qual a estimativa de área urbana impermeabilizada?

≤ 25%	
>25% e < 50%	
≥ 50%	

- 10) Qual a estimativa de áreas sujeitas a erosão e escorregamentos?

≤ 25%	
> 25% e < 50%	
≥ 50%	

- 11) Existe lençol freático alto (ou seja, com menos de 1,0m de profundidade)?

SIM	NÃO

Locais ou bairros _____

- 12) Há necessidade ou previsão de utilização ou construção de reservatórios de amortecimento de vazões (“piscinões”)?

SIM	NÃO

Locais ou bairros _____ Volumes _____

- 13) Há previsão ou necessidade de construção de novas redes de drenagem?

SIM	NÃO

Locais ou bairros _____

- 14) O custo de manutenção de redes de drenagem existentes é alto?

SIM	NÃO

Valor _____/mês/ano

- 15) Há estimativa de custo de não implantação de dispositivos ou sistemas de drenagem?

SIM	NÃO

Valor _____/ano

16) Qual a área com varrição e sem varrição no município?

_____ km² ou locais e bairros com _____
e sem _____

17) Existem riscos de contaminação de nascentes ou de lençol freático por águas pluviais?

SIM	NÃO

Local ou bairro _____

18) Existe risco de contaminação de redes de escoamento de águas pluviais por esgotos?

SIM	NÃO

Locais ou bairros _____

19) Existe risco de desastres naturais?

SIM	NÃO

Local ou bairro _____

20) Existe risco de intrusão salina ou de efeitos de marés sobre os sistemas de drenagem?

SIM	NÃO

21) Existe quantificação de lixo no sistema de drenagem?

SIM	NÃO

_____ Kg/ha ano

22) Existe criação ou previsão de áreas verdes em decorrência da existência de sistemas de drenagem em relação a situações anteriores à implantação de dispositivos ou redes de drenagem?

SIM	NÃO

Locais ou bairros _____

23) Ocorrem interrupções de tráfego em função de enchentes ou alagamentos devidos às águas pluviais?

SIM	NÃO

Locais ou bairros _____

Frequência _____/ano/mês

24) Existem assoreamentos?

SIM	NÃO

Locais ou bairros _____

Frequência _____/ano/mês

25) Existem alagamentos e inundações?

SIM	NÃO

26) Existe estimativa de áreas inundadas? Manchas de inundação?

SIM	NÃO

_____ km²

Local _____ Data _____

Entrevistado _____

Ocupação _____

APÊNDICE F – TABELAS COM VALORES DOS INDICADORES CALCULADOS PARA CADA MUNICÍPIO COM DADOS OBTIDOS DOS QUESTIONÁRIOS.

NOVO GAMA

C1 FÍSICO	C2 HIDRA	C3 INSTIT	C4 AMB	C5 SOC	C7 ECON
F1 = 0	H1 = 0	I1 = 0	A3 = 0,10	S2 = 0,25	E1 = 0,20
F2 = 0	H3 = 0	I2 = 0	A5 = 0	S3 = 0	E2 = 0,00
F3 = 0	H4 = 0	I3 = 0	A6 = 0,15	S5 = 0,0	E3 = 0,00
F5 = 0,20	H6 = 0,20	I4 = 0	A7 = 0,15	S7 = 0,25	E6 = 0,20
F6 = 0	H7 = 0,20	I5 = 0	A8 = 0		E9 = 0,00
			A9 = 0,15		
			A10 = 0,15		
TOT= 0,20	TOT= 0,40	TOT= 0	TOT = 0,70	TOT = 0,50	TOT = 0,40

CIDADE OCIDENTAL

C1 FÍSICO	C2 HIDRA	C3 INSTIT	C4 AMB	C5 SOC	C7 ECON
F1 = 0	H1 = 0,20	I1 = 0,10	A3 = 0	S2 = 0,25	E1 = 0,20
F2 = 0,20	H3 = 0,20	I2 = 0,20	A5 = 0,15	S3 = 0,25	E2 = 0
F3 = 0,20	H4 = 0,20	I3 = 0	A6 = 0	S5 = 0,0	E3 = 0,20
F5 = 0,20	H6 = 0,20	I4 = 0	A7 = 0,15	S7 = 0,25	E6 = 0,20
F6 = 0,20	H7 = 0,20	I5 = 0	A8 = 0,15		E9 = 0,20
			A9 = 0,15		
			A10 = 0,15		
TOT= 0,80	TOT= 1,0	TOT= 0,30	TOT = 0,75	TOT = 0,75	TOT = 0,80

PIRENÓPOLIS

C1 FÍSICO	C2 HIDRA	C3 INSTIT	C4 AMB	C5 SOC	C7 ECON
F1 = 0,15	H1 = 0,20	I1 = 0,20	A3 = 0	S2 = 0,12	E1 = 0
F2 = 0,10	H3 = 0	I2 = 0,20	A5 = 0,15	S3 = 0	E2 = 0
F3 = 0,20	H4 = 0	I3 = 0	A6 = 0,15	S5 = 0,0	E3 = 0
F5 = 0	H6 = 0,20	I4 = 0,20	A7 = 0,15	S7 = 0,12	E6 = 0
F6 = 0	H7 = 0,20	I5 = 0,20	A8 = 0		E9 = 0
			A9 = 0,15		
			A10 = 0,15		
TOT= 0,45	TOT= 0,60	TOT= 0,80	TOT = 0,75	TOT = 0,24	TOT = 0

CRISTALINA

C1 FÍSICO	C2 HIDRA	C3 INSTIT	C4 AMB	C5 SOC	C7 ECON
F1 = 0,20	H1 = 0,20	I1 = 0,20	A3 = 0,00	S2 = 0,25	E1 = 0,20
F2 = 0,20	H3 = 0,20	I2 = 0,20	A5 = 0,15	S3 = 0,00	E2 = 0,00
F3 = 0,20	H4 = 0,00	I3 = 0,00	A6 = 0,00	S5 = 0,00	E3 = 0,20
F5 = 0,20	H6 = 0,20	I4 = 0,20	A7 = 0,00	S7 = 0,20	E6 = 0,20
F6 = 0,20	H7 = 0,20	I5 = 0,20	A8 = 0,15		E9 = 0,00
			A9 = 0,15		
			A10 = 0,00		
TOT=1,0	TOT=0,80	TOT=0,80	TOT =0,45	TOT =0,45	TOT = 0,60

VALPARAISO

C1 FÍSICO	C2 HIDRA	C3 INSTIT	C4 AMB	C5 SOC	C7 ECON
F1 = 0,20	H1 = 0,20	I1 = 0,20	A3 = 0,00	S2 = 0,25	E1 = 0,20
F2 = 0,00	H3 = 0,20	I2 = 0,00	A5 = 0,15	S3 = 0,25	E2 = 0,00
F3 = 0,20	H4 = 0,20	I3 = 0,00	A6 = 0,00	S5 = 0,00	E3 = 0,20
F5 = 0,20	H6 = 0,20	I4 = 0,00	A7 = 0,15	S7 = 0,25	E6 = 0,20
F6 = 0,20	H7 = 0,20	I5 = 0,00	A8 = 0,15		E9 = 0,20
			A9 = 0,15		
			A10 = 0,15		
TOT=0,80	TOT=1,0	TOT=0,20	TOT =0,75	TOT =0,75	TOT =0,80

APÊNDICE G – TABELAS DE RESPOSTAS E RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS AOS MUNICÍPIOS

CIDADE OCIDENTAL – Eng^a Nikaelle Moraes

PERGUNTA	SIM	NÃO	FREQUÊNCIA	BAIRRO/OBS.
1			CHUVAS,ANUAL	N,S,S,S,N
2				4 em 20 (25%)
3	S	N,N,N		
4	X			PLANO DIRETOR
5		X		
6		X		MEDIANAMENTE
7	X			JD das Oliveiras
8				Centro, Oc.Park, Swiss Park, Damha, Alphaville
9				≤ 25%
10				≤ 25%
11		X		
12		X		∃ um no Swiss Park - 1300 lotes e ∃ valas de infiltração
13	X			Loteamentos novos, Araguari, Friburgo e Mossoró
14		X		
15		X		Exig. Código de Obras
16	X			100% área pavimentada
17	X		Pouco	Jacob, Saia Velha, Centro
18		X		
19		X		
20		X		
21		X		
22		X		Só no Alphaville
23		X		
24		X		
25		X		
26		X		

NOVO GAMA – Arquiteta Cheilia

PERGUNTA	SIM	NÃO	FREQUÊNCIA	BAIRRO/OBS.
1				N,N,S,S,N
2				
3		X,X,X,X		
4		X		
5	X			Lago Azul, Pq Estrela D'alva VI
6	X			Pq Estr. D'alva VI e Lago Azul
7		X		
8				
9				
10				≥ 50%
11		X		
12		X		
13	X			Pq Estr. D'alva VI
14				
15		X		
16				
17		X		
18				
19	X			Pq Estr D'alva VI
20		X		
21		X		
22	X			
23				
24	X			Chácaras Araguaia
25	X			
26	X			

PIRENÓPOLIS – Engenheiro Ragi

PERGUNTA	SIM	NÃO	FREQUÊNCIA	BAIRRO/OBS.
1	S,S,S,S,S		ANUAL/CHUVAS	Centro, Rio das Almas 100 a 165mm - 10 anos
2				02 em 20 (10%)
3	S,N,S,S			
4		X		Apenas nos sinistros
5	X			Centro
6	X			
7				
8				25 Km ou 25% das ruas
9				> 25% e < 50%
10				≤ 25%
11	X			Centro e Lapa
12	X		60mm, médio	Bonfim, Lapa, Centro e Entrada da cidade
13	X			Bonfim, Lapa, Centro e Entrada da cidade
14	X			R\$120.000/mês
15	X			R\$3.500.000,00
16				
17				
18				
19				
20		X		
21				CENTRO
22				
23				
24	X		Cada 2 anos	Lapa, Centro, Bonfim
25	X			
26		X		

CRISTALINA – Engenheiro Matheus de Moraes Sala

PERGUNTA	SIM	NÃO	FREQUÊNCIA	BAIRRO/OBS.
1	N,S,S,S,N			Manancial Arrojado, Henriques Cortes e Barragens agrícolas
2				6/80 = 7,5%
3	S,N,S,S			
4		X		
5	X			Buracão
6		X		
7		X		
8				20% das ruas
9				≤ 25%
10				≤ 25%
11		X		
12		X		
13	X			Setor Sul Novo e Lustosa
14		X		
15		X		
16				
17		X		
18		X		
19		X		
20		X		
21		X		
22		X		
23		X		
24	X			Vila Andrade
25		X		
26		X		

VALPARAISO – Engenheiro Vinicius Marigo

PERGUNTA	SIM	NÃO	FREQUÊNCIA	BAIRRO/OBS.
1	N,S,N,N,N,			
2				5/13 = 38,5%
3	N,N,N,N			
4		X		
5		X		
6		X		
7	X			Vila Guaira
8				80% das ruas superficial
9				≥ 50%
10				≤ 25%
11		X		
12		X		
13	X			Todos
14		X		
15		X		
16				80% com varrição
17	X			
18		X		
19		X		
20		X		
21		X		
22		X		
23		X		
24		X		
25		X		
26		X		

ANEXOS

ANEXO A – INDICADORES DO SISTEMA DE DRENAGEM DO MANUAL DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DE SÃO PAULO DE 2012.

Este texto tem como objetivo apresentar os indicadores de desempenho para que o Município de São Paulo possua uma ferramenta eficiente para avaliar o funcionamento do sistema de drenagem, acompanhar a elaboração e a eficácia dos programas e projetos de drenagem, assim como definir prioridades de investimentos no setor.

7.3.1 Indicadores para o sistema de drenagem do Município de São Paulo

O acompanhamento das ações do Plano Municipal de Gestão do Sistema de Águas Pluviais (PMAPSP) e dos programas de drenagem deve ser realizado tendo em vista o planejamento e o aprimoramento das medidas adotadas. Neste enfoque, a utilização dos indicadores de desempenho da drenagem pode ser uma boa ferramenta de análise para verificação da eficiência e eficácia do sistema de drenagem e manejo das águas pluviais. Este capítulo apresenta uma síntese dos indicadores de desempenho da drenagem urbana que se mostram mais vantajosos para o Município de São Paulo.

É importante sempre lembrar que o número de indicadores precisa ser revisado continuamente com a inclusão de novos, retirada de outros ou mesmo reformulações para atender às expectativas do gerenciamento da drenagem urbana, portanto trabalhos contínuos devem ser realizados para consolidar os indicadores à medida que novos dados são gerados, sejam pela utilização dos próprios indicadores ou por meio de monitoramentos realizados, os quais darão um panorama dos problemas e características do sistema de drenagem.

Por meio de cursos de capacitação e de avaliação continuada aos prestadores de serviços de drenagem urbana, os resultados estarão mais focados ao que realmente interessa, beneficiando os usuários, ou seja, a população, o que será evidenciado pela melhoria da qualidade de vida dos cidadãos e da sociedade.

Na **Tabela 7.4** são apresentados os indicadores considerados adequados para avaliação e acompanhamento de desempenho do sistema de drenagem urbana do Município de São Paulo.

Tabela 7.4 - Indicadores de desempenho do sistema de drenagem urbana e manejo das águas pluviais para o Município de São Paulo

Campo de análise	Indicador	Unidade de medida
Estratégico	Autossuficiência financeira com a coleta de águas pluviais	%
	Índice de produtividade da força de trabalho com atuação no sistema de drenagem e manejo de águas pluviais	empregados/hab
Operacional	Índice de atendimento urbano de águas pluviais	%
Grau de permeabilidade do solo	Taxa de crescimento da população	%
	Nível de urbanização	%
	Nível de áreas verdes urbanas	m ² /habitante
	Proporção de área construída ou impermeabilizada	%
Gestão da drenagem urbana	Taxa de incremento de vazões máximas	%
	Percepção do usuário sobre a qualidade dos serviços de drenagem	ocorrências/ano
	Existência de instrumentos para o planejamento governamental (planos e programas de drenagem)	S/N
	Participação da população em consultas e audiências públicas, encontros técnicos e oficinas de trabalho sobre o plano de drenagem	Participantes /segmento
	Cadastro de rede existente	S/N ou %

continua

Campo de análise	Indicador	Unidade de medida
Abrangência do sistema de drenagem	Cobertura do sistema de drenagem superficial	%
	Cobertura do sistema de drenagem subterrânea	%
	Investimento per capita em drenagem urbana	R\$/habitante
	Implantação dos programas de drenagem	Valor investido (R\$) ou %
Avaliação do serviço de drenagem pluvial	Limpeza e desobstrução de galerias	m ³ /ano ou km de galerias limpas e inspecionadas
	Limpeza e desobstrução de canais	m ³ /ano ou km de canais limpos / km total de canais
	Limpeza e desobstrução de bocas de lobo	m ³ /ano ou nº de bocas de lobo limpas / no total de bocas de lobo
	Limpeza de reservatórios	m ³ /ano ou nº de reservatórios limpos / no total de reservatórios
Gestão de eventos hidrológicos extremos	Incidência de alagamentos no Município	eventos/ano
	Estações de monitoramento quantitativo e qualitativo	nº estações/km
Interferências à eficácia do sistema de drenagem	Cobertura de serviços de coleta de resíduos sólidos	%
	Proporção de vias atendidas por varrição ao menos 2 vezes por semana	%
	Existência de canais e galerias com interferências de outros sistemas da infraestrutura urbana	obstruções/km
Aplicação de novas tecnologias	Implantação de medidas estruturais sustentáveis	R\$
	Cursos de especialização, treinamento e capacitação de técnicos	nº de cursos/ano
Salubridade ambiental	Proporção da população exposta a roedores e animais nocivos	%
	Proporção de ruas sujeitas a inundações provocadas por drenagem inadequada	%
	Incidência de pessoas em contato com esgoto e resíduo sólido	%
	Incidência de leptospirose e outras moléstias de veiculação hídrica	%

Os indicadores selecionados serão úteis para auxiliar o processo de gestão da drenagem urbana do Município, através de sua aplicabilidade na avaliação e acompanhamento dos planos, programas, projetos e outras medidas de controle da drenagem.

Ressalta-se que a utilização de indicadores está vinculada à obtenção de dados e ao monitoramento dos parâmetros a eles intrínsecos, assim sendo, a representatividade do indicador estará relacionada à confiabilidade dos dados utilizados.

A escolha dos indicadores irá se aperfeiçoar com o tempo e a experiência adquirida, a princípio recomenda-se adotar uma quantidade limitada de indicadores, os quais poderiam ser denominados como indicadores “chaves” e ir aumentando a sua quantidade gradativamente, o que demandará mais informações, mas que trarão resultados mais abrangentes e confiáveis do desempenho institucional.

A participação dos representantes envolvidos com a drenagem urbana do Município é primordial para a formação de um grupo, o qual escolherá os indicadores passíveis de monitoramento e que serão pertinentes para a avaliação do sistema.

Apresenta-se a seguir o equacionamento e parâmetros incluídos nas equações para obtenção dos indicadores de desempenho do sistema de drenagem e manejo das águas pluviais do Município.

Os indicadores propostos para o acompanhamento da gestão da drenagem urbana e manejo das águas pluviais do Município foram divididos em oito campos de análise, sendo eles: grau de impermeabilização do solo, gestão da drenagem urbana, abrangência do sistema de drenagem, avaliação do serviço de drenagem pluvial, gestão de eventos hidrológicos extremos, interferências à eficácia do sistema de drenagem, aplicação de novas tecnologias e salubridade ambiental.

Para fins práticos, os indicadores para o sistema de drenagem e manejo das águas pluviais foram identificados através da sigla de IMAP – Indicadores de Manejo de Águas Pluviais.

Indicadores Estratégicos

Estes indicadores fornecem informações sobre os efeitos da ação dos tomadores de decisão e as suas causas a nível organizacional.

- IMAP₁: Autossuficiência financeira com a coleta de águas pluviais

$$IMAP_1 = \frac{\text{receita arrecadada com a coleta de esgotos pluviais}}{\text{despesa total com a coleta de esgotos pluviais}} \quad (\text{R\$/ano})$$

- IMAP₂: Índice de produtividade da força de trabalho para a coleta de esgotos pluviais

$$IMAP_2 = \frac{\text{quantidade de empregados}}{\text{população total do município operado com a coleta de esgotos pluviais}} \quad (\text{empregados/hab.})$$

Indicadores Operacionais

Este indicador fornece informações sobre a cobertura dos serviços prestados.

- IMAP₃: Índice de atendimento urbano de águas pluviais

$$IMAP_3 = \frac{\text{população atendida declarada com a coleta de esgotos pluviais}}{\text{população total do município operado com a coleta de esgotos pluviais}} \quad (\%)$$

Grau de Impermeabilização do Solo

Estes indicadores fornecem informações sobre as modificações do ambiente urbano devido ao processo de urbanização. Este campo de análise será representado pelos indicadores a seguir.

- IMAP₄: Taxa de crescimento da população urbana – utiliza dados censitários (%).

- IMAP₅: Nível de urbanização – obtido através da equação:

$$IMAP_5 = \frac{\text{população urbana}}{\text{população total}} \quad (\%)$$

- $IMAP_6$: Nível de áreas verdes urbanas – obtido através da equação:

$$IMAP_6 = \frac{\text{áreas verdes}}{\text{população urbana}} \quad (\text{m}^2/\text{habitante})$$

- $IMAP_7$: Proporção de área impermeabilizada – obtido através da equação:

$$IMAP_7 = \frac{\text{áreas impermeabilizada}}{\text{área total}} \quad (\%)$$

- $IMAP_8$: Taxa de incremento de vazões máximas:

$$IMAP_8 = \frac{\text{vazão máxima antes}}{\text{vazão máxima depois}} \quad (\%)$$

Gestão da Drenagem Urbana

A eficiência da gestão do sistema de drenagem poderá ser avaliada em função dos seguintes indicadores:

- $IMAP_9$: Percepção do usuário sobre a qualidade dos serviços de drenagem – este indicador será obtido através da equação:

$$IMAP_9 = \frac{\text{número de reclamações}}{\text{período de tempo de analisado}} \quad (\text{ocorrências/ano})$$

- $IMAP_{10}$: Existência de programas de drenagem – este indicador representa um importante dado para a gestão do manejo das águas pluviais podendo ser simplesmente avaliado pela sua existência ou não.
- $IMAP_{11}$: Participação da população em consultas e audiências públicas, encontros técnicos e oficinas de trabalho sobre o plano de drenagem.

$$IMAP_{11} = \frac{\text{número de participantes}}{\text{número de segmentos}} \quad (\text{participantes/segmento})$$

- $IMAP_{12}$: Cadastro de rede existente – este indicador pode ser avaliado através da equação:

$$IMAP_{12} = \frac{\text{extensão de rede cadastrada}}{\text{extensão de rede estimada}} \quad (\%)$$

Abrangência do Sistema de Drenagem

O campo de análise da abrangência do sistema de drenagem visa avaliar os avanços obtidos através da implantação e cobertura do sistema. Para isto são sugeridos os seguintes indicadores:

- IMA_{P13}: Cobertura do sistema de drenagem superficial

$$IMA_{P13} = \frac{\text{área (ou extensão) beneficiada com sistema de drenagem superficial}}{\text{área total do município}} \quad (\%)$$

- IMA_{P14}: Cobertura do sistema de drenagem subterrânea

$$IMA_{P14} = \frac{\text{área (ou extensão) beneficiada com sistema de drenagem subterrânea}}{\text{área total do município}} \quad (\%)$$

- IMA_{P15}: Investimento per capita em drenagem urbana

$$IMA_{P15} = \frac{\text{valor investido em drenagem}}{\text{população total}} \quad (\text{R\$}/\text{habitante}/\text{ano})$$

- IMA_{P16}: Implantação dos programas de drenagem

$$IMA_{P16.1} = \% \text{ executada de medidas} \quad (\%)$$

e

$$IMA_{P16.2} = \frac{\text{número de medidas executadas}}{\text{número de medidas previstas}} \quad (\%)$$

Avaliação do Serviço de Drenagem Pluvial

Este campo de análise avalia os serviços de inspeção, limpeza e manutenção dos seguintes elementos do sistema de drenagem: bocas de lobo, reservatórios, sistema de microdrenagem e sistema de macrodrenagem. Assim sendo, os indicadores a seguir são sugeridos:

Bocas de lobo:

- IMA_{P17}: Inspeção de bocas de lobo:

$$IMA_{P17.1} = \frac{\text{número de bocas de lobo inspecionadas}}{\text{número de bocas de lobo existentes}} \quad (\%)$$

e

$$IMA_{P17.2} = \frac{\text{número de inspeções em cada boca de lobo}}{\text{período de tempo analisado}} \quad (\text{inspeções}/\text{ano})$$

- IMA_{P18}: Limpeza de bocas de lobo:

$$IMAP_{18.1} = \frac{\text{número de bocas de lobo limpas}}{\text{número de bocas de lobo existentes}} (\%)$$

e

$$IMAP_{18.2} = \frac{\text{número de limpezas em cada boca de lobo}}{\text{período de tempo analisado}} \quad (\text{limpezas/ano})$$

- IMA_{P19}: Manutenção de bocas de lobo:

$$IMAP_{19.1} = \frac{\text{número de bocas de lobo com manutenção}}{\text{número de bocas de lobo existentes}} (\%)$$

e

$$IMAP_{19.2} = \frac{\text{número de manutenção em cada boca de lobo}}{\text{período de tempo analisado}} \quad (\text{manutenções/ano})$$

Reservatórios:

- IMA_{P20}: Inspeção de reservatórios:

$$IMAP_{20.1} = \frac{\text{número de reservatórios inspecionados}}{\text{número de reservatórios existentes}} (\%)$$

e

$$IMAP_{20.2} = \frac{\text{número de inspeções em cada reservatório}}{\text{período de tempo analisado}} \quad (\text{inspeções/ano})$$

- IMA_{P21}: Limpeza de reservatórios:

$$IMAP_{21.1} = \frac{\text{número de reservatórios limpos}}{\text{número de reservatórios existentes}} (\%)$$

e

$$IMAP_{21.2} = \frac{\text{número de limpezas em cada reservatório}}{\text{período de tempo analisado}} \quad (\text{limpezas/ano})$$

- IMA_{P22}: Manutenção de reservatórios:

$$IMAP_{22.1} = \frac{\text{número de reservatórios com manutenção}}{\text{número de reservatórios existentes}} (\%)$$

e

$$IMAP_{22.2} = \frac{\text{número de manutenções em cada reservatório}}{\text{período de tempo analisado}} \quad (\text{manutenções/ano})$$

Sistema de Microdrenagem:

- IMA_{P23}: Inspeção do sistema de microdrenagem:

$$IMAP_{23.1} = \frac{\text{quilômetros de galerias inspecionadas}}{\text{quilômetros de galerias existentes}} \quad (\%)$$

e

$$IMAP_{23.2} = \frac{\text{quilômetros de galerias inspecionadas}}{\text{período de tempo analisado}} \quad (\text{km/ano})$$

- IMA_{P24}: Limpeza da microdrenagem:

$$IMAP_{24.1} = \frac{\text{quilômetros de galerias limpas}}{\text{quilômetros de galerias existentes}} \quad (\%)$$

e

$$IMAP_{24.2} = \frac{\text{quilômetros de galerias limpas}}{\text{período de tempo analisado}} \quad (\text{km/ano})$$

- IMA_{P25}: Manutenção da microdrenagem:

$$IMAP_{25.1} = \frac{\text{quilômetros de galerias com manutenção}}{\text{quilômetros de galerias existentes}} \quad (\%)$$

e

$$IMAP_{25.2} = \frac{\text{quilômetros de galerias com manutenção}}{\text{período de tempo analisado}} \quad (\text{km/ano})$$

Sistema de Macrodrenagem:

- IMA_{P26}: Inspeção do sistema de macrodrenagem:

$$IMAP_{26.1} = \frac{\text{quilômetros de canais inspecionados}}{\text{quilômetros de canais existentes}} \quad (\%)$$

e

$$IMAP_{26.2} = \frac{\text{quilômetros de canais inspecionados}}{\text{período de tempo analisado}} \quad (\text{km/ano})$$

- IMA_{P27}: Limpeza da macrodrenagem:

$$IMAP_{27.1} = \frac{\text{quilômetros de canais limpos}}{\text{quilômetros de canais existentes}} \quad (\%)$$

e

$$IMAP_{27.2} = \frac{\text{quilômetros de canais limpos}}{\text{período de tempo analisado}} \quad (\text{km/ano})$$

- $IMAP_{28}$: Manutenção da macrodrenagem:

$$IMAP_{28,1} = \frac{\text{quilômetros de canais com manutenção}}{\text{quilômetros de canais existentes}} \quad (\%)$$

e

$$IMAP_{28,2} = \frac{\text{quilômetros de canais com manutenção}}{\text{período de tempo analisado}} \quad (\text{km/ano})$$

Gestão de Eventos Hidrológicos Extremos

Este campo de análise avalia a ocorrência dos pontos de inundação e a existência de estações de monitoramento do sistema de drenagem. Os seguintes indicadores são sugeridos:

- $IMAP_{29}$: Incidência de alagamentos no Município – este indicador será obtido através da equação:

$$IMAP_{29,1} = \frac{\text{número de pontos inundados}}{\text{período de tempo}} \quad (\text{pontos inundados/ano})$$

$$IMAP_{29,2} = \frac{\text{frequência de ocorrências de cada pto inundado}}{\text{período de tempo}} \quad (\text{ocorrências/ano})$$

$$IMAP_{29,3} = \frac{\text{número de domicílios atingidos por inundação no ano}}{\text{período de tempo}} \quad (\text{domicílios/ano})$$

$$IMAP_{29,4} = \frac{\text{extensão de ruas inundadas no ano}}{\text{período de tempo}} \quad (\text{extensão/ano})$$

$$IMAP_{29,5} = \frac{\text{número de dias com inundação no anos}}{\text{período de tempo}} \quad (\text{dias/ano})$$

- $IMAP_{30}$: Estações de monitoramento – este indicador deve ser subdividido em função dos seguintes tipos de monitoramento:

- $IMAP_{30,1}$: Estações Pluviométricas:

$$IMAP_{30,1} = \frac{\text{unidades existentes}}{\text{área da bacia de contribuição}} \quad (\text{unidades/km}^2)$$

- $IMAP_{30,2}$: Estações Fluviométricas:

$$IMAP_{30,2} = \frac{\text{unidades existentes}}{\text{quilometragem de canal da macrodrenagem}} \quad (\text{unidades/km})$$

- $IMAP_{30.3}$: Reservatórios de amortecimento com monitoramento:

$$IMAP_{30.3} = \frac{\text{unidades existentes}}{\text{quantidade de reservatórios existentes}} \quad (\%)$$

- $IMAP_{30.4}$: Monitoramento de qualidade da água pontual:

$$IMAP_{30.4.1} = \frac{\text{unidades existentes}}{\text{quilômetros de canal da macrodrenagem}} \quad (\text{unidades/km})$$

$$IMAP_{30.4.2} = \frac{\text{unidades existentes}}{\text{quantidade de reservatórios existentes}} \quad (\%)$$

- $IMAP_{30.5}$: Monitoramento de qualidade da água difusa com amostradores automáticos:

$$IMAP_{30.5.1} = \frac{\text{unidades existentes}}{\text{quilômetros de canal da macrodrenagem}} \quad (\text{unidades/km})$$

$$IMAP_{30.5.2} = \frac{\text{unidades existentes}}{\text{quantidade de reservatórios existentes}} \quad (\%)$$

Interferências à Eficácia do Sistema de Drenagem

Este campo de análise avalia as interferências sobre o sistema de drenagem em virtude de outros setores do sistema de saneamento.

- $IMAP_{31}$: Cobertura de serviços de coleta de resíduos sólidos – este indicador será obtido através da equação:

$$IMAP_{31} = \frac{\text{número ruas com coleta de resíduo sólido}}{\text{número de ruas totais}} \quad (\%)$$

- $IMAP_{32}$: Vias atendidas por varrição ao menos duas vezes por semana – este indicador será obtido através da equação:

$$IMAP_{32} = \frac{\text{número ruas atendidas}}{\text{número de ruas totais}} \quad (\%)$$

- $IMAP_{33}$: Existência de canais e galerias com interferências com outras infraestruturas – este indicador será obtido através da equação:

$$IMAP_{33} = \frac{\text{extensão da rede com canais e galerias com interferências}}{\text{extensão total da rede}} \quad (\text{obstruções/km})$$

Aplicação de Novas Tecnologias

Este campo de análise avalia a implantação de tecnologias avançadas para o sistema de drenagem. Os indicadores sugeridos são:

- IMAP₃₄: Cursos de especialização, treinamento e capacitação de técnicos – este indicador será obtido através da equação:

$$IMAP_{34} = \frac{\text{número de cursos realizados}}{\text{período de tempo analisado}} \quad (\text{cursos/ano})$$

- IMAP₃₅: Implantação de medidas de controle, as chamadas BMPs – este indicador será obtido através da equação:

$$IMAP_{35} = \frac{\text{valor investido}}{\text{período de tempo analisado}} \quad (\text{R\$/ano})$$

Salubridade Ambiental

Este campo de análise avalia os impactos sobre a qualidade da água dos corpos receptores e da população devido às interferências do sistema de drenagem. Os indicadores sugeridos são:

- IMAP₃₆: Incidência de leptospirose – este indicador será obtido através da equação:

$$IMAP_{36} = \frac{\text{número de habitantes com leptospirose}}{\text{número total de habitantes}} \quad (\%)$$

- IMAP₃₇: Incidência de outras doenças de veiculação hídrica – este indicador será obtido através da equação:

$$IMAP_{37} = \frac{\text{número de habitantes com doenças de veiculação hídrica}}{\text{número total de habitantes}} \quad (\%)$$

- IMAP₃₈: Incidência da carga difusa sobre a qualidade da água do corpo receptor – este indicador será obtido através da equação:

$$IMAP_{38} = \frac{\text{carga poluente veiculada pelo sistema de drenagem}}{\text{carga poluente em tempo seco}} \quad (\%)$$

Os indicadores são índices que traduzem de modo sintético a evolução do desempenho do sistema de drenagem e manejo de águas pluviais e, deste modo, são capazes de auxiliar o processo de gestão através de sua aplicabilidade na avaliação e acompanhamento dos planos, programas, projetos e outras medidas de controle da drenagem.

Mais uma vez cabe destacar que a utilização de indicadores está vinculada à obtenção de dados e ao monitoramento dos parâmetros intrínsecos aos mesmos, assim sendo, a representatividade do indicador estará relacionada à confiabilidade dos dados utilizados.