

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

**FERRAMENTA DE APOIO AO MANEJO DE ÁGUAS
PLUVIAIS URBANAS COM BASE EM INDICADORES DE
SUSTENTABILIDADE - SAMSAP**

Sidnei Pereira da Silva

São Carlos

20016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

**FERRAMENTA DE APOIO AO MANEJO DE ÁGUAS
PLUVIAIS URBANAS COM BASE EM INDICADORES DE
SUSTENTABILIDADE - SAMSAP**

Sidnei Pereira da Silva

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira

São Carlos

20016

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca Comunitária UFSCar
Processamento Técnico
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586f Silva, Sidnei Pereira da
Ferramenta de apoio ao manejo de águas
pluviais urbanas com base em indicadores de
sustentabilidade - SAMSAP / Sidnei Pereira da Silva.
-- São Carlos : UFSCar, 2016.
175 p.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São
Carlos, 2016.

1. Manejo de águas pluviais . 2. Drenagem Urbana
Sustentável . 3. Planejamento Urbano . 4.
Sustentabilidade Urbana . 5. Indicadores de
Sustentabilidade. I. Título.

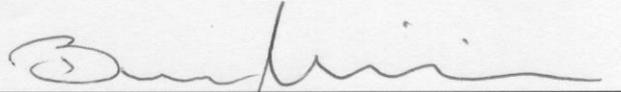


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

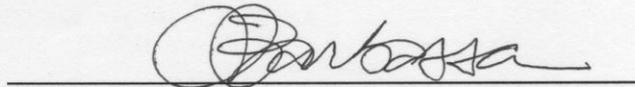
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Folha de Aprovação

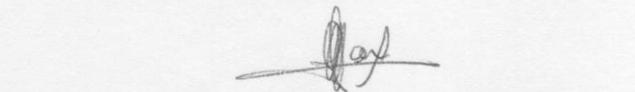
Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado do candidato Sidnei Pereira da Silva, realizada em 27/10/2016:



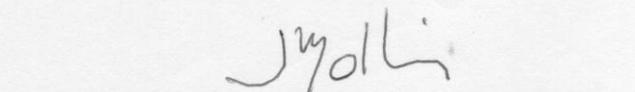
Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira
UFSCar



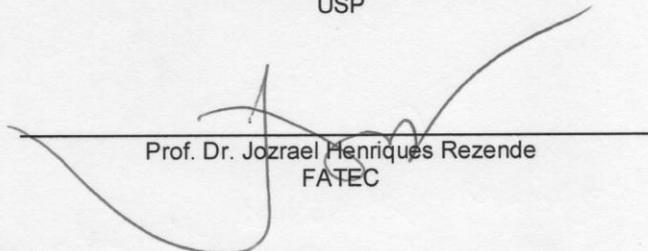
Prof. Dr. Ademir Paceli Barbassa
UFSCar



Prof. Dr. Frederico Yuri Hanai
UFSCar



Prof. Dr. Tadeu Fabrício Malheiros
USP



Prof. Dr. Jozrael Henriques Rezende
FATEC

Dedico esta tese à minha família,
minha esposa Thais e meus filhos
Laura e Pedro.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer inicialmente a minha família, minha esposa Thais e meus filhos Laura e Pedro, Sr. José Pereira da Silva, meu pai e Tereza Maria do Nascimento Silva, minha mãe, sem esses eu não teria chegado até aqui. Minhas irmãs Simone e Deborah. Aos meus sogros Antônio e Terezinha, meu cunhado Fernando e sua esposa Camila.

Agradeço também ao meu orientador, Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira, pela paciência e perseverança.

Ao Professor Xavier Gabarrell por me receber no ICTA, na Universidade de Barcelona, num breve período de estágio, mas muito proveitoso. Ao Professor Joan Rieradevall por toda sua sabedoria e experiência.

Aos professores Ademir Barbassa, Rodrigo Moruzzi, Luciana Gonçalves, Ricardo Siloto Silva, Sandra Mota, Ioshiaqui Shimbo, Luiz Falkoski, Sergio Cordeiro, Nemésio Salvador, Frederico Yuri Hanai aos quais eu tive a honra de conhecer e que acrescentaram muitas lições na minha vida acadêmica.

Aos amigos do GHIDRO: Tiago, Daniel, Thays, Alexandre, Luana, Natália, Maiara, Maria Fernanda, Tassia, Rodi, Isabela, Carol, Leonardo, Alinne, Geovana, Luca e Maria de Fátima, Thais Prado, Alinne, Carol, Eliane, Leonardo e Anaí.

Ao secretário Antônio Pepino, pela paciência e pela prestatividade em resolver nossos problemas acadêmicos.

Aos amigos do PPGEU, Wagner, João Vitor, Netto, Simone, Augusto, Bia, Isadora, Poliana, Renato, Thalita, Fernanda, Lívia, Mariene, Guilherme, Calil, Kelly, Anelise, Patrícia, Cintia, Sergio, Roberta (Iza), Daniel, Fabio, Moisés, Renan, Juliana e me desculpe se esqueci de alguém.

Aos amigos de Barcelona: Anna Petit, Elena Eijo, Esther Sanyé, Maria Violeta, Ana Nadal, Ana María, Margot Clariana Bosch, Pere Llorach e David Sanjuan.

Amigos de Biologia: Camila Michelin, Felipe (Pluck), Wilson, Patrícia, (Angélica) Géli, Fernando, Giordano (Elliot), Fernando (Buda), Anselmo.

Aos Amigos de lutas e de alegrias, Lucas Ferreira, André Moura, Eduardo Martins, Anselmo Zenatti, Fábio Plut, Ignácio Aoki, Marcelo Alves, João Moura, Tadeu Loibel, Cristiano Tierno, Patrícia Guarany, Maira Carmassi, Gisele Frighetto, Carinna Maccagnan, Carolina Machado e Patrícia Russo.

RESUMO

Muitos municípios brasileiros apresentam problemas com o sistema de drenagem e com os excessos de águas pluviais em determinados períodos do ano. A gestão das cidades deve levar em conta a sustentabilidade e para isso, os indicadores são ferramentas importantes no auxílio à tomada de decisão do uso e ocupação do solo e dessa maneira evitarem situações de risco relacionados a águas urbanas. A finalidade foi produzir uma ferramenta capaz de orientar gestores do manejo de águas pluviais na tomada de decisão. Os princípios de sustentabilidade nortearam o desenvolvimento dessa pesquisa, para isso, foram elaborados 13 princípios de sustentabilidade específicos ao manejo de águas pluviais baseados em princípios genéricos presentes na literatura. Após o levantamento na literatura de indicadores de sustentabilidade, foram encontrados 102 indicadores e desses, 65 que poderiam ser utilizados no manejo de águas pluviais, um dos critérios de seleção dos indicadores foi a correlação com os princípios específicos e a outra a relação direta com o problema. Em seguida, buscou-se na literatura, os problemas enfrentados pelo poder público e pela população relacionados às águas pluviais, foram 47 os principais encontrados, desse total, 19 foram considerados problemas diretos e o restante, efeitos causados por esses problemas. Esses 19 problemas foram subdivididos em 5 dimensões de sustentabilidade: ambiental, social, econômica, política, cultural e tecnológica ou gestão. Para cada problema foram designados seus respectivos indicadores, num total de 54, cabendo no mínimo 2 indicadores por problema. Usando método multicritério, foram selecionados indicadores prioritários, isto é, aqueles que seriam mais adequados para o monitoramento dos problemas, entretanto, na ausência de informações disponíveis para o desses indicadores prioritários, poderá ser utilizado os indicadores secundários. Esses indicadores serviram para elaboração da ferramenta SAMSAP – Sistema de Apoio ao Manejo de Águas Pluviais, que servirá para a elaboração de cenários, para monitoramento e para tomada de decisão dos gestores e responsáveis pelo manejo de águas pluviais.

Palavras-chave: Manejo de águas pluviais; Drenagem Urbana Sustentável; Planejamento Urbano; Sustentabilidade Urbana; Indicadores de Sustentabilidade; Sistemas de Apoio à Tomada de Decisão.

ABSTRACT

Many municipalities have problems with the drainage system and the excess rainwater in certain periods of the year. The management of cities should take into account the sustainability and for this, the indicators are important tools in helping to making the use and land use decision and thus avoid risk situations related to urban water. The sustainability principles guided the development of this research for this, were developed 13 sustainability principles specific to the management of stormwater based on general principles in the literature. After surveying the literature of sustainability indicators, they were found 102 indicators and of those, 65 that could be used in the management of rainwater, one of the indicators selection criteria was the correlation with the specific principles and other direct relationship with problem. Then we sought in the literature, the problems faced by the government and the people related to rainwater, were 47 major found this total, 19 were considered direct problems and the remaining effects caused by these problems. These 19 problems were divided into five dimensions of sustainability: environmental, social, economic, political, cultural and technological or management. For each problem have been assigned their respective indicators, a total of 54, leaving at least 2 indicators of the problem. Using multi-criteria method, priority indicators were selected, that is, those that would be most suitable for the monitoring of problems, however, in the absence of information available to these priority indicators can be used side indicators. These indicators served for the preparation of SAMSAP tool - Support System for Water Management Stormwater, which will serve for the development of scenarios for monitoring and decision making of managers and responsible for the management of rainwater.

Keywords: management of rainwater; Sustainable Urban Drainage; Urban planning; Sustainable Urban; Sustainability Indicators; Support Systems Decision Making.

Lista de abreviações

AHP – Analytic Hierarchy Process
ANZECC - _Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters
BMPs – Best Parctice of Management
CUE - Conselho da *União Europeia*
CWP - Center for Watershed Protection
ELECTRE III - ELimination Et Choix Traduisant la REalité III
EPA - Environmental Protection Agency
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBI- *Index of Biotic Integrity*
IDH – Índice de Desenvolvimento Humano
IISD - *International Institute for Sustainable Development*
IPTU - Imposto Predial e Territorial Urbano
LID - Low Impact Development
NURP - National Urban Runoff Program
OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
ONU - Organização das Nações Unidas
PLANSAB – Plano de Saneamento Básico Brasileiro
PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PRSP - *Estratégia para Redução da Pobreza*
SAD - Sistemas de Apoio à Decisão
SAMSAP – Sistema de Apoio ao Manejo Sustentável de Águas Pluviais
SAP – Sistema de Águas Pluviais
SSD - Sistema de Suporte a Decisão
SUDS - Sustainable Urban Drainage Systems
UN – United Nation
UN-HABITAT - United Nations Human Settlements Programme
WCED - *World Commission on Environment and Development*
WSUD - Water Sensitive Urban design

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVOS	8
3. REFERENCIAL TEÓRICO	9
3.1. Planejamento Urbano	9
3.1.1. Breve História do Planejamento Urbano no Mundo e no Brasil	9
3.1.2. O Emblemático Caso de São Paulo	12
3.1.3. Século XX: Intenso Crescimento Urbano	14
3.1.4. Necessidade de planejamento sistêmico e gestão integrada.	19
3.1.5. A Bacia de Drenagem ou Hidrográfica como Unidade de Gestão integrada.....	22
3.2. Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais	27
3.2.1. Águas Pluviais em Área Urbanas	28
3.2.2. Impacto da Urbanização sobre os Processos Hidrológicos.....	35
3.2.3. Impactos ambientais da urbanização no manejo de águas pluviais.	44
3.2.4. Tendências de Manejo integrado de águas Pluviais	50
3.2.5. Manejo de águas pluviais	52
3.2.6. Tendências de Compensação dos Impactos Decorrentes da Urbanização.....	57
3.3. Sustentabilidade Urbana.....	59
3.3.1. Histórico e conceito de sustentabilidade.	60
3.3.2. Sustentabilidade do Meio Urbano.	67
3.3.3. Dimensões e Princípios de Sustentabilidade.....	69
3.3.4. Dimensões de sustentabilidade.....	69
3.3.5. Princípios de sustentabilidade	73
3.3.6. Ferramentas de avaliação da Sustentabilidade	86
3.4. Indicadores de Sustentabilidade	90
3.4.1. Desafios na construção de indicadores de sustentabilidade	93
3.4.2. Critérios de seleção de indicadores de sustentabilidade	94
3.5. Indicadores de Sustentabilidade Urbana e o Manejo de Águas Pluviais.	99
4. METODOLOGIAS	111
4.1. Levantamento da Base Conceitual - Revisão Bibliográfica	112
4.2. Elaboração de Princípios e Critérios Norteadores para o Manejo de Águas Pluviais	113
4.3. Levantamento dos problemas relacionados ao manejo de águas pluviais	114
4.4. Levantamento e estruturação dos indicadores	114
4.5. Análise Multicritérios.....	115
4.6. Elaboração de sistema de Apoio à tomada de Decisão	119
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	121
5.1. Princípios de Sustentabilidade Aplicados ao Manejo de Águas Pluviais	121
5.2. Avaliação dos problemas relacionados ao manejo de Águas Pluviais.....	124
5.3. Indicadores de sustentabilidade para o manejo de águas pluviais	133
5.4. Aplicação do método AHP e avaliação da consistência dos resultados obtidos	140
5.5. Sistema de Apoio à tomada de Decisão – Sistema de Apoio ao Manejo Sustentável de Águas Pluviais - SAMSAP	147

6. CONCLUSÕES.....	157
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	159

Anexos

Apêndices

Índice de Figuras

Figura 3.1. Gravura de Gustave Doré sobre a Ludgate Hill – A Block in the Street, em 1872.....	10
Figura 3.2. Plano de embelezamento Rio de Janeiro.	11
Figura 3.3. Plano de canis para a cidade de Santos por Saturnino de Brito.	12
Figura 3.4. Mapa dos antigos córregos e rios de São Paulo	13
Figura 3.5. Rios (a) Pinheiros e (b) Tiete e seus meandros e marginais atualmente após a retificação, inundações.....	14
Figura 3.6. Situação atual Mundial, dos Continentes, da América do Sul e Brasil, com relação a porcentagem de População urbana.	15
Figura 3.7a. Projeção da taxa de crescimento populacional das grandes cidades 2014-2030.....	16
Figura 3.7b: Projeção do crescimento da População urbana em 2030 e 2050.....	16
Figura 3.8. Apresenta gráficos de crescimento da população urbana Brasileira e por região no período de 1940 a 2010.	18
Figura 3.9. Diferenças entre o pensamento reducionista (azul claro interno) e o pensamento sistêmico (azul escuro externo) no planejamento.	20
Figura 3.10. Estrutura do Planejamento Urbano Integrado	21
Figura 3.11. Estrutura integrada da gestão urbana.	22
Figura 3.12. - Componentes principais de uma bacia hidrográfica.....	24
Figura 3.14. Estrutura do conceito de déficit de atendimento de saneamento Básico adotado no PLANSAB	32
Figura 3.15. Fluxo de águas pluviais em espaço urbano.	37
Figura 3.16a. Progresso do escoamento superficial durante o tempo, em situações de pré e pós urbanização	38
Figura 3.16b: características do balanço hídrico pré e pós-urbanização	38
Figura 3.17: A abordagem tradicional da drenagem urbana e sua relação com os alagamentos.....	40
Figura 3.18. Diferença no amortecimento do hidrograma de enchente em função de modificações no percurso da água.	41
Figura 3.19: Região afetada, antes e depois da enchente.	42
Figura 3.20: Processo de ocupação desordenada.	43
Figura 3.21. Resíduos sólidos despejados em locais inadequados e que dificultam a ação do sistema de drenagem.	46
Figura 3.22. Ocupações de áreas de riscos, zonas próximas a córregos e topos de morro.....	47
Figura 3.25. Gestão sustentável das águas pluviais	51
Figura 3.26. Tipologia de técnicas compensatórias para o Manejo de águas pluviais.	56
Figura 3.29: FVT – Filtro-Vala-Trincheira de infiltração – Campus UFSCar.	58
Figura 3.30: Poço de infiltração	59
Figura. 3.31. Triple Bottom Line, Fonte: Elkington, 1999.....	64
Figura 3.32: Triângulo de Daly adaptado por Meadows (1998).....	66
Figura 3.33: esquema representando uma comunidade sustentável, segundo MONDAY (2002)	76
Figura 3.34. Quadro relacionando as ferramentas existentes de avaliação da sustentabilidade	88
Figura 3.35. Instrumentos de avaliação de sustentabilidade divididos em três grandes categorias:.....	89
Figura 3.35. Resultado final com as devidas pontuações	110
Figura 4.1. Representação esquemática do plano de trabalho	112
Figura 4.2. Exemplo de hierarquia de critérios/objetivos.....	116

Figura 4.3. Modelo parcial de questionário aplicado junto aos especialistas.	117
Figura 4.4. Fluxograma de funcionamento da ferramenta SAMSAP	120
Figura 5.1. Resultado da priorização de indicador para impermeabilização do solo	140
Figura 5.2. Resultado da priorização de indicador para diminuição da proteção do solo	140
Figura 5.4. Resultado da priorização de indicador para impacto na qualidade dos recursos hídricos.	141
Figura 5.5. Resultado da priorização de indicador para déficit no atendimento à população	141
Figura 5.6. Resultado da priorização de indicador para Ocupação de áreas com riscos de inundações ou de escorregamentos.....	141
Figura 5.7. Resultado da priorização de indicador para Deficiência orçamentária	141
Figura 5.8. Resultado da priorização de indicador para custos gerado por deficiências no manejo de águas pluviais	142
Figura 5.9. Resultado da priorização de indicador para deficiência na participação pública.	142
Figura 5.10. Resultado da priorização de indicador para lançamento e controle inadequados de resíduos sólidos	142
Figura 5-11. Resultado da priorização de indicador para Deficiência na manutenção do Sistema de Águas Pluviais.....	142
Figura 5.12. Resultado da priorização de indicador para Deficiência na normatização	144
Figura 5.13. Resultado da priorização de indicador para Deficiência na integração interna para gestão do SAP	145
Figura 5.14. Resultado da priorização de indicador para Deficiência na articulação intermunicipal.	145
Figura 5.15. Resultado da priorização de indicador para Deficiência nas concepções que alteram o ciclo hidrológico original.....	145
Figura 5.16. Resultado da priorização de indicador para Deficiência na educação da sociedade para o manejo de águas pluviais	145
Figura 5.17. Resultado da priorização de indicador para Deficiência na capacitação técnica	146
Figura 5.18. Resultado da priorização de indicador para Deficiência na elaboração do projeto.....	146
Figura 5.19. Resultado da priorização de indicador para Deficiência na execução dos projetos	146
Figura 5.20. Página inicial da ferramenta SAMSAP	148
Figura 5.21. Imagem de tabela com as opções de escolha de prioridades e de indicadores.....	149
Figura 5.22. imagem da página de indicadores.....	149
Figura 5.23. Imagem de uma das páginas de indicadores destinadas a inserção de dados e apresentação de dados	150

Índice de Quadros e Tabelas

Tabela 3.1. Taxa de urbanização, densidade demográfica e taxa média de crescimento anual da população brasileira no período de 1940 a 2010.....	17
Tabela 3.2. Síntese das análises em escala e recomendações para o planejamento territorial integrado entre bacia hidrográfica e município.	26
Quadro 3.1. Tipologia de danos decorrentes de alagamentos em área urbanas.	49
Tabela 3.3: Principais diferenças entre uma abordagem convencional da gestão de águas pluviais e uma mais sustentável.....	50
Quadro 3.2. Timeline de eventos relacionados ao desenvolvimento sustentável.....	60
Quadro 3.3. Critérios apresentados por diferentes autores para seleção de indicadores.	98
Tabela 3.4. Objetivos genéricos, indicadores e metas para a gestão de águas pluviais urbanas.....	101
Tabela 3.5: Lista Completa de Indicadores de Águas Pluviais (CWP).....	102
Tabela 3.6: Ferramentas para o uso de Indicadores.....	103
Tabela 3.7. Tipologia de indicadores e medidas apresentadas por KOLSKY e BUTLER (2002).....	104
Tabela 3.8. Indicadores, unidade e peso par a cada critério ou dimensão.....	107
Quadro 3.4. Tipos de medidas e avaliações.....	109
Quadro 4.1. Escala de julgamento do grau de importância de critérios de Saaty	116
Quadro 4.2. Matriz comparativa dos critérios	118
Tabela 4.1. Valores de RI.....	119
Quadro 5.2. Ações Antrópicas, causas, efeitos e impactos do manejo pluvial equivocado.....	125
Quadro 5.3. Problemas relacionados ao manejo de águas pluviais subdivididos por Dimensões de sustentabilidade	129
Tabela 5.1. Seleção de critérios norteadores para seleção de indicadores de sustentabilidade.	131
Quadro 5.4. Lista de indicadores relacionados a problemas no manejo de águas pluviais.....	135
Quadro 5.5. Quadro de indicadores e seus componentes de medição.	151

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas urbanos são primordialmente áreas de consumo e moradia, possuindo diferentes dimensões ou integrações de várias áreas. Em 1900, 13% da população mundial vivia em áreas urbanas. Atualmente, a porcentagem da população brasileira que vive em área urbana é de 84% (IBGE, 2010). O mundo está se tornando cada vez mais urbano, atualmente, mais de 50% da população mundial se encontra em área urbana, decorrente do crescimento econômico. A razão da mudança do perfil é devido a concentração do emprego e renda nos serviços e na indústria, gerando pressão sobre o ambiente ocupado pela urbanização.

O crescimento das cidades brasileiras ocorre sem orientação do poder público, que se limita a atuar apenas de maneira corretiva, isso atrelado à especulação imobiliária que gerou, nas grandes cidades, um processo de desconcentração urbana em direção à periferia, devido a esse crescimento desordenado das cidades, áreas de várzeas e áreas marginais foram pressionadas à ocupação pelo valor imobiliário, essas áreas são invadidas, e a consequência imediata é o aumento da poluição (TUCCI, 2008).

A água exerce um papel importante no meio urbano, havendo necessidades de atendimento a demandas diferenciadas, questões relativas à sua qualidade, disponibilidade e escoamento de águas de chuva. A vulnerabilidade a eventos pluviais de algumas cidades é alta, o que agrava a situação de pobreza na periferia. Os maiores prejuízos não são necessariamente materiais, mas sociais.

Os sistemas de águas urbanas são caracterizados por complexas interações ambientais, econômicas e sociais, formando delicadas estruturas que nem sempre são avaliados de forma adequada em empreendimentos urbanos em seu processo de implantação. Diante desses problemas, novas abordagens para tratar o desenvolvimento urbano vêm sendo desenvolvidas, conforme amplamente relatado na literatura técnica, integrando os princípios de sustentabilidade. No contexto da crescente conscientização de abordagem integrada e sustentável das questões relativas à água em meio urbano, teve origem o projeto SWITCH (*Sustainable Water Management Improves Tomorrow Cities' Health*), que tem como objetivo geral o desenvolvimento, a aplicação e a demonstração de um conjunto de soluções científicas e

tecnológicas visando à gestão efetiva e sustentável de águas urbanas. (Sixth Framework Programme Priority, 2006).

O conceito sustentabilidade surgiu da preocupação com o uso de forma exploratória dos recursos naturais, sendo discutido em diversas conferências internacionais que culminaram em documentos como o Relatório Brundtland e a Agenda 21. O Relatório Brundtland forneceu uma das principais e mais bem aceitas definições sobre o desenvolvimento sustentável, defendendo que o uso dos recursos naturais deve garantir o atendimento às necessidades das gerações atuais e futuras.

Um dos principais instrumentos relacionados à sustentabilidade são os indicadores. As principais características pertinentes aos indicadores são a capacidade de avaliar condições existentes e tendências; a possibilidade de efetuar comparações nas escalas temporal e local; a possibilidade de avaliar as condições e tendências em relação às metas e objetivos; bem como habilidade em fornecer informações de advertência e antecipar condições e tendências (CORREA e TEIXEIRA, 2008).

Como justificativa para execução do projeto foi a observação de que o planejamento urbano atual, baseado em projetos pontuais e sem plano de longo prazo, não incentiva a prevenção dos problemas relacionados à drenagem urbana. São necessárias medidas que evitem situações de risco, em que a população seja exposta e se torne a maior afetada. Nesse sentido, este trabalho buscou elaborar uma ferramenta que seja capaz de prestar esse auxílio. A ferramenta SAMSAP – Sistema de Apoio ao Manejo Sustentável de Águas Pluviais se propõe monitorar os principais problemas relacionados ao manejo de águas pluviais utilizando indicadores de sustentabilidade como fonte de análise de informação, para apoiar tecnicamente os municípios na busca de soluções e para participação da sociedade local. Com a ferramenta será possível dar suporte à tomada de decisão no planejamento atual e futuro de uso e ocupação do solo, buscar outras formas de manejo menos impactantes e ter o apoio e a participação da população nas ações e decisões sobre o manejo de águas pluviais.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho foi elaborar um sistema de apoio a decisão baseado em sistema de indicadores de sustentabilidade aplicados ao manejo de águas pluviais, levando-se em consideração as dimensões de sustentabilidade social, ambiental, econômico, político e cultural e que possam ser utilizados como ferramenta nos processos de tomada de decisão na gestão da ocupação do espaço.

Para atingir este objetivo principal, foram definidos como objetivos específicos:

- Estabelecer a relação entre indicadores existentes de saneamento, recursos hídricos, resíduos sólidos, uso e ocupação do solo com a questão do manejo de águas pluviais urbanas;
- Avaliar e discutir os problemas ambientais, sociais, econômicos, culturais e políticos causados pela falta de manejo de águas pluviais adequado;
- Considerar os problemas existentes no espaço urbano e estabelecer indicadores de monitoramento desses problemas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Capítulo destinado a levantamento bibliográfico sobre os temas relacionados à pesquisa de manejo sustentável das águas pluviais urbanas. Está subdividido em planejamento urbano, drenagem urbana e manejo de águas pluviais, sustentabilidade urbana e indicadores de sustentabilidade urbana.

3.1. Planejamento Urbano

"Planejamento urbano não garante felicidade. Mas mal planejamento urbano, definitivamente, impede a felicidade" - Jan Gehl

3.1.1. BREVE HISTÓRIA DO PLANEJAMENTO URBANO NO MUNDO E NO BRASIL

O planejamento urbano surgiu no fim do século XIX e início do século XX na Europa e Estados Unidos, como respostas aos problemas urbanos surgidos nas cidades em pleno processo de industrialização (**Figura 3.1**). Cabe ressaltar que mesmo havendo divergências entre os especialistas em urbanismo sobre os temas de urbanismo e planejamento urbano, não cabe a esse trabalho discutir teorias e pensamentos sobre o urbano, então não será feita tal distinção, dessa maneira, os termos são tratados de maneira equivalentes.

Como destaca VILLAÇA (1999) “*o planejamento urbano só pode ser considerado como tal, a partir das ações do Estado sobre o urbano e que tenham sido objeto de algum plano, “por mais amplo que seja o conceito de plano”*. Mesmo que de maneira inconsciente, o ato de planejar é antigo, principalmente as atividades cotidianas relacionadas a uma vida em sociedade. Segundo (SOUZA, 2006, p21) “*O ato de planejar remete às ações futuras, tentando prever um determinado fenômeno e simulando as evoluções do processo na tentativa de se prevenir dos possíveis problemas e dificuldades, ou ainda aproveitar melhor possíveis benefícios”*”.

Tendo em vista tal visão é possível se referir ao processo de urbanização como dinâmico, num processo de transformação das cidades a partir da sua própria história e contexto de crescimento durante sua evolução no tempo. Portanto, a cidade passa a ser vista

como espaço transformado por ações humanas, especificada por suas características de extensão física e também do contexto histórico, e não mais como um modelo idealizado a ser concebido pelos urbanistas (KOHLSDORF, 1985).



Figura 3.1. Gravura de Gustave Doré sobre a Ludgate Hill – A Block in the Street, em 1872. Fonte: Museum of London.

A partir dessa premissa, a ênfase do planejamento, deixa de ser a busca pela cidade ideal para uma busca das soluções de problemas práticos e concretos, estabelecendo instrumentos de controle dos processos urbanos ao longo do tempo. Assim, não apenas os urbanistas devem “planejar” a cidade, mas uma gama de profissionais de áreas diversas. Com a colaboração de sociólogos, historiadores, economistas, juristas, geógrafos, psicólogos etc.,

Segundo VILLAÇA (1999, p193) “Foi sob a égide dos planos de embelezamento que surgiu o planejamento urbano (*latu sensu*) brasileiro”. Eram planos que provinham da tradição europeia, principalmente, e consistiam basicamente no alargamento de vias, erradicação de ocupações de baixa renda nas áreas mais centrais, implementação de infraestrutura, especialmente de saneamento, e ajardinamento de parques e praças.

Um dos planos mais representativos desse período é o de Pereira Passos para o Rio de Janeiro, que ao tornar-se prefeito, adotou um plano que previa uma série de obras para o embelezamento da cidade, apresentados na **Figura 3.2**.

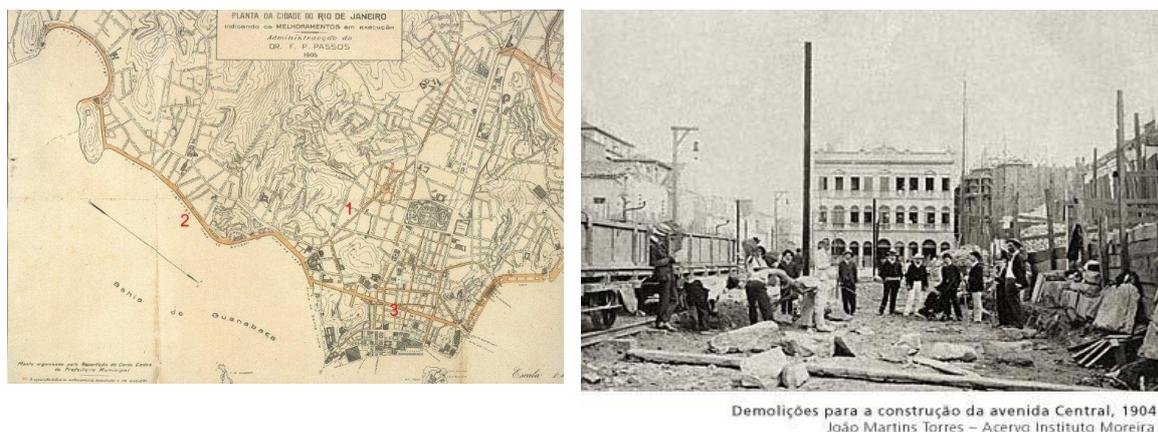


Figura 3.2. Plano de embelezamento Rio de Janeiro. **Fonte:** Instituto Moreira Sales (2014).

Durante esse processo de reforma e remodelação das cidades surge a figura de Saturnino de Brito, responsável pelo processo de revitalização das cidades de Vitória-ES e Recife-PE. O mesmo Saturnino é responsável pelos planos de saneamento do Recife e de Santos-SP. Com as epidemias que assolavam as cidades, a questão do saneamento estava em foco, com os engenheiros sendo solicitados para elaborar projetos e chefiar comissões para a implantação de redes de água e esgoto em mais de 20 cidades brasileiras (dentre elas Vitória, Santos, Recife, Campinas, João Pessoa e Pelotas).

A visão sanitaria, da qual Saturnino de Brito foi a maior expressão brasileira, nesse processo higienista. Segundo SILVEIRA (1999) foi estabelecida as primeiras relações quantitativas entre precipitação e escoamento para dimensionamento das obras de escoamento. O ideal para Saturnino era, segundo suas palavras, integrar "de maneira adequada, critérios higiênicos, racionais e estéticos". (ANDRADE, 1989). A **Figura 3.3**, apresenta o plano de urbanização da cidade de Santos com a construção de seus canais.



Figura 3.3. Plano de canis para a cidade de Santos por Saturnino de Brito. Fonte. Prefeitura Municipal de Santos.

3.1.2. O EMBLEMÁTICO CASO DE SÃO PAULO

O caso da cidade de São Paulo, com crescimento vertiginoso e diversos problemas estruturais, e embora houvesse correntes contrárias a essa visão, como é o caso do próprio Saturnino de Brito e Luís Inácio de Anhaia Mello com modelos urbanísticos de controle e limitação do crescimento urbano, foi utilizado o Plano de Avenidas, elaborado por Prestes Maia, em 1930, adepto do modernismo funcionalista e em teoria “progressista”, defendia a expansão da metrópole de maneira livre (TOLEDO, 1996).

Baseado na concepção da ocupação dos fundos de vale, - até então praticamente só os pontos altos da cidade estavam ocupados -, esse plano dava à cidade as feições que ela tem hoje. Para que o plano pudesse ser cumprido e os fundos de vale pudessem ser ocupados, muitos córregos que cortavam a cidade foram canalizados entre eles os Córregos do Itororó (atual 23 de Maio), Córrego do Anhangabaú (Vale do Anhangabaú), Córrego da Saracura (9 de Julho) e Córrego do Moringuinho (MONTEIRO FILHO, 2011). E para viabilizar a ocupação das várzeas do Tietê e Pinheiros, procedeu-se à retificação de seus cursos d'água, antes cheia de meandros (Figura 3.4).

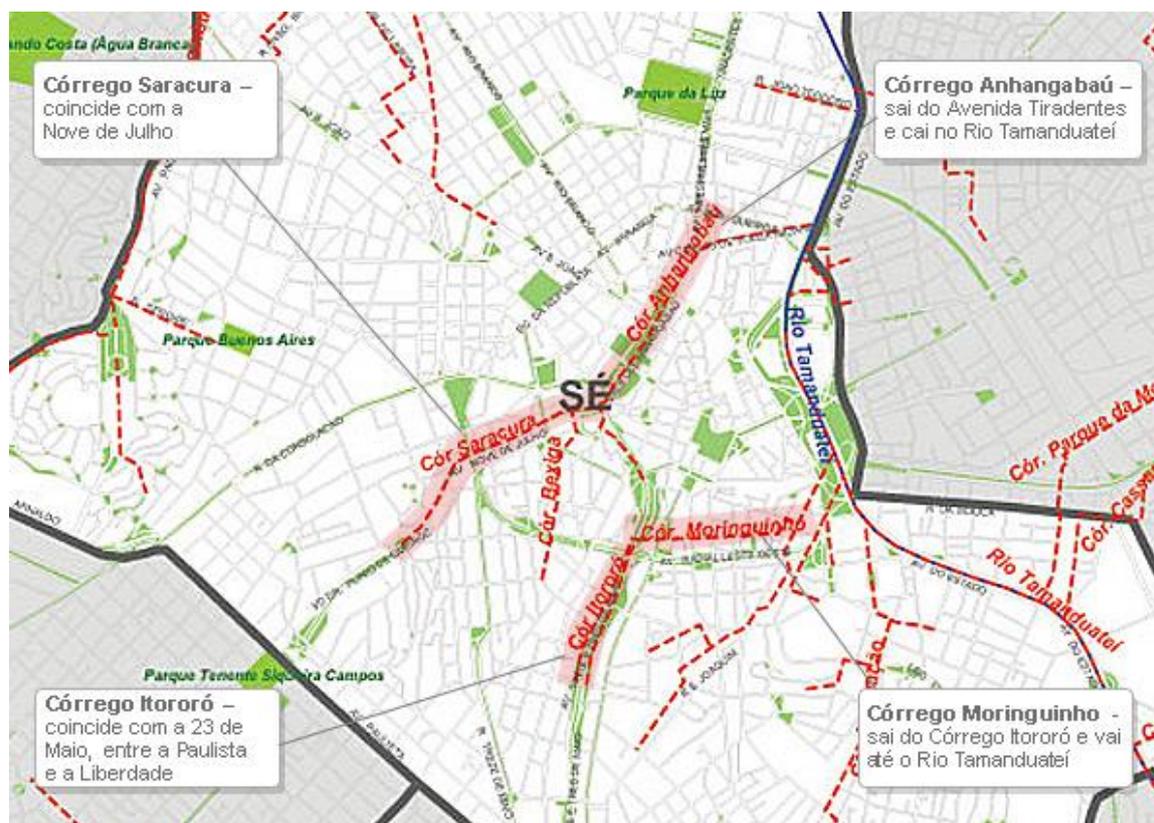


Figura 3.4. Mapa dos antigos córregos e rios de São Paulo. Fonte: Prefeitura de São Paulo.

Os rios que no princípio eram usados como meios de transporte e para o abastecimento da cidade, passaram a ser visto como barreiras ao crescimento da cidade. Se tornando motivos de divergências políticas entre Prestes Maia e Saturnino de Brito, que defendia que todos os rios deveriam ter um lago, uma várzea para conter as águas nos períodos de cheia (DELJAICOV, 1998)

Estima-se que no Brasil perca-se meio bilhões de reais por ano nas enchentes (SANTOS, 2014). É preciso perceber que o esgoto deve ser canalizado e não os rios. A instalação de interceptores para impedirem que o esgoto chegue a córregos e rios é uma medida urgente.

A retificação dos rios causa um aumento da velocidade do fluxo, que inicialmente era a intenção: levar o lixo e o esgoto para longe mais rápido; e a canalização é a tentativa de esconder a sujeira e conter uma força da natureza (RIGHETTO, 2009). A água procura onde se infiltrar, para onde correr. Se o solo não é permeável ou não apresenta espaços que ela possa ocupar, ela vai tomar a cidade. A **Figura 3.5**, apresenta o processo de retificação dos rios Tiete e Pinheiros em São Paulo e as consequências pós retificação.

Por sua frequência e dimensão, as enchentes se tornaram marcos culturais e simbólicos na história da cidade (SÃO PAULO, 2015). Foram registradas em diferentes tempos e geraram inúmeros documentos.



Figura 3.5. Rios (a) Pinheiros e (b) Tietê e seus meandros e marginais atualmente após a retificação, inundações. Fonte: Arquivos Museu da cidade de São Paulo.

Propostas de revitalização dos rios já são realidade no mundo, o caso mais famoso é do Tamisa, na Inglaterra, que já foi considerado o rio mais poluído da Europa e o mais recente, Rio Cheonggyecheon na Coreia do Sul (MACHADO *et al*, 2010). Neles, busca-se restaurar suas margens, limpar suas águas para que as suas funções ecológicas sejam reestabelecidas. A ideia é que os rios deixem o papel que lhes foi dado de escoamento de água e esgoto e assumam sua responsabilidade ambiental original, seguindo o seu caminho naturalmente.

3.1.3. SÉCULO XX: INTENSO CRESCIMENTO URBANO

O grande desenvolvimento das cidades e das formas de vida urbana é um dos fenômenos que melhor caracteriza nossa civilização contemporânea. A cidade não é um feito recente: é resultante de um processo histórico. Ao longo deste século e do passado observa-se um aumento vertiginoso da migração da população rural para as cidades. Tal fato tem modificado a distribuição da população mundial, a situação atual é apresentada na **Figura 3.6**.

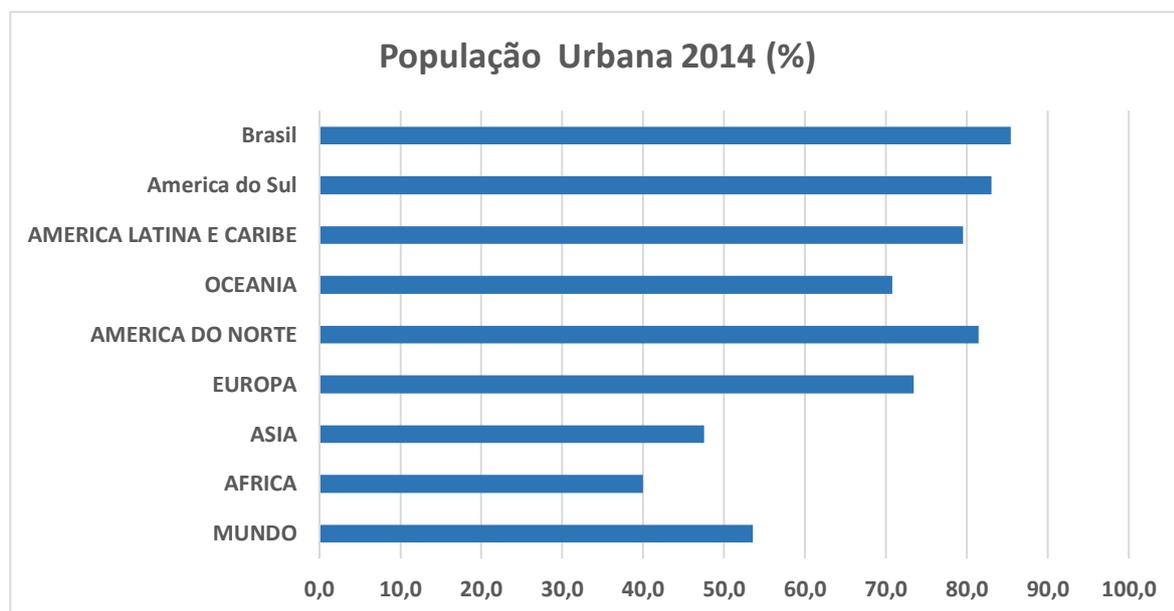


Figura 3.6. Situação atual Mundial, dos Continentes, da América do Sul e Brasil, com relação a porcentagem de População urbana.

Fonte dos dados: Nações Unidas, Population Division, 2014. Elaborado pelo autor.

Ainda segundo o autor, “*uma das grandes marcas desse século, tem sido o crescimento dos grandes centros urbanos, o que não se verificava anteriormente porque o avanço demográfico geral era muito mais lento e porque esse excedente demográfico não era absorvido desproporcionalmente pelas grandes cidades*”. Contudo, nas últimas décadas, o ritmo de crescimento das cidades está sendo muito superior ao das possibilidades de previsão das autoridades públicas, a sua capacidade de assimilar os problemas e geralmente dos recursos disponíveis para proceder às reformas de grande vulto que se fazem necessárias para criar novas estruturas eficazes. A **Figura 3.7a**, apresenta a projeção da taxa de crescimento das grandes cidades até 2030 e a **Figura 3.7b** apresenta a porcentagem do crescimento da população urbana mundial, continentais e do Brasil com dados para 2030 e 2050.

O processo de urbanização no Brasil imprimiu à organização do território uma marca caracterizada pela expansão periférica, pela segregação socioespacial e desigualdade socioambiental, resultantes das formas de inclusão precária aos quais foram submetidas amplas camadas da sociedade. MARICATO (2001); ROLNIK (1997) e VILLAÇA (1999).

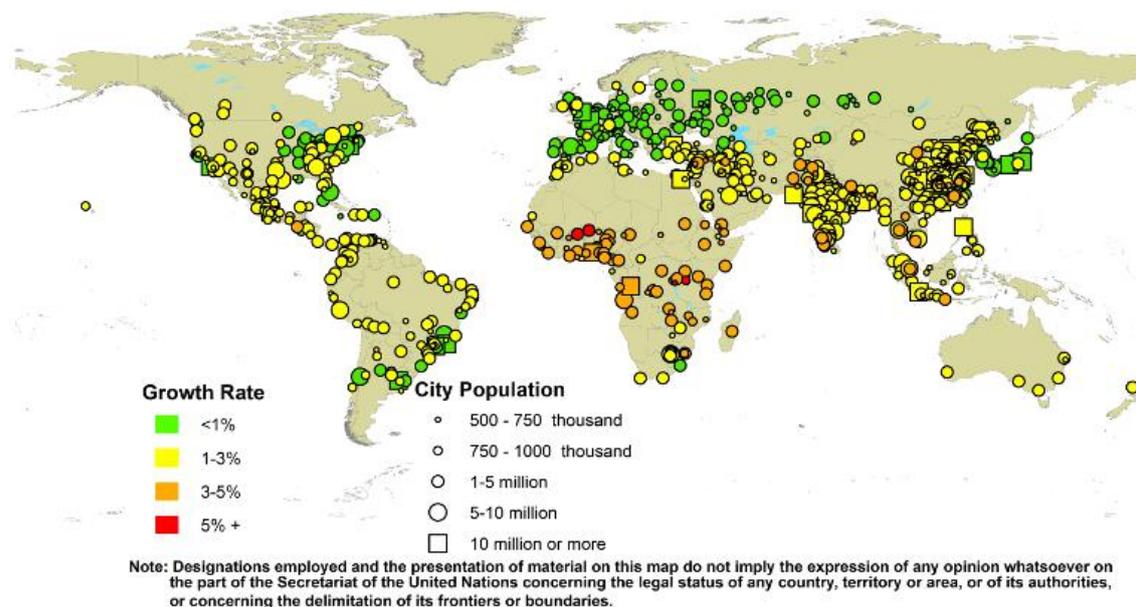


Figura 3.7a. Projeção da taxa de crescimento populacional das grandes cidades 2014-2030. Fonte: Nações Unidas, Population Division, 2014.

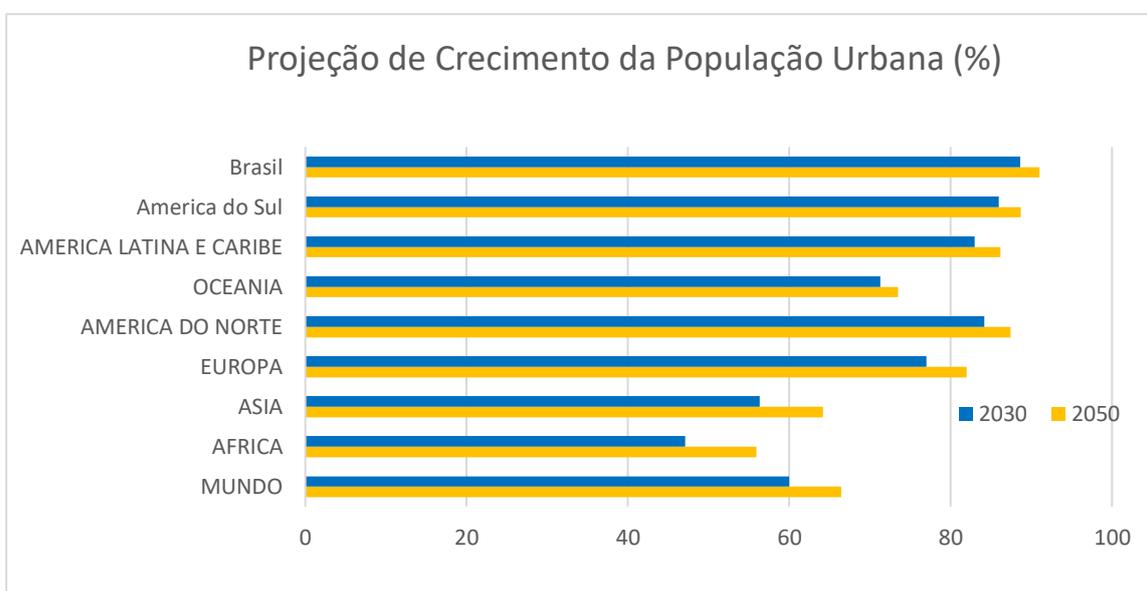


Figura 3.7b: Projeção do crescimento da População urbana em 2030 e 2050.

Fonte dos dados: Nações Unidas, Population Division, 2014. Elaborado pelo autor.

O processo de urbanização no Brasil, que se acelerou na década de 1970, revelou a complexidade dos problemas que passaram a constituir o cenário das regiões metropolitanas e aglomerações urbanas. Um indicativo da velocidade desse processo e da dinâmica socioespacial dele resultante se revelou no fato de que, em 1950, a população urbana representava 36% dos 18 milhões de habitantes do país, ao passo que, em 2004, esse índice elevava-se a 82%, de um total de 169 milhões de habitantes, como apontam Ribeiro e CARDOSO (2004). A **Tabela, 3.1** apresenta as taxas de urbanização, a densidade

demográfica e a taxa de crescimento anual da população do Brasil, no período de 1940 a 2010.

Tabela 3.1. Taxa de urbanização, densidade demográfica e taxa média de crescimento anual da população brasileira no período de 1940 a 2010.

Período	Taxa de urbanização	Densidade demográfica	Taxa média de crescimento anual da população
1940	31,24	4,84	1,49
1950	36,16	6,1	2,39
1960	44,67	8,34	2,99
1970	55,92	11,1	2,89
1980	67,59	14,23	2,48
1991	75,59	17,26	1,93
2000	81,23	19,92	1,64
2010	84,36	22,43	1,17

Fonte: IBGE, 2014. Elaborado pelo Autor.

As desigualdades econômicas e a dificuldade de determinadas regiões em se inserirem na economia nacional, possibilitou a ocorrência de uma urbanização diferenciada em cada uma das regiões brasileiras (**Figura 3.8**).

Sudeste é a região que apresenta as maiores taxas de urbanização dos últimos 70 anos. A partir de 1960, com 57%, foi a primeira região a registrar uma superioridade de habitantes vivendo na área urbana em relação à população rural. Na região Centro-Oeste, o processo de urbanização teve como principal fator a construção de Brasília, em 1960, que atraiu milhares de trabalhadores de outras regiões. No início da década de 1970, o Centro-Oeste tornou-se a segunda região mais urbanizada do país. A urbanização na região Sul foi lenta até a década de 1970, devido ao predomínio da propriedade rural familiar, com um número reduzido de trabalhadores, assim a migração para áreas urbanas era menor. A região Nordeste é a que apresenta hoje a menor taxa de urbanização no Brasil, devido a correntes migratórias para outras regiões e pelo pequeno desenvolvimento de suas cidades. Até a década de 60 a Região Norte era a segunda mais urbanizada do país, porém a concentração da economia do país no Sudeste e o fluxo de migrantes para outras regiões, fez com que o crescimento da população urbana diminuísse.

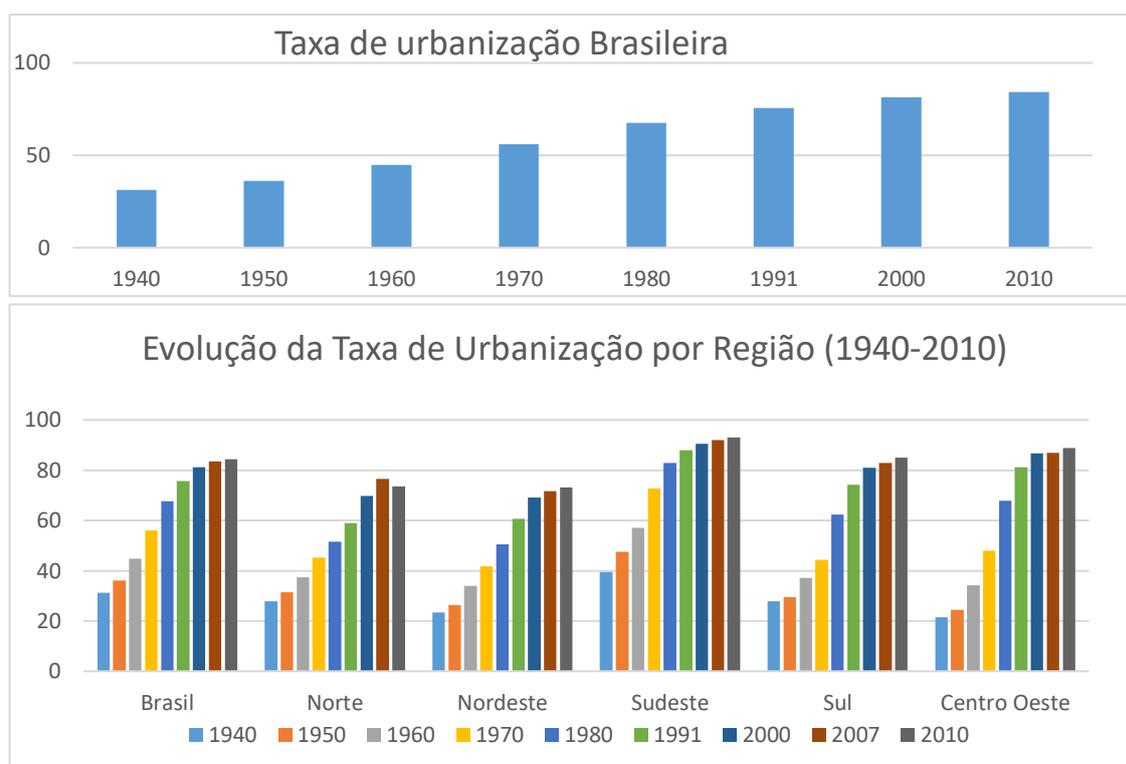


Figura 3.8. Apresenta gráficos de crescimento da população urbana Brasileira e por região no período de 1940 a 2010.

Fonte: IBGE, 2014. Elaborado pelo autor.

Em virtude dos métodos equivocados de planejamento, as cidades de países em desenvolvimento apresentam uma imensa gama de problemas, presente em toda a rede urbana. Com o crescimento desordenado dos centros urbanos, os problemas sociais e os desequilíbrios ambientais aumentam, apontando para um futuro com baixa qualidade de vida e degradação ambiental acentuada (ROSSETTO, 2003).

Segundo PEREIRA *et al* (2010), as cidades são verdadeiras consumidoras e degradadoras do ecossistema, impermeabilizando solos, alterando ciclos biogeoquímicos, degradando corpos hídricos e solo, poluindo a atmosfera, alterando a paisagem, consumindo recursos, e produzindo a segregação social e o aumento da pobreza.

Partindo-se da compreensão das interações complexas entre as cidades e o ambiente natural, torna-se necessário considerar que elas próprias são recursos que necessitam de proteção. E, ao mesmo tempo, incrementam-se cada vez mais as demandas necessárias para sua manutenção e seu desenvolvimento (KAUFMANN e PIMENTEL da SILVA, 2004).

As cidades brasileiras são hoje a expressão urbana de uma sociedade que nunca conseguiu superar sua herança colonial para construir uma nação que distribuísse de forma mais equitativa suas riquezas e, mais recentemente, viu sobrepor-se à essa matriz arcaica uma nova roupagem de modernidade “global” que só fez exacerbar suas dramáticas

injustiças. Pesquisas de várias instituições indicam que as grandes metrópoles brasileiras têm em média entre 40 e 50% de sua população vivendo na informalidade urbana, das quais de 15 a 20% em média moram em favelas (chegando a mais de 40% em Recife). E não seria exagero afirmar que a questão do acesso à propriedade da terra está no cerne dessa enorme desigualdade sócio espacial (FERREIRA, 2005).

3.1.4. NECESSIDADE DE PLANEJAMENTO SISTÊMICO E GESTÃO INTEGRADA.

Por muitas vezes o planejamento é negligenciado, dando espaço para o que se denomina de gestão do espaço urbano. O Planejamento é um processo constante que deve ter uma visão orientada para o futuro, levando sempre em consideração os limites, restrições e potencialidades, tendo a possibilidade de mudança de rumos quando necessário e avaliação constante. HARVEY (1996) critica o processo de Estado mínimo idealizado pelo neoliberalismo, causador do *empresariamento* urbano, no qual o planejamento foi substituído por uma forma de gestão imediatista na obtenção de lucros e rendimentos. Casos como as PPPs – Parcerias Público-Privadas, de caráter empresarial com execução e concepção especulativa sujeita aos perigos desse tipo de empreendimento que contrapõe os projetos racionalmente planejados.

O planejamento e a gestão do espaço urbano, ainda nos dias atuais, é realizado de maneira linear e mecanicista, com sua estratégia de atuação fragmentada, principalmente, com a falta de comunicação entre os agentes, as políticas e os processos. Esse tipo de pensamento é contrário à realidade do fenômeno urbano, que é complexo e não linear (SANTOS e TONIOLO, 2010; PEREIRA, 2013).

Contrário a esse pensamento surge o pensamento sistêmico, na busca de entender e explicar os fenômenos de maneira sinérgica, partindo do pressuposto de que a realidade não pode ser analisada de maneira fragmentada, mas deve ser analisada de forma completa. Baseada na Teoria Geral dos Sistemas, elaborada por Bertalanffy em trabalhos publicados entre 1950 e 1968, o planejamento urbano foi influenciado pela teoria até os anos 1970 (SILVA, 2004) e, segundo BERTALANFFY (1992), depois de ter seu auge na década de 1970, foi esquecido nos anos de 1980, por acreditar que as pesquisas de “mercado” criavam por si só um modelo completo e eficaz de gestão sob o aspecto econômico. Entretanto, esse processo, além de não conseguir dar respostas integrais à dinâmica do mercado, também excluía as questões sociais e ambientais. A **Figura 3.9**. Apresenta a relação as diferenças entre o pensamento cartesiano reducionista e o pensamento sistêmico.

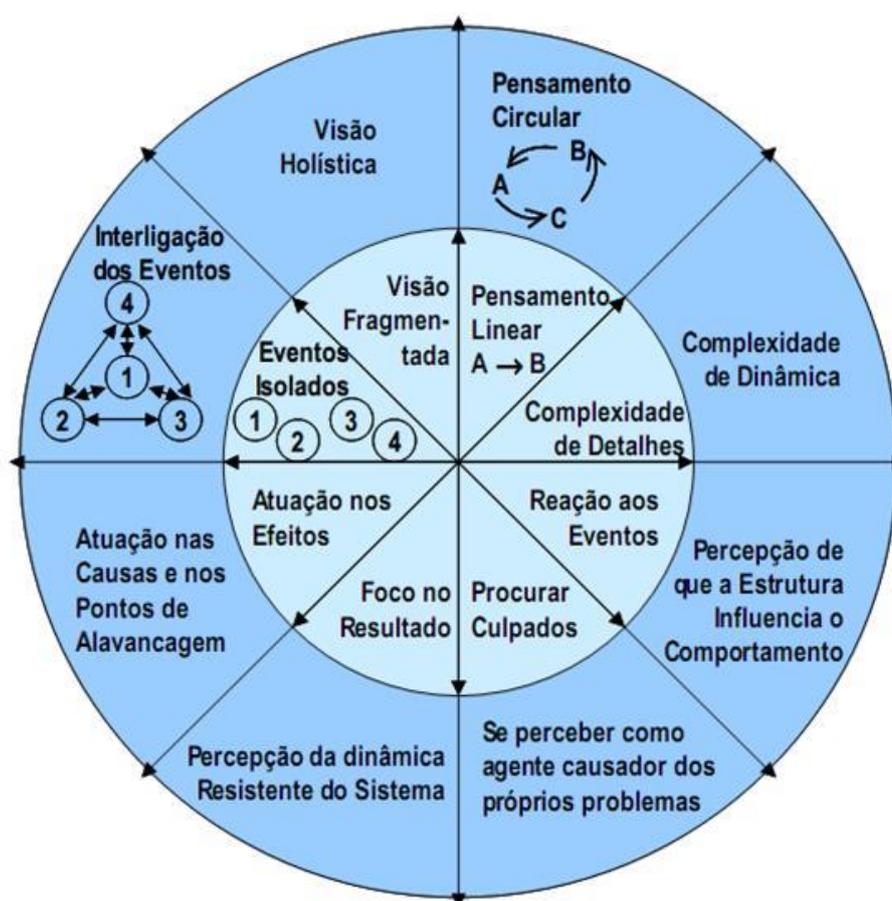


Figura 3.9. Diferenças entre o pensamento reducionista (azul claro interno) e o pensamento sistêmico (azul escuro externo) no planejamento. **Fonte:** GRATULIANO, 2010.

O planejamento sistêmico e integrado, segundo RUEDA (1999), é um modelo de gestão na unidade sistema-entorno que relaciona o metabolismo urbano, a ordenação do território e o seu funcionamento. Para o autor, é necessário pensar os modelos de gestão das nossas cidades com a finalidade de manter o equilíbrio com o entorno que nos assegura o futuro.

O planejamento urbano define os espaços e a densidade de ocupação que se reflete na demanda de água, na produção de esgoto, na geração de resíduos sólidos e impermeabilização do solo que afeta a gestão da drenagem urbana. Portanto, o uso do solo é o agente potencial que pode afetar os serviços se não tiver uma integração com os outros componentes (TUCCI, 2013)

O planejamento de atividades urbanas relacionadas à água deve estar integrado ao próprio planejamento urbano, incluindo-se aqui o desenho da malha urbana e sua expansão, o zoneamento de atividades, a rede viária e de transportes, fluxos de informações, aspectos paisagísticos. ELLIS (1995) relaciona os resultados como benefícios econômicos, estéticos, ecológicos, recreacionais e aprimoramento do potencial de uso da terra. Assim, a integração institucional deve ser reflexo de uma concepção ambiental sistêmica, abrangendo três princípios básicos: desenvolvimento econômico, proteção ambiental e equidade social. A gestão da cidade relacionada com a infraestrutura da água envolve: (a) uso do solo (agente externo ao sistema de águas); (b) serviços da cidade (abastecimento, esgoto, drenagem e resíduos sólidos); e (c) metas (meio ambiente: conservação do ambiente urbano e saúde da população). A estrutura de planejamento é apresentada na **Figura 3.10**.

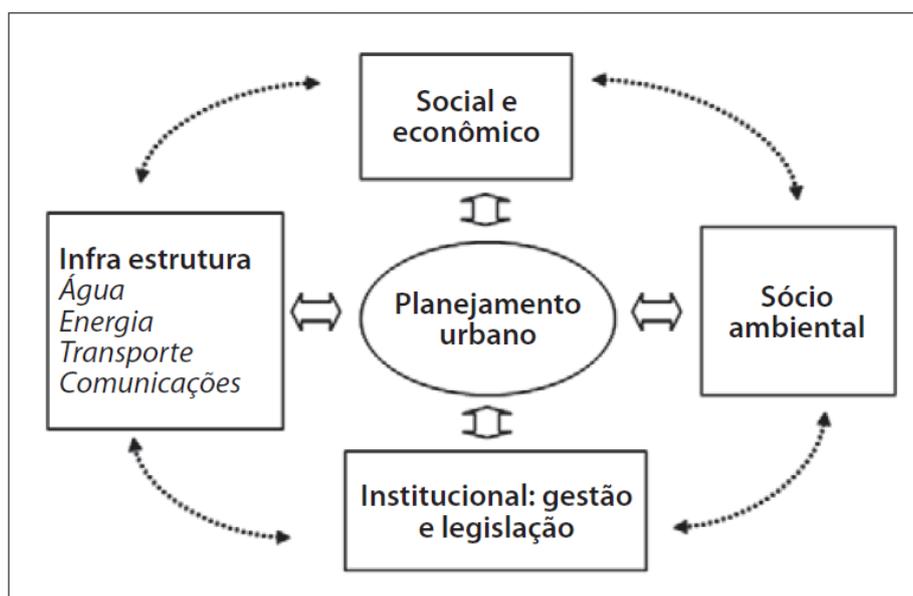


Figura 3.10. Estrutura do Planejamento Urbano Integrado. Fonte: TUCCI, 2008.

A consideração sobre as perspectivas de longo prazo no aproveitamento dos recursos e o equilíbrio entre alternativas de expansão de capacidade e gestão da demanda são atributos que vêm sendo associados a uma visão mais recente da gestão de recursos hídricos, conhecida como *gestão integrada* (SILVA e PORTO, 2003). Na **Figura 3.11**, são caracterizadas as principais relações entre os sistemas de infraestrutura no ambiente urbano relacionado com a água. O desenvolvimento urbano representado pela ocupação do uso do solo é o principal fator de impacto.

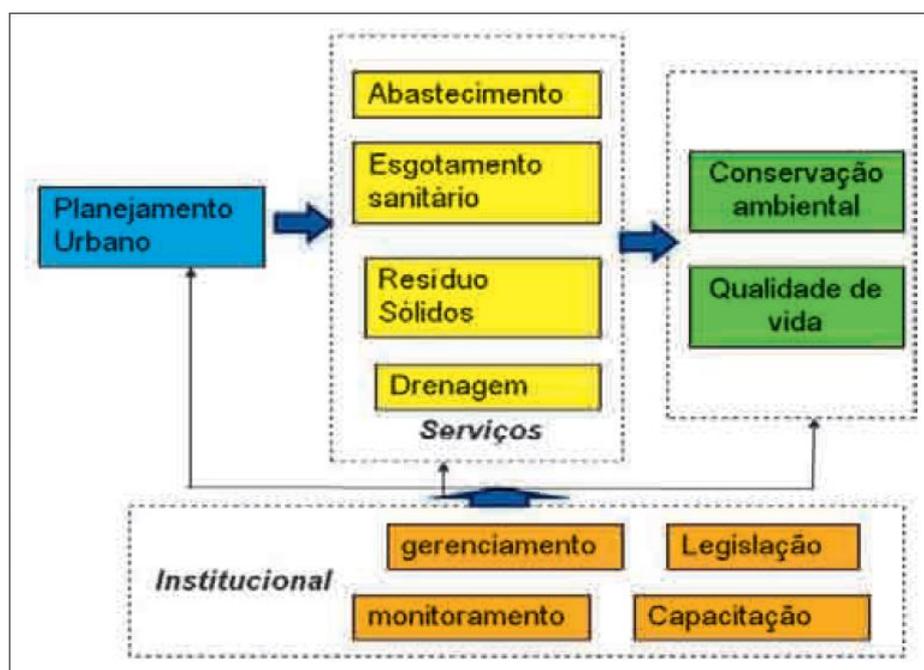


Figura 3.11. Estrutura integrada da gestão urbana. Fonte: TUCCI, 2008.

Apesar de estar devidamente estabelecido que a instituição, quer seja Federal, Estadual e Municipal, é responsável pela drenagem urbana, em muitos municípios, usualmente, as atividades não são efetuadas por um órgão ou setor técnico dotado de autonomia administrativa e financeira, geralmente as atividades de drenagem são executadas pela secretaria de obras, o que comprova sua fragilidade político-institucional (Baptista e Nascimento, 2002). A drenagem urbana sofre influência direta das decisões e ações de diferentes áreas e níveis da gestão municipal, principalmente, das relacionadas ao zoneamento e ao parcelamento, controle e uso do solo. Assim como, ações relacionadas ao gerenciamento de água e esgoto e também de resíduos sólidos.

Dessa maneira, a gestão urbana sem a devida integração acarretam em diversos problemas relacionados a drenagem urbana. Para RIGHETTO, (2009) o estabelecimento de vias e de parcelamento do solo urbano deve levar em conta o aumento do volume de escoamento e das vazões máximas, assim como, da capacidade da drenagem e dos meios receptores já existentes.

3.1.5. A BACIA DE DRENAGEM OU HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE GESTÃO INTEGRADA

Historicamente, a drenagem pluvial urbana é serviço de competência municipal, em razão das características do serviço. Nos municípios brasileiros, frequentemente é à secretaria municipal de obras que compete a execução dos serviços de drenagem pluvial

(TUCCI, 2010). O autor ainda ressalta que, que a estrutura administrativa de gestão da drenagem pluvial assume características muito diferenciadas, quer em sua posição no organograma do poder executivo municipal, quer em recursos financeiros alocados, outros meios materiais e de recursos humanos, em função do porte do município e de outras características específicas, como a natureza local dos problemas afeitos à drenagem, o nível de desenvolvimento técnico e institucional da gestão municipal, entre outros aspectos.

A lei 9433/97, conhecida como Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), apresenta a Bacia Hidrográfica unidade territorial de implementação da PNRH (BRASIL, 1997). Uma bacia de drenagem pode ser definida como uma extensão de terra na qual a água superficial converge para um único ponto, localizado no nível mais baixo, conhecido como exutório e limitado por uma barreira geográfica, como montanhas que funcionam como divisores de águas (TUCCI, 2013; BARRELLA, 2001). A identificação da bacia hidrográfica como elemento catalisador dos processos ambientais e das interferências humanas no território tem conduzido à aplicação do conceito de “gerenciamento de bacias hidrográficas” (BECKER, 2003).

As bacias hidrográficas são unidades fundamentais para a gestão da terra e da água, sendo identificadas como unidades de planejamento administrativo para fins de conservação dos recursos naturais (VITTALA *et al.*, 2008). Dentro de uma bacia hidrográfica todos elementos estão integrados e permanentemente respondendo a interferências naturais e antrópicas que afetam o ecossistema (SOUZA e FERNANDES, 2000).

Segundo PORTO e PORTO (2008), A bacia hidrográfica pode ser então considerada um ente sistêmico. É onde se realizam os balanços de entrada proveniente da chuva e saída de água através do exutório, permitindo que sejam delineadas bacias e sub-bacias, cuja interconexão se dá pelos sistemas hídricos. Segundo, VITTALA *et al.*, (2008) a abordagem integrada desempenha um papel importante para o desenvolvimento sustentável e gestão de bacias hidrográficas. A **Figura 3.12**. Apresenta os principais componentes de uma bacia hidrográfica.

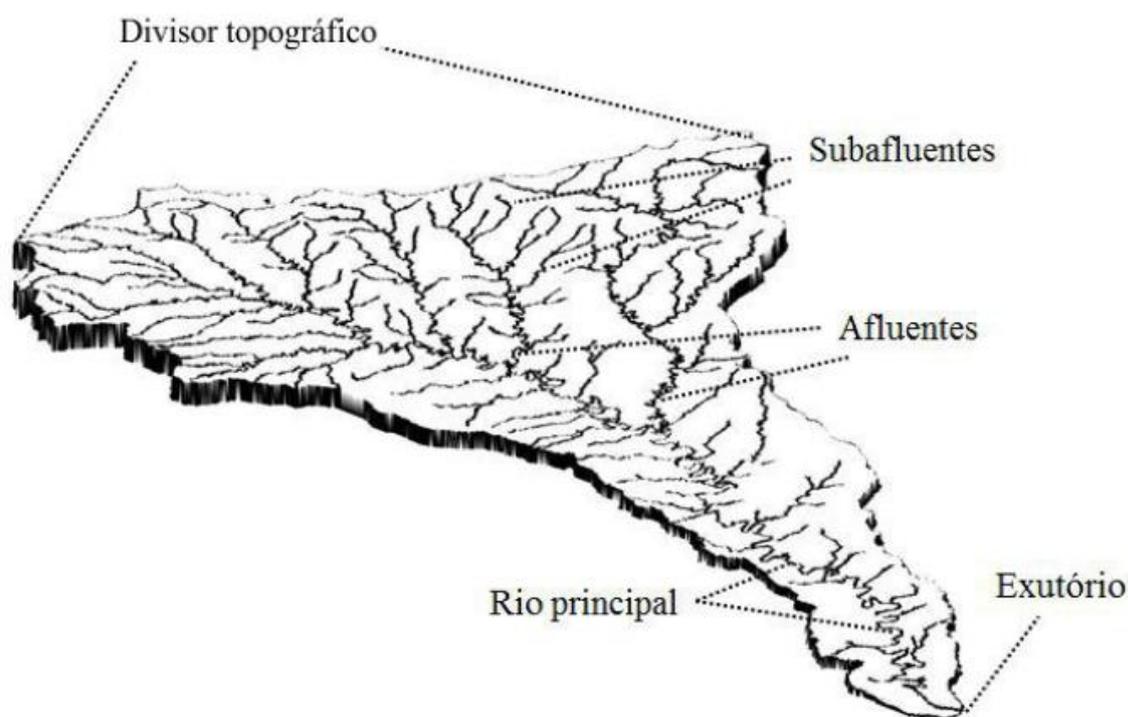


Figura 3.12. - Componentes principais de uma bacia hidrográfica

Fonte: BERNARDI *et al* (2012)

É importante conhecer os componentes de uma bacia e suas interações para o uso racional dos recursos e prevenção de possíveis problemas. Por meio das análises morfométricas, hidrológicas, de uso e cobertura da terra, juntamente com informações socioeconômicas permitem uma gestão e planejamento integrado de bacias hidrográficas.

A Bacia Hidrográfica, como unidade territorial de planejamento, adquiriu esse status a partir de conflitos relativos à oferta hídrica em quantidade e qualidade, quanto à garantia da sobrevivência humana e a garantia de serviços relacionados à água (BEVILACQUA, 2011). No planejamento atual, é importante focar na bacia, pois os impactos não estão limitados às linhas fronteiriças dos municípios, muitas ações de um determinado município se refletem em outros, com efeitos muitas vezes indesejados.

A gestão das ações dentro do ambiente urbano pode ser definida de acordo com a relação de dependência da água por meio da bacia hidrográfica ou da jurisdição administrativa da cidade, do estado ou da nação (TUCCI, 2008). A tendência da gestão dos recursos hídricos tem sido realizada por meio da bacia hidrográfica, no entanto a gestão do uso do solo é realizada pelo município, entretanto, a gestão pode ser realizada de acordo com a definição do espaço geográfico externo e interno à cidade.

O planejamento regional ligado ao modelo de gestão de bacia hidrográfica, regulamentado pela Lei 9.433/97, exige a formação de novas práticas de planejamento

territorial e a abertura para uma política de planejamento mais sustentável e integrado (BRITO e ANJOS, 2013). O planejamento de bacias vem ganhando força e feição, chegando a um momento da história brasileira em que novas instâncias regionais, agências e comitês de bacias estão sendo criados com o objetivo de gerir os diversos usos dos corpos d'água e, conseqüentemente, do território urbano e rural. (BRITO e ANJOS, 2010).

Poucos anos depois a PNRH, o movimento pela reforma urbana conseguiu com a aprovação do Estatuto da Cidade, Lei 10.257/01, regulamentar o Capítulo da Política Urbana da Constituição Federal de 1988, instituindo definitivamente o Plano Diretor Municipal como principal instrumento de planejamento territorial urbano (BRITO, 2008).

O Plano Diretor deve, entre diversas outras atribuições, englobar todo o município em seus estudos e diretrizes. O referido movimento vem discutindo também a revisão da Lei de Parcelamento do Solo Urbano, Lei Federal 6.766/79, defendendo sua mudança para uma “Lei de Responsabilidade Territorial” (SAULE Jr., 2008).

Segundo CALDAS (2007), durante a década de 1980, os governos estaduais estimulavam a criação de consórcios como forma de superação das dificuldades comuns, e a integração era viabilizada através de associações civis de personalidade de direito privado. Nesse contexto, e associadamente ao processo de municipalização do estado brasileiro, os novos arranjos institucionais crescem em número e diversidade, acelerando o trâmite no Legislativo Federal da Lei de formação de Consórcios Públicos.

Segundo BASTOS e GAMBATE (2010), os consórcios são autarquias inter-federativas, de natureza privada ou pública, subordinados às regras da administração pública e da gestão fiscal. Os recursos da União são transferidos apenas aos consórcios públicos de direito público, para que se estimule a criação desse tipo de arranjo. Também, a formação de consórcios públicos diminui os custos de contratação de serviços através do instituto da licitação compartilhada, facilita, em tese, a capacidade de autoadministração e patrimônio próprio, e gera imunidade tributária, o que representa um fortalecimento institucional dos consórcios.

BRITO e ANJOS (2010), analisaram comparativamente a legislação sobre planos diretores e Planos de Bacias, e, os autores, revelaram que a maior dificuldade de integração do planejamento territorial das duas instâncias está centrada muito mais nos procedimentos metodológicos do que nas funções e nos objetivos, sejam estes determinados por legislação federal ou estadual. Fundamentalmente, essas dificuldades se baseiam nas diferenças de escalas de tratamento dos objetos, ainda maiores pela não adequação às legislações federais em ambos casos, em relação à área de abrangência e aos níveis de participação. Observou-

se, ao fim, que a dificuldade na integração não é um problema de simples solução nos vários entraves, obstáculos e limites presentes ao se implantar um modelo de planejamento territorial que supere o modelo vigente (BRITO e ANJOS, 2010).

A **Tabela 3.2** apresenta, em escala, uma síntese desses entraves encontrados, e algumas recomendações que podem ajudar os principais atores envolvidos a desenvolverem ações que contribuam com a prática do planejamento territorial integrado entre bacia hidrográfica e município.

Tabela 3.2. Síntese das análises em escala e recomendações para o planejamento territorial integrado entre bacia hidrográfica e município.

Escala	Análise	Recomendações
Região	Geralmente entendida como recorte territorial que homogeneiza as dinâmicas espaciais.	Deve ser identificada principalmente pelas diferenças, e admitida como uma categoria que pode variar de acordo com o objeto regionalizado e o objetivo da regionalização.
Território	Comumente entendido como “palco” das ações humanas.	Deve ser tratado como categoria que compreende o homem e todo espaço das relações naturais e antrópicas.
Município	Padrões de formações variam. Tipologia bastante diversificada geograficamente no território nacional. Conceito popular confunde-se com conceito de cidade. Base do sistema nacional de planejamento territorial.	Participação social e interação intermunicipal são importantes para superação das dificuldades mais comuns. As ações de planejamento territorial devem compreender todo território administrativo: área urbana e rural.
Bacia Hidrográfica	Limites tecnicamente nítidos e invariáveis. A compreensão comumente abrange apenas a dimensão dos recursos hídricos.	Deve ser compreendida em sua dimensão territorial. Ao considera-la região de planejamento, deve-se estudar com atenção as dinâmicas sociais, para que não se “engesse” nos limites da bacia ações de caráter regional.
Planejamento Territorial	Apresenta grande variedade de “modelos”. Muitas vezes concebe dimensão territorial restrita ao solo urbano.	Deve ser considerado como um importante instrumento de redução das desigualdades sociais e ter esse objetivo como fio condutor de suas diretrizes para o desenvolvimento.
Histórico do planejamento territorial brasileiro	Revela predominância alternada de diversos setores sobre outros e aponta a ascensão da temática dos recursos hídricos nos últimos anos.	Deve ser observado com cuidado para que mais uma vez a política setorial não “distorça” as ações de bases territoriais, ao contrário, contribua com a integração multidisciplinar nestas bases.
Política Nacional de	Traz importantes instrumentos de apoio à gestão territorial democrática (ex.:	Necessita de ações do Governo Federal que promova a adequação das políticas

Recursos Hídricos	Comitê, Agência de bacia) e mercantil (ex.: cobrança da água bruta). Está sendo implantada de forma bastante diferenciada nos estados brasileiros.	estaduais à legislação federal. Deve incentivar a elaboração de planos diretores de bacia que considerem a dimensão territorial da bacia hidrográfica, respeitando a autonomia municipal (para que suas diretrizes sejam efetivadas). Por isso, deve ainda promover em parceria com outros órgãos federais a elaboração de Planos Diretores Municipais em consórcio.
Estatuto da Cidade	Regulariza importantes instrumentos de planejamento e gestão democrática (ex.: Plano Diretor Municipal) mas o foco na zona urbana traz pouca orientação para seu uso no município todo.	A gestão municipal deve, além de seguir as orientações contidas no Estatuto, desenvolver junto à comunidade a aplicação de instrumentos que contemplem todo o território municipal. O governo federal deve promover a articulação da elaboração dos planos diretores municipais aos planos de bacia, para que não haja descompasso setorial e perda da autonomia municipal.

Adaptado: BRITO e ANJOS, 2010.

A gestão da drenagem urbana envolve o manejo das águas pluviais no tempo e no espaço, visando a minimizar danos à sociedade e ao ambiente (TUCCI, 2012). A visão moderna da gestão desenvolve a integração dos recursos hídricos e das águas urbanas na bacia hidrográfica, observando-se a geração do escoamento e a minimização dos impactos.

3.2. Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais

O início das práticas modernas de drenagem foi realizado por cidades europeias no início século XIX, o sistema de esgoto Paris foi melhorado pelos esforços iniciais do engenheiro Pierre-Emmanuel Bruneseau que acreditava que a principal causa do despovoamento da cidade era devido à insalubridade (BURIAN e EDWARDS, 2002).

Ainda, segundo BURIAN e EDWARDS (2002), já no início do século XX a drenagem urbana foi estabelecida como serviço público prioritário. Durante esse período, elementos reguladores foram promulgados nos Estados Unidos, Europa e outros locais abordando questões de drenagem urbana. Ferramentas de modelagem de computador avançado os métodos utilizados para projetar e analisar sistemas de drenagem urbana. Regulamentos, monitoramento, modelagem de computador, e as preocupações ambientais têm alterado a perspectiva de drenagem urbana de uma saúde pública e preocupação

inundações incômodo durante a primeira metade do século XX em uma saúde pública e inundações incômodo com preocupações adicionais para proteção dos ecossistemas e da sustentabilidade urbana.

A drenagem urbana é um aspecto fundamental do planejamento de cidades, pois tende a alterar o fluxo natural do escoamento pluvial, que tende a se equilibrar naturalmente com os demais elementos do ecossistema. Segundo DESCHAMPS (2008), nos anos de 1980, a engenharia de drenagem urbana passou por uma transformação, com a incorporação de novos conceitos. Outra importante inovação foi o reconhecimento da necessidade de se estabelecer o saneamento da bacia hidrográfica do sistema de drenagem.

Ainda, segundo o DESCHAMPS (2008), o funcionamento da drenagem urbana deve obedecer aos seguintes princípios:

- Ser um melhoramento da drenagem natural;
- Ter um funcionamento não contínuo, pois depende da ocorrência de precipitações chuvosas;
- Divide-se em dois subsistemas distintos, que são a microdrenagem e a macrodrenagem;
- O escoamento pluvial a ser drenado é formado por água e sólidos;
- Os canais naturais originais têm uma calha de escoamento para as vazões de base e outra calha maior para o escoamento das vazões das cheias;
- O sistema viário urbano é parte integrante da infraestrutura da microdrenagem.

Os serviços de drenagem urbana visam limitar os alagamentos nos logradouros públicos, promover uma destinação adequada para os efluentes pluviais e reduzir a frequência das inundações.

Segundo BAPTISTA e NASCIMENTO (2002), inúmeros projetos de drenagem urbana de águas pluviais são desenvolvidos e implantados, em cidades brasileiras, adotando-se, indiscriminadamente, o método racional ou metodologias equivalentes, sem que preocupações ou questionamentos sobre a pertinência do método, a adequação da solução de drenagem, os impactos impostos para jusante da área drenada, em aumentos de volume, vazão e de poluentes, sejam levantados.

3.2.1. ÁGUAS PLUVIAIS EM ÁREA URBANAS

Segundo POMPÊO (2000), de uma forma geral, as enchentes são fenômenos naturais que ocorrem periodicamente nos cursos d'água devido a chuvas de magnitude elevada. As enchentes em áreas urbanas podem ser decorrentes destas chuvas intensas de longo período

de retorno; ou devido a transbordamentos de cursos d'água provocados por mudanças no equilíbrio no ciclo hidrológico em regiões a montante das áreas urbanas; ou ainda, devido à própria urbanização. O escoamento pluvial pode produzir inundações e impactos nas áreas urbanas em razão das redes de drenagem urbana e segundo BENZERRA *et al* (2012) e responsável pela veiculação de cargas poluidoras, além de se constituir em importantes fontes de degradação de rios, lagos e estuários. Para efeitos meramente orientadores deste trabalho, foram adotadas as seguintes classificações (Ministério das Cidades/IPT, 2007):

- Inundação representa o transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea.
- As enchentes ou cheias são definidas pela elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar.
- O alagamento é um acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem.
- A enxurrada é escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais.

Ações localizadas, feitas em algum ponto da bacia hidrográfica, podem ser sentidas a quilômetros de distância. Todos os componentes das bacias hidrográficas encontram-se interligados e os rios são os veículos dessa integração. Devido a essa interligação natural, as bacias hidrográficas são excelentes unidades de planejamento e gerenciamento (TUCCI *et al*, 2001).

A gestão da água através da bacia hidrográfica é realizada a nível Federal ou Estadual, na cidade a legislação de recursos hídricos prevê a outorga dos efluentes de áreas urbanas que pode ser condicionado ao Plano de Saneamento Ambiental das cidades. O plano integrado de saneamento ambiental das cidades deve contemplar as águas de abastecimento, esgotamento sanitário, drenagem e resíduos sólidos ou planos setoriais como o Plano de Drenagem Urbana integrado aos demais Planos da cidade e subordinados ao Plano Diretor.

A legislação Federal primordial que aborda a questão da drenagem é a Lei nº 11.445 de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007). Conhecida como a Lei do Saneamento, em seus princípios fundamentais o Art. 2º sobre a prestação dos serviços de saneamento básico, mais especificamente no caso de manejos de águas pluviais, em seu parágrafo IV dita que o serviço deverá ter, como definição de drenagem e manejo de águas pluviais, quanto a serviços de saneamento básico:

“Disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado”.

- “Saneamento básico: conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:
 - d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas”.

Com relação ao aspecto econômico e social do serviço em seu artigo 29, apresenta a possibilidade de cobrança pelo serviço de saneamento básico e em seu parágrafo III, do manejo de águas pluviais urbanas.

Art. 29. Os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada, sempre que possível, mediante remuneração pela cobrança dos serviços:

III - de manejo de águas pluviais urbanas: na forma de tributos, inclusive taxas, em conformidade com o regime de prestação do serviço ou de suas atividades.

E em seu artigo 36, estabelece algumas normativas para a cobrança:

Art. 36. A cobrança pela prestação do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas deve levar em conta, em cada lote urbano, os percentuais de impermeabilização e a existência de dispositivos de amortecimento ou de retenção de água de chuva, bem como poderá considerar:

- I. O nível de renda da população da área atendida;
- II. As características dos lotes urbanos e as áreas que podem ser neles edificadas.

Em seu artigo 52, estabelece que a União realizará sob coordenação do Ministério das Cidades:

II - Planos regionais de saneamento básico, elaborados e executados em articulação com os Estados, Distrito Federal e Municípios envolvidos para as regiões integradas de desenvolvimento econômico ou nas que haja a participação de órgão ou entidade federal na prestação de serviço público de saneamento básico.

Segundo o mesmo artigo o Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab, 2008) deve:

- I. “Abranger o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, o manejo de resíduos sólidos e o manejo de águas pluviais e outras ações de saneamento básico de interesse para a melhoria da salubridade ambiental, incluindo o provimento de banheiros e unidades hidrossanitárias para populações de baixa renda”;
- II. “Tratar especificamente das ações da União relativas ao saneamento básico nas áreas indígenas, nas reservas extrativistas da União e nas comunidades quilombolas”.

O Plansab foi lançado no final de 2013, elaborado em três etapas, planejado e coordenado pelo Ministério das Cidades: 1) a formulação do “Pacto pelo Saneamento

Básico: mais saúde, qualidade de vida e cidadania”, que marca o início do processo participativo de elaboração do Plano em 2008; 2) a elaboração, em 2009 e 2010, de extenso estudo denominado “Panorama do Saneamento Básico no Brasil”, que tem como um de seus produtos a versão preliminar do Plansab; e 3) a “Consulta Pública”, que submete a versão preliminar do Plano à sociedade, de modo a promover ampla discussão com vistas à consolidação de sua forma final para posteriores encaminhamentos e execução.

Como resultado, o Plano propôs a execução da política de saneamento básico no país com base em três programas: 1) Saneamento Básico Integrado, com objetivo de financiar a implantação de medidas estruturais, para a conformação das infraestruturas, envolvendo os quatro componentes do saneamento básico — água de abastecimento, esgotamento sanitário, gerenciamento de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais; 2) Saneamento Rural, destinado à população do campo e às populações tradicionais, com implantação de infraestrutura e de medidas estruturantes, como aquelas que fornecem suporte político e gerencial para a sustentabilidade da prestação dos serviços, envolvendo participação, educação ambiental e capacitação; 3) Inclui também, financiar medidas que visem à melhoria da gestão, da assistência técnica, da capacitação e das ações de desenvolvimento científico e tecnológico em saneamento, com ênfase na qualificação dos investimentos públicos (BRASIL, 2011).

Para o Plansab a maior amplitude conceitual para o *déficit em saneamento básico* sugere a necessidade da construção de uma definição que contemple, além da infraestrutura implantada, os aspectos socioeconômicos e culturais e, também, a qualidade dos serviços ofertados ou da solução empregada (BRASIL, 2011). É adotada a representação do conceito de déficit em saneamento básico apresentado na **Figura 3.14**.

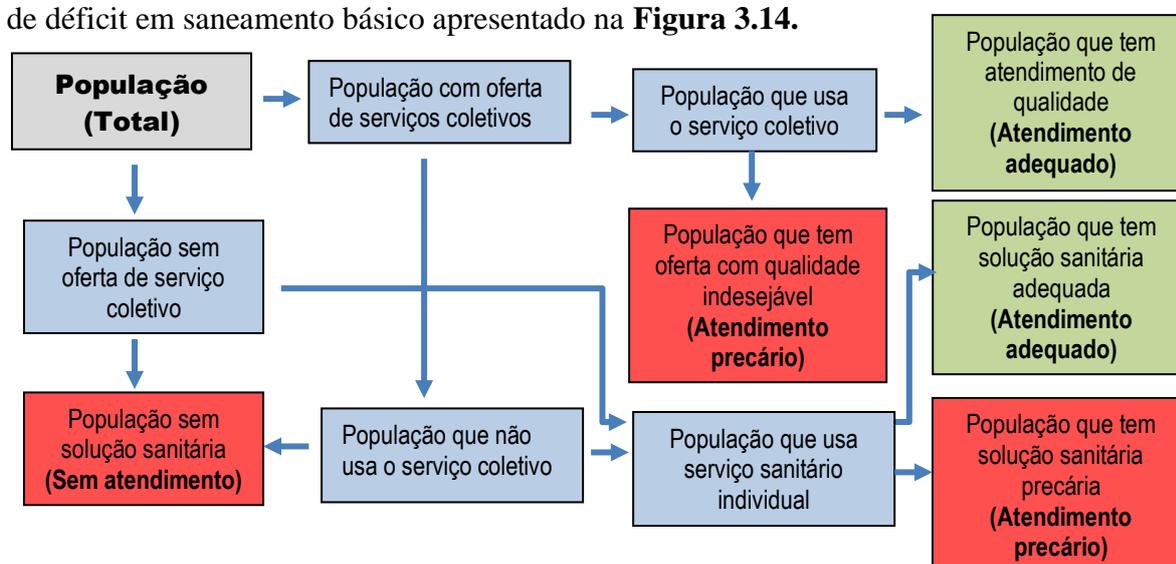


Figura 3.14. Estrutura do conceito de déficit de atendimento de saneamento Básico adotado no PLANSAB. Fonte: BRASIL, 2011.

Apesar de inserir a drenagem e o manejo de águas pluviais, a Lei de Saneamento deixa a desejar no que tange ao tratamento sistêmico que o tema necessita, faz referência apenas os elementos estruturais que compõem os sistemas de escoamento das águas, deixando de lado questões importantes relacionadas ao tema como o combate a inundações, prevenção de riscos - incluindo ocupação de zonas ribeirinhas e encostas, escassez de água, combate à poluição de recursos hídricos - tema bastante atual no momento. Segundo DESCHAMPS (2008), os serviços de águas pluviais devem ser pensados como parte de um sistema de uso das águas e gestão de eventos críticos, fazendo parte de estratégias de gestão em busca de soluções para os impactos e pressões exercidas e para seus desdobramentos futuros como a o crescimento e a expansão demográfica, o aumento da demanda por água e as mudanças climáticas e seus efeitos no meio ambiente.

De acordo com a Constituição Federal, as ações de combate a enchentes são de responsabilidade da União (TUCCI *et al*, 2000). Porém, a própria Constituição de 88 aumentou a autonomia municipal em áreas como habitação, saneamento, meio ambiente, sendo que, algumas das medidas não estruturais são realizadas pelo poder público municipal.

As leis de uso e ocupação do solo, restringindo a área a ser construída e seu máximo grau de impermeabilização, e os planos diretores, exemplificam a ação dos municípios.

Segundo a Constituição Federal de 1988 é de competência dos Municípios “*promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano*”. Essa competência está sujeita as normas Federais e Estaduais (BRASIL, 1988). Portanto, cabem à Federação, Estados e Municípios legislar sobre questões relacionadas ao manejo de águas pluviais, como o caso de áreas de preservação permanentes em regiões urbanas, entretanto, cabe aos municípios criar instrumentos de disciplinamento da ocupação do solo e seu parcelamento, por meio de seu Plano Diretor, Planos Estratégicos, Zoneamentos e outras legislações mais específicas.

De acordo com ANDRADE (2004) podemos citar como exemplos de medidas não estruturais: zoneamento das áreas de risco, planejamento do uso do solo, sistemas de previsão e alerta, seguro contra enchentes, além de projetos de conscientização e educação ambiental junto à população. Infelizmente, no Brasil, essas leis de uso e ocupação do solo, ficam restritas às suas criações, não sendo efetivamente implementadas em função da falta de fiscalização.

Segundo SCHUBART (1999), o zoneamento envolve o resultado de um processo político-administrativo, em que o conhecimento técnico, ao lado de outros critérios, é

utilizado para fundamentar a adoção de diretrizes e normas legais, visando atingir objetivos socialmente negociados, que implicam em um conjunto de sanções ou incentivos sociais que restringem o uso de recursos e a ocupação do território.

Dessa forma, para ANDRADE (2004), tomando esse conceito para o âmbito de ações de combate a enchentes, pode-se dizer que o zoneamento das áreas de risco consiste em delimitar áreas associadas a enchentes com diferentes períodos de retorno, sendo necessário apenas conhecimento técnico para tal tarefa. A determinação dos limites destas áreas, no entanto, é feita em função do grau de risco que se assume como aceitável em cada uma delas, vindo a envolver um processo político-administrativo. Assim, tem-se o conhecimento do grau de susceptibilidade de cada zona permitindo a elaboração do planejamento de sua ocupação através de diretrizes e normas legais. O zoneamento determina quais áreas podem ser ocupadas, já o planejamento do uso e ocupação diz respeito a como essas áreas devem ser ocupadas.

A Prefeitura do Município de São Paulo (SÃO PAULO, 2014), numa tentativa de estabelecer instrumentos de gestão das áreas de riscos referentes ao manejo de águas pluviais, apresenta a necessidade de se realizar um zoneamento específico para zonas de inundação que deverá ser baseado no mapeamento das áreas de inundação correspondente ao período de retorno de 100 anos. Para a gestão esse zoneamento deve ser inserido no Plano diretor Municipal, a regulamentação terá dois enfoques a gestão dos serviços de saneamento por bacia hidrográfica e o zoneamento dos fundos de vale de acordo com os riscos existentes em cada área. As normas que condicionam o uso e ocupação do solo a serem inseridas na lei de zoneamento devem ser aplicadas a áreas enquadradas nas seguintes condições:

- Áreas livres de risco de inundação, não ensejando qualquer tomada de decisão adicional, além da legislação em vigor;
- Áreas com ocupação parcialmente restrita, cabendo a definição dos tipos de usos e edificações compatíveis com a situação de cada área, por meio de decreto;
- Áreas com total restrição à ocupação, cabendo a sua utilização apenas para parques lineares, campos de esportes não impermeabilizados etc., conforme definido em decreto.

Segundo TUCCI (2005) os Planos Diretores das cidades, geralmente, não possuem nenhuma restrição quanto à ocupação das áreas de risco de inundação, a sequência de anos sem enchentes é razão suficiente para que empresários desmembrem essas áreas para ocupação urbana. Outras razões apontadas pelo autor são a invasão de áreas ribeirinhas, que

pertencem ao poder público, pela população de baixa renda e a ocupação de áreas de médio risco, de menor frequência, mas, quando ocorrem inundações os prejuízos são significativos.

O gerenciamento atual não incentiva a prevenção desses problemas, já que, à medida que ocorre a inundação, o município declara calamidade pública e recebe recurso a fundo perdido. Para gastar os recursos, não é preciso realizar concorrência pública. Como a maioria das soluções sustentáveis passa por medidas não estruturais, que envolvem restrições à população, dificilmente um prefeito buscará esse tipo de solução, porque geralmente a população espera por obras (TUCCI e PORTO, 2000). Ao passo que, para implantar as medidas não estruturais, ele teria que interferir em interesses de proprietários de áreas de risco, que politicamente é complexo localmente.

Segundo MONTEIRO (2014), de todos os setores de infraestrutura nos quais o Brasil briga por romper seu atraso, o do saneamento básico é o mais crítico implicado inúmeras perdas não apenas financeiras, como as geradas pela ineficiência nas redes de abastecimento de água, como para a qualidade de vida da população, exposta a doenças resultantes da falta de tratamento de esgoto.

3.2.2. IMPACTO DA URBANIZAÇÃO SOBRE OS PROCESSOS HIDROLÓGICOS

CRUZ *et al.* (2007) e BUTLER e PARKINSON (1997), consideram sustentáveis os sistemas de drenagem que minimizam a perturbação aos processos naturais e sociais e o ônus a empreendedores e municipalidades para manutenção e ampliação de sua infraestrutura. Desta forma, o grau de integração do sistema de drenagem a outras atividades e ao meio serve como parâmetro para identificar seu nível de sustentabilidade.

O crescimento urbano desordenado das cidades brasileiras provoca impactos significativos na população e no meio ambiente. Esses impactos são desencadeados principalmente pela forma como as cidades se desenvolvem: planejamentos equivocados, falta de controle do uso do solo e de ocupações de áreas de risco e sistemas de drenagem inadequados ou ineficientes (ROSSETO, 2003). O modelo tradicional de gestão de águas pluviais tem como filosofia *escoar a água precipitada o mais rapidamente possível para jusante*.

Esses sistemas são projetados basicamente com base em séries históricas de dados meteorológicos e previsões de padrões para o desenvolvimento urbano. O principal objetivo é reduzir o risco de inundações localizadas, embora os sistemas sejam frequentemente implantados com pouca consideração sobre impactos à jusante. A **Figura 3.15**, apresenta o

fluxo urbano simplificado das águas pluviais, com destaque à questão qualitativa dessas águas.

Alguns dos problemas atualmente enfrentados pela gestão de águas pluviais incluem (SILVEIRA, 2002):

- Chuvas intensas fazem com que a capacidade de sistemas unitários seja excedida, resultando em transbordamentos de águas residuais não tratadas para o ambiente;
- Poluentes sem uma origem definida, como metais pesados e óleos provenientes de telhados, ruas e estacionamentos, além de nutrientes, pesticidas e herbicidas de jardins parques e loteamentos são diluídos nos escoamentos superficiais até os cursos d'água receptores;
- A impermeabilização das superfícies esgota aquíferos ao reduzir sua recarga natural;
- Fluxos em alta velocidade causam erosão e, conseqüentemente, assoreamento de córregos, rios e estuários receptores;
- Tratamento do tipo centralizado de águas pluviais é caro e tem uso intensivo de energia;
- A rápida remoção de água de chuva de áreas urbanas reduz a evapotranspiração. Quando combinado ao efeito de aquecimento de superfícies impermeáveis, o resultado é um microclima urbano mais quente;
- A rápida remoção de água pluvial de áreas urbanas impede que ela seja utilizada para fins não potáveis e para paisagismo;
- A rápida coleta e transporte de águas pluviais para cursos de água receptores como rios e córregos aumentam o risco de inundações à jusante.

Para alterar esta tendência é necessário adotar princípios de controle de enchentes que considerem o seguinte (TUCCI *et al*, 2005):

- O aumento de vazão devido à urbanização não deve ser transferido para jusante;
- Deve-se priorizar a recuperação da infiltração natural da bacia, visando a redução dos impactos ambientais;
- A bacia hidrográfica deve ser o domínio físico de avaliação dos impactos resultantes de novos empreendimentos, visto que a água não respeita limites políticos;
- O horizonte de avaliação deve contemplar futuras ocupações urbanas;

- As áreas ribeirinhas somente poderão ser ocupadas a partir de um zoneamento que contemple as condições de inundações;
- As medidas de controle devem ser preferencialmente não estruturais.

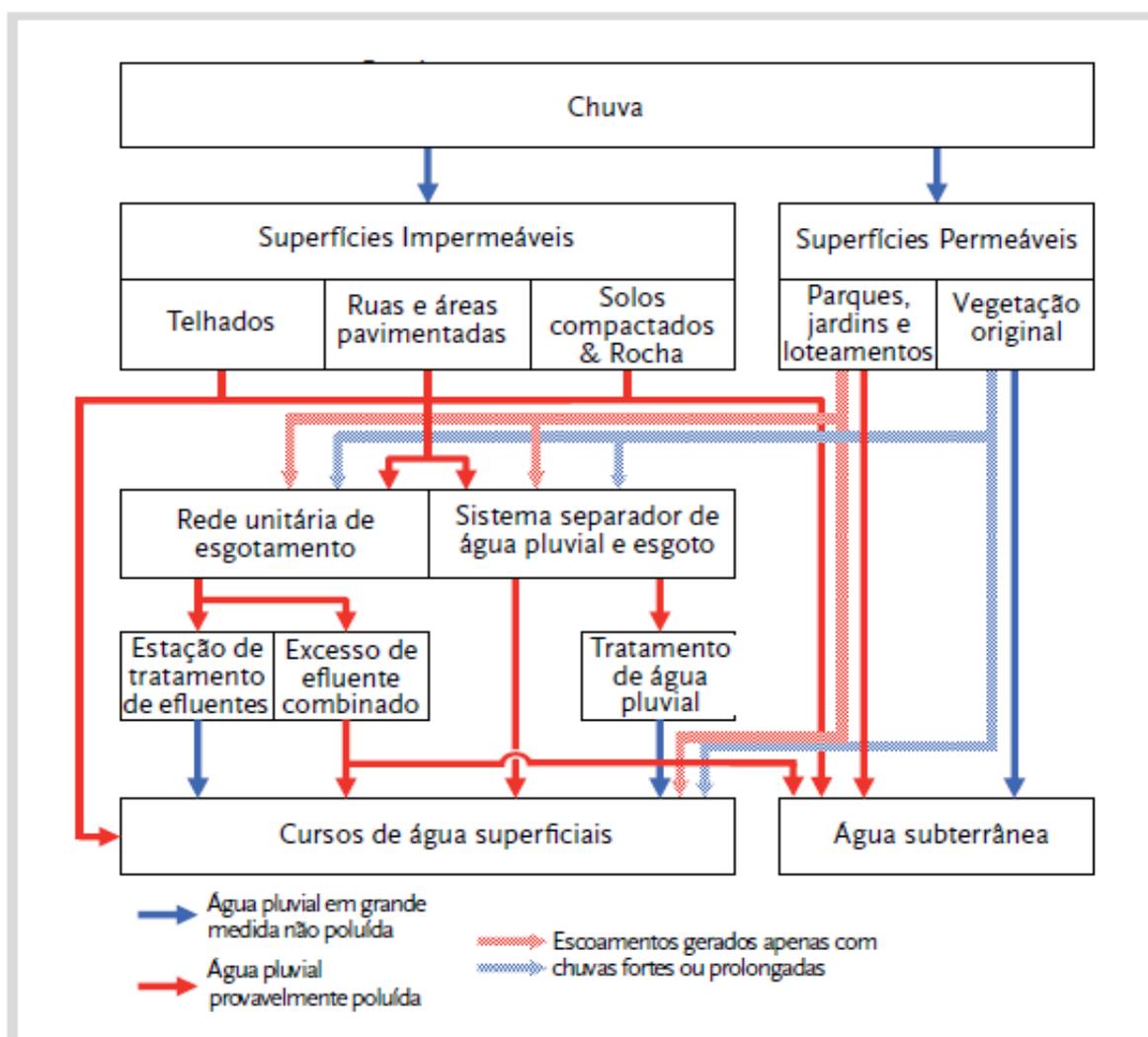


Figura 3.15. Fluxo de águas pluviais em espaço urbano.

Fonte: Phillip *et al.* (2011).

Os impactos causados pelas enchentes vêm crescendo muito devido às modificações antrópicas nas bacias hidrográficas e a progressiva ocupação das áreas naturais de inundação. A urbanização modifica o ciclo hidrológico, alterando suas parcelas e o balanço hídrico da bacia hidrográfica como ilustrado na **Figura 3.16a**, enquanto a **Figura 3.16b**, apresenta o balanço hídrico, também, com relação à pré e pós-urbanização.

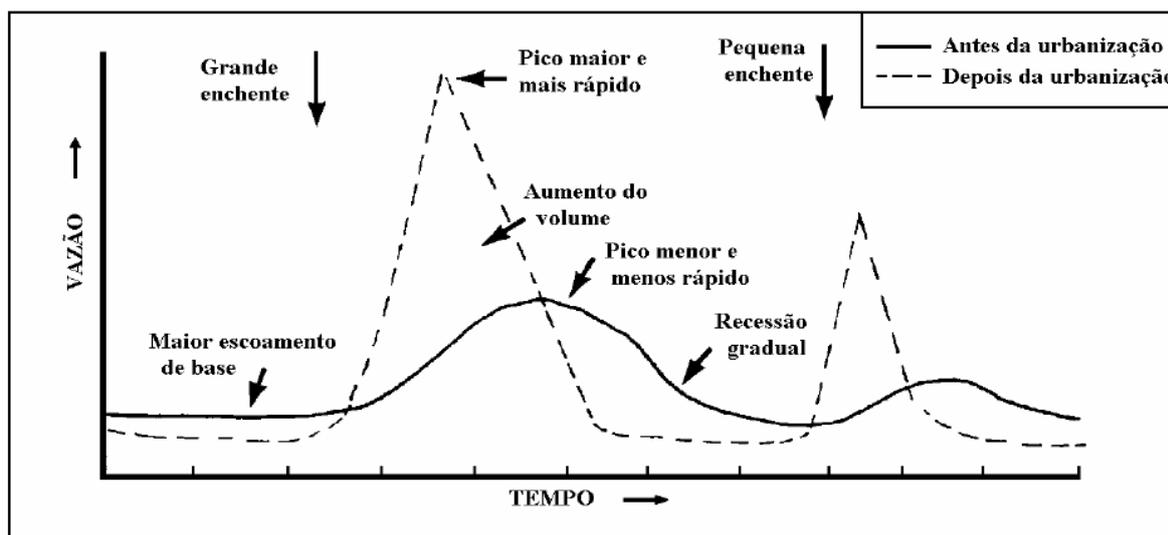


Figura 3.16a. Progresso do escoamento superficial durante o tempo, em situações de pré e pós urbanização. Fonte SCHUELER, 1987

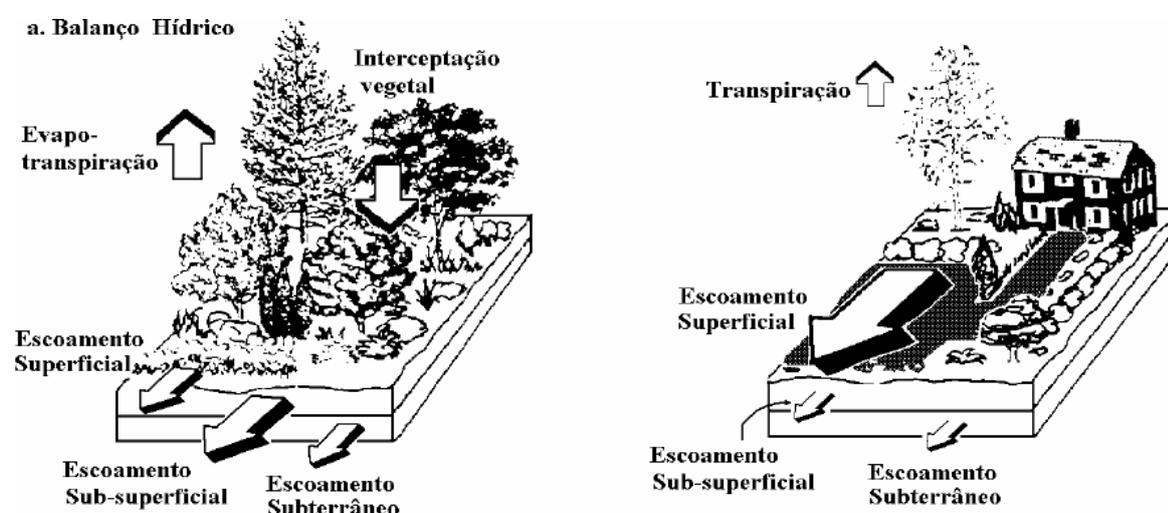


Figura 3.16b: características do balanço hídrico pré e pós-urbanização. Fonte: SCHUELER, 1987.

A urbanização caótica associada ao uso inadequado do solo provoca a redução da capacidade de armazenamento natural dos deflúvios. A solução adotada tradicionalmente visa o aumento da velocidade dos escoamentos com obras de canalização e retificação de cursos d'água (CANHOLI, 2005).

Ainda, segundo CANHOLI (2005) o planejamento do desenvolvimento urbano, quase sempre inconsistente ou até mesmo inexistente, associado ao crescimento acelerado das cidades resulta em inúmeros problemas, especialmente no que diz respeito à dinâmica das águas pluviais. Isto se deve a expansão das áreas impermeáveis, que aceleram e ampliam

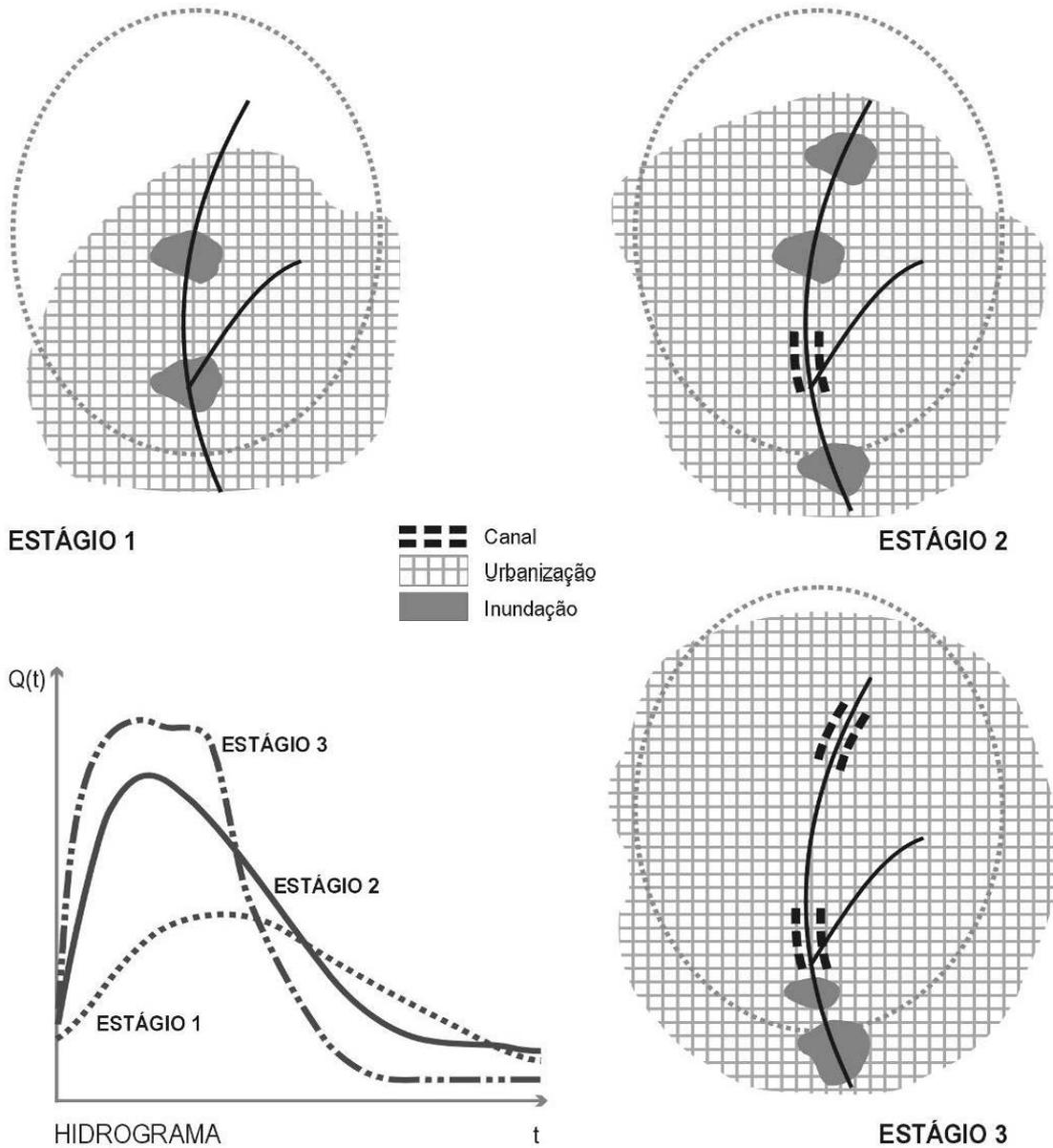
o escoamento superficial, aumentando conseqüentemente os picos de vazão nos cursos d'água.

Projetos de canalização de córregos para resolução de problemas locais de inundações, apenas transferem para jusante seus efeitos, num curto prazo, com a possibilidade de retorno dos problemas num longo prazo devido à falta de manutenção do canal. À medida que a precipitação ocorre, e a água não é infiltrada no solo, o volume escoado pelos condutos do sistema de drenagem.

Segundo TUCCI (2003), países desenvolvidos verificaram que os custos de canalização eram muito altos e abandonaram esse tipo de solução no início dos anos 1970, enquanto os países em desenvolvimento adotam sistematicamente essas medidas, perdendo duas vezes, pois têm custos muito maiores e aumento dos prejuízos. Com a canalização dos rios a demanda de água cresce na jusante provocando inundações na população que mora nas porções de velocidade de escoamento ou nos fundos dos vales.

Segundo TUCCI e BERTONI (2003) os efeitos podem ser divididos em 3 estágios distintos, inicialmente a bacia está parcialmente ocupada e ocorre inundações em dois locais distintos, num segundo estágio, com o aumento da ocupação urbana e a canalização de um determinado trecho, as inundações são transferidas de localização e, ainda, pode ocorrer aumento dos pontos de inundações. No terceiro estágio, todas as inundações são transferidas para jusante, com aumento do pico e da aceleração do escoamento (**Figura 3.17**).

Com relação a retificação de um córrego, aumenta a velocidade das águas e o pico do hidrograma a jusante, podendo causar verdadeiras catástrofes em relação à inundações, segundo CANHOLI (2005) a canalização de rios torna a velocidade de vazão até seis vezes maior do que a natural isso devido ao volume de água que chega das galerias pluviais que na maioria das vezes acaba sendo um fator determinante na degradação das águas pluviais e de cursos receptores. Esses princípios foram abandonados pelos países desenvolvidos no início da década de 1970 (TUCCI, 2003). A **Figura 3.18** apresenta o processo de retificação de um canal e o impacto em seu hidrograma a jusante e a montante.



Estágio 1: inundações em dois locais da bacia e parte da bacia urbanizada

Estágio 2: canalização de um trecho e aumento da ocupação urbana

Estágio 3: As canalizações são concluídas e as inundações ocorrem a jusante devido ao aumento do pico e aceleração do escoamento

Figura 3.17: A abordagem tradicional da drenagem urbana e sua relação com os alagamentos. Fonte: TUCCI e BERTONI (2003).

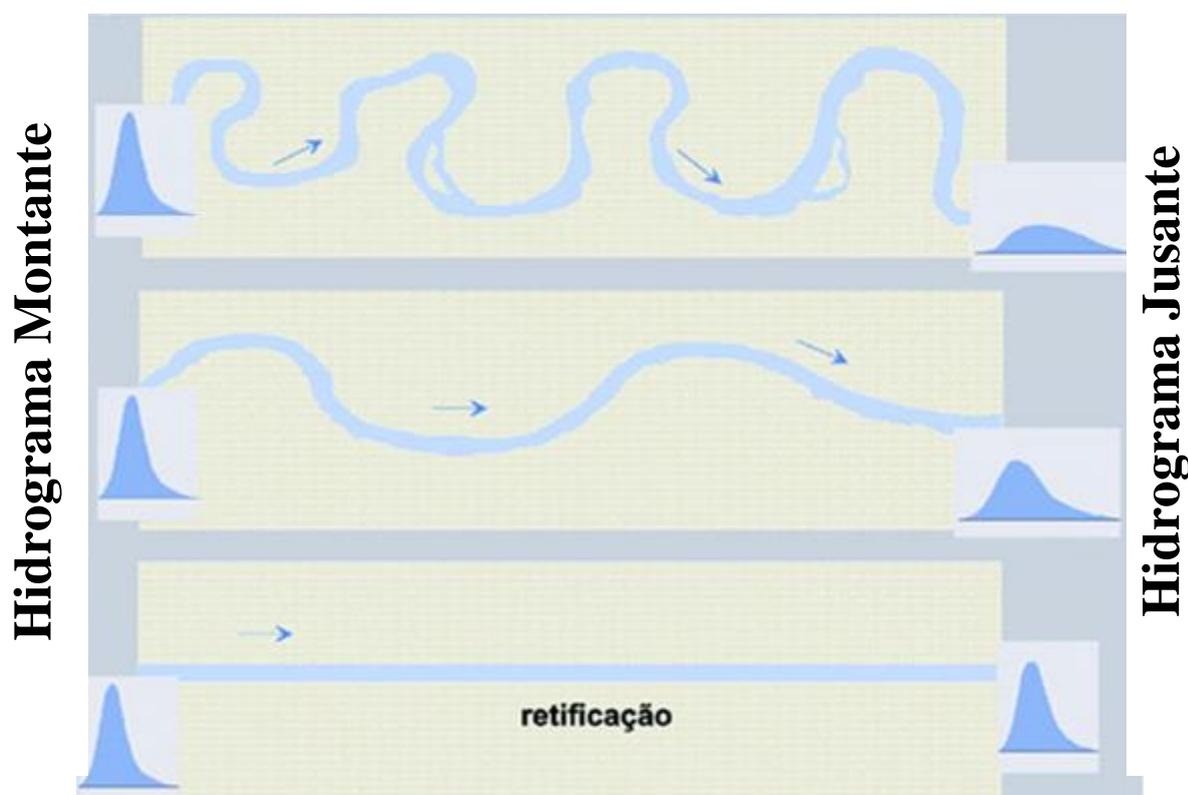


Figura 3.18. Diferença no amortecimento do hidrograma de enchente em função de modificações no percurso da água. Adaptado de Tucci, 2003.

Habitualmente, o processo de urbanização tem seu início nas áreas mais baixas da bacia, que possuem um melhor acesso e melhores condições para a construção, permitindo a instalação das comunidades e atividades produtivas. Após a ocupação das áreas mais planas, a urbanização se expande para as regiões mais altas, substituindo a vegetação natural por áreas impermeáveis e, assim, dificultando a retenção das águas de chuva.

Décadas de estudos disponíveis demonstram claramente os impactos negativos da urbanização sobre todas as facetas do ambiente natural (SCHUELER, 2000). Os impactos são sentidos não só nos aspectos físicos, mas também sobre as condições químicas e biológicas dos nossos recursos hídricos.

O balanço hídrico descreve o ciclo hidrológico dentro de uma bacia hidrográfica e proporciona um equilíbrio natural dentro do sistema entre os componentes de precipitação, escoamento superficial, infiltração, evaporação e transpiração. (TORONTO AND REGION CONSERVATION, 2006), com o início do desenvolvimento urbano, esse equilíbrio natural é profunda e permanentemente alterado. Os impactos iniciam com a limpeza do terreno, com a remoção da vegetação responsável pela interceptação e desaceleração do fluxo da chuva e, também, a devolução de parte dessa água para atmosfera por meio da evapotranspiração; o

processo de nivelamento do terreno, eliminando as depressões naturais que diminuem a velocidade do escoamento e providenciam o armazenamento provisório para a água da chuva infiltrar ou evaporar; a retirada da camada superficial e a compactação do subsolo eliminam ou reduzem drasticamente a capacidade de recarga das águas subterrâneas e reduz a capacidade de armazenamento de umidade do solo. A água que infiltraria e reabasteceria as águas subterrâneas, são rapidamente transformadas em escoamento superficial.

Segundo TRENTIN e SIMON (2005), os fundos de vale e as planícies de inundação são importantes no equilíbrio dos escoamentos, pois concentram o escoamento e são capazes de absorver a carga extra, derivadas de picos pluviométricos concentrados na bacia. Portanto, são zonas de necessária preservação, uma vez que permitem a ampliação do leito do canal para escoar cargas adicionais de água e sedimentos. A **Figura 3.19**, apresenta os pontos de inundações e alagamentos, em uma área urbanizada numa planície de inundação.



Figura 3.19: Região afetada, antes e depois da enchente.

Foto: Paulo Fávani/USP Imagens (2014).

Para MASCARENHAS e MIGUEZ (2007) a concepção da drenagem urbana deve considerar alguns aspectos locais, tornando cada solução única, sendo que a replicação de algumas experiências bem-sucedidas em países, podem acarretar desperdício de dinheiro, conflitos sociais e impactos ambientais e as soluções acabam não se efetivando. Desta forma, é necessário compreender o crescimento e os padrões de mudanças de uso do solo, com a finalidade de definir planos urbanos e de controles de inundações que considerem os aspectos ambientais, culturais, sociais e econômicos, a **Figura 3.20** apresenta os padrões

de crescimento das cidades de países em desenvolvimento com ocupação de zonas várzeas e a impermeabilização dos solos.

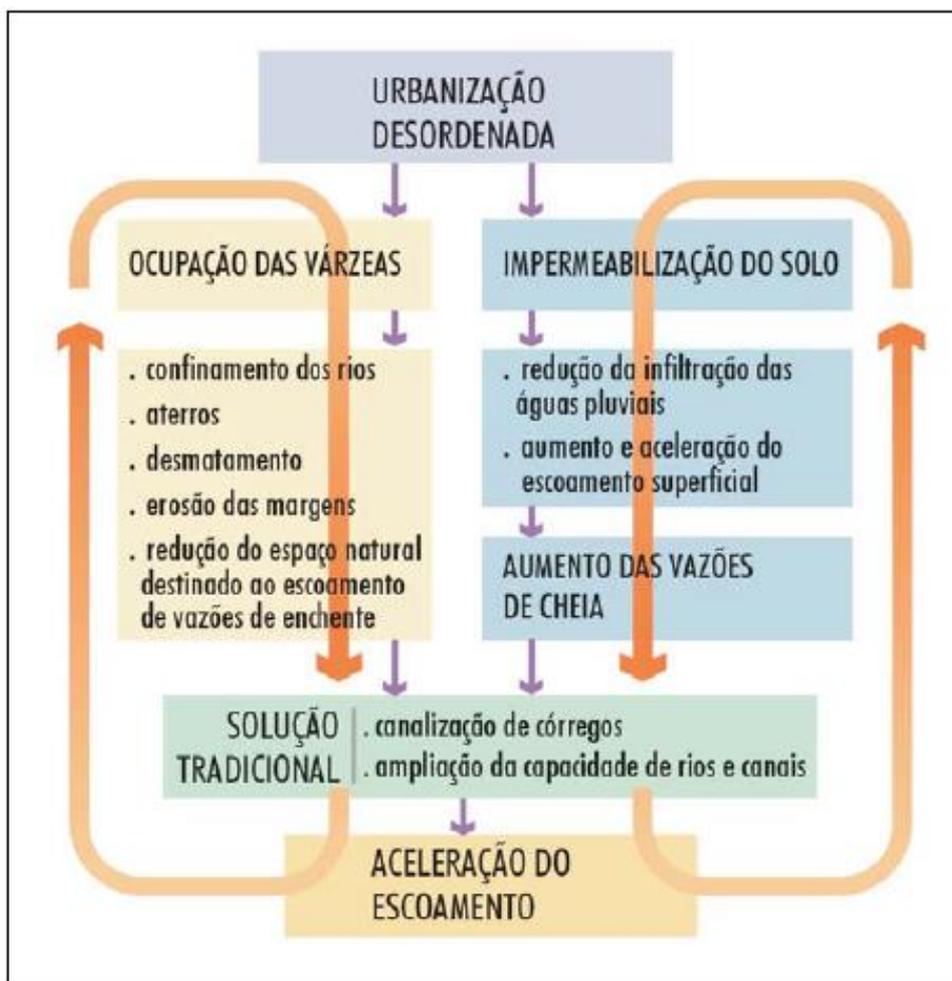


Figura 3.20: Processo de ocupação desordenada. Fonte: TUCCI, 2005.

Algumas questões de urbanização e inundações urbanas comuns aos países em desenvolvimento estão listadas abaixo:

- Grande crescimento populacional em um curto período de tempo;
- Urbanização sem planejamento e ordenamento;
- Deficiência na cobertura espacial de drenagem, abastecimento de água, esgoto, e infraestrutura de tratamento de águas residuais;
- Remoção e eliminação inadequadas de resíduos sólidos;
- Falta de capacidade de investimento;
- Necessidade de definição de planos e diretrizes para a gestão da drenagem urbana e qualificação do quadro técnico municipal;
- Conflitos com relação às responsabilidades;

- Políticas habitacionais incapazes de prevenir e evitar ocupações irregulares;
- Ocupações legais e ilegais de áreas de risco de inundações e deslizamentos;
- Grande número de ocorrências de doenças de veiculação hídrica;
- Falta de programas de educação e sensibilização da população, que frequentemente causam danos às estruturas de controle de inundações e dispõem resíduos domésticos nas ruas e nas margens dos rios;

Para TUCCI, (1995) as inundações urbanas são um problema crônico no Brasil, devido, principalmente, ao planejamento inadequado dos projetos e gerenciamento da drenagem. O pensamento equivocado é reflexo da ideia pré-concebida de que a boa drenagem é aquela que permite escoar rapidamente a água precipitada. As consequências desses equívocos é um impacto extremamente elevado para a sociedade ao meio ambiente. Assim, a melhor drenagem é aquela que maneja o escoamento, com objetivo de não se produzir impactos no local nem a jusante, utilizando métodos de retenção e infiltração de águas pluviais, por meio de técnicas de manejo mais sustentáveis.

3.2.3. IMPACTOS AMBIENTAIS DA URBANIZAÇÃO NO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS.

Uma parte da precipitação que atinge a superfície da terra fica retida, originando a evaporação e o escoamento superficial. A outra parte dá origem à infiltração, que também é fonte de evaporação, umedecendo o solo, ou alimentando as águas subterrâneas. Assim a precipitação é a fonte de água das bacias hidrográficas. A rápida remoção de água de chuva de áreas urbanas reduz a evapotranspiração que quando combinado ao efeito de aquecimento de superfícies impermeáveis deixa o microclima urbano mais quente - *Efeito Ilhas de Calor* (PHILLIP *et al*, 2011).

Por ser o efeito de enchentes e inundações, processos naturais ligando chuvas, escoamentos e canais, a urbanização vem gerar diversos problemas relacionados às águas pluviais, ampliando efeitos danosos e gerando novos efeitos e problemas. Um dos impactos pouco discutidos é o efeito do esgoto.

Os esgotos podem ser combinados ou unitários (esgoto e pluvial num mesmo conduto) ou separados (rede pluvial e sanitária separada) (PEPLAU e CABRAL, 2005). A legislação estabelece o sistema separador, mas na prática isto não ocorre devido às ligações clandestinas e à falta de rede de esgoto (PEPLAU e CABRAL, 2005). Devido à incapacidade financeira para implantação da rede, algumas prefeituras permitem o uso da rede pluvial para

transporte do esgoto sanitário (TUCCI, 2008), essa medida se torna inadequada do ponto de vista ambiental, pois o esgoto lançado não é tratado.

Outro ponto importante quando se discute problemas relacionados as águas pluviais é a poluição difusa caracterizada como aquela que é difícil de se determinar e controlar a origem e está relacionada com ações antrópicas e o fenômeno das primeiras chuvas (*first flush*). Os primeiros 25 mm de escoamento superficial geralmente transportam grande parte da carga poluente de origem pluvial (SCHUELLER, 1987). A quantidade de material suspenso na drenagem pluvial apresenta uma carga poluidora muito alta, devido às vazões envolvidas, uma das formas de avaliar a qualidade da água urbana é através de parâmetros que caracterizam a poluição orgânica e a quantidade de metais (TUCCI, 2008).

Diretamente relacionado ao problema de poluição difusa está à questão dos resíduos sólidos. A limpeza urbana ou limpeza de logradouros públicos é a que mais tem relação com os resíduos sólidos que potencialmente atingem a rede de drenagem urbana, pois a incumbência de quem trata deste serviço é retirar os resíduos despejados no solo (NEVES, 2006). Assim, a varrição representa maior preocupação dado que a sarjeta, elemento de escoamento superficial, acaba recebendo boa parte do resíduo despejado (NEVES, 2006)

Como resultado do diagnóstico realizado pelo “Panorama do Saneamento Básico no Brasil”, mais especificamente no que tange ao manejo de águas pluviais e drenagem, um dos panoramas indiretos que cabe destacar é a oferta de serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos, 66,4% de atendimento à população foi considerado adequado e como parte do déficit apresentam-se 20,5% de atendimento precário e sem atendimento 13,1% (IBGE, 2008). A parte deficitária dessa coleta está diretamente relacionada com problemas de drenagem urbana, com entupimento de canais e dutos de drenagem, assim como a contaminação de recursos hídricos por meio de arraste desses resíduos pelas águas pluviais, essas situações são apresentadas na **Figura 3.21**.

A deposição de resíduos sólidos da construção civil em locais inadequados também é outro causador de problemas para os sistemas de drenagem das cidades (MORAIS, 2006), principalmente quando esses depósitos clandestinos estão à beira de rios, córregos e canais. Algumas obras como aterros, pontes e travessias também alteram o padrão de escoamento natural.

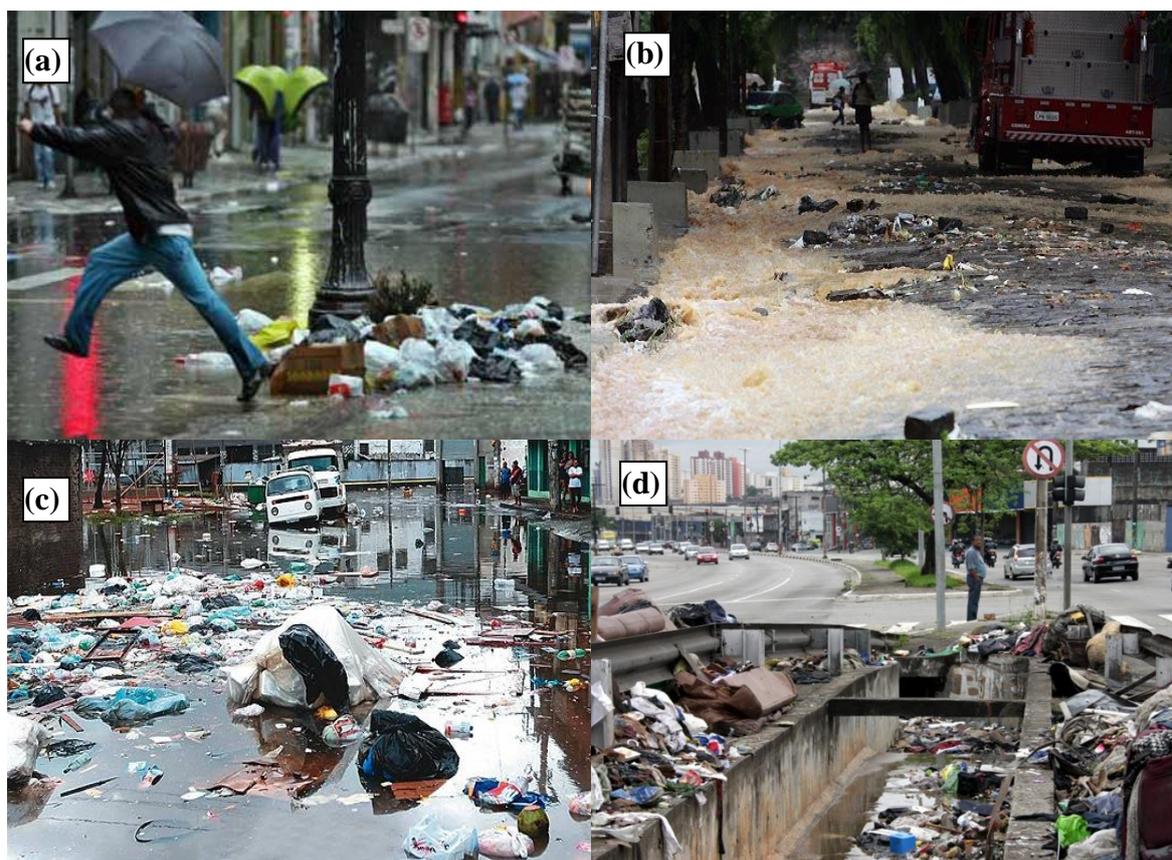


Figura 3.21. Resíduos sólidos despejados em locais inadequados e que dificultam a ação do sistema de drenagem. Fonte: **Jornal O Estado de São Paulo**. Diferentes regiões do Município de São Paulo: (a) e (b) Região Central; (c) Zona Leste; (d) Zona Norte. 2013.

Outro impacto bastante relevante, da deposição de resíduos em locais irregulares relacionado às chuvas, são os reservatórios de água, locais nos quais proliferam as larvas de mosquitos como o *Aedes aegypti*, agente transmissor da dengue. Também, decorrente do acúmulo de resíduos sólidos, é o crescimento da população de roedores transmissores da Leptospirose. Essa doença transmitida por meio da urina do rato de esgoto aumenta seu risco com o acúmulo de água em alagamentos e inundações, principalmente, quando as águas da chuva se misturam com as águas de esgoto. Após as enchentes e inundações ocorridas na Região Serrana do Rio de Janeiro, foram diagnosticados 28 casos de leptospirose (DEFESA CIVIL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2011). Algumas outras enfermidades de origem hídrica que podem ser agravadas por inundações e alagamentos são hepatites, febre tifoide, cólera e outras doenças diarreicas.

A ocupação de áreas inundáveis naturalmente é, potencialmente, responsável por prejuízos socioeconômicos (TUCCI, 2002). Essas áreas são consideradas áreas de risco, assim como encostas e topos de morro. Essas ocupações, além dos riscos naturais, também causam impacto na drenagem com a redução do amortecimento das cheias, lançamento de resíduos sólidos em locais inadequados, devido à falta de coleta regular, e esgoto *in natura* em córregos e canais e a retirada de vegetação, deixando o solo “*nu*” sujeito às erosões de solo e assoreamento de canais devido ao carreamento de sedimentos (**Figura 3.22**).



Figura 3.22. Ocupações de áreas de riscos, zonas próximas a córregos e topos de morro. **Fonte:** Jornal O Estado de São Paulo. **Local:** Zona Leste Município de São Paulo, 2013.

A falta de atualização das equipes responsáveis e/ou mesmo a ausência de uma equipe técnica especializada também se torna um problema, pois aqueles que estão à frente das ações não entendem qual o problema e muito menos como resolvê-lo de maneira adequada. Para RIGHETTO, (2004) a capacitação da equipe é fundamental para a concepção da rede de drenagem, para se buscar tanto quanto possível, preservar as condições naturais da bacia, com a redução das áreas impermeáveis, uso de dispositivos de infiltração e manutenção de áreas de preservação.

A utilização de técnicas e conceitos ultrapassados; sistemas de drenagem ineficientes, insuficientes ou inexistente; a falta de manutenção periódica são alguns problemas ligados à gestão da drenagem em diversos municípios (NAGEM, 2008). Questões econômicas, também são importantes de serem analisadas. Questões como a falta de recursos e a necessidade de altos investimentos são devido à falta de uma política adequada para o setor, quando feitos, adotam os sistemas estruturais, valorizando obras em detrimento de ações de planejamento e gestão (RIGHETTO, 2000). Ainda segundo o autor, esse tipo de solução não é adotado nos países desenvolvidos desde a década de 1970 e são consequências das pressões da população por alguma obra que solucione os problemas locais

de inundação, muito embora, obras de canalização, apesar do alto custo, demonstram baixa eficácia na capacidade de controle de cheia.

Ainda, no campo econômico, os problemas urbanos relacionados às águas pluviais alteram a rotina da cidade com a interrupção do tráfego, gerando prejuízos no transporte de mercadorias e de pessoas, danos aos pisos asfálticos, danos a veículos, aumento de acidentes, e ainda, após o evento de chuva, há a necessidade de limpeza das vias, sendo necessário o remanejamento das equipes de limpeza urbana. Com relação à população ocorre a perda de bens, danos a infraestrutura de imóveis, com comprometimento financeiro das famílias (NAGEM, 2008). Em casos de maior gravidade o desalojamento e desabrigo das populações afetadas ou até mesmo mortes. A **Figura 3.23**, apresenta situações em que as perdas econômicas são evidentes, veículos inundados na região do Butantã e a região do CEAGESP, importante local de abastecimento de alimentos de São Paulo, destruído pela inundação.



Figura 3.23. Impactos econômicos causados pelos alagamentos. Fonte: Agência Estado, 2013.

As consequências geradas pelos alagamentos quando relacionados aos danos são classificados por MESSNER *et al.* (2006) como tangíveis, cujo o valor pode ser bem determinado e intangíveis, quando são de difícil valoração, casos como saúde, fatalidade e impactos ambientais; diretos resultantes do contato direto com a água da inundação e referem-se basicamente à deterioração física de bens e pessoas e indiretos que decorrem de perturbações físicas e econômicas do sistema produtivo, além de custos emergenciais por causa da inundação e podem afetar áreas significativamente maiores do que aquela diretamente afetada pela inundação, essas informações estão detalhadas na **Quadro 3.1**, na qual foi classificada por setor.

Quadro 3.1. Tipologia de danos decorrentes de alagamentos em áreas urbanas.

Setor	Danos tangíveis		Danos Intangíveis	
	Diretos	Indiretos	Diretos	Indiretos
Habitacional	Danos físicos a construção, à estrutura e a seu conteúdo	Custos de limpeza, alojamento, medicamentos	Perdas de vidas humanas	Estados psicológicos de estresse e ansiedade; danos de longo prazo à saúde
Comércio e Serviços	Danos físicos à construção, estrutura e a seu conteúdo. Perdas ou danos a estoques.	Custos de limpeza Lucros cessantes Desemprego Perda de base de dados.	Perdas de vidas humanas	Estados psicológicos de estresse e ansiedade; danos de longo prazo à saúde
Industrial	Danos físicos à construção, estrutura e a seu conteúdo. Perdas ou danos a estoques de matéria prima e produtos acabados	Custos de limpeza Lucros cessantes Desemprego. Perda de base de dados	Perdas de vidas humanas	Estados psicológicos de estresse e ansiedade; danos de longo prazo à saúde
Equipamentos públicos e serviços	Danos físicos a construção, estrutura e a seu conteúdo.	Custos de limpeza e de interrupção de serviços Custos de serviços de emergência	Perdas de vidas humanas	Estados psicológicos de estresse e ansiedade; danos de longo prazo à saúde
Infraestrutura	Danos físicos ao patrimônio	Custos de limpeza e de interrupção de serviços	Perdas de vidas humanas	Inconvenientes de interrupção de serviços
Patrimônio histórico e cultural	Danos físicos ao patrimônio	Custos de limpeza e de interrupção de serviços	Perdas de vidas humanas	Inconvenientes de interrupção de serviços

Fonte: Messner, 2006

Participação popular é outro ponto importante a ser discutido quando se fala de problemas de inundações, principalmente na tomada de decisões e na manutenção dos sistemas. Para RIGHETTO, (2000) deve haver uma inclusão da dinâmica participação das populações no planejamento, no acompanhamento das ações de gestão pública e na fiscalização das execuções das políticas. Segundo o autor, trata-se da observância do exercício pleno de um dispositivo resultante dos princípios da democracia, ou seja, o controle social.

3.2.4. TENDÊNCIAS DE MANEJO INTEGRADO DE ÁGUAS PLUVIAIS

A abordagem convencional da drenagem não explora os benefícios que as águas pluviais podem trazer para a cidade, alterar a visão de que as águas pluviais são um “incômodo a ser eliminado” para um “recurso que deve ser utilizado”, pode ser a maneira de superar os problemas e apresentar uma vasta gama de oportunidades relacionadas à quantidade e qualidade da água, recreação e amenidades sociais, biodiversidade e abastecimento de água (PHILLIP, 2011). Essa mudança fundamental na mentalidade está na essência de uma abordagem mais sustentável ao manejo de águas pluviais urbanas, integrado com o desenvolvimento da cidade e buscando reduzir impactos sobre o ciclo hidrológico e como opção fundamental para tratar as inundações urbanas. A **Tabela 3.3**, apresenta as diferenças entre as abordagens convencionais e as “alternativas”.

As principais diferenças entre a abordagem convencional da gestão de águas pluviais e uma mais sustentável são: Eliminação rápida vs. amortecimento e reutilização; Infraestrutura convencionalmente de concreto armado vs. Infraestrutura verde; Soluções de controle centralizadas vs. Descentralização dos sistemas de controle.

Tabela 3.3: Principais diferenças entre uma abordagem convencional da gestão de águas pluviais e uma mais sustentável.

Aspecto da água pluvial	Abordagem convencional – água pluvial como um “incômodo”	Abordagem alternativa – água pluvial como um “recurso”
Quantidade	As águas pluviais são conduzidas para fora das áreas urbanas o mais rápido possível.	As águas pluviais são amortecidas e retidas na fonte, permitindo sua infiltração e atenuação de picos de cheias para depois fluírem gradualmente aos cursos receptores
Qualidade	As águas pluviais são tratadas com o esgoto em uma estação centralizada de tratamento (sistema unitário*) ou despejada sem tratamento nos cursos de água receptores	As águas pluviais são tratadas utilizando sistemas naturais descentralizados, como solo, vegetação e lagoas
Valor de recreação e amenidade	Não é considerado	A infraestrutura de águas pluviais é planejada para melhorar a paisagem urbana e fornecer oportunidades recreativas
Biodiversidade	Não é considerado	Os sistemas urbanos são recuperados e protegidos pelo uso das águas na manutenção e melhoria dos habitats naturais
Recurso potencial	Não é considerado	As águas pluviais são coletadas para abastecimento e retidas para recarga de aquíferos, cursos de água e vegetação

Adaptado de Phillip *et al*, 2011.

*Típico de países de clima temperado, no Brasil o sistema utilizado é o separador.

Enquanto a abordagem convencional é baseada em um objetivo único – a remoção das águas pluviais de uma área definida – uma abordagem mais sustentável tenta identificar soluções que produzam benefícios sociais, econômicos e ambientais enquanto minimizam qualquer impacto negativo.

Pode-se definir gestão sustentável de águas como o alcance das necessidades sociais, econômicas e ambientais atuais enquanto se cria as condições que permitam que essas necessidades também sejam satisfeitas no futuro. A **Figura 3.25** mostra como isso se relaciona às águas pluviais.

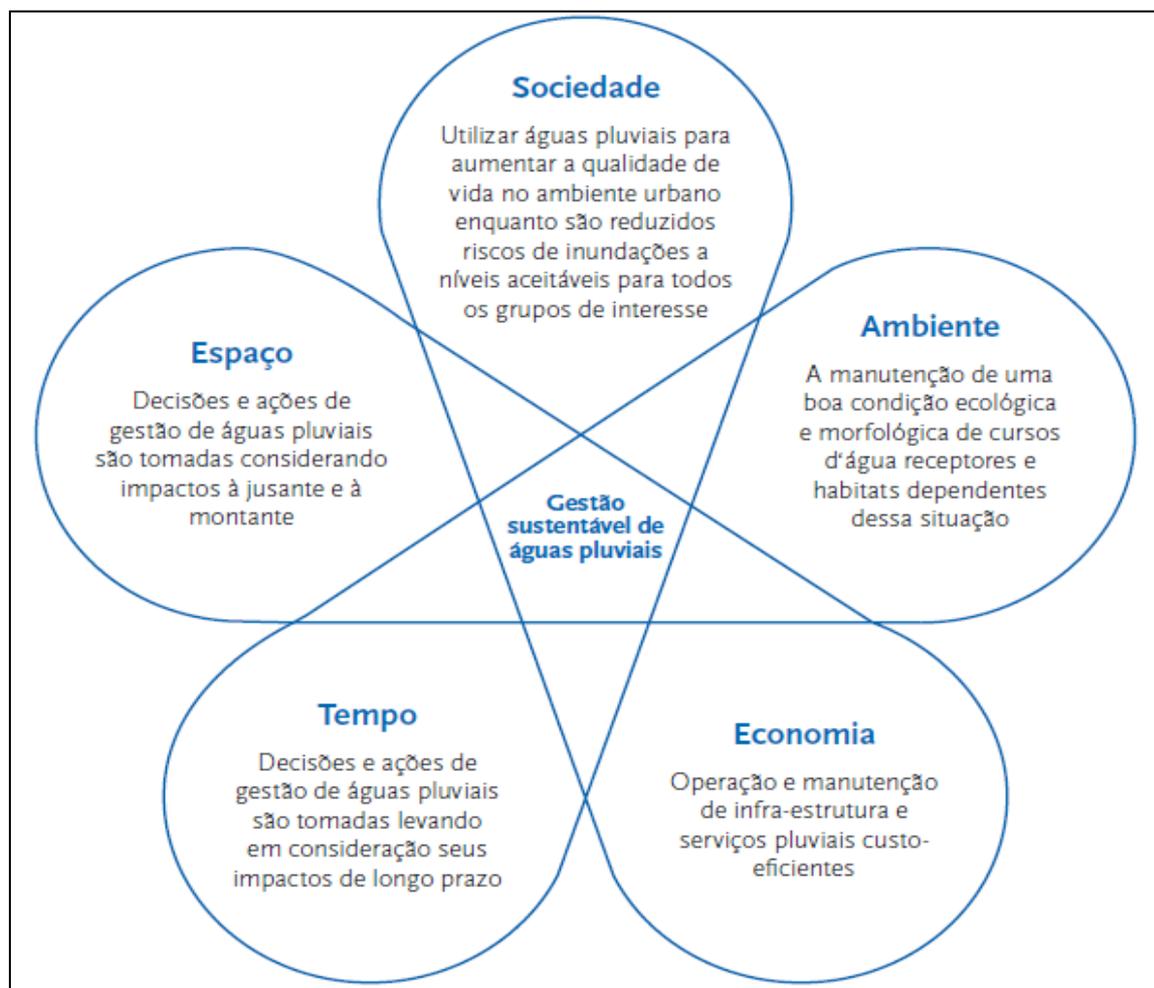


Figura 3.25. Gestão sustentável das águas pluviais. Phillip *et al*, 2011.

O movimento em direção a uma maior sustentabilidade requer que as decisões acerca do manejo de águas pluviais sejam tomadas com avaliação de todos os critérios. Adotar uma medida que proteja as habitações de inundações e melhorem habitats naturais não será sustentável se os custos de manutenção forem muito elevados no longo prazo.

3.2.5. MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

De acordo com o Centro de Investigação para o Desenvolvimento Global (GDRC, 2009), a gestão urbana integrada dos recursos hídricos é "um processo de planejamento e implementação participativa, com base em dados científicos sólidos, que reúne os interessados para determinar como atender às necessidades de longo prazo da sociedade pelos recursos hídricos, mantendo serviços ecológicos essenciais e os benefícios econômicos".

Segundo SHUTES e RAGGATT (2006), a Agenda 21 das Nações Unidas utilizou os princípios de Dublin para o desenvolvimento de sua abordagem para o "Manejo ambientalmente saudável dos recursos hídricos para uso urbano". Grande parte do foco da Agenda 21 é sobre a eliminação dos padrões de consumo insustentáveis, mas também há menção significativa da eliminação e tratamento de águas residuais como parte integrante da proteção dos recursos de água doce, propondo uma série de ações com atividades específicas associadas que devem ser integradas em práticas de gestão das águas urbanas atuais da seguinte forma (Agenda 21 Global):

- Proteção dos recursos hídricos do esgotamento, da poluição e da degradação;
- Distribuição equitativa e eficiente dos recursos hídricos;
- Reformas institucionais, legais e de gestão;
- Promoção da participação pública;
- Apoio à capacitação local; e
- Disponibilização de maior acesso aos serviços de saneamento.

Embora com terminologias diferentes, mas tratando de abordagens, que numa perspectiva da engenharia, apresentam um novo paradigma para o ciclo urbano da água, o uso do SUDS (*Sustainable Urban Drainage Systems*), um termo usado no Reino Unido, LID (*Low Impact Development*) ou Melhores Práticas de Gestão (*BMPs – Best Practice of Management*), como são conhecidos em os EUA e Europa continental, WSUD (*Water Sensitive Urban Design*) termo utilizado, principalmente, na Austrália e Técnicas Compensatórias no Brasil, pode contribuir para a implementação dessas ações e, portanto, representam um elemento importante da gestão de águas pluviais sustentável.

Segundo a USEPA (2014), Melhores Práticas de Gestão (BMPs) é um termo usado para descrever um tipo de controle de poluição da água. Com relação às águas pluviais são técnicas, medidas ou controles estruturais utilizados para gerenciar a quantidade e melhorar a qualidade de escoamento de águas pluviais. As BMPs de águas pluviais são implementadas

como uma maneira de tratar ou limitar os poluentes e outros efeitos nocivos do escoamento de águas pluviais, a fim de atender às exigências legislativas (NORTH CAROLINA, 2007). Para a Divisão de Águas da Carolina do Norte, as medidas estão atreladas a implementações de normas e legislação, como exigência de medidas de mitigação de problemas ou de implantação de medidas mais sustentáveis para a drenagem urbana. Mais especificamente, em drenagem urbana, o termo tem uma base histórica na gestão de processos de tratamento de águas residuais e foi focado principalmente em medidas não estruturais (por exemplo, treinamento de operadores, manutenção e procedimentos operacionais padrão) FLETCHER *et al* (2015).

O *Low Impact Development* (LID) é definida como “uma abordagem para o desenvolvimento do território que atua com a natureza para a gestão das águas pluviais tão próximo quanto o possível da sua origem. Os seus princípios são a preservação e usufruto das características da paisagem naturais, a minimização da impermeabilização de forma a criar uma drenagem funcional e que vê as águas pluviais como um recurso e não como resíduo (USEPA, 2013). Parece ter sido utilizada, inicialmente, por Barlow (1977) em relatório sobre ordenamento territorial de Vermont (EUA) que teve como objetivo a redução dos custos do manejo de água pluviais, com um desenho próximo a hidrologia natural, com uso de *layout* e medidas de controle integrado (FLETCHER *et al*, 2015). Segundo TAVANTI e BARBASSA (2010) o método de Desenvolvimento urbano de baixo impacto (*Low Impact Development* - LID) atua no gerenciamento e controle do escoamento das águas pluviais, procurando imitar as condições hidrológicas de pré-desenvolvimento do local, usando técnicas de projeto para armazenar, infiltrar, evaporar e diminuir o escoamento superficial. O LID considera o problema de forma integrada, tentando resgatar as características naturais do ciclo hidrológico, enquanto agregando valor à própria cidade.

Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) é a designação atribuída no Reino Unido para práticas de gestão e de instalações para drenagem da água superficial a fim de proporcionar uma abordagem mais sustentável do que a prática convencional de escoamento pluvial (USEPA, 2013). Na década de 1990, a gestão de águas pluviais avançou mais na Escócia que na Inglaterra. D’Arcy (1998) estabeleceu o conceito do triângulo de drenagem sustentável (quantidade, qualidade, habitat/comodidade) e acredita-se que seja Jim Conlin (1997) da Scottish Water seja o primeiro a cunhar o termo sistemas de drenagem urbana sustentável (SUDS) para descrever a tecnologia de águas pluviais (FLETCHER, 2015). O guia mais confiável para SUDS é atualmente é o manual de SUDS (CIRIA, 2007), que visa fornecer "aconselhamento abrangente sobre a aplicação do método no Reino Unido".

O conceito *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) utilizado na Austrália diz respeito à integração da gestão do ciclo da água ao desenho e planejamento urbanos de forma a suportar ecossistemas, estilos de vida e modos de subsistência saudáveis (WSUD, 2013). Segundo FLETCHER *et al* (2015), o termo começou a ser utilizado na década de 1990, a primeira referência foi de Mouritz, (1992). Os objetivos da metodologia foram definidos por WHELANS *et al* (1994): “gerir o balanço hídrico, manter e se possível melhorar a qualidade da água, incentivar a conservação da água e manter as oportunidades ambientais e recreativas relacionadas à água”. MOURITZ *et al.* (2006, p. 4.1) argumentam que, “no seu contexto mais amplo, WSUD engloba todos os aspectos da gestão do ciclo urbano da água integrada, incluindo abastecimento de água, saneamento e gestão de águas pluviais. Ele representa uma mudança significativa na forma como a água e os recursos ambientais relacionados à infraestrutura são consideradas no planejamento”.

Medidas de controle de drenagem urbana incluem uma série de aspectos diferentes, que vão desde soluções técnicas de engenharia, projeto arquitetônico, e questões jurídicas e econômicas. Cada um destes temas deve ser considerado numa abordagem integrada, em conjuntamente aos outros, de modo que as medidas adoptadas possam produzir os resultados desejados (GOLDENFUM *et al*, 2007).

Países tropicais possuem algumas particularidades socioambientais que podem dificultar o uso de métodos e técnicas de países temperados. Problemas como a geração de escoamento em maior volume e frequência e a expansão urbana descontrolada podem dificultar o uso de dispositivos e estruturas de outros países (SILVEIRA *et al*, 2001). Além de serviços precários de limpeza e manutenção dos sistemas de drenagem, sistemas de drenagem de águas pluviais tecnicamente obsoletos e mal planejados.

Segundo BAPTISTA e NASCIMENTO (2004) A partir dos anos de 1970, uma abordagem alternativa para tratar tais questões vem sendo desenvolvida, notando-se um maior acúmulo de experiências em alguns países da Europa, na América do Norte, na Austrália e no Japão. Trata-se do conceito de tecnologias alternativas ou compensatórias de drenagem pluvial. O termo compensatório faz referência ao propósito central de tais técnicas de procurar compensar ou minorar os impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico.

Segundo os autores, inicialmente, essas soluções focaram-se no controle de escoamentos por meio de estruturas de armazenamento de águas pluviais, resultando no amortecimento das cheias ou na infiltração de águas pluviais, promovendo a redução dos volumes de escoamento superficial, ou ainda soluções combinadas de armazenamento e de infiltração.

Segundo BAPTISTA e NASCIMENTO (2011), há várias possibilidades para se classificar as técnicas compensatórias: o efeito sobre os escoamentos ou sua geração; quanto à localização na bacia hidrográfica, quanto à forma geométrica predominante e outras. De acordo com os autores, há dois modos de classificação com caráter explicativo e tipológico mais relevante: o modo de influenciar a geração dos escoamentos pluviais e com relação a localização na bacia. No primeiro caso, distinguem-se as soluções de tipo estrutural e não estrutural e, no segundo caso, o controle na fonte (*source control*) ou difuso e o controle centralizado, em pontos determinados da bacia hidrográfica. A **Figura 3.26** ilustra as medidas compensatórias estruturais e não estruturais.

Como medidas não-estruturais estão: a regulação do uso do solo com estabelecimento de restrições ao processo de impermeabilização desenfreada das parcelas e o estabelecimento de recomendações para a criação de áreas verdes e de áreas destinadas a infiltração de águas pluviais (NORTH CAROLINA, 2007; SOUTH FLORIDA, 2007; BAPTISTA e NASCIMENTO, 2011). A regulação contribui igualmente para promover a adoção de medidas, como a não conexão de áreas impermeáveis a rede pluvial, permitindo reduzir volumes de escoamento e vazões elevadas nesses sistemas (BAPTISTA E NASCIMENTO, 2011).

A criação de parques lineares ao longo de cursos d'água e a recuperação da mata ciliar são medidas associadas a tratamentos de fundo de vale alternativos a canalização tradicional. Recomposição dos leitos de cursos d'água, renaturalizando córregos canalizados. Essas medidas contemplam a reserva de áreas para comportar inundações, ao longo dos cursos d'água, e requerem esforços de controle de poluição na bacia hidrográfica, como a eliminação de conexões cruzadas entre os sistemas pluviais e de esgotamento sanitário e o controle da poluição difusa de origem pluvial.

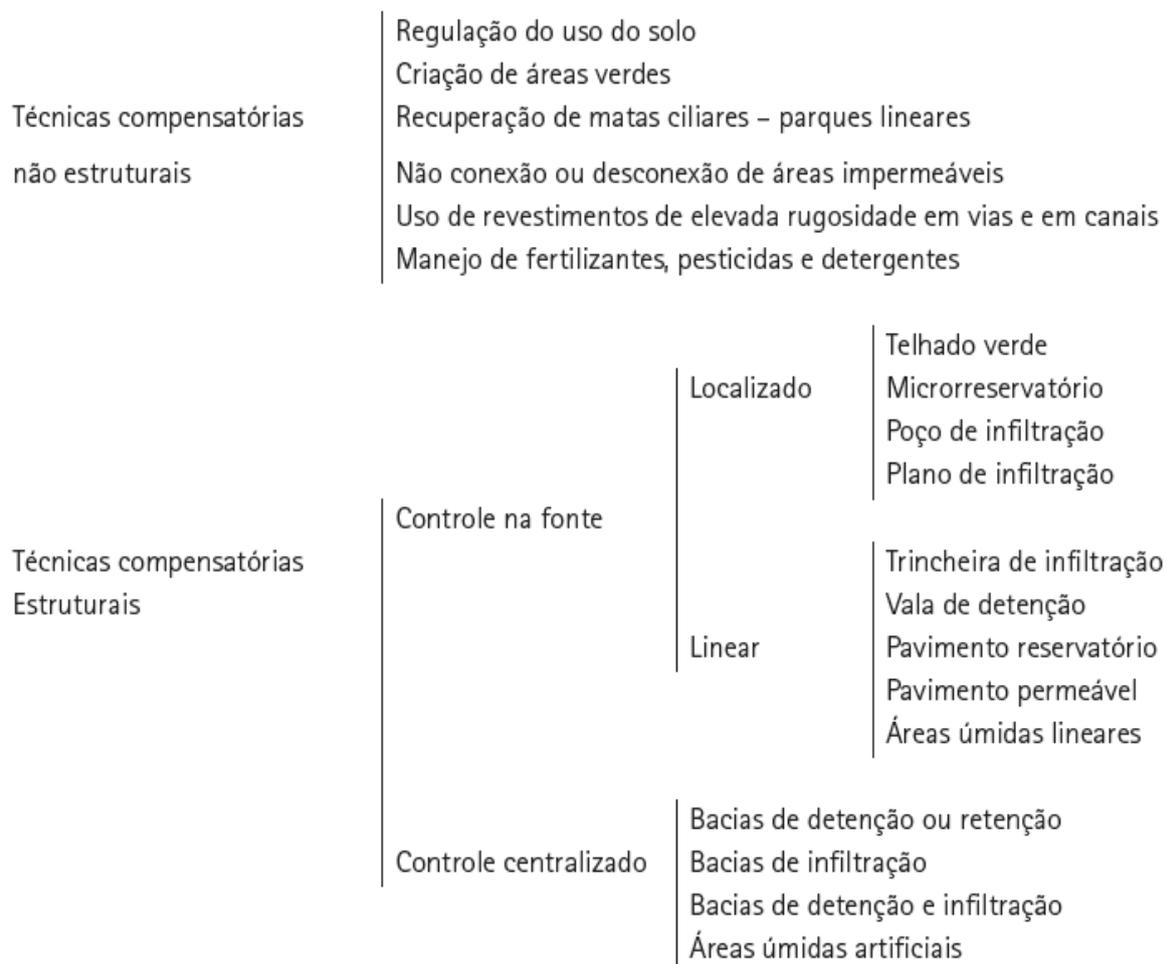


Figura 3.26. Tipologia de técnicas compensatórias para o Manejo de águas pluviais.

Fonte: Baptista e Nascimento, 2011.

Com muita propriedade, GELDOLF (1995) coloca que se deve apostar menos na solução tecnológica e mais na participação direta dos cidadãos, o que se alinha, em pensamento, ao manejo por meio de técnicas não estruturais. Para VAN BELLEN (2006) alcançar o progresso em direção a sustentabilidade é uma escolha da sociedade, das organizações, da comunidade e dos indivíduos e como envolve diversas escolhas, a mudança só será possível se existir compromisso e participação efetiva desses grupos.

Os objetivos do *Milênio* propostos pelas Nações Unidas apresentam diversos aspectos envolvendo a gestão das águas urbanas, sendo os principais: redução da falta de água potável, captação e tratamento de esgoto em 50% até 2015 e redução da vulnerabilidade a eventos naturais e antrópicos relacionados as secas e inundações, já que secas e inundações são fatores importantes de pobreza (PNUD, 2001).

3.2.6. TENDÊNCIAS DE COMPENSAÇÃO DOS IMPACTOS DECORRENTES DA URBANIZAÇÃO

Alterações no regime hídrico com o aumento do escoamento superficial e a redução da infiltração de águas pluviais têm responsabilidade em diversos impactos negativos nos sistemas urbanos, principalmente pelo volume ou quantidade excessivos e pela degradação da qualidade da água. Foram desenvolvidas algumas técnicas para redução de impactos utilizando estratégias de redução do escoamento e aumento do volume infiltrado, como visto no tópico anterior, com objetivo de reduzir a quantidade de superfícies impermeáveis para reduzir o escoamento de águas pluviais e utilizar a paisagem e os solos para armazenar e filtrar o escoamento de águas pluviais (AGENDA CHICAGO, 2003).

Alguns dispositivos de controle de manejo de águas pluviais por meio de técnicas compensatórias são apresentados a seguir:

a) Reservatórios residenciais e comerciais.

Telhados "verdes" são camadas de vegetação instaladas no topo de edifícios, desde pequenas garagens a grandes estruturas industriais. Eles ajudam a gerir as águas pluviais e contribuem para melhorar a qualidade da água, retendo e filtrando a água da chuva através da do solo e das raízes das plantas. Estima-se que as coberturas verdes, em comparação com telhados convencionais, podem reduzir o cádmio, o cobre e chumbo no escoamento em 95% e 16% de zinco; níveis de nitrogênio também podem ser reduzidos. Nos Estados Unidos, os custos de telhado verde - incluindo desde a impermeabilização a plantas - variam de US\$ 18 a US\$ 25 por metro quadrado (Agenda Chicago, 2003). No Brasil os preços giram em torno de R\$150 a R\$ 400 o metro quadrado. A durabilidade é de cerca de 20 anos.

A **coleta de chuva** é aplicável a qualquer lugar onde haja telhados e demanda pela água coletada. Há provavelmente poucos problemas com a tecnologia básica, onde a única preocupação é saber se o tanque de coleta é seguro contra detritos, mosquitos e animais. Os telhados têm a vantagem de serem superfícies impermeáveis elevadas dos quais se pode coletar água de qualidade razoável. Sistemas de coleta de águas pluviais podem ser concebidos na escala de uma construção individual (incluindo sistemas que fornecem tratamento básico e bombas para distribuir a água pelo prédio para usos não potáveis) ou, em uma maior escala, capturando águas pluviais de conjuntos habitacionais inteiros e de propriedades industriais (PHILLIP, 2011). A eficácia das cisternas é uma função do seu volume de armazenamento, em relação ao tamanho do telhado.

b) Sistemas de infiltração

São sistemas de coleta de águas pluviais, tais como trincheiras ou bacias, nas quais a água infiltra no solo por um meio de cascalho e pedra. Sistemas de infiltração são capazes de remover diversos poluentes, incluindo praticamente qualquer matéria orgânica e sedimento, sólidos suspensos, metais pesados e nutrientes. Diferentemente de uma vala, sistemas de infiltração não possuem uma saída e, portanto, quando bem concebidos fornecem maior amortecimento, já que o escoamento infiltra no solo ao invés de ser descarregado em outros sistemas de drenagem ou diretamente nos cursos de água receptores.

Bacias de infiltração são sistemas tipicamente *off-line*, em geral associados a um dispositivo de filtragem do deflúvio situado na entrada da estrutura que tem o objetivo de remover os sedimentos presentes no escoamento (RIGHETTO, 2011).

Valas e trincheiras de infiltração (Figura 3.29) são dispositivos que consistem numa vala escavada no solo (profundidade entre 1,0 e 3,5 m) e revestida internamente com uma manta geotêxtil, preenchida com brita. A vala cria um reservatório subterrâneo em condições de reter o deflúvio (RIGHETTO, 2011). Recomenda-se a instalação de dispositivo de filtragem (caixa de areia) a montante da estrutura destinada a reter sedimentos e resíduos presentes no deflúvio. É indicada para projetos com área de contribuição a montante menor que 4 ha. As trincheiras podem ser superficiais ou subterrâneas, e preenchidas ou não com brita. A geometria longa e estreita objetiva reduzir a área de base, que tende a colmatar devido às partículas sólidas presentes na água infiltrada, ao mesmo tempo em que aumenta a relação entre a principal área de infiltração (os lados) e o volume de armazenamento (GRACIOSA *et al*, 2008).



Figura 3.29: FVT – Filtro-Vala-Trincheira de infiltração – Campus UFSCar.

Fonte: ROJAS-GUTIERREZ, 2010

Os **poços de infiltração (Figura 3.30)** são sistemas de retenção de águas pluviais comumente empregados na Europa e nos EUA, juntamente com microrreservatórios de detenção (piscininhas), valas e trincheiras de infiltração. Tais sistemas fazem parte de um rol de alternativas tecnológicas de microescala que têm como função reter água pluvial em detrimento das parcelas escoadas. Especificamente, o poço de infiltração consiste em técnica compensatória denominada pontual (pequena área em planta), a qual visa atenuar os efeitos decorrentes do escoamento superficial direto em sua geração e também pode ser designada como técnica de controle do escoamento superficial direto na fonte (BARBASSA *et al*, 2014).



Figura 3.30: Poço de infiltração. Fonte: Ferreira, 2016

3.3. Sustentabilidade Urbana

Desenvolvimento de novos indicadores de desempenho urbano é um passo crucial para ajudar as cidades a manter o capital natural da Terra a longo prazo (GHENO, 2009). Medidas convencionais de desempenho econômico e índices de qualidade de vida urbana são insuficientes para captar a interdependência entre as questões sociais urbanas, o desenvolvimento econômico e a preservação do meio ambiente. Pois, embora as cidades afetem e sejam afetadas pelos sistemas naturais, além de seus limites espaciais, essa inter-relação não é refletida no planejamento das áreas urbanas.

A sustentabilidade urbana é definida em parte como a capacidade das políticas urbanas se adaptarem à oferta de serviços, à qualidade e à quantidade das demandas sociais,

buscando o equilíbrio entre as demandas de serviços urbanos e investimentos em estrutura (ACSELRAD, 1999). No entanto, também é imprescindível para a sustentabilidade urbana o uso racional dos recursos naturais, a boa forma do ambiente urbano baseado na interação com o clima e os recursos naturais, além das respostas às necessidades urbanas com o mínimo de transferência de dejetos e rejeitos para outros ecossistemas atuais e futuros.

3.3.1. HISTÓRICO E CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE.

A preocupação com as questões ambientais não é um assunto recente, em todos os períodos da humanidade, a raça humana teve a necessidade de se preocupar com questões ambientais, principalmente relacionadas à água e por razões de insalubridades.

O relatório, Nosso Futuro Comum, publicado pela WCED (1987), é tido como ponto de partida para a maioria das atuais discussões sobre o conceito de desenvolvimento sustentável. Este relatório abrangente produzido por meio de uma parceria global constituiu um importante ponto de mudança do rumo da política de desenvolvimento. Nele foi cunhada a definição de desenvolvimento sustentável tão amplamente difundida como “*Aquele que atende às necessidades da atual geração, sem comprometer às gerações futuras e suas próprias necessidades*”, relacionando a exploração dos recursos naturais, investimentos e tecnologia, com as questões ambientais e sociais.

Entretanto, esse não é nem o ponto de partida, nem o eventual efeito final do processo conceitual de desenvolvimento. Como quaisquer processos conceituais regidos pela teoria da evolução geral existem alguns precursores conceituais significativos que levaram à definição do WCED de desenvolvimento sustentável, que por sua vez é seguido por outros esforços de conceituação.

O Instituto Internacional para o Desenvolvimento Sustentável (IISD) produziu uma *Timeline* sobre o tema (IISD, 2012), são apresentados no **Quadro 3.2** os eventos mais significativos mundialmente:

Quadro 3.2. Timeline de eventos relacionados ao desenvolvimento sustentável.

Ano	Evento	Descrição
1962	<i>Silent Spring</i>	Publicação do livro Primavera Silenciosa por Rachel Carson, reúne pesquisas sobre toxicologia, ecologia e epidemiologia para apresentar os efeitos dos agrotóxicos, principalmente DDT (Dicloro-Difenil-Tricloroetano) estão associados a danos para as espécies animais e à saúde humana.
1968	<i>Biosphere</i>	Conferência Intergovernamental para Uso Racional e Conservação da Biosfera (UNESCO); primeiras discussões sobre conceito de desenvolvimento ecologicamente sustentável.

	<i>The Population Bomb</i>	Paul Erlich publica o livro, sobre a relação entre o crescimento da população humana, a exploração dos recursos e do meio ambiente e pressão sobre esses recursos.
	<i>Clube de Roma</i>	Intelectuais, cientistas, políticos e empresários fundaram o Clube de Roma, com o objetivo de estudar diversos temas, como política e economia e problemas ambientais.
1972	<i>Conferencia de Estocolmo</i>	Foi uma Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente. A Conferência de Estocolmo está enraizada na poluição e chuvas ácidas, problemas do norte da Europa.
	<i>Limits to Growth (Relatório Meadows)</i>	Publicação pelo Clube de Roma do Relatório “Limites do Crescimento” modelou as consequências do crescimento rápido da <u>população mundial</u> considerando os recursos naturais limitados. Foi capaz de desagradar a todos: Países do Norte criticaram o relatório por não incluir soluções tecnológicas e os países do Sul porque defendia o abandono do crescimento econômico.
1973	2º Crise do Petróleo	A primeira foi em 1956 com a nacionalização do Canal de Suez. Em protesto pelo apoio prestado pelos Estados Unidos a <u>Israel</u> durante a <u>Guerra do Yom Kippur</u> , tendo os países árabes organizados na <u>Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP)</u> aumentando o preço do petróleo em mais de 400%. Gerou a busca de alternativas e novas fontes de energia e na melhoria dos processos de conversão para diminuir o consumo de petróleo.
1975	<i>CITES</i>	A Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies Ameaçadas da Flora e Fauna, entrar em vigor.
1976	<i>UN-Habitat</i>	Conferência das Nações Unidas sobre Assentamentos Humanos, é o primeiro encontro mundial a vincular o meio ambiente e assentamentos humanos.
1980	<i>Relatório Global 2000</i>	Ele reconhece a biodiversidade, pela primeira vez, como fundamental para o bom funcionamento do ecossistema planetário. Afirma, também, que a natureza robusta dos ecossistemas é enfraquecida pela extinção de espécies
	<i>Estratégia de Conservação Mundial</i>	Lançado pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN). A seção "Rumo ao Desenvolvimento Sustentável", identifica os principais agentes de destruição do habitat, como a pobreza, a pressão da população, a desigualdade social e regimes comerciais. O relatório apela a uma nova estratégia de desenvolvimento internacional para corrigir desigualdades.
1981	Assembleia Mundial da Saúde	Adota por unanimidade a <i>Estratégia Global de Saúde para Todos no Ano 2000</i> , que afirma que o principal objetivo social dos governos deve ser para todas as pessoas a atingir um nível de saúde que lhes permita levar uma vida social e economicamente produtiva.
1982	Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar	Estabelece regras materiais relativas às normas ambientais e as disposições de aplicação da luta contra a poluição marinha.
	Carta Mundial das Nações Unidas para a Natureza	Adota o princípio de que toda forma de vida é única e deve ser respeitada, independentemente do seu valor para a humanidade. Exige uma compreensão de nossa dependência dos recursos naturais e da necessidade de controlar exploração dos recursos
1985	Relatório sobre Alterações Climáticas	Lançado na Áustria, pela Sociedade Meteorológica Mundial e pelo Conselho Interacional Científico, relatórios sobre o acúmulo de dióxido de carbono e outros "gases de efeito estufa" na atmosfera e a previsão de aquecimento global.
1987	“Nosso Futuro Comum” (Relatório Brundtland)	Relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, entrelaça as questões sociais, econômicas, culturais e ambientais e soluções globais. Popularização do termo “desenvolvimento sustentável”.

1988	IPCC	Painel Internacional sobre Mudanças Climáticas foi estabelecido para monitorar pesquisas ambientais, sociais e econômicas atualizadas relacionadas ao tema.
1991	Fundo Global para o Meio Ambiente	Foi estabelecido, e, em 1994, reestruturado para dar mais poder de decisão para os países em desenvolvimento, além de bilhões de dólares em auxílio para pesquisas sobre a biodiversidade, as alterações climáticas, água, terra degradada e poluentes.
1992	Cúpula da Terra (Rio 92)	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED) foi realizada no Rio de Janeiro. Acordos são alcançados como plano de ação: Agenda 21, a Declaração do Rio, e os Princípios sobre Florestas (não vinculativo). Duas "Convenções foram abertas à assinatura: sobre a Diversidade Biológica e sobre Mudanças Climáticas.
1995	Cúpula Mundial para o Desenvolvimento Social	Foi realizada em Copenhague. Esta é a primeira vez que a comunidade internacional manifestou um claro compromisso com a erradicação da pobreza absoluta.
2000	Objetivos do Milênio	A maior reunião de líderes mundiais acordou um conjunto de metas mensuráveis e prazos para a luta contra a pobreza, a fome, a doença, o analfabetismo, a degradação ambiental e a discriminação contra as mulheres, a serem alcançados até 2015.
2002	Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável	Foi realizada em Joanesburgo, marcando 10 anos desde a Rio 92. Em clima de frustração com a falta de progresso, a cúpula promove "parcerias" como uma forma de abordagem da sustentabilidade, apresentou metas de aumentar a proteção à biodiversidade, o acesso à água potável, ao saneamento, ao abrigo, à energia, à saúde e à segurança alimentar.
2008	Crescente Urbanização	Pela primeira vez na história, mais do que 50 por cento da população mundial vive em cidades.
2011	População Mundial	A população mundial atinge 7 bilhões, o aumento da população em 1 bilhão foi de apenas 12 anos.
	Negociações sobre Mudança Climática em Durban	Resultado das negociações é um passo em frente em relação ao acordo internacional de Kyoto e um compromisso de mitigação de todos os principais emissores, incluindo países desenvolvidos e vários grandes países em desenvolvimento
2012	Objetivos do Milênio	Uma das primeiras metas dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio é alcançada, antes do prazo de 2015: a porcentagem de pessoas no mundo sem acesso à água potável é reduzida pela metade.
	Rio +20	Cinquenta anos depois Silent Spring, 40 anos após Estocolmo e 20 anos após a Cúpula da Terra, a comunidade global se reúne em um esforço para encontrar um acordo sobre as economias do mundo "ecologização" através de uma série de medidas inteligentes para energia limpa, empregos decentes e uma utilização mais sustentável e justa dos recursos.

Adaptado de IISD, 2012.

Segundo LAYRARGRE (1998) o conceito de Ecodesenvolvimento foi cunhado por Maurice Strong em 1973, e consistia na definição de um estilo de desenvolvimento adaptado ao terceiro mundo e baseado na utilização criteriosa dos recursos locais, sem esgotar a natureza.

Segundo FERNANDEZ (2013) o Ecodesenvolvimento representava uma “terceira via”, colocando-se como alternativa à bipolarização do debate da época entre o “crescimento zero” e as reivindicações dos países do “terceiro mundo” e seu direto ao desenvolvimento.

Para STRONG (2009), em cartas após a conferência de Estocolmo, referem ao Ecodesenvolvimento da seguinte maneira: “Com o reconhecimento de que o meio ambiente e o desenvolvimento devem ser entendidos em conjunto, a fim de incentivar, especialmente o mundo em desenvolvimento, que a preservação ambiental é fundamental para o bem-estar econômico de longo prazo”.

Uma proposta quase antiglobalização, apesar de ser uma definição criada diante de uma crise ecológica global. “Ecodesenvolvimento é uma abordagem para desenvolvimento de uma determinada localidade ou ecossistema que harmoniza fatores econômicos e ecológicos, para garantir a melhor utilização de ambos os recursos, humanos e naturais, para melhor atender as necessidades e aspirações das pessoas em uma base sustentável. Isso denota um esforço criativo e planejado da comunidade para desenvolver padrões de vida, de instituições e técnicas que dão a expressão mais completa para distinguir valores e objetivos sociais e culturais e melhorar a qualidade de vida das pessoas e das comunidades” STRONG, 2009.

Portanto, ecodesenvolvimento deve basear-se em três pilares (SACHS 1980, p.32): (i) noção de autossuficiência promovendo independência das decisões e do surgimento de padrões alternativos de desenvolvimento que levem em conta o contexto histórico, país cultural e ecológico específico; (ii) a gestão equitativa das necessidades essenciais de todos, corpóreos ou incorpóreos, e em particular a de ser realizado através de uma vida que tenha significado; (iii) a prudência ecológica, ou seja, a busca de um desenvolvimento em harmonia com a natureza.

O termo popularizado por Ignacy Sachs, nos anos de 1980, que propõe a articulação entre os sistemas, partindo da premissa deste modelo se basear em três pilares: eficiência econômica, justiça social e prudência ecológica; principalmente para países em desenvolvimento (LAYRARGRE, 1998).

Desses três componentes fundamentais, surge o que ELKINGTON (1999) denominou como *triple bottom line*, ou seja, são os três pilares norteadores de decisões e ações relacionadas à gestão organizacional, aproximando o conceito de responsabilidade social corporativa do conceito da sustentabilidade. A **Figura 3.31**, apresenta esquematicamente o modelo *triple bottom line* de Elkigton.

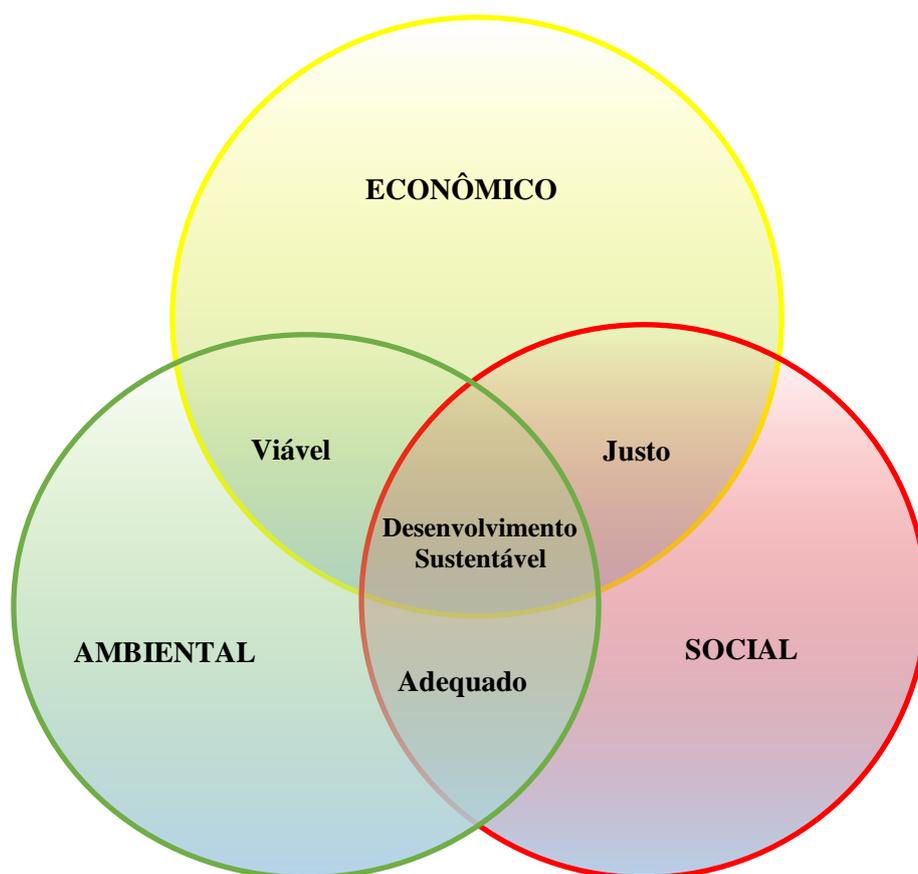


Figura. 3.31. Triple Bottom Line, Fonte: Elkington, 1999.

Durante os últimos 50 anos foram apresentados em diversas conferências e elencados os principais problemas ambientais, os recursos e mecanismos para possíveis soluções e o estabelecimento de metas, por meio de diversos relatórios, documentos e tratados (CAMARGO, 2003; COUTINHO, 2006).

Importante perceber que nos diversos documentos se reconhece que o padrão de desenvolvimento em curso, tido como objetivo central para progresso econômico, apresenta situações insustentáveis do ponto de vista biofísico quando projetado para o futuro (GOODLAND, 1995). Segundo MEDINA *apud* BOISIER (2001) “o desenvolvimento econômico é um processo continuado cujo mecanismo essencial na aplicação do excedente em produção, e tem como resultado a expansão incessante da unidade produtiva, essa unidade pode ser até mesmo uma sociedade inteira”. Esse pensamento permeou na América Latina durante o século XX, tratando crescimento econômico como equivalente ao desenvolvimento.

Alguns pensamentos antagônicos a este, surgiram criando algumas redundâncias como do desenvolvimento humano, porque se o desenvolvimento não for "humano" não se

sabe que enteléquia¹ se está falando (BOISIER, 2013), o autor apresenta ainda como sendo um paradoxo o incremento nos índices macroeconômicos, mas de deterioração de índices socioambientais. Diante do cenário de deterioração do tecido social e de degradação ambiental, há a necessidade de mudanças nos processos de planejamento, implantação de políticas públicas e de tomada de decisão, para se buscar um novo modelo de desenvolvimento que contemple a participação social e respeite os limites do planeta.

Ao longo do tempo algumas definições sobre sustentabilidade foram utilizadas e mais comumente disseminada, refere-se a uma relação particular entre os sistemas humanos e ambientais - que assegura a satisfação das necessidades humanas no longo prazo (WCED, 1987) e “*Considera que o desenvolvimento sustentável deve satisfazer às necessidades da geração presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras – Relatório Brundtland*”. HOLDREN, DALY e EHRLICH (1995), definem processo sustentável ou condição como sendo “aquele que pode ser mantido indefinidamente sem diminuição progressiva das qualidades valorizadas dentro ou fora do sistema em que opera o processo ou condição predominante”. Para SCHWEIGERT (2007) A sustentabilidade se vincula a efeitos sociais desejados, a sustentabilidade é vista como algo bom, desejável, consensual, que economicamente beneficia todos os cidadãos, em vez de beneficiar poucos em detrimento de muitos.

Muito conflito ainda há que se resolver, enquanto os economistas neoclássicos assumem substituição quase perfeita dos sistemas ambientais por meio de processos tecnológicos, ecologistas enfatizam que para alguns sistemas essenciais de suporte à vida, a substituição é improvável (FOLADORI, 2001). DALY (1991) sugere três critérios para avaliar a sustentabilidade:

- Taxas de utilização de recursos renováveis - não ultrapasse as taxas de reposição;
- Tarifas de uso de recursos não-renováveis - não ultrapasse as taxas de desenvolvimento de substitutos renováveis;
- Número de emissões de poluentes não ultrapassam a capacidade de assimilação do meio ambiente.

Para DALY (1973), é necessário entender a relação entre ambiente, equidade e economia, os três E's (*Environmental, Equity and Economy*), dessa maneira o autor ordena os elementos em forma de triângulo para descrever a relação entre elas, utilizando os termos

¹ Do grego ἐντελέχεια, transl. *entelékheia*, de *en*, 'dentro' + *telos*, 'finalidade': *entelos*, 'finalidade interior' + *echein*, 'ter'; pelo latim *entelechia*-, na *filosofia aristotélica*, é a realização plena e completa de uma tendência, potencialidade ou finalidade natural, concluindo um processo transformativo de todo e qualquer *ser* animado ou inanimado do *universo*. É o *ser em ato*, isto é, plenamente realizado, em oposição ao *ser em potência*. Fonte: Dicionário Houaiss

“ultimate means” para se referir ao ambiente e colocá-lo na base do triângulo, “Ultimate Ends” para se referir a Equidade em termos de bem-estar humano e coloca-o no vértice do triângulo e no meio ele coloca “Intermediates Means ou Ends” para se referir à economia, ao longo do qual ele inclui tecnologia, política e ética já que estes, segundo o autor, “traduzem meios em fins”.

Segundo MEADOWS (1998) Daly abandonou textos anteriores e simplesmente desenhou uma linha vertical, onde seria necessário situar a economia dentro de uma hierarquia sobre a base que seria os recursos naturais e chegando ao topo que seria o propósito final. Triângulo de Daly enfatiza que o ambiente natural é a pré-condição para a vida humana, isso significa que as ameaças ao capital natural, inevitavelmente, prejudicam os nossos desejos de bem-estar. Mostra, também, que a economia não é um fim em si mesmo, mas serve como um veículo para atingir as finalidades de equidade, a economia tem sucesso na medida em que conserva e restaura último meio (ambiente), e nos permite alcançar objetivos finais (equidade) (Figura 3.32).

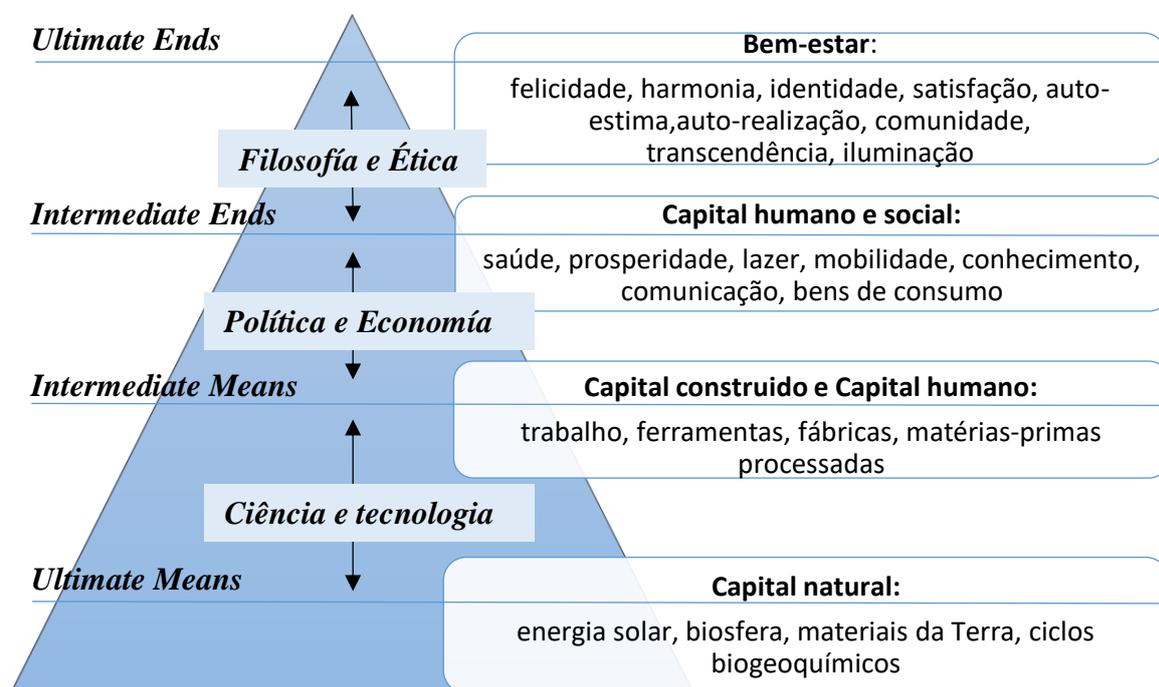


Figura 3.32: Triângulo de Daly adaptado por Meadows (1998)

MEADOWS (1998) adaptou o triângulo de Daly, e segundo a autora adiciona alguns termos que as pessoas utilizam para definir as atividades, observando ainda que, a impossibilidade de definir estas palavras, demonstra que a discussão se baseia em qualidade e não quantidade, algo imaterial, embora o triângulo todo seja apoiado em algo material em sua base. Meadows, apresenta também algumas restrições do Grupo Balaton - grupo de

estudos interdisciplinar sobre temas relacionados à sociedade e meio ambiente e as maneiras de visualizar a sustentabilidade - sobre o simbolismo por “trás” desse triângulo. Para alguns, é muito hierárquico e "ocidentalmente espiritual"; muito antropocêntrico para os outros e demasiado estático; ou ainda, há muita indefinição sobre o topo do triângulo, onde o material físico, de alguma forma, é transformado em satisfação humana subjetiva ou uma espiritualidade questionável.

3.3.2. SUSTENTABILIDADE DO MEIO URBANO.

Quando aplicada às cidades, a sustentabilidade requer que as necessidades dos habitantes sejam atendidas sem a imposição de demandas insustentáveis sobre os recursos naturais locais e globais. A interdependência entre as cidades e o meio ambiente global implica que, mesmo se as cidades alcançarem a sustentabilidade a nível local, eles não vão necessariamente ser sustentáveis em nível global.

Segundo SAULE Jr. (2007), O respeito ao Direito à Cidade é o principal indicador para verificar em que estágio de desenvolvimento das funções sociais estão as cidades brasileiras. Quanto maior for o estágio de igualdade, de justiça social, de paz, de democracia, de harmonia com o meio ambiente, de solidariedade entre os habitantes das cidades, maior será o grau de proteção e implementação do Direito à Cidade. No Estatuto das Cidades, inciso VIII do artigo 2º a sustentabilidade também está presente: *“adoção de padrões de produção e consumo de bens e serviços e de expansão urbana compatíveis com os limites da sustentabilidade ambiental, social e econômica do Município e do território sob sua área de influência”*.

Entretanto, cada vez mais as cidades estão sofrendo efeitos ambientais que estão além de suas fronteiras, alterações climáticas, chuvas ácidas, poluição de recursos hídricos, inundações e enchentes não respeitam limites territoriais. Atualmente, nenhuma cidade pode sustentar-se apenas em sua capacidade de suporte, pois os recursos e “sumidouros” se estendem além de seu espaço urbano. Para NESS (2007) as cidades urbanas, que respondem por mais da metade da população do mundo requerem sistemas de infraestruturas capazes de fornecer vários serviços e garantir as necessidades básicas para sua população, para reduzir os riscos de saúde pública, para facilitar a mobilidade, para gerar o acesso à energia, água, saúde e educação, entre outras, estas concentrações exigem estrutura física para apoiar o tecido social e gerar qualidade de vida para os moradores.

Para BARTON (2013), alguns dos problemas enfrentados pelas cidades são a falta de vínculo entre planejamento territorial e os projetos de infraestrutura, a heterogeneidade

das pessoas que habitam o território e a distribuição de recursos e externalidades a esta diferenciação e segregação. Garantir que os investimentos públicos permitam servir uma agenda sustentável que priorize a redução da pobreza, maior equidade e a manutenção do capital natural não é automático e nem necessariamente lógico.

A dominação da forma de planejamento urbano que enfatiza o papel do mercado, minimiza as restrições à confiança na gestão e no controle urbano e, como tal, nem sempre segue as mesmas linhas de planejamento para o desenvolvimento mais sustentável. Encontrar pontos de coerência e sinergias, e abordar os pontos de conflito entre esses dois paradigmas é importante para avançar para o desenvolvimento das cidades com maior resiliência, maior equidade e menos pobreza (BARTON, 2013).

Segundo RAO, (2000) desde os anos de 1960, a ênfase em engenharia se concentrou mais na técnica, dentro da lógica e do pensamento tecnocrático, de que havia, na técnica, soluções para os problemas rurais e urbanos. As disciplinas universitárias, e os seus homólogos nos ministérios, agências e secretarias governamentais, enfatizaram a confiança na capacidade humana de superar os problemas criados pela própria sociedade e pela natureza, entretanto, para o autor, não está claro o quão eficaz é esse racionalismo diante de três conceitos-chave para a sustentabilidade: resiliência; não-linearidade; e irreversibilidade.

A maior dificuldade para avaliar a sustentabilidade urbana, segundo HARDI (2000), é o desafio de explorar e analisar sistemas. Para este autor, uma visão holística não requer apenas uma visão dos, por si só complexos, sistemas econômico, social e ecológico, mas também a interação entre estes sistemas. Estas interações normalmente amplificam a complexidade das questões, criando obstáculos para aqueles que estão preocupados em gerenciar ou avaliar os sistemas. As tentativas para capturar esta complexidade são geralmente consideradas essenciais, e os sistemas são normalmente agrupados de acordo com a extensão do sucesso em alcançar toda esta complexidade.

Entretanto, a complexidade dos fenômenos sociais e ambientais não é captada por simples parâmetros e relações de causalidade. Para que esta condição seja incluída nos processos de mensuração de maneira efetiva e real, é preciso agregar uma interpretação que considere questões qualitativas, históricas e também institucionais. Outro aspecto importante é o fato das interações e dos ciclos da natureza não funcionarem no tempo dos processos econômicos, culturais e sociais. Isto torna a valoração do meio ambiente um exercício difícil. Contudo, uma noção de valor econômico que englobe bens e serviços ambientais, por mais arbitrária que seja, é mais eficaz do que a inexistência de parâmetro algum. É importante ter

em mente, portanto, que todo e qualquer tipo de mensuração apresenta limites e não espelha a complexidade da sociedade (GUIMARÃES, 1998).

Neste processo, indicadores são instrumentos que permitem medir a distância entre a situação atual de uma sociedade e seus objetivos de desenvolvimento, bem como instrumentalizar a incorporação da sustentabilidade na formulação e na prática de políticas impulsionadas pelo Estado (GUIMARÃES, 1998).

3.3.3. DIMENSÕES E PRINCÍPIOS DE SUSTENTABILIDADE.

Os economistas ecológicos definem como princípios para a sustentabilidade: 1. A necessária limitação escalar da economia humana, respeitando os limites de suporte natural; 2. O avanço técnico deve ser direcionado à maximização da eficiência, e não da degradação do ambiente natural; 3. Os recursos naturais renováveis não devem ser levados à extinção pela maximização produtiva, buscando vincular as “colheitas” ao ritmo de regeneração e à emissão de resíduos à assimilação do ambiente; 4. Os recursos renováveis devem ser criados para substituir no mesmo ritmo os da exploração dos não renováveis (DALY, 1991, 1996).

3.3.4. DIMENSÕES DE SUSTENTABILIDADE

Não há um consenso sobre as dimensões do desenvolvimento sustentável, sendo-lhe atribuídas diversas interpretações, o que é refletido pelas diversas propostas de indicadores analisadas. Há, sim, um consenso sobre a qualidade multidimensional da sustentabilidade, sem que haja concordância sobre quais dimensões devem ser mensuradas. Alguns atores identificam cinco dimensões de sustentabilidade: social, econômica, ecológica, geográfica e cultural (SACHS, 1997 apud VAN BELLEN, 2005); outros apontam para as dimensões sociais, ecológicas e econômicas e as interações entre elas (GALLOPÍN, 2003; GUIMARÃES, 1998; VAN BELLEN, 2005). De todo modo, é consensual a ideia de que indicadores que ficam restritos a apenas uma dimensão, não refletem a sustentabilidade de uma região.

O IDH, IBES-IPG e Pegada Ecológica, apresentados sob a forma de um único valor, integram variáveis e estabelecem relações que escapam do entendimento do público em geral, mas tem poder de comunicação. Os IDS do IBGE trazem uma contribuição significativa no que se refere à interação entre variáveis e indicadores ao apresentar uma matriz de relacionamento, que mostra as possíveis ligações entre os diferentes indicadores. No entanto, de maneira geral, pouco se avançou no sentido de dar sequência às interações propostas, havendo necessidade de cruzar os dados e analisá-los à luz da realidade.

Da análise feita se verifica que cada proposta atende parcialmente às características de multidimensionalidade, comparabilidade, participação, comunicação e relacionamento entre as variáveis, mostrando avanços na forma de mensurar o desenvolvimento. No entanto, apresentam limitações no que se refere à capacidade de mobilizar os atores sociais para implementar mudanças cruciais em busca do desenvolvimento sustentável e de subsidiar o processo de gestão de políticas públicas.

Essas diferenças se dão em virtude das diferentes percepções existentes, “apesar de apresentarem similaridades nas áreas prioritárias identificadas. As dimensões são interdependentes, ou seja, não é possível isolá-las, são trabalhadas simultaneamente pelos agentes envolvidos no processo”. (FIALHO *et al.*, 2008, p. 106).

Na concepção de SACHS (1993), num contexto global, o conceito de desenvolvimento sustentável possui cinco dimensões principais:

- **Social:** o processo de criação do desenvolvimento sustentável, a busca de um novo estilo de vida, de uma sociedade equilibrada, adequado ao momento presente e futuro. Com uma melhoria significativa na qualidade de vida da população mundial, ou seja, maior equidade na distribuição de renda, melhorias na saúde, na educação, nas oportunidades de emprego e redução do abismo social entre ricos e pobres;

- **Econômica:** a alocação e o gerenciamento de recursos devem ser realizados de maneira mais eficiente, com fluxo constante de investimentos públicos e privados de origem endógena. A variável econômica deverá ser repensada no seu sentido macroeconômico. Precisam ser considerados também fatores como a queda das barreiras protecionistas existentes entre países, a dificuldade de acesso às novas tecnologias, as dívidas externas e internas, além das desigualdades de renda de países em desenvolvimento. A eficiência econômica deve ser avaliada em termos macrossociais, e não apenas através do critério da rentabilidade empresarial de caráter microeconômico;

- **Ecológica:** deve-se levar em consideração o uso racional dos recursos naturais, a redução do consumo de combustíveis fósseis, de recursos renováveis e não renováveis em geral; reduzir o volume de resíduos e de poluição; intensificar a pesquisa para a obtenção de tecnologias com baixa produção de resíduos e eficientes no uso de recursos para o desenvolvimento urbano, rural e industrial; definir normas para uma adequada proteção ambiental. Ampliar a capacidade intensificando o uso do potencial de recursos dos diversos ecossistemas, com um mínimo de danos aos sistemas de sustentação da vida;

- **Espacial:** deve ser dirigida para a obtenção de uma configuração rural-urbana mais equilibrada e uma melhor distribuição territorial de assentamentos urbanos e atividades

econômicas. A concentração excessiva em áreas metropolitanas e nas áreas urbanas para evitar a perda da biodiversidade. É preciso preservar ecossistemas frágeis promovendo a agricultura e a exploração das florestas através de técnicas modernas, regenerativas, por pequenos agricultores; explorar o potencial da industrialização descentralizada, acoplada à nova geração de tecnologias limpas;

- **Cultural:** é de suma importância levar em consideração os valores culturais específicos de cada sociedade, procura de raízes endógenas de processos de modernização e de sistemas agrícolas integrados, processos que busquem mudanças dentro da continuidade cultural e que traduzam o conceito normativo de ecodesenvolvimento em um conjunto de soluções específicas para o local, o ecossistema, a cultura e a área.

SACHS (2002) amplia as dimensões de sustentabilidade de 5 para 8 dimensões. Para JACOBI (2007), essas novas dimensões refletem a releitura realizada por Sachs, como estratégia à nova ordem econômica internacional, com ênfase no desenvolvimento local e regional, em particular na busca de tecnologias locais apropriadas a fim de reduzir as dependências tecnológicas e culturais de países desenvolvidos.

Social: se refere ao alcance da homogeneidade social, com justa distribuição de renda, emprego pleno com qualidade de vida decente e igualdade no acesso aos recursos e serviços sociais.

Cultural: equilíbrio entre respeito à tradição e inovação, capacidade autônoma para elaboração de projeto nacional integrado e endógeno, se opondo às cópias dos modelos exógenos e autoconfiança, combinada com abertura para o mundo.

Ecológica: Limitação do uso dos recursos não renováveis e preservação dos recursos renováveis na produção endógena.

Ambiental: trata-se de respeitar e realçar a capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais.

Territorial: configurações urbanas e rurais balanceadas (eliminação das inclinações urbanas nas alocações do investimento público), melhoria do ambiente urbano, superação das disparidades inter-regionais e estratégias de desenvolvimento ambientalmente seguras para áreas ecologicamente frágeis.

Econômica: desenvolvimento econômico Inter-setorial equilibrado, com segurança alimentar, capacidade de modernização contínua dos instrumentos de produção, razoável nível de autonomia na pesquisa científica e tecnológica e inserção soberana na economia internacional.

Política (Nacional): democracia definida em termos de apropriação universal dos direitos humanos, desenvolvimento da capacidade do Estado para implementar o projeto nacional, em parceria com todos os empreendedores e um nível razoável de coesão social.

Política (Internacional): baseada na eficácia do sistema de prevenção de guerras da ONU, na garantia da paz e na promoção da cooperação internacional, Pacote Norte-Sul de co-desenvolvimento, baseado no princípio da igualdade (regras do jogo e compartilhamento da responsabilidade de favorecimento do parceiro mais fraco), controle institucional efetivo do sistema internacional financeiro e de negócios, controle institucional efetivo da aplicação do Princípio da Precaução na gestão do meio ambiente e dos recursos naturais, prevenção das mudanças globais negativas, proteção da diversidade biológica (e cultural), gestão do patrimônio global, como herança comum da humanidade, sistema efetivo de cooperação científica e tecnológica internacional e eliminação parcial do caráter *commodity* da ciência e tecnologia, também como propriedade da herança comum da humanidade.

A Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional (2004) adota cinco dimensões de sustentabilidade distintas:

Dimensão geoambiental - Direito à proteção ambiental e ao uso dos recursos, respeito à capacidade de suporte do ambiente, Valorização dos recursos naturais, Organização territorial por microbacias hidrográficas, Participação social na elaboração de políticas de desenvolvimento, Enfoque da regulação ambiental, Gestão adequada dos resíduos, efluentes e produtos perigosos, Proteção dos ecossistemas e recuperação das áreas degradadas, Organização do espaço regional;

Dimensão social - Erradicação da pobreza e redução das disparidades regionais, Promoção da saúde e proteção de grupos socialmente vulneráveis, Educação como instrumento fundamental de mudança, Elaboração das políticas públicas de caráter social, respeito aos padrões culturais e busca da equidade social;

Dimensão econômica - Papel do Estado na indução ao desenvolvimento, Mudança dos padrões de produção e consumo, Valoração dos recursos naturais. Desenvolvimento regional integrado e fim da guerra fiscal e Reforma agrária;

Dimensão político-institucional - Comprometimento social e participação na formulação de políticas, Papel do poder público na construção da Agenda 21 Brasileira, Alterações sobre o marco legal em vigor, Pacto federativo para a sustentabilidade e integração de Agendas e Fortalecimento das instituições públicas; e

Dimensão da informação e conhecimento - Controle social e fundamentos éticos da ciência e tecnologia brasileira, Conhecimento para a produtividade e para o

desenvolvimento econômico, Socialização do conhecimento para a redução de desequilíbrios regionais, respeito às necessidades locais, aos ecossistemas e aos saberes tradicionais, Fortalecimento das instituições de pesquisa em âmbito regional, Qualificação para a sustentabilidade e Responsabilidade compartilhada na produção do conhecimento.

Para a OECD (2006) o desenvolvimento sustentável contempla três dimensões: **Dimensão Social** – Compreende o respeito à diversidade, empoderamento de grupos populacionais anteriormente excluídos socialmente, incentivo à resolução pacífica de conflitos e convivência saudável na família e sociedade; **Dimensão Econômica** – Diz respeito ao equacionamento dos recursos naturais investidos na produção de bens e serviços visando a sustentabilidade econômica, a justiça no acesso ao sustento familiar e pessoal e economia solidária e responsável e **Dimensão Ecológica** – Analisa a relação do homem com a natureza, verificando formas de mitigar ou acabar com o impacto decorrente da relação e repensar as estruturas e iniciativas que reforçam e representam a mútua dependência. Essas dimensões estão apoiadas numa dimensão considerada transversal a todo este processo que é a **dimensão institucional** composta pelas formas de governo, legislação, organizações e sociedade civil, uma vez que são considerados agentes aceleradores do processo de desenvolvimento.

Não é possível discutir sustentabilidade e concentrar os debates em questões apenas econômicas ou ambientais, são necessárias discussões que tragam melhorias sociais também. Como discutir a utilização de recursos e não discutir a distribuição de renda? O acesso a alimentos e a reforma agrária? Ao enfatizar estas dimensões, SACHS (1993; 2002) deixa claro que, para alcançarmos a sustentabilidade, temos de valorizar as pessoas, seus costumes e saberes. Fica evidente que se deve ter uma visão sistêmica dos problemas da sociedade. Visões mais abrangentes sobre o conceito de meio ambiente são formas de reconhecer as dimensões da sustentabilidade.

3.3.5. PRINCÍPIOS DE SUSTENTABILIDADE

Integrar os princípios de desenvolvimento sustentável nas políticas e programas nacionais faz parte do objetivo sete dos “objetivos do milênio”. Para MONDAY (2002), embora a perspectiva seja ampla, na prática, a busca da sustentabilidade é fundamentalmente um esforço local, pois cada comunidade tem diferentes necessidades e preocupações sociais, econômicas e ambientais. E, em cada comunidade a qualidade, quantidade, importância e equilíbrio dessas preocupações são únicos e em constante mutação. Por esse motivo - e

porque os melhores esforços de mitigação também tendem a basear-se no local - a sustentabilidade deve ser tratada principalmente em termos de ações e decisões locais.

Ainda segundo o autor, há seis princípios de sustentabilidade que podem ajudar uma comunidade assegurar que os seus sistemas sociais, econômicos e ambientais estão bem integrados e irá perdurar. Devemos recordar que, embora a lista de princípios é útil, cada um deles tem o potencial de se sobrepor e inter-relacionam com alguns ou todos os outros. A comunidade ou sociedade que quer buscar a sustentabilidade vai tentar:

1. Manter e, se possível, melhorar a qualidade de vida de seus moradores - Qualidade de vida - ou "habitabilidade" - difere de uma comunidade para outra. Tem muitos componentes: renda, educação, saúde, moradia, emprego, direitos legais, por um lado; exposição ao crime, poluição, doenças, desastres, e outros riscos, por outro. Uma cidade pode se orgulhar de suas ruas seguras, escolas de alta qualidade, e uma atmosfera rural, enquanto outro acha que as oportunidades de emprego e seu patrimônio histórico são o que tornam um lugar atraente para se viver. Cada localidade precisa definir e planejar para a qualidade de vida que quer e acredita que pode alcançar, para agora e para as gerações futuras.

2. Melhorar a vitalidade econômica local - Uma economia local viável é essencial para a sustentabilidade. Isso inclui oportunidades de emprego, base e receitas fiscais suficientes para apoiar o governo e o fornecimento de infraestrutura e serviços, e um clima de negócios adequado. Uma economia sustentável também é diversificada, de modo que não seja facilmente perturbada por eventos ou catástrofes internas ou externas, e não adianta transferir os custos de manutenção de sua boa saúde para outras regiões, oceanos ou atmosfera. Também, uma economia sustentável não é dependente de crescimento ilimitado da população, do alto consumo, ou de recursos não renováveis.

3. Promover a igualdade social e intergeracional - Recursos e oportunidades de uma comunidade sustentável estão disponíveis para todos, independentemente de etnia, idade, sexo, formação cultural, religião, ou outras características. Além disso, uma comunidade sustentável não esgota seus recursos, destrói os sistemas naturais, ou repassa riscos desnecessários ao seu tatára-tatára-netos.

4. Manter e, se possível, melhorar, a qualidade do ambiente - Uma comunidade sustentável se vê como um ente dentro de um ambiente físico e ecossistema natural e tenta encontrar maneiras de coexistir com esse ambiente. Faz a sua parte, evitando a degradação desnecessária do ar, oceanos, água doce, e outros sistemas naturais. Tenta substituir práticas prejudiciais com aquelas que permitam que os ecossistemas se renovem continuamente. Em

alguns casos, isso significa simplesmente proteger o que já existe, encontrando maneiras de redirecionar as atividades humanas e o desenvolvimento em zonas menos sensíveis. Mas a comunidade pode necessitar tomar medidas para recuperar, restaurar ou reabilitar um ecossistema já danificado.

5. Incorporar resiliência e mitigação de desastres em suas decisões e ações - Uma comunidade é resiliente diante de desastres naturais inevitáveis, como tornados, furacões, terremotos, enchentes e secas se tomam medidas para garantir que tais eventos causem o menor dano possível, quando a produtividade é minimamente interrompida, e que a qualidade de vida se mantenha em (ou retorna rapidamente a) níveis elevados. Uma comunidade resiliente, é mais responsável em relação aos riscos que enfrenta e, na medida do possível, é autossuficiente. Ou seja, ela não prevê que entidades externas, como o governo federal ou estadual, possam ou vão mitigar seus riscos ou pagar por seus desastres.

6. Use a construção de consensos com processos participativos na tomada de decisões - Os processos participativos são vitais para a sustentabilidade da comunidade. Tal processo envolve todas as pessoas que têm participação no resultado da decisão a ser contemplada. Ele estimula a identificação de preocupações e problemas, promove a geração de ideias para lidar com as preocupações, e ajuda os envolvidos a encontrar uma maneira de chegar a um acordo sobre as soluções. Isso resulta na produção e divulgação de informações importantes e relevantes, promove um senso de comunidade, produz ideias que não podem ter sido considerados de outra forma, e gera um sentimento de posse por parte da comunidade para a decisão final.

Aplicando os princípios de sustentabilidade na tomada de decisões, pode-se ajudar as comunidades a evitarem as armadilhas da adoção de um plano de ação, sem perceber que terá impactos negativos em outro lugar ou tempo. O ideal é que todas as comunidades, rotineiramente, adotem uma visão de longo prazo e incorporem os ideais de sustentabilidade em todos os aspectos de seu planejamento, abrangente ao processo de tomada de decisões de desenvolvimento, preparando-se para desastres, implementação de uma mitigação, ou realizar qualquer outro programa (MONDAY, 2002). A Figura 3.33, apresenta o modelo de cidade sustentável segundo o autor.



Figura 3.33: esquema representando uma comunidade sustentável, segundo MONDAY (2002)

A seleção, o desenvolvimento e a utilização de medidas de mensuração e avaliação da sustentabilidade em qualquer nível devem levar em consideração alguns princípios ou características. Um conjunto de princípios nesse sentido são os Princípios de *Bellagio* (BRUNVOLL, 2002). Segundo HARDI (1997), eles são orientações para a avaliação de todo o processo, desde a escolha e o projeto dos indicadores e sua interpretação até a comunicação dos resultados, sendo princípios inter-relacionados que devem ser aplicados de forma conjunta. Foram criados para serem usados tanto para iniciar processos de avaliação do desenvolvimento sustentável, quanto para avaliar processos já existentes de qualquer instituição, desde comunidades locais e empresas até organismos internacionais (HARDI, 1997). Esses princípios são frutos de um trabalho realizado por um grupo de especialistas, pesquisadores e praticantes de mensuração do mundo todo que se reuniu na Fundação Educacional e Centro de Conferências Rockefeller em Bellagio na Itália com o objetivo de sintetizar a percepção geral sobre os principais aspectos relacionados à avaliação da sustentabilidade.

Os *Princípios de Bellagio* são em número de 10 e abrangem todas as etapas do processo de desenvolvimento de indicadores para mensuração da sustentabilidade. Estes princípios dizem respeito a quatro aspectos da avaliação do progresso rumo ao desenvolvimento sustentável. Princípio 1, lida com o ponto de partida de qualquer avaliação - o estabelecimento de uma visão de desenvolvimento sustentável, com objetivos claros. Esses objetivos proporcionam uma definição prática dessa visão em termos que sejam significativos para quem toma as decisões. O Princípio 2 a 5 se relaciona com o conteúdo de qualquer avaliação, além da necessidade de conciliar um sentido geral de sistema com um enfoque prático sobre questões prioritárias atuais. Os princípios 6,7 e 8 tratam de questões-

chave do processo de avaliação, enquanto Princípios 9 e 10 lidam com a necessidade de estabelecer uma capacidade permanente de avaliação. O conjunto desses princípios, classificados nas grandes etapas do processo de mensuração do desenvolvimento sustentável, e seu conteúdo são os seguintes (BRUNVOLL *et al.* 2002):

1. Guia de visões e metas - A avaliação em direção ao desenvolvimento sustentável deve ser guiada por uma visão clara do desenvolvimento sustentável e metas que definem essa visão.

2. Perspectiva holística - A avaliação em direção ao desenvolvimento sustentável deve: Incluir visão do sistema todo e de suas partes; Considerar o bem-estar social, bem-estar ecológico e bem-estar econômico dos subsistemas; seu estado atual, tendência e taxa de mudança tanto dos componentes as partes como da interação entre as partes; Considerar as consequências positivas e negativas da atividade humana de forma a refletir os custos e benefícios para os sistemas humano e ecológico, em termos monetários e não monetários.

3. Elementos essenciais - A avaliação em direção ao desenvolvimento sustentável deve: Considerar a equidade e a disparidade dentro da população atual e entre esta e as futuras gerações, lidando com a utilização de recursos, com o superconsumo e pobreza, direitos humanos e acesso a serviços; considerar as condições ecológicas das quais a vida depende; considerar o desenvolvimento econômico e outros aspectos que não são oferecidos pelo mercado e que contribuem para o bem-estar humano e social.

4. Escopo apropriado - A avaliação em direção ao desenvolvimento sustentável deve: Adotar um horizonte de tempo suficientemente longo para capturar as escalas de tempo humano e dos ecossistemas, atendendo às necessidades das futuras gerações, bem como da geração atual em termos de processo de tomada de decisão no curto prazo; Definir o espaço de estudo para abranger não apenas impactos locais, mas também o impacto de longa distância sobre pessoas e ecossistemas; Construir um histórico das condições presentes e passadas para antecipar futuras condições.

5. Abordagem prática - A avaliação em direção ao desenvolvimento sustentável deve ser baseada em: Um sistema de categorias explícitas ou um sistema organizado que conecte a visão e as metas com os indicadores e os critérios de avaliação; Um número limitado de questões-chave para análise; Um número de indicadores ou combinações de indicadores que sinalizem claramente o progresso; Um padrão de medidas para permitir a comparação, quando possível; Comparação de valores dos indicadores com suas metas, valores de referência, limites ou direção da mudança.

6. Abertura e transparência - A avaliação em direção ao desenvolvimento sustentável deve: Tornar os métodos e dados usados acessíveis a todos; deixar explícitos todos os julgamentos, suposições e incertezas de dados.

7. Comunicação eficaz - A avaliação em direção ao desenvolvimento sustentável deve: Ser projetada para atender às necessidades do público e do grupo de usuários; ser feita de forma que os indicadores e as ferramentas estimulem e engajem os tomadores de decisão; procurar a simplicidade na estrutura do sistema e utilizar linguagem clara e simples.

8. Participação efetiva- A avaliação em direção ao desenvolvimento sustentável deve: obter ampla representação do público profissional, técnico e comunitário, incluindo participação de jovens, mulheres e indígenas para garantir o reconhecimento dos valores, que são diversos e dinâmicos. Garantir a participação dos tomadores de decisão para assegurar uma forte ligação com a adoção de políticas e os resultados da ação.

9. Avaliação contínua - A avaliação em direção ao desenvolvimento sustentável deve: Desenvolver a capacidade de repetidas medidas para determinar tendências; ser interativa, adaptativa e responsiva às mudanças e incertezas, porque os sistemas são complexos e estão em frequente mudança; ajustar as metas, sistemas e indicadores com as novas descobertas decorrentes do processo; promover o desenvolvimento do aprendizado coletivo e o feedback necessário para a tomada de decisão.

10. Capacidade institucional - A avaliação em direção ao desenvolvimento sustentável deve: definir clara responsabilidade e apoiar constantemente o processo de tomada de decisão; assegurar capacidade institucional para a coleta de dados, sua manutenção e documentação; apoiar o desenvolvimento da capacitação local de avaliação. Uma das principais funções dos *Princípios de Bellagio* é a de nortear a escolha e formulação de indicadores de sustentabilidade, de modo que estes tenham consistência científica e possam traduzir, de maneira sintética, as informações e dados existentes, facilitando o planejamento e tomada de decisões dos gestores, mas não são os únicos (PINTÉR *et al*, 2012).

A Conferência das Nações Unidas no Rio de Janeiro em 1992 gerou um documento intitulado “Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento”, reafirmando a Declaração da Conferencia de Estocolmo (1972) sobre o meio ambiente e com objetivo de estabelecer uma parceria global estabeleceu 27 princípios:

Princípio 1 - os seres humanos constituem o centro das preocupações relacionadas com o desenvolvimento sustentável. Têm direito a uma vida saudável e produtiva em harmonia com a natureza.

Princípio 2 - os estados, em conformidade com a carta das nações unidas e os princípios da lei internacional, possuem o direito soberano de explorar seus próprios recursos segundo suas próprias políticas ambientais e de desenvolvimento, e a responsabilidade de velar para que as atividades realizadas dentro de sua jurisdição ou sob seu controle não causem danos ao meio ambiente de outros estados ou de zonas que estejam fora dos limites da jurisdição nacional.

Princípio 3 - o direito ao desenvolvimento deve exercer-se de forma tal que responda equitativamente às necessidades de desenvolvimento e ambientais das gerações presentes e futuras.

Princípio 4 - a fim de alcançar o desenvolvimento sustentável, a proteção do meio ambiente deverá constituir parte integrante do processo de desenvolvimento e não poderá considerar-se de forma isolada.

Princípio 5 - todos os estados e todas as pessoas deverão cooperar na tarefa essencial de erradicar a pobreza como requisito indispensável do desenvolvimento sustentável, a fim de reduzir as disparidades nos níveis de vida e responder melhor às necessidades da maioria dos povos do mundo.

Princípio 6 - a situação e as necessidades especiais dos países em desenvolvimento, em particular os países menos adiantados e os mais vulneráveis do ponto de vista ambiental, deverão receber prioridade especial. Nas medidas internacionais que se adotem com respeito ao meio ambiente e ao desenvolvimento também se deveriam ter em conta os interesses e as necessidades de todos os países.

Princípio 7 - os estados deverão cooperar com o espírito de solidariedade mundial para conservar, proteger e restabelecer a saúde e a integridade do ecossistema da terra. Tendo em vista que tenham contribuído notadamente para a degradação do meio ambiente mundial, os estados têm responsabilidades comuns, mas diferenciadas. Os países desenvolvidos reconhecem a responsabilidade que lhes cabe na busca internacional do desenvolvimento sustentável, em vista das pressões que suas sociedades exercem no meio ambiente mundial e das tecnologias e dos recursos financeiros de que dispõem.

Princípio 8 - para alcançar o desenvolvimento sustentável e uma melhor qualidade de vida para todas as pessoas, os estados deveriam reduzir e eliminar os sistemas de produção e consumo não sustentados e fomentar políticas demográficas apropriadas.

Princípio 9 - os estados deveriam cooperar para reforçar a criação de capacidades endógenas para obter um desenvolvimento sustentável, aumentando o saber científico mediante o intercâmbio de conhecimentos científicos e tecnológicos, intensificando o

desenvolvimento, a adaptação, a difusão e a transferência de tecnologias, entre estas, tecnologias novas e inovadoras.

Princípio 10 - o melhor modo de tratar as questões ambientais é com a participação de todos os cidadãos interessados, em vários níveis. No plano nacional, toda pessoa deverá ter acesso adequado à informação sobre o ambiente de que dispõem as autoridades públicas, incluída a informação sobre os materiais e as atividades que oferecem perigo em suas comunidades, assim como a oportunidade de participar dos processos de adoção de decisões. Os estados deverão facilitar e fomentar a sensibilização e a participação do público, colocando a informação à disposição de todos. Deverá ser proporcionado acesso efetivo aos procedimentos judiciais e administrativos, entre os quais o ressarcimento de danos e os recursos pertinentes.

Princípio 11 - os estados deverão promulgar leis eficazes sobre o meio ambiente. As normas ambientais e os objetivos e prioridades em matérias de regulamentação do meio ambiente, deveriam refletir o contexto ambiental e de desenvolvimento às quais se aplicam. As normas por alguns países podem resultar inadequadas e representar um custo social e econômico injustificado para outros países, em particular os países em desenvolvimento.

Princípio 12 - os estados deveriam cooperar para promover um sistema econômico internacional favorável e aberto que levará ao crescimento econômico e ao desenvolvimento sustentável de todos os países, a fim de abordar de forma melhor os problemas de degradação ambiental. As medidas de política comercial para fins ambientais não deveriam constituir um meio de discriminação arbitrária ou injustificável nem uma restrição velada do comércio internacional. Deveriam ser evitadas medidas unilaterais para solucionar os problemas ambientais que se produzem fora da jurisdição do país importador. As medidas destinadas a tratar os problemas ambientais transfronteiriços ou mundiais deveriam, na medida do possível, basear-se em um consenso internacional.

Princípio 13 - os estados deverão desenvolver a legislação nacional relativa à responsabilidade e à indenização referente às vítimas da contaminação e outros danos ambientais. Os estados deverão cooperar de maneira inteligente e mais decidida no preparo de novas leis internacionais sobre responsabilidade e indenização pelos efeitos adversos dos danos ambientais causados pelas atividades realizadas dentro de sua jurisdição, ou sob seu controle, em zonas situadas fora de sua jurisdição.

Princípio 14 - os estados deveriam cooperar efetivamente para desestimular ou evitar o deslocamento e a transferência a outros estados de quaisquer atividades e substâncias que causem degradação ambiental grave ou se considerem nocivas à saúde humana.

Princípio 15 - com o fim de proteger o meio ambiente, os estados deverão aplicar amplamente o critério de precaução conforme suas capacidades. Quando houver perigo de dano grave ou irreversível, a falta de certeza científica absoluta não deverá ser utilizada como razão para se adiar a adoção de medidas eficazes em função dos custos para impedir a degradação do meio ambiente.

Princípio 16 - as autoridades nacionais deveriam procurar fomentar a internalização dos custos ambientais e o uso de instrumentos econômicos, tendo em conta o critério de que o que contamina deveria, em princípio, arcar com os custos da contaminação, tendo devidamente em conta o interesse público e sem distorcer o comércio nem as inversões internacionais.

Princípio 17 - deverá empreender-se uma avaliação do impacto ambiental, em termos de instrumento nacional, a despeito de qualquer atividade proposta que provavelmente produza um impacto negativo considerável no meio ambiente e que esteja sujeito à decisão de uma autoridade nacional competente.

Princípio 18 - os estados deverão notificar imediatamente os outros estados sobre os desastres naturais e outras situações de emergência que possam produzir efeitos nocivos súbitos no meio ambiente desses estados. A comunidade internacional deverá fazer todo o possível para ajudar os estados que sejam afetados.

Princípios 19 - os estados deverão proporcionar a informação pertinente e notificar previamente e de forma oportuna os estados que possam se ver afetados por atividades passíveis de ter consideráveis efeitos ambientais nocivos transfronteiriços, e deverão celebrar consultas com estes estados em data antecipada.

Princípio 20 - as mulheres desempenham um papel fundamental na ordenação do meio ambiente e no desenvolvimento. É, portanto, imprescindível contar com sua plena participação para chegar ao desenvolvimento sustentável.

Princípio 21 - devem ser mobilizados a criatividade, os ideais e o valor dos jovens do mundo para forjar uma aliança mundial orientada para obter o desenvolvimento sustentável e assegurar um futuro melhor para todos.

Princípio 22 - os povos indígenas e suas comunidades, assim como outras comunidades locais, desempenham um papel fundamental na ordenação do meio ambiente e no desenvolvimento devido a seus conhecimentos e práticas tradicionais. Os estados deveriam reconhecer e prestar o apoio devido a sua identidade, cultura e interesses e velar pelos que participarão efetivamente na obtenção do desenvolvimento sustentável.

Princípio 23 - devem proteger-se o meio ambiente e os recursos naturais dos povos submetidos à opressão, dominação e ocupação.

Princípio 24 - a guerra é, por definição, inimiga do desenvolvimento sustentável. Em consequência, os estados deverão respeitar o direito internacional proporcionando proteção ao meio ambiente em épocas de conflito armado, e cooperar para seu posterior melhoramento, conforme for necessário.

Princípio 25 - a paz, o desenvolvimento e a proteção do meio ambiente são interdependentes e inseparáveis.

Princípio 26 - os estados deverão resolver todas as suas controvérsias sobre o meio ambiente por meios pacíficos e com a coordenação da carta das nações unidas.

Princípio 27 - os estados e os povos deveriam cooperar de boa fé e com espírito de solidariedade na aplicação dos princípios consagrados nesta declaração e no posterior desenvolvimento do direito internacional na esfera do desenvolvimento sustentável.

O Governo de Quebec (2005) apresenta também por meio do seu “*Sustainable Development Act*” (Lei de Desenvolvimento Sustentável) 16 princípios que devem ser incorporados nas intervenções de todos os departamentos e agências. Segundo o governo, esses princípios são um guia para a ação dentro de uma perspectiva de desenvolvimento sustentável. Eles são uma reflexão original dos princípios da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, um texto fundamental que afirma o compromisso internacional para o desenvolvimento sustentável.

Os princípios da Lei de Québec para o Desenvolvimento Sustentável (2005):

1. "Saúde e qualidade de vida": as pessoas, a saúde humana e melhoria da qualidade de vida estão no centro das preocupações do desenvolvimento sustentável. As pessoas têm direito a uma vida saudável e produtiva, em harmonia com a natureza;
2. "A equidade social e de solidariedade": o desenvolvimento deve ser realizado num espírito de equidade intra e inter-geracional e ética social e da solidariedade;
3. "A proteção do ambiente": Para alcançar o desenvolvimento sustentável, a proteção ambiental deve constituir parte integrante do processo de desenvolvimento;
4. "A eficiência econômica": A economia de Québec e suas regiões devem ser eficazes, voltados para a inovação e prosperidade econômica que é propício para o progresso social e respeito ao meio ambiente;
5. “Participação e compromisso”: A participação e envolvimento dos cidadãos e dos cidadãos grupos são necessários para definir uma visão concertada de

desenvolvimento e garantir sua sustentabilidade social e econômica do meio ambiente;

6. "O acesso ao conhecimento": medidas favoráveis à educação, o acesso à informação e investigação deve ser incentivada, a fim de estimular a inovação, aumentar a conscientização e assegurar a participação efetiva do público na implementação do desenvolvimento sustentável;
7. "Subsidiariedade": Poderes e responsabilidades devem ser delegados para o nível apropriado de autoridade. Centros de decisão devem ser adequadamente distribuídos e tão próximo quanto possível dos cidadãos e das comunidades envolvidas;
8. "Parceria Intergovernamental e cooperação": Governos devem colaborar para garantir que o desenvolvimento seja sustentável do ponto de vista ambiental, social e econômica. Os impactos externos das ações em um determinado território devem ser levados em consideração;
9. "Prevenção": Na presença de um risco conhecido, preventiva, mitigando e devem ser tomadas ações corretivas, com prioridade para as ações na fonte;
10. "Precaução": Quando houver ameaça de danos sérios ou irreversíveis, a falta de plena certeza científica não deve ser utilizada como razão para postergar a adoção de medidas eficazes para prevenir a degradação ambiental;
11. "Proteção do patrimônio cultural": O patrimônio cultural, composta de imóveis, sítios, paisagens, tradições e conhecimentos, reflete a identidade de uma sociedade. Ele passa sobre os valores de uma sociedade de geração em geração, e para a preservação deste patrimônio promove a sustentabilidade do desenvolvimento. Componentes do patrimônio cultural devem ser identificados, protegidos e reforçados, tendo sua raridade e fragilidade intrínseca em conta;
12. "Preservação da Biodiversidade": A diversidade biológica oferece vantagens incalculáveis e deve ser preservado para o benefício das gerações presentes e futuras. A proteção das espécies, ecossistemas e os processos naturais que sustentam a vida são essenciais para que a qualidade de vida humana deva ser mantida;
13. "O respeito pela capacidade de suporte dos ecossistemas": As atividades humanas devem ser respeitadas com a capacidade de suporte dos ecossistemas e garantir a perenidade dos ecossistemas;
14. "A produção e consumo responsáveis": os padrões de produção e consumo devem ser alterados, a fim de tornar a produção e consumo mais viável e mais social e

ambientalmente responsável, em particular através de uma abordagem ecoeficiente que evita o desperdício e otimiza o uso dos recursos;

15. "Poluidor-pagador": aqueles que geram poluição ou cujas ações de outra forma degradar o meio ambiente deve assumir a sua parte do custo de medidas para prevenir, reduzir, controlar e mitigar os danos ambientais;
16. "Internalização dos custos": O valor dos bens e serviços devem contemplar todos os custos que eles geram para a sociedade durante todo o seu ciclo de vida, desde a sua concepção até o seu consumo final e sua eliminação.

Os princípios de direitos ambientais surgiram principalmente a partir da Declaração de Estocolmo sobre o Meio Ambiente Humano (1972), juntamente com os princípios da prevenção e precaução, o princípio da responsabilidade, do "poluidor-pagador" e do princípio da cooperação entre os Estados. Para Cunha *et al* (2013) O direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado tem sido reconhecido em convenções internacionais e documentos desde a Declaração do Rio-92. Atualmente, o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, similar aos direitos à solidariedade, autodeterminação e paz, é um direito humano, que não entra em regime público de direito privado. Os bens ambientais, portanto, tornam-se bens públicos, independentemente se eles são propriedade pública ou privada (SANTILLI, 2010).

Algumas cidades europeias em suas construções das agendas 21 locais estabeleceram um grupo de princípios a partir de documentos da União Europeia e da Organização das Nações Unidas, esses princípios são apresentados a seguir:

1. **Humanístico** - Os seres humanos são parte integrante das preocupações para o desenvolvimento sustentável. Eles têm direito a uma vida saudável e produtiva em harmonia com a natureza. Adaptado de ONU, 1992.
2. **Prevenção** - Em vez de avaliar os danos e tentar repará-los, deve-se evitar a sua ocorrência, controlando as respectivas causas. Metodologias de controle devem ser integradas nas atividades da comunidade local permitindo identificar atividades com impactos negativos na qualidade de vida da comunidade. ONU, 1992; CUE, 2006.
3. **Precaução** - Onde se verifique a possibilidade de ocorrência de impactos negativos muito significativos ou significativos e irreversíveis, a ausência de certeza científica não deve ser utilizada para justificar adiamentos ou relegar medidas preventivas para segundo plano. ONU, 1992; CUE, 2006.

4. **Poluidor-Pagador** - São cobrados dos poluidores todos os danos causados ao meio ambiente, com o fim de manter os padrões de qualidade desejados. Tal princípio encontra-se amparado no artigo 225, § 3º, da Constituição brasileira de 1988, que dispõe que “*as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados*”. Adaptado de ONU, 1992; CUE, 2006.
5. **Cooperação** - Determina a procura de soluções concertadas com outros atores locais, nacionais ou internacionais para os problemas de ambiente e de gestão dos recursos naturais. A cooperação inicial entre todas as partes interessadas no processo de planejamento e implementação de políticas, planos e projetos pode atenuar alguns obstáculos do caminho. ONU, 1992; CUE, 2006.
6. **Integridade ecológica** - O conceito de ecossistemas urbanos, que leva a avaliar ambientes construídos artificialmente do mesmo modo que os ecossistemas no mundo natural foram introduzidos na década de 70. Sustentabilidade significa que não se podem aumentar as necessidades indefinidamente; as políticas têm que ser formuladas de modo a assegurar uma proteção adequada da biodiversidade e a manutenção dos principais processos ecológicos e dos sistemas que suportam a vida. ONU, 1992; CUE, 2006.
7. **Melhoria contínua** - Determina a necessidade do desenvolvimento de políticas, planos e projetos dinâmicos e flexíveis, reconhecendo a necessidade de adaptações e alterações em qualquer altura, seguindo uma lógica de progressão contínua rumo à sustentabilidade. A este princípio estão associados os conceitos de avaliação e monitoramento constantes. CUE, 2006.
8. **Equidade intra e intergerações** - Determina a necessidade de assegurar a melhoria da qualidade de vida da população em geral, tanto nas gerações presentes como nas futuras. ONU, 1992; CUE, 2006.
9. **Integração** - Devem criar-se os meios adequados para assegurar a integração das políticas de crescimentos econômico e social e de conservação da natureza, tendo como finalidade o desenvolvimento integrado, harmônico e sustentável. ONU, 1992; CUE, 2006.

10. **Democracia (participação)** - A sustentabilidade deve ser fomentada por processos participativos e permite que a comunidade como um todo tenha o mesmo envolvimento no processo de tomada de decisão. ONU, 1992; CUE, 2006.
11. **Subsidiariedade (descentralização)** - Este princípio implica que as decisões devem ser tomadas ao nível de decisão o mais próximo possível do cidadão. ONU, 1992; CUE, 2006.
12. **Envolvimento da comunidade e transparência** - Reconhece que a sustentabilidade não pode ser alcançada, nem pode haver um progresso significativo nesse sentido, sem o suporte e o envolvimento de toda a comunidade. O processo de tomada de decisão deve ser claro, explícito e público. ONU, 1992; CUE, 2006.
13. **Responsabilização** - Aponta para a assunção pelos agentes das consequências, para terceiros, da sua ação, direta ou indireta, sobre os recursos naturais. ONU, 1992; CUE, 2006.
14. **Avaliação de impactos sociais e ambientais** - A avaliação do impacto ambiental, como um instrumento, deve ser realizada para atividades propostas que possuam impactos significativamente adversos sobre o meio ambiente e sejam submetidas à decisão de autoridades competentes nacionais. ONU, 1992; CUE, 2006.
15. **Igualdade dos indivíduos diante dos encargos públicos** - Consiste em repartir tanto quanto possível os ônus com aqueles que se beneficiem do serviço. Cavalieri Filho, 2005.

O direito ao meio ambiente é constituído por direitos que são formalmente reconhecidos como direitos fundamentais e os direitos que são materialmente fundamentais. A Constituição Brasileira de 1988 contém uma série de princípios implícitos e explícitos, como a primazia do meio ambiente, exploração limitada de propriedade, o uso sustentável dos recursos naturais, o princípio da prevenção, do "poluidor-pagador" e "utilizador-pagador" princípios e o função ecológica da propriedade (BENJAMIN, 2007).

3.3.6. FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE

Segundo NESS, (2007) o desenvolvimento sustentável foi incorporado em diversos níveis da sociedade nos últimos anos. O Conselho Nacional de Pesquisa dos Estados Unidos (NCR, 1999) argumenta que há três componentes importantes do desenvolvimento sustentável: o que é para ser sustentado, o que é para se desenvolver, e o componente inter-

geracional. Identificaram três áreas para ser sustentadas: a natureza, os sistemas de suporte à vida e a comunidade. Para o que necessita ser desenvolvido trazem: as pessoas, a sociedade e a economia. O componente inter-geracional é fundamental porque os objetivos específicos de sustentabilidade devem expressar explicitamente o horizonte temporal para que os objetivos sejam alcançados.

Para KASEMIR *et al* (2003) durante a transição para uma situação mais sustentável, os objetivos devem ser avaliados. Um componente-chave da avaliação de sustentabilidade é a comparação das diferentes alternativas de projeto/políticas (BOND *et al*, 2012; GIBSON *et al*, 2005).

Pesquisas de avaliação de métodos, ferramentas, indicadores demonstraram que as abordagens podem ser baseadas em numerosos fatores ou dimensões categorizadas e dessa maneira, foram considerados os seguintes fatores (NESS, 2007):

- **Características Temporais**, isto é, se a ferramenta avalia o desenvolvimento passado, ou se ele é usado para prever os resultados futuros (orientada para a mudança): como uma mudança de política ou uma melhoria em um processo de produção.

- **O Foco** (áreas de cobertura), por exemplo, se o seu foco é no nível do produto, ou sobre a proposta de mudança na política.

- **Integração de sistemas de natureza-sociedade**, ou seja, qual a extensão da fusão dos aspectos ambientais, sociais e econômicos.

Com base em inventário realizado, NESS (2007), produziu um quadro relacionando as ferramentas existentes até aquele momento (**Figura 3.34**), e as dispôs em série, diferenciando se são instrumentos de retrospectiva ou de projeção, categorizados em três grandes áreas: **índices e indicadores** que são divididos em integrados e não integrados; **instrumentos de avaliação relacionados com o produto**, com o foco nos materiais e/ou fluxos de energia de um produto ou serviço, a partir de uma perspectiva de ciclo de vida e **avaliação integrada**, que são um conjunto de ferramentas que, geralmente, se concentra na mudança de política ou implementação do projeto.

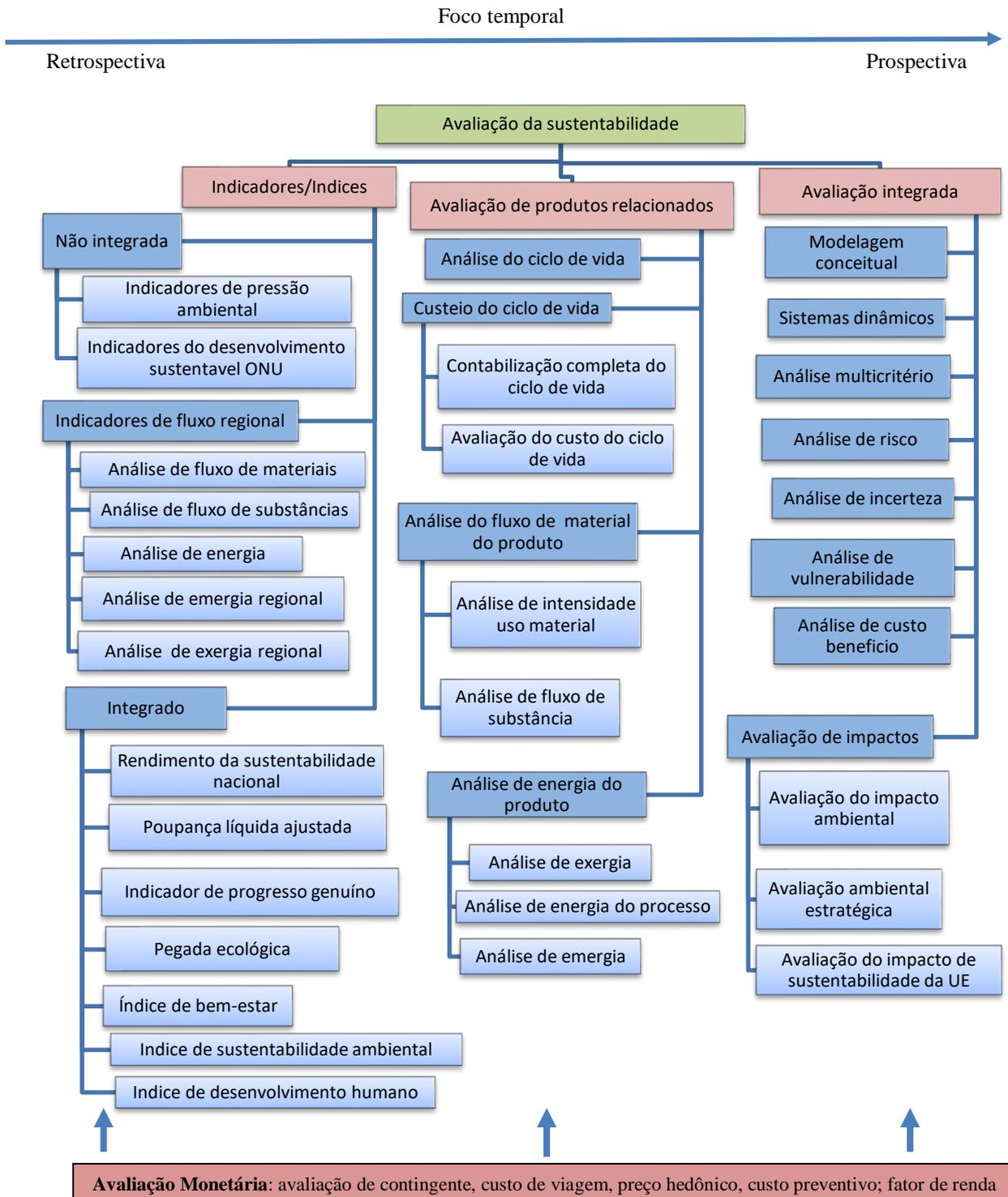


Figura 3.34. Quadro relacionando as ferramentas existentes de avaliação da sustentabilidade. Adaptado de: NESS, 2007.

Em sua avaliação das ferramentas de avaliação da sustentabilidade GASPARATOS e SGOLOBI (2013) perceberam que os pressupostos assumidos por cada categoria de ferramentas são, na maioria dos casos, altamente carregados de valor:

- (a) A perspectiva de valoração, na avaliação global;
- (b) A adoção de uma perspectiva reducionista ou não reducionista durante a avaliação;
- (c) A aceitabilidade dos conflitos entre as diferentes questões da sustentabilidade.

De acordo com os seus pressupostos e sua perspectiva de valorização, os instrumentos de avaliação de sustentabilidade podem ser divididos em três grandes categorias: monetária, biofísica e baseada em indicadores apresentados na **Figura 3.35**. (GASPARATOS e SCOLOBIG, 2013):

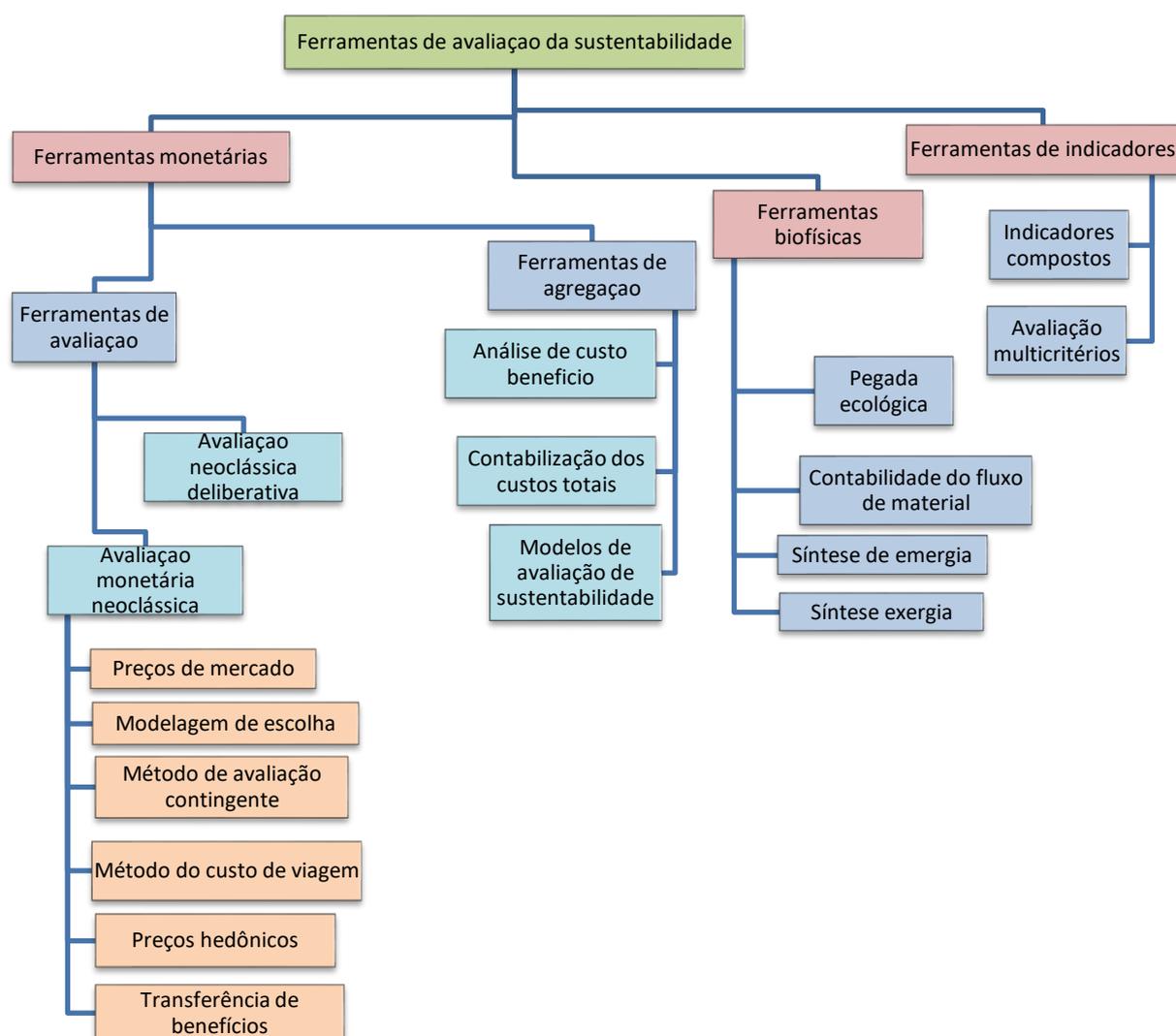


Figura 3.35. Instrumentos de avaliação de sustentabilidade divididos em três grandes categorias:
Fonte: GASPARATOS e SCOLOBIG, 2013.

3.4. Indicadores de Sustentabilidade

Há várias definições, porém, nenhuma é oficial sobre o que é um indicador. Apenas algumas referências que descrevem, assim como as NAÇÕES UNIDAS (1999) *“indicador é uma ferramenta para esclarecer e definir com mais precisão, os objetivos e impactos; são medidas verificáveis das mudanças ou resultados; projetado para ter um padrão contra o qual se avalia, estima ou demonstra progresso em relação a metas estabelecidas”*. Para GALLOPIN (1996) um indicador é um sinal ou informação que simplifica uma determinada condição ou estado com a função de informar e auxiliar na tomada de decisão. Essas informações/indicadores podem apresentar variáveis qualitativas e/ou quantitativas, assumindo um valor em período específico. Por sua vez, variável é uma representação ou propriedade de um atributo de um determinado sistema, incluindo qualidade, característica e propriedade que pode ser medida ou observada (RAMOS, 2004).

Para KAYANO e CORTEZ, (2002), indicadores são instrumentos importantes para controle, gestão, verificação, medição de eficiência e eficácia não apenas na administração privada, mas também e principalmente na administração pública, por permitirem comparar situações entre localidades (espaços territoriais) ou entre períodos diferentes de um mesmo município. Ainda, segundo os autores, permitem acompanhar, por exemplo, as mudanças da qualidade de vida de determinado município num período de dez anos, mas também permitem comparar num mesmo período municípios com perfis semelhantes.

Segundo KAYANO e CORTEZ (2002) mais importante que a definição, é destacar algumas ideias-chave que estão nela presentes, dentre as quais:

- Indicadores são um instrumento, ou seja, o indicador não é um fim em si, mas um meio;
- Indicadores são uma medida, uma forma de mensuração, um parâmetro, quer dizer, o indicador é um instrumento que sintetiza um conjunto de informações em um "número" e, portanto, permite medir determinados fenômenos entre si, ou ao longo de determinado tempo;
- Indicadores podem ser utilizados para verificação, observação, demonstração, avaliação, ou seja, o indicador permite observar e mensurar determinados aspectos da realidade social: eles medem, observam e analisam a realidade de acordo com um determinado ponto de vista.

Para TUNSTALL, (1997), indicadores são informações estatísticas que nos dizem se estamos progredindo no sentido dos objetivos e metas estabelecidas. O autor ainda, declara

que estabelecimento de metas e desenvolvimento de indicadores é um processo interativo que requer revisão e negociação, metas em andamento são estabelecidas, objetivos mensuráveis são identificados, os bancos de dados são examinados para ver o que tem informações disponíveis e sua qualidade; os indicadores são escolhidos, os objetivos podem ser ligeiramente modificados com base nos indicadores disponíveis, e assim por diante.

O autor, lista sete testes considerados essenciais para o desenvolvimento e a seleção de indicadores, uma vez que os objetivos já estejam estabelecidos (TUNSTALL, 1997):

1. **Séries Temporais** – os dados devem estar disponíveis a partir de programas de monitoramento contínuos para dar suporte a comparações ao longo do tempo.
2. **Qualidade Estatística** - Os dados devem ser baseados nas melhores práticas de monitoramento disponíveis e devem ser cuidadosamente documentados e a documentação ser disponibilizada ao público;
3. **Escala Espacial** – Os dados disponíveis devem possuir cobertura espacial necessária para se poder analisar problemas específicos. Para indicadores urbanos as unidades espaciais mais adequadas são o ambiente doméstico e o local de trabalho, o bairro ou comunidade, a cidade propriamente dita, e a região metropolitana. Um sistema de informação geográfica ou SIG pode ser desenvolvido e utilizado para analisar unidades nessas escalas. Os resultados podem ser apresentados como indicadores mapeados;
4. **Significância Analítica** - Os dados devem ajudar o usuário a compreender as relações causais entre os diferentes aspectos de um problema. Também, deve auxiliar o usuário a entender os problemas em relação às metas e desempenho;
5. **Frequência de coleta de dados e relatórios** - A comunicação de dados deve dar suporte às necessidades dos decisores políticos na avaliação dos planos e suas implementações. Muitos dados estatísticos são compilados para atender às necessidades de mais de um plano e propósito e isso deve ser levado em consideração.
6. **Viabilidade** - Coleta de dados e elaboração de relatórios de indicadores deve ter um custo adequado e ser tecnicamente viável. Monitoramento, relatório e análise de dados devem ser incorporados em todos os planos de ação de desenvolvimento sustentável.
7. **Seletividade** - Os indicadores devem ser limitados ao número mínimo necessário para transmitir informações importantes sobre os problemas e as metas políticas. A limitação do número de indicadores reportados ajuda público e formuladores de

políticas a focar os problemas mais graves e ajuda a construção de suporte para as metas ambientais e de desenvolvimento.

Em síntese, para que indicadores sejam instrumentos de um processo de mudança rumo ao conceito de desenvolvimento sustentável (GUIMARAES e FEICHAS, 2009), eles devem congregam características que permitam: mensurar diferentes dimensões de forma a apreender a complexidade dos fenômenos sociais; possibilitar a participação da sociedade no processo de definição do desenvolvimento; comunicar tendências, subsidiando o processo de tomada de decisões; e relacionar variáveis, já que a realidade não é linear nem unidimensional.

No Brasil, a partir da promulgação da Constituição Federal de 1988, iniciou-se um processo, de redefinição da competência política dos entes federativos notabilizada pela ampliação do escopo de atuação dos Estados e municípios, sendo que os últimos conquistaram a mais ampla autonomia política da história republicana, sem deixar de lado atribuições que deveriam ser exercidas pelo poder público federal, tais como fiscalização e licenciamento (TOMIO, 2002; PHILIPPI JR. *et. al.*, 2007).

Segundo ACSELRAD (1999) e JABOBI (1999), a gestão ambiental deve ocorrer localmente, pois, a materialização das políticas e os impactos das mesmas acontecem nessa escala. Para BARBIERI (2007) ações locais possuem maior efetividade pois levam em consideração especificidades e características de um local ou comunidade. Porém, não se pode agir sem pensar nos impactos que as ações locais causam em escalas regionais e globais. Ações sustentáveis são pensadas de modo a minimizar esses problemas mais amplos, mesmo que atuando em seu nível local.

Para NAHAS *et. al.* (2006), os indicadores são um meio de prover planos e políticas com informações para demonstrar seu desempenho ao longo do tempo e uma tentativa de realizar previsões, podendo ser utilizados para monitoramento de variações espaciais e temporais das ações. Além de ser um instrumento de cidadania, na medida em que informe aos cidadãos e a participação destes é fundamental para as ações. Ações e impactos devem ser avaliados constantemente, para isso, os indicadores podem atuar para executar essa função e auxiliar nas tomadas de decisão e implantação de políticas e possíveis alterações em seus rumos.

3.4.1. DESAFIOS NA CONSTRUÇÃO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Os indicadores mais difundidos até a década de 1980, não apenas no processo de tomada de decisão, mas também na sociedade, são os econômicos (GUIMARÃES, 2009). Ainda, segundo o autor, o PIB, a taxa de juros, déficit público e demais estatísticas macroeconômicas, são indicadores já estabelecidos que foram internalizados pela população e amplamente utilizados na tomada de decisões nas instâncias públicas e privadas. Entretanto, indicadores econômicos não expressam as necessidades da sociedade e da qualidade do meio ambiente, condições cruciais para o desenvolvimento sustentável. Segundo BOISIER (1997) os indicadores econômicos não são capazes de orientar o desenvolvimento social e ambiental, apenas se restringindo ao crescimento econômico e a degradação do bem-estar.

Por isso mesmo, GUIMARÃES (2009) indica que o surgimento de indicadores para mensurar o desenvolvimento sustentável é efeito do reconhecimento de que outras dimensões devem ser levadas em conta para o desenvolvimento de um território.

Para KAYANO e CORTEZ (2002) é possível, a grosso modo, fazer uma espécie de genealogia dos indicadores, dividindo-os em três gerações:

• **Indicadores de Primeira Geração** são os indicadores simples, como o Produto Interno Bruto – PIB e o PIB per capita, criados nos anos 50. Algumas das vantagens desses indicadores mais simples são:

1. Estarem disponíveis praticamente em todos os países;
2. Serem de fácil entendimento;
3. Serem claramente comparáveis

As desvantagens, por outro lado, são:

1. Não considerarem a distribuição da renda interna de cada área;
2. Serem fortemente afetados pela variação cambial;
3. Serem unidimensionais;
4. Não captarem outras dimensões importantes, como, por exemplo, educação, saúde, meio ambiente.

Indicadores de Segunda Geração são os indicadores compostos, como o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), criados nos anos 90, propostos por um organismo internacional, o PNUD, e fruto de um longo processo de consenso. Esse indicador incorpora o PIB per capita, associando-o a mais dois indicadores: longevidade e nível educacional. As vantagens desses Indicadores da Segunda Geração são:

1. Sinalizarem aos governantes e políticos dos diversos países que desenvolvimento não é sinônimo de crescimento da produção;
2. Serem multidimensionais;
3. Serem produto de consenso de diversos atores.

Sua desvantagem é que a opção por qualquer indicador composto cria problemas referentes à necessidade de se atingir o consenso sobre os temas a serem incluídos, resumos de dados; estas decisões, tomadas a priori, são mediadas por juízos de valor e costumam afetar o ranking dos países sujeitos à classificação, com repercussões na mídia ou em processos políticos eleitorais. A maior limitação para a utilização do IDH “tradicional” é sua falta de sensibilidade para medidas de curto prazo e para temas gerados por ações puramente municipais. Além dos resultados de políticas, é preciso valorizar ações ligadas à própria forma de gestão, principalmente os esforços despendidos nas áreas de ação social e a valorização da participação comunitária.

• **Indicadores de Terceira Geração** são indicadores que consideram o trabalho como um processo a ser aprimorado ao longo do tempo, com discussões permanentes e reavaliação de metas e objetivos. O Índice Paulista de Responsabilidade Social, elaborado pela Fundação Seade a pedido da Assembleia Legislativa de São Paulo, é um exemplo. Além de incorporarem a ideia da imperfeição dos indicadores e do seu potencial de isca (*sic*), presentes na configuração dos Indicadores de Segunda Geração, preocupam-se também em medir, além dos resultados de curto prazo, os esforços realizados pela gestão pública na direção de melhorar alguns indicadores e avaliar a criação e consolidação de mecanismos institucionais que favoreçam a participação da sociedade na implementação e na avaliação das políticas públicas, bem como a transparência nas ações do governo.

3.4.2. CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

A construção de indicadores é importante para dar suporte à tomada de decisão no planejamento futuro de uso e ocupação do solo, evitar a ocupação desordenada e reduzir a utilização de verbas de calamidade, havendo, dessa maneira, um modo mais responsável na utilização dos recursos. É possível, por exemplo, a partir da elaboração específica de indicadores de sustentabilidade relacionados à drenagem urbana e águas pluviais, estabelecer novos procedimentos e análises que funcionarão como suporte as tomadas de decisão de uso e ocupação do solo para que se evitem situações de risco. Outras aplicações dos indicadores

podem ser numa melhor gestão sobre a geração de resíduos sólidos, sobre o consumo de recursos na indústria e a perda de biodiversidade devido as atividades agrícolas.

Os indicadores são necessários para demonstrar uma representação de uma determinada realidade, dessa maneira, através de uma simplificação numérica é possível avaliar a situação e realizar através de planejamento de ações sua melhoria. Para que se possa avaliar também a o andamento das melhorias e orientar no processo de tomada de decisão são necessários o estabelecimento de metas de desempenho e referências. Nesse contexto tem-se o indicador como uma ferramenta que contribui com a visualização dos objetivos e resultados alcançados e auxilia no processo de gestão e planejamento (MEADOWS, 1998; MALHEIROS, 2000; SEGNESTAM, 2002; VAN BELLEN, 2005; MAGALHAES, 2011).

A seleção, o desenvolvimento e a utilização de medidas de mensuração e avaliação da sustentabilidade em qualquer nível devem levar em consideração alguns critérios ou características. Segundo HARDI e ZDAN (1997), essas medidas servem como orientações para a avaliação de todo o processo, desde a escolha dos indicadores e sua interpretação até a comunicação dos resultados.

Não há um conjunto universal de critérios para a seleção de indicadores que igualmente são aplicados em todos os casos. Entretanto, no sentido amplo, a OCDE (2002) definiu três critérios básicos: pertinência política, precisão de análise e mensurabilidade. Segundo BOTH e LUCCAS (2002) em relatório de avaliação sobre os relatórios de estratégia de redução da pobreza (PRSP) do Banco Mundial, questionam o que de fato deveria considerar na seleção de um bom indicador baseando-se nos critérios realizados pelo Banco Mundial, que definem como um “bom indicador” aquele que:

- É uma medida direta e inequívoca do progresso;
- Mede fatores que refletem os objetivos;
- Varia entre regiões, grupos, ao longo do tempo, e é sensível a mudanças em políticas, programas, instituições;
- Não é facilmente desviado do seu curso por fatores não relacionados e não pode ser facilmente manipulado para mostrar resultados onde eles não existem;
- Pode ser melhor monitorado quando já está disponível ou pode ser disponibilizado com facilidade e frequência e a baixos custos.

Para indicadores agroambientais a OCDE (2002) usa critérios similares:

- Relevância na formulação das políticas públicas;

- Validade analítica. Ligações estreitas entre agricultura e condições ambientais e com forte embasamento científico;
- Mensurável;
- Nível de agregação. (Refere-se à escala adequada) /Acessível aos usuários (Fácil interpretação/comunica informação essencial aos usuários).

Para VAN BELLEN (2005) uma questão importante e muitas vezes negligenciada na utilização e aceitação de sistemas de indicadores, é a necessidade de que sejam compreensíveis. O autor ressalta, ainda, que como meios de comunicação devem ser transparentes e fácil entendimento de seus usuários e, da mesma maneira os usuários devem ser estimulados a compreender seus significados. O autor cita também alguns critérios para a seleção de indicadores: os valores devem ser mensuráveis e observáveis; deve existir disponibilidade de dados; a metodologia para coleta e processamento de dados e a seleção e medição dos indicadores de ser limpa, transparente e padronizada; os meios para construção e monitoramento devem estar disponíveis, incluído capacidade financeira, humana e técnica; devem ser financeiramente viáveis; deve haver aceitação política no nível adequado, legitimados pelos tomadores de decisão.

Para JANUZZI, (2005) a sensibilidade e especificidade devem ser observadas na escolha de indicadores, pois, é importante e necessário que os efeitos ou não-efeitos de determinadas intervenções sejam observadas com rapidez e facilidade. A escolha de critérios que servirão para a seleção de indicadores é, essencialmente, um processo político, uma vez que como argumenta JANUZZI, (2001) não há instrumento perfeito, devendo decidir-se quais aspectos da realidade observada serão privilegiados e quais serão negligenciados.

Uma metodologia utilizada para a seleção de critérios de RIERADEVALL i PONS *et al*, (2005), após levantamentos de diversas características e critérios a respeito da seleção de indicadores, como os indicadores apresentam ou demonstram, avaliam e monitoram uma realidade, foi observado a necessidade de que o indicador deve apresentar uma tendência desejada, assim os autores apresentaram as seguintes características selecionadas:

- Deve ser **quantificável**;
- Pode ser **medido de forma uniforme** ao longo do tempo mostrar uma tendência para que se possa comparar os objetivos estabelecidos. Às vezes, a situação inicial é muito menos importante do que a tendência observada, especialmente quando se tenta comparar o comportamento de um indicador

em dois lugares diferentes, onde as situações locais específicas impõem situações de partidas/iniciais distintas;

- Deve ser **representativo** do aspecto a ser medido;
- Basear-se em **dados fáceis de pesquisar ou coletar**;
- **Baixo custo**; e
- **Interpretação** dos resultados deve ser feita de forma **clara e inequívoca**.

Para que a seleção do sistema de indicadores seja metodologicamente correta, cada indicador será validado por uma série de critérios. Estes critérios agirão como filtros para o conjunto de indicadores, com o objetivo de selecionar apenas os mais apropriados em um sistema específico, e proporcionar-lhes a melhor qualidade estatística e científica possível.

Em trabalho realizado por SILVA *et al*, 2015 e por meio das características apresentadas no parágrafo anterior, chegou-se aos seguintes critérios de seleção de indicadores:

- **Validade científica** do indicador, com base no conhecimento científico do sistema em estudo consistente com os dados e padrões de qualidade disponíveis, métodos de medição aprovada e financeiramente viável;
- **Compreensibilidade, simplicidade e clareza** do significado facilita a compreensão de não especialistas;
- **Capacidade para a seleção** de problemas relevantes para as ações de melhoria de prioridade;
- **Mensurabilidade**, e, portanto, a possibilidade de gravar os resultados quantitativos, o que facilita a sua interpretação;
- **Frequência de medição**, uma vez que garante um bom processo de monitoramento e a capacidade de comparar constantemente os resultados;
- **Sensibilidade** para lidar com as mudanças e/ou atividades humanas relacionadas com esta, de preferência, no curto prazo. Em princípio, as variáveis de estudo tem que sofrer alterações temporárias e, de fato, um indicador manteve-se constante ao longo do tempo não indica nada.
- **Comparabilidade** inter-regional, o indicador mostra que permitindo mesmo tempo em que é adaptado para o sistema em estudo, e
- A **capacidade de ser modificado**, se necessário atualizar ou não se encaixa exatamente o que queremos medir.

Outros trabalhos com definição de critérios importantes à seleção de indicadores são apresentados no **Quadro 3.3**.

Quadro 3.3. Critérios apresentados por diferentes autores para seleção de indicadores.

<p>Tema em foco: Sistema ecológico Usos e objetivos: Indicadores ecológicos para monitoramento, avaliação e gestão dos recursos naturais Escala: Local e global Autor: Dale e Beyeler (2001)</p>	<p>Critérios de seleção</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Seja mensurável facilmente 2. Seja sensível a tensões no sistema 3. Responda à tensão de maneira previsível 4. Seja antecipatório 5. Prediga mudanças que podem ser evitadas por ações da gestão 6. Seja integrativo 7. Tenha uma resposta conhecida a perturbações, pressões antropogênicas e mudança no tempo 8. Tenha baixa variabilidade em resposta
<p>Tema em Foco: Manejo Florestal Usos e objetivos: Melhorar o manejo florestal, o bem-estar humano e a sustentabilidade dos recursos naturais. Escala: Local, regional e global Autor: Ritchie <i>et al</i> (2001)</p>	<p>Critérios de seleção</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Expressar o significado do manejo florestal sustentável para a comunidade; 2. Avaliar o desempenho diante de objetivos predefinidos; 3. Monitorar os impactos das intervenções de manejo; 4. Registrar mudanças; 5. Fornecer diretrizes de ação para o manejo sustentável através da identificação de melhores práticas; e 6. Adaptar estratégias de manejo com base nas lições obtidas pelo processo acima.
<p>Tema em Foco: Sistemas Agroflorestais Uso e objetivos: Grupo de indicadores uteis na avaliação e monitoramento da sustentabilidade em sistemas agroflorestais Escala: Local e regional Autor: Daniel <i>et al</i> (2001)</p>	<p>Critérios de seleção</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Relevante para objetivos, metas, orientação e planejamento global, 2. Adequado para escala; 3. Sensibilidade a alterações em escala espacial e temporal; 4. Baixo custo de aplicação; 5. Confiabilidade, clareza e de fácil compreensão; 6. Orientados às dimensões de sustentabilidade;
<p>Tema em foco: Serviços públicos Usos e objetivos: Indicadores de desempenho de serviços públicos Escala: Local-global Autor: Deus (2000)</p>	<p>Critérios de seleção</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Proporcionar uma visão das condições, das pressões ambientais e das respostas da sociedade; 2. Ser simples, de fácil interpretação e capaz de mostrar as tendências através do tempo; 3. Ser aplicáveis em escala local, regional ou nacional, segundo seja o caso; 4. Proporcionar uma base para as comparações internacionais; e 5. Deve existir um valor de referência para que se possa comparar o seu valor, facilitando assim sua interpretação em termos relativos.

<p>Tema em foco: Integridade ecológica</p> <p>Usos e objetivos: Índice de integridade ecológica terrestre para gestão dos ecossistemas</p> <p>Escala: Global</p> <p>Autor: Andreasen <i>et al.</i> (2001)</p>	<p>Características dos indicadores</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Multi escala; 2. Fundamentado em história natural; 3. Relevante e útil; 4. Flexível; 5. Mensurável; e 6. Compreensível: composição, estrutura e função
---	--

A participação popular na elaboração, implementação e fiscalização das políticas públicas deve ganhar amplitude para contribuir no aumento da eficácia e abrangência das ações, assim como a capacidade de formulação novas políticas e ações.

A participação da sociedade na busca de um desenvolvimento sustentável tem como objetivo romper com os paradigmas que conduziram o desenvolvimento ao longo dos últimos séculos (GUIMARÃES, 2009). GALLOPÍN (2003) aponta para a necessidade de adaptar os indicadores de sustentabilidade às escolhas, aspirações e projetos específicos de cada comunidade, dando-lhe a possibilidade de influenciar na definição do que entende por sustentabilidade, considerando as diferentes histórias, necessidades e realidades de cada território e sua diversidade cultural, social, econômica e ecológica.

Para KAYANO (2002) os indicadores permitem estabelecer diálogos, eles são uma linguagem. E como a linguagem não é neutra, os indicadores também não são neutros. Não é todo indicador que serve para todo mundo, na medida em que refletem uma parte da realidade, são adotados conforme parte da realidade que se quer mostrar, de acordo com o sistema de valores adotados pelas pessoas que usam ou aplicam indicadores.

Ainda, segundo o autor, ao se construir indicadores, deve-se levar em conta referência para o diálogo, politizando a análise com os elementos que são fundantes a todos, como democracia, cidadania, participação, transparência.

Analogamente, a participação na escolha dos indicadores propicia a legitimidade, eficiência e transparência dos mesmos (VAN BELLEN, 2005), exercendo a função de informar a população. Para tal, devem se revestir de características como: agregar e simplificar informações, tornarem visíveis fenômenos de interesse, quantificar, medir e comunicar (QUIROGA, 2001).

3.5. Indicadores de Sustentabilidade Urbana e o Manejo de Águas Pluviais.

A perspectiva da sustentabilidade associada à drenagem urbana introduz uma nova forma de direcionamento das ações, baseada no reconhecimento da complexidade das

relações entre os ecossistemas naturais, o sistema urbano artificial e a sociedade (PÔMPEO, 2000). Esta postura exige que drenagem e controle de cheias em áreas urbanas sejam reconceitualizadas em termos técnicos e gerenciais (BENZERRA *et al.*, 2012). A sustentabilidade aponta à reintegração da água no meio urbano, trabalhando junto ao ciclo hidrológico, observando aspectos ecológicos, ambientais, paisagísticos e as oportunidades de lazer.

Conforme SCUSSEL e SATTLER (2004) é possível a partir da temática da sustentabilidade, evidenciar a necessidade da utilização de instrumentos adequados ao tratamento das inúmeras abordagens feitas com este intuito - desde a análise da realidade à proposição de projetos e ações. Dentro desse contexto, destaca-se a construção de ferramentas que utilizam indicadores como meio de monitoramento.

A sustentabilidade é um processo que se traduz na combinação de três vertentes de desenvolvimento de um país para benefício das gerações presente e futura: desenvolvimento da economia, melhoria da qualidade do ambiente e equidade social, assim, os indicadores são parâmetros selecionados e considerados isoladamente ou combinados entre si, sendo especialmente úteis para refletir sobre determinadas condições da sustentabilidade. BOSSEL (1999) afirma que para reconhecer se uma rota de desenvolvimento está na direção da sustentabilidade, são necessários indicadores apropriados.

Os indicadores devem possuir as seguintes características: Ser aplicáveis em um grande número de sistemas ecológicos, sociais e econômicos; Mensuráveis e de fácil medição; De fácil obtenção e baixo custo; Concebidos de tal forma que a população local possa participar de suas medições, ao menos ao nível de propriedade; Ser sensíveis as mudanças do sistema e indicar tendências; Representar os padrões ecológicos, sociais e econômicos de sustentabilidade; Permitir o cruzamento com outros indicadores (EMBRAPA, 2004). Os indicadores utilizados para monitorar o sistema ao longo do tempo devem ser avaliados quanto a sua eficiência em relação às características.

Em trabalho realizado por PHILLIP *et al.* (2011) para “Gestão Integradas de Águas Urbanas na Cidade do Futuro”, *Storm Water Exploring the options* – apresentou indicadores atrelados a objetivos e metas com base no que seja necessário para se alcançar uma visão global da gestão de águas pluviais urbanas. Sendo que, segundo o autor, o alcance dos objetivos deve auxiliar as cidades a se aproximar de sua meta global de maior sustentabilidade. O autor apresenta uma **Tabela 3.4** que contém alguns objetivos genéricos para o manejo de águas pluviais, os indicadores e as metas associadas, baseados em uma abordagem integrada à gestão de águas pluviais. Na realidade, objetivos, indicadores e metas

seriam selecionados com base nas prioridades locais e no progresso necessário para se atingir os objetivos globais da gestão de água na cidade

Tabela 3.4. Objetivos genéricos, indicadores e metas para a gestão de águas pluviais urbanas

Objetivos genéricos da gestão de águas pluviais	Indicadores genéricos associados	Metas genéricas associadas
Reduzir o risco de inundações em áreas vulneráveis a níveis aceitáveis por todos os grupos de interesse, mesmo sob cenários futuros de mudanças climáticas	<ul style="list-style-type: none"> • Frequência e intensidade das cheias • Dano econômico (valor per capita por ano) 	<ul style="list-style-type: none"> • Frequência de inundações reduzidas para um período de retorno de X até o ano X • Dano de inundações menor que X Reais por área de solo ocupada até o ano X
Proteger e melhorar a qualidade da água e o estado ecológico de águas urbanas receptoras, tanto superficiais quanto subterrâneas	<ul style="list-style-type: none"> • Características químicas de cursos de água receptores • Estado ecológico de habitats aquáticos 	<ul style="list-style-type: none"> • X% das águas cumprindo os requisitos mínimos de qualidade da água como especificado na legislação X até o ano X • Rios atendendo requisitos de enquadramento na classe X até o ano X
Utilizar águas pluviais para contribuir para a qualidade de vida no ambiente urbano	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentagem da população que valoriza os cursos de água locais para usos recreativos • Mudança nos valores de terra e propriedade locais 	<ul style="list-style-type: none"> • X% dos residentes entrevistados reconhecerem o valor da água em sua região • X% de aumento no valor tributável de terras e propriedades locais (independente de tendências externas)
Coleta de águas pluviais para usos não potáveis	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da demanda de água potável • Redução dos escoamentos superficiais gerados em propriedades onde ocorre reuso 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da demanda por água potável de X% até o ano X • Escoamento total da área X reduzido em X% durante chuvas de magnitude específica até o ano X
Utilizar águas potáveis para restabelecer um ciclo hidrológico balanceado (em conjunto com o desenvolvimento da paisagem)	<ul style="list-style-type: none"> • Taxa de recarga/ evaporação/ armazenamento/ escoamento • Nível de águas subterrâneas 	<ul style="list-style-type: none"> • Taxa de recarga/ evaporação/ armazenamento/ escoamento estabelecida para se adequar à simulação do estado natural da área • Taxa de recarga de águas subterrâneas de X% de volumes específicos de precipitação

Fonte: Phillip *et al*, 2011.

O Centro de Proteção de Mananciais (CWP) no final da década de 1980, a partir de critérios estabelecidos pela EPA (*Environmental Protection Agency*) em 1983, em uma tentativa para definir os efeitos da exposição de curto prazo e processos intermitentes, tipicamente associados com o escoamento urbano, no Programa Nacional de Escoamento

Urbano (NURP), estabeleceu uma série de indicadores direcionados ao manejo de águas pluviais. Os indicadores estabelecidos foram fundamentalmente ambientais, com foco na qualidade dos recursos hídricos. Os indicadores foram subdivididos em seis categorias:

- Qualidade da água - Grupo de indicadores usados para medir e avaliar a qualidade da água específica ou parâmetros químicos
- Físicos e hidrológicos - Grupo de indicadores utilizados para avaliar as mudanças ou os impactos sobre o ambiente físico;
- Biológicos - Indicadores que utilizam comunidades biológicas para avaliar as mudanças ou impactos na qualidade da água;
- Social - Grupo de indicadores que usam respostas a entrevistas ou questionários para avaliar vários parâmetros;
- Programático - Indicadores que quantificam vários parâmetros não aquáticos para medir as atividades do programa
- Sitio (Local) - Indicadores adaptados para avaliar as condições específicas em nível local.

O Centro (CWP) identificou 26 indicadores, apresentados na **Tabela 3.5**, a partir da compilação de uma bibliografia de cerca de 500 citações de estudos envolvendo indicadores ambientais nos últimos 15 anos, principalmente na área de águas pluviais urbanas. Ao rever e compilar a bibliografia observou-se vários elementos comuns que sugerem que a identificação e seleção de indicadores para programas de monitoramento devem ser realizadas dentro de uma estrutura estabelecida. Este quadro se concentra na relação entre urbanização e impactos sobre a qualidade dos recursos hídricos, apresentando a importância das condições de referência, reforçando o conceito de eco-regiões e considerações regionais e descrevendo as ferramentas comuns a muitos indicadores diferentes.

Tabela 3.5: Lista Completa de Indicadores de Águas Pluviais (CWP)

Tipo de indicador	Nome do indicador	Número
Indicadores de Qualidade da Água	Monitoramento dos poluentes constituintes da água	1
	Testes de toxicidade	2
	Fontes de cargas difusas	3
	Frequência de ultrapassagem dos limites dos padrões de qualidade	4
	Contaminação do sedimento	5
	Critérios para a saúde humana	6

Indicadores físicos e hidrológicos	Ampliação / redução do fluxo	7
	Monitoramento físico do habitat	8
	Impactos do clima seco no fluxo	9
	Aumento da frequência de enchentes	10
	Monitoramento da variação de temperatura	11
Indicadores Biológicos	Fauna de peixes (Ictiofauna)	12
	Variabilidade de macroinvertebrados	13
	Indicador de espécie única	14
	Indicadores compostos (IBI- <i>Index of Biotic Integrity</i>)	15
	Outros indicadores biológicos ex. mexilhões.	16
Indicadores sociais	Pesquisas de opinião pública	17
	Prevenção de poluição industrial/comercial	18
	Monitoramento e envolvimento público	19
	Percepção do usuário	20
Indicadores programáticos	Nº de ligações ilegais identificadas / corrigidas	21
	No. de práticas (<i>Practices</i>) instaladas, inspecionadas e mantidas	22
	Permissões em conformidade	23
	Crescimento e desenvolvimento métrico	24
	Monitoramento do desempenho das BMP	25
	Fiscalização do cumprimento da área industrial	26

Fonte: CWP, 1998.

O trabalho do CWP, 1998 apresenta também possíveis ferramentas para usos em monitoramento dos indicadores e também alguns exemplos de aplicação das ferramentas. Apresentados na **Tabela 3.6**.

Tabela 3.6: Ferramentas para o uso de Indicadores

Ferramentas	Exemplo de aplicação da ferramenta
Modelagem Simulação de Bacias Hidrográficas	Estimativa de exportação carga poluente
Sistemas de Informação Geográfica	Estimar mudanças área impermeável
Monitoramento de sub-bacias adjacentes	Comparar o volume do fluxo e cargas poluentes entre duas bacias hidrográficas
Comparação com as Condições de Referência	Comparar a diversidade de macroinvertebrados entre um córrego urbano e um córrego rural

Registro fotográfico	Medir qualitativamente uma erosão ao longo do tempo
-----------------------------	---

Fonte: CWP, 1998

Um dos parâmetros apresentados pela CWP em seu trabalho foi o custo de implantação de um determinado indicador, segundo o Centro, um dos questionamentos mais frequentes dos gestores era sobre os custos de implantação e monitoramento dos indicadores. Para atender essa necessidade, foram levantados na época da construção do trabalho os custos de alguns indicadores.

A metodologia apresentada teve a meta ou a finalidade de auxiliar locais como áreas industriais ou municípios com limitados ou nenhum dado disponível para caracterizar as condições da situação local e identificar problemas causados pelo escoamento urbano de águas pluviais. Outro aspecto importante do trabalho foi auxiliá-los na compreensão dos seus problemas relacionados à qualidade da água e implantação de programas de gestão da água.

KOLSKY e BUTLER (2002) apresentaram a discussão sobre perspectivas conceituais e práticas no desenvolvimento de indicadores para avaliação do desempenho de sistemas de drenagem urbana. Os autores dividiram os possíveis indicadores em três tipologias diferentes e apresentaram vantagens e desvantagens de cada, conforme **Tabela 3.7**.

Tabela 3.7. Tipologia de indicadores e medidas apresentadas por KOLSKY e BUTLER (2002).

Tipo de Indicador	Exemplos de Indicadores	Possíveis	Vantagens	Desvantagens
Medida de desempenho	<ul style="list-style-type: none"> • Profundidade de inundação • Área • Duração da Inundação 	da	<ul style="list-style-type: none"> • Medidas diretas obtendo o resultado que o decisor precisa saber 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade de medir • Avaliação sazonal • Não há ligação com as decisões a serem tomadas
Indicadores de Desempenho	<ul style="list-style-type: none"> • Nível de sólidos • Capacidade de escoamento das estruturas • Nível e bloqueio dos escoamentos 	de	<ul style="list-style-type: none"> • Relativamente fáceis de medir • Ligação mais direta com a ação a ser tomada que as decisões de desempenho 	<ul style="list-style-type: none"> • As relações entre os resultados e a necessidade do decisor não são claras • Mede os sintomas e não as causas do problema
Indicadores de Processo	<ul style="list-style-type: none"> • Frequência de limpeza das ruas • Tempo gasto pelos profissionais na operação • Orçamento 		<ul style="list-style-type: none"> • Relativamente fácil e prático; • Pode ser tornar rotina • Ligação mais relacionada com a ação 	<ul style="list-style-type: none"> • As relações entre os resultados e a necessidade do decisor não são claras

Fonte: KOLSKY e BUTLER, 2002

GEERSE e LOBBRECHT (2002) apresentaram os indicadores propostos e aplicados para avaliação do sistema de saneamento e drenagem da cidade de Roterdã, na Holanda. Seus indicadores foram divididos em função do período seco ou do período chuvoso. No período chuvoso foram avaliados três aspectos sendo aplicados indicadores para cada um deles: Prevenção de enchentes: saúde e segurança das pessoas e perdas materiais devido às inundações; Ecologia, natureza e recreação: redução de poluição nas águas superficiais, canais e lagoas, cursos de água principais, descarga de poluentes; Gerenciamento dos sistemas de água (operacional): redução dos custos de operação, redução da sedimentação nas galerias, redução de problemas de odor.

Os indicadores propostos para o período seco foram relacionados com a operação do sistema de esgotamento sanitário e a estação de tratamento de efluentes, avaliando o tempo de troca de bombas, a eficiência das estações de bombeamento, as concentrações de poluentes no efluente que atinge a estação de tratamento e o nível da água nas lagoas de decantação. Seus indicadores foram concluídos como eficientes, apesar de necessitar de refinamentos e o monitoramento foi verificado como essencial, sendo instalados equipamentos para observação em tempo real das informações necessárias para os indicadores.

No estudo de CASTRO (2002), foram propostos indicadores para a avaliação de sistemas de drenagem urbana, considerando o objetivo principal da obra, bem como, aspectos sociais, ambientais e sanitários. Os indicadores foram agregados por meio de métodos multicritério e aplicados em dois estudos de caso no Brasil e um na França para a seleção de alternativas de projeto. Posteriormente, MOURA (2004) agregou à sua metodologia um indicador financeiro referente aos custos de implantação, manutenção e operação das obras de drenagem urbana, aplicando às mesmas áreas, também com o apoio de métodos de análise multicritério.

MARTIN *et al.* (2006) apresentaram metodologia para a avaliação do desempenho de técnicas compensatórias de drenagem urbana baseada em indicadores técnicos, hidráulicos, ambientais, sociológicos, de planejamento, econômicos e de operação e manutenção. Seus indicadores foram de análise subjetiva, com base em perguntas do tipo: diminuem o risco de inundações? Diminuem o escoamento superficial? Ou preservam a qualidade das águas? Foram propostas quatro respostas possíveis e que depois seriam transformadas em valores: de jeito nenhum; geralmente não; de alguma forma e inteiramente. Os indicadores foram aplicados em entrevistas a órgãos governamentais e privados responsáveis pela gestão de sistemas de drenagem na França e agregados por meio

de método multicritério gerando, como resultado, a classificação das técnicas de drenagem segundo os interesses dos consultados.

Outro trabalho publicado e que utilizou indicadores direcionados a sistemas de drenagem foi escrito por MOURA *et al.* (2010), o objetivo do trabalho foi apresentar uma metodologia para auxílio a decisão na avaliação e comparação de técnicas alternativas de projetos de drenagem, utilizando métodos compensatórios na concepção de projeto. Foram estabelecidos vinte indicadores: frequência de dimensionamento; vulnerabilidade das superfícies atingidas; proteção do lençol; aptidão do solo a reter poluentes; pressão antrópica; contribuição a recarga do aquífero; (soma da energia consumida relativa a escavação; energia consumida em relação ao transporte; energia consumida relativa a operação do sistema; Indicador global de energia); segurança; produção de resíduos sólidos; custo de construção; custo de manutenção e operação do sistema; capacidade de desempenhar outras funções, construídos a partir de nove critérios: proteção contra inundações; reter a poluição no sistema; contribuição a recarga do aquífero, utilização de recursos naturais; facilidade de manutenção e gestão; garantia de segurança dos usuários e trabalhadores; produção de resíduos sólidos; custo; qualidade do projeto (multifuncionalidade), validados por consultas à especialistas por meio do método DELPHI e agregados pelo método multicritério ELECTRE III. A partir de estudo de caso, no qual foram propostas três alternativas de projeto, solução por poços, solução por poços e trincheiras e solução por bacias de infiltração, em área residencial, foi possível agrupar os indicadores, os respectivos cálculo e agregação permitiram a ordenação das alternativas e apontou como melhor alternativa de projeto de poços de infiltração.

O fato de a sustentabilidade ser um conceito multidimensional exige um tratamento adequado a análise dos dados obtidos para sua avaliação, de forma a expressar suas diferentes dimensões e as inter-relações entre elas. Segundo MELGAREJO (2000) *Apud* (PAC/INCRA, 2004) há uma carência metodológica nesta área. Para supri-la além de transformar os indicadores em índices adimensionais de valor entre zero e um, segundo SEPÚLVEDA (2005), faz-se necessário construir alternativas capazes de considerar variáveis quantitativas e qualitativas e uma análise multicritério. Para estes objetivos o autor sugere a utilização de técnicas de programação matemática, *Data Envelopment Analysis* – DEA, tratamento estatístico adequado a conjuntos multivariados, análise de cluster e componentes principais, bem como técnicas estatísticas não paramétricas, correlação de ordem, e de técnicas aplicadas a explicitação de opiniões, DELPHI. Estas se mostraram

eficientes para análises desde a perspectiva de múltiplos atores e buscando atender a objetivos variados.

ZILLER e ERTL (2011) realizaram avaliação de medidas estruturais de águas pluviais em Teerã por meio de indicadores do desenvolvimento sustentável, adotando critérios agrupados em dimensões sociais, ambientais e econômicos e com objetivo de indicar as características mais importantes e sustentáveis de técnicas de manejo de águas pluviais para o 22º distrito de Teerã. Segundo os autores os indicadores de vem seguir a alguns princípios:

- Ser de fácil compreensão;
- Que pode ser medido e relevante;
- Comunicativo;
- Relevante para a tomada de decisões políticas e de controle;
- Quantificável;
- Praticável/executável/factível;
- Geral e simples.

De acordo com estes princípios foi gerado um conjunto de 17 indicadores, divididos em dimensões econômica, ambiental e social. Esse conjunto de indicadores incluiu sete sociais, seis econômicos, e apenas quatro ambientais, entre os que mais atendiam as necessidades do local (**Tabela 3.8**). Valores foram atribuídos aos indicadores, utilizando valores tomados a partir de estudos anteriores. Quando os valores não puderam ser diretamente atribuídos por meio de números ordinais, sub-indicadores são escolhidos para descrevê-los, mais adequadamente. Além disso, pesos foram atribuídos, para classificação e avaliação final. Neste estudo, a atribuição dos pesos foi realizada pelo consultor líder do responsável pelo Plano Diretor de Gestão de Águas Pluviais de Teerã.

Tabela 3.8. Indicadores, unidade e peso par a cada critério ou dimensão

Crítérios econômicos	Indicadores	Unidade (intervalo dos valores)	Peso (0-100)
Confiabilidade do sistema	<ul style="list-style-type: none"> • Probabilidade de falha do sistema 	% de probabilidade (0-50%)	5/100
A flexibilidade do sistema, capacidade de adaptação e potencial de reutilização	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidade de adaptação Sub Indicadores: • Facilidade de modificação; • Potencial para reciclar componentes principais do sistema; • O uso para outra função na gestão de águas pluviais. 	Número de sim (0-3x sim)	2/100

Robustez do sistema	<ul style="list-style-type: none"> Sistema robusto Sub-indicadores: <ul style="list-style-type: none"> Se, nenhuma manutenção; Se, nenhuma manutenção e entrada de resíduo adicional; Se, nenhuma manutenção e períodos de seca. 	Número de sim (0-3x sim)	8/100
Requisitos para a operação e manutenção	<ul style="list-style-type: none"> Frequência de operação e manutenção 	Frequência / ano (0- 12 / ano)	6/100
Custos - vida útil	<ul style="list-style-type: none"> Custos financeiros Custos operacionais 	<ul style="list-style-type: none"> €/área de drenagem (11109-96400 € / ha) € /área de drenagem * ano (160 - 4500 € / ha) 	8/100 7/100
Critérios ambientais	Indicadores	Unidade (intervalo dos valores)	Peso (0-100)
Impacto do volume de água	<ul style="list-style-type: none"> Recarga de águas subterrâneas Atenuação Inundações em águas receptoras 	<ul style="list-style-type: none"> % de águas pluviais atenuada (0-100%); % de volume do volume de armazenamento/ tratamento (0-100%) 	10/100 5/100
Impacto na qualidade da água	<ul style="list-style-type: none"> Qualidade de água de saída 	% média da taxa de remoção (0-65%)	1/100
Habitat e diversidade ecológica	<ul style="list-style-type: none"> Número de espécies-chave introduzidas nas águas receptoras 	0,1...n (0-3)	3/100
Critérios sociais	Indicadores	Unidade (intervalo dos valores)	Peso (0-100)
Inclusão social e uso multifuncional	<ul style="list-style-type: none"> Nível de prestação de comodidade Sub Indicadores: <ul style="list-style-type: none"> Valorização paisagem / estrutura Recreação Esportes Parte do desenho urbano 	Número de Serviços (0-3)	6/100
Aspectos educacionais	<ul style="list-style-type: none"> Utilização como local de visitação pública Sub indicadores: <ul style="list-style-type: none"> Para as escolas Para as universidades Para público 	Número de sim (0-3x sim)	4/100
Aceitabilidade das partes Interessadas	<ul style="list-style-type: none"> Aceitação local do tratamento Sub indicadores: <ul style="list-style-type: none"> Público Ministério da Energia (água) Operador (municipalidade) Ministério de Teerã (planejamento urbano) Sub indicadores: <ul style="list-style-type: none"> Estado trófico Cheiro 	Número de sim (0-4x sim)	6/100

	<ul style="list-style-type: none"> • Água estagnada / mosquitos 		
Utilização dos recursos	<ul style="list-style-type: none"> • O material usado para a construção • A energia utilizada para a construção • Uso de terreno 	<ul style="list-style-type: none"> • Quantidade total para o projeto / área de captação * ano • Unidades de energia para o projeto / área de captação * ano • % De área de captação impermeável 	3/100 3/100 6/100

Fonte: ZILLER e ERTL (2011)

Baseando-se nas tipologias existentes de sistemas de drenagem convencionais (galerias de águas pluviais) e outros métodos mais sustentáveis (bacia de retenção; trincheira de infiltração, filtro de areia, pavimento permeável) e com a finalidade de comparar as técnicas e avaliar qual a sua contribuição para o desenvolvimento sustentável de águas pluviais, os autores apresentaram o seguinte **Quadro 3.4**.

Quadro 3.4. Tipos de medidas e avaliações.

Medida	Área de captação [ha]	Tamanho [m ³]/profundidade [m]	Volume de tratamento [m ³]	Custo de construção [€]
Bacia de retenção	4,5	450/ 2.1	727	36 353
Trincheira de infiltração	1	200/ 1.6	150	35 836
Filtro de areia	1	65/ 1.8	162	42 951
Pavimento permeável	0,5	1250/ 0.08	48	18 576
Galerias de águas pluviais	4,5	1800 m comprimento/ Ø 350mm	97	433 800

Fonte: ZILLER e ERTL (2011)

Depois de atribuir as pontuações para cada solução de drenagem e atribuir os devidos pesos aos critérios, na avaliação do estudo, a bacia de retenção alcançou a mais alta pontuação de avaliação.

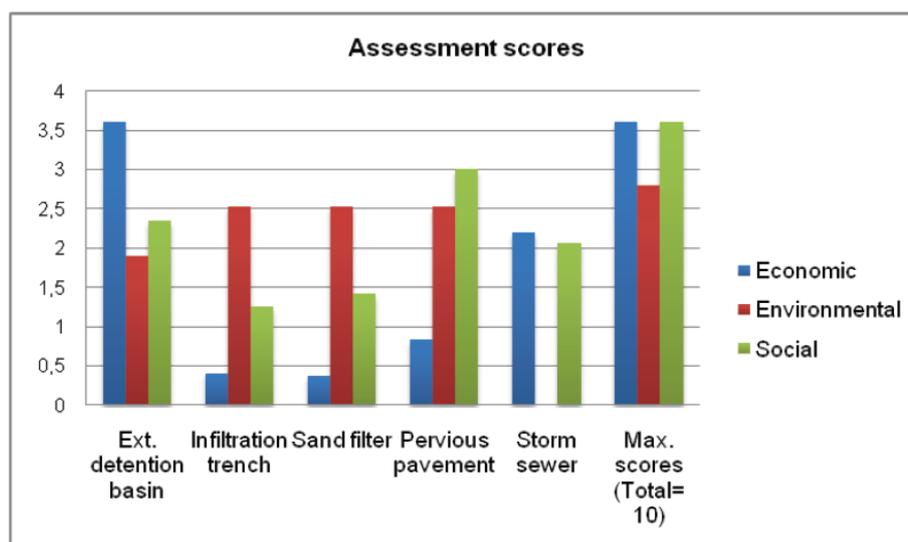


Figura 3.35. Resultado final com as devidas pontuações. Fonte: ZILLER e ERTL (2011)

Olhando para os resultados e valores dos indicadores de todas as medidas, a bacia de detenção conseguiu bons resultados na avaliação pois apresenta pontuações mais altas, por ser uma medida simples e de baixo custo de construção e operação para grandes áreas de drenagem. A segunda melhor medida foi o permeável pavimento é uma medida com um alto valor conforto e pouca ocupação de área de solo e uma elevada aceitação, porque pode ser integrado muito bem na área urbana. As outras duas medidas estruturais têm pontuações semelhantes para cada pilar, porque ambas as medidas possuem alto custos operacionais e baixa adaptabilidade.

4. METODOLOGIAS

Visando os objetivos propostos neste trabalho, foi realizada uma **pesquisa de natureza exploratória**, com o objetivo de aprofundar a revisão bibliográfica com artigos publicados em revistas internacionais e nacionais, livros, teses, dissertações e também na legislação acerca dos processos de manejo de águas pluviais.

O estudo visou proporcionar maiores informações sobre assuntos relevantes à pesquisa, também para aprimorar ideias e conceitos relacionados aos temas chaves: planejamento urbano; manejos de águas pluviais; problemas relacionados ao manejo de águas pluviais; sustentabilidade urbana e indicadores de sustentabilidade.

Para melhor caracterização do trabalho, o plano foi sistematizado em etapas, como demonstrado na **Figura 4.1**. A seguir são apresentados cada etapa de elaboração da tese, de modo mais detalhado.

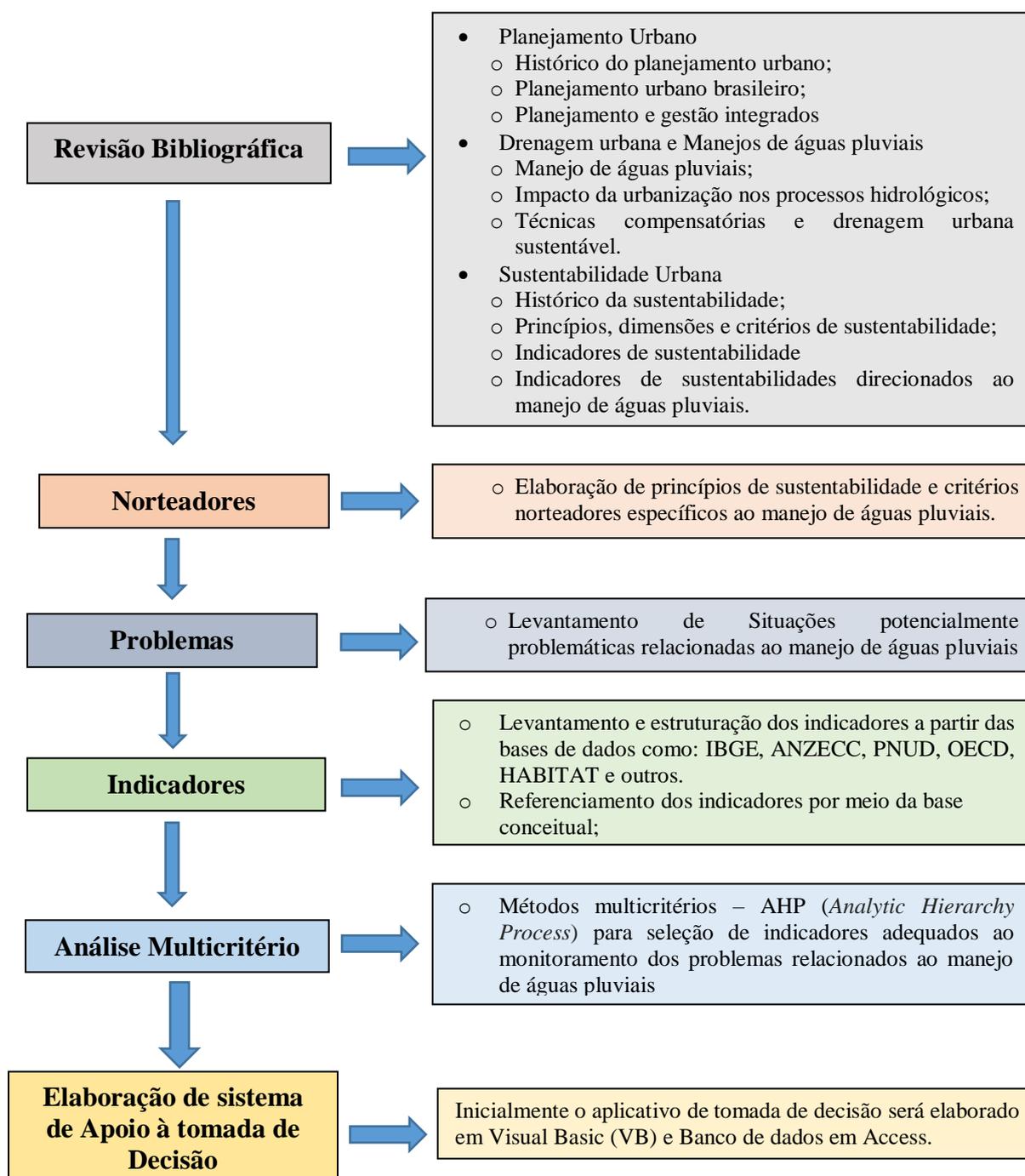


Figura 4.1. Representação esquemática do plano de trabalho

4.1. Levantamento da Base Conceitual - Revisão Bibliográfica

O levantamento bibliográfico consistiu em pesquisar materiais já publicados sobre os temas relacionados à pesquisa, principalmente, livros, artigos em periódicos nacionais e internacionais, teses e dissertações, na tentativa de demonstrar o estágio atual sobre os temas de planejamento urbano, manejo de águas pluviais e indicadores de sustentabilidade e proporcionar uma contribuição teórica aos temas. O caráter descritivo da pesquisa que se

pretende empreender ou a intenção de compreender um fenômeno complexo na sua totalidade são elementos que tornam propício o emprego de métodos qualitativos.

4.2. Elaboração de Princípios e Critérios Norteadores para o Manejo de Águas Pluviais

Para a construção do sistema de apoio à gestão sustentável do manejo de águas pluviais, foi realizada elaboração de princípios de sustentabilidade e critérios norteadores específicos para o manejo de águas pluviais. Com relação aos princípios, foram coletadas informações sobre princípios genéricos que se encontram dispersas nas publicações relacionadas ao tema e em seguida, adaptados ao tema de águas pluviais. Da mesma maneira, os critérios utilizados na seleção de indicadores de sustentabilidade, foram adaptados a partir dos critérios genéricos e largamente utilizados na seleção de outros indicadores em pesquisas nacionais e internacionais.

Segundo o dicionário LAROUSSE (2007) - **Princípio**. Do latim *principium*. **1.** Primeira fase da existência de algo, de uma ação ou processo; início. **2.** O que é causa primeira, a base de algo; raiz. **3.** Valor de ordem moral; preceito, regra (frequentemente usado no plural). **4.** Conceito, ideia fundamental que serve de base a uma ordem de conhecimentos ou sobre a qual se apoia um raciocínio. **A** ou **no princípio** *loc.* na fase inicial; inicialmente. *Em princípio loc.* antes de qualquer consideração, avaliação; de forma geral.

Assim sendo, a seleção, o desenvolvimento e a utilização de medidas de mensuração e avaliação da sustentabilidade em qualquer nível devem levar em consideração alguns princípios ou características. Eles são orientações para a avaliação de todo o processo, desde a escolha e o projeto dos indicadores e sua interpretação até a comunicação dos resultados, sendo princípios inter-relacionados que devem ser aplicados de forma conjunta. Foram criados para serem usados, tanto para iniciar processos de avaliação do desenvolvimento sustentável, quanto para avaliar processos já existentes de qualquer instituição, desde comunidades locais e empresas até organismos internacionais (HARDI e ZDANS, 1997).

Por meio de levantamento bibliográfico sobre princípios, foram obtidos quinze princípios genéricos de sustentabilidade e pela análise e compatibilização entre princípios genéricos, diretrizes e demais aspectos relevantes ao manejo de águas pluviais foi possível gerar treze princípios específicos, utilizados como norteadores das etapas subsequentes.

Com relação aos critérios, foi realizado o mesmo procedimento de seleção realizado no caso dos princípios e em seguida, esses critérios foram adaptados para o manejo de águas pluviais, no total foram sete critérios específicos, utilizados na seleção dos indicadores mais adequados para o monitoramento dos problemas relacionados ao manejo de águas pluviais

e para a tomada de decisão. Esses critérios foram utilizados em conjunto com o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), para seleção de indicadores prioritários – indicadores-chave.

4.3. Levantamento dos problemas relacionados ao manejo de águas pluviais

O levantamento dos problemas relacionados ao manejo de águas pluviais foi realizado da mesma maneira que a busca pelos indicadores de sustentabilidade, por meio de levantamento bibliográfico, a busca foi realizada em bancos de dados de teses, dissertações, artigos publicados em periódicos e também em *sites* de prefeituras e governamentais. No total, foram obtidos quarenta e sete problemas relacionados ao manejo de águas pluviais. Utilizando o processo de mapas mentais, os problemas foram, subdivididos em problemas diretamente relacionados às ações antrópicas (problemas principais), causas, alterações e impactos. Os problemas principais relacionados ao manejo de águas pluviais foram subdivididos em cinco dimensões de sustentabilidade: ambiental, econômica, social, política e tecnológica.

4.4. Levantamento e estruturação dos indicadores

Os indicadores preliminarmente foram pesquisados em bases de dados especializadas em indicadores específicos à temática de planejamento urbano e ambiental: *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística* (IBGE), *Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters* (ANZECC), *Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento* (PNUD), *Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico* (OECD), *United Nations Human Settlements Programme* (UN-HABITAT) e outros. Buscas em artigos relacionados aos temas urbanos como: planejamento urbano, drenagem urbana e manejo de águas pluviais, também foram realizadas.

Diante da escassez de informações relacionadas a indicadores específicos para o manejo de águas pluviais, foi necessário, adaptar os indicadores existentes para a especificidade dos problemas de águas pluviais. Dessa maneira, foram obtidos, inicialmente, cento e um indicadores, que poderiam ser utilizados, pois estavam relacionados direta ou indiretamente à qualidade e quantidade das águas pluviais e seus efeitos. Quando esses indicadores foram confrontados com os problemas, isto é, analisando a viabilidade do indicador ser capaz de monitorar um determinado problema, a lista foi reduzida a cinquenta e cinco indicadores. Por se tratar de uma temática específica, alguns indicadores importantes foram excluídos da lista final, porém, esse fato ocorreu pela necessidade e especificidade do trabalho e não pela falta de qualidade do indicador.

4.5. Análise Multicritérios

As análises multicritério surgiram nos anos de 1960, como instrumento ao suporte à tomada de decisão. Pode ser aplicada na análise comparativa de projetos alternativos ou medidas heterogêneas e em análises de situações complexas. O método destina-se a ajudar os decisores a integrar diferentes opções em suas ações, com reflexão e análise sobre a opinião de diversos atores ou especialistas. Os resultados são, em geral, orientados decisões de natureza operacional ou para a apresentação de recomendações para futuras atividades.

Com esse interesse de selecionar indicadores, aplicou-se a metodologia de análise multicritério, que tem a característica principal de agregar critérios diversos e divergentes, além de pesos variáveis em função da importância verificada de cada aspecto na análise global. A escolha dos indicadores foi realizada utilizando o método AHP.

4.5.1. Método AHP

A análise multicritério por meio do *Analytic Hierarchy Process* é utilizada como técnica para tomada de decisão estruturada em ambientes complexos com uso de variáveis ou critérios considerados para a priorização e seleção de alternativas.

O AHP foi desenvolvido na década de 1970 por Thomas L. Saaty. Utilizando o método, é possível transformar comparações empíricas em valores numéricos, que são processados e então comparados. Essa capacidade de conversão de dados empíricos em modelos matemáticos é a principal diferença do AHP em relação a outras técnicas comparativas (VARGAS, 2010).

Inicialmente foi realizada a decomposição do problema utilizando critérios que são comparados e analisados de modo independente (**Figura 4.2**). Após essa decomposição hierárquica estar construída, realizou-se a avaliação comparativa sistemática das alternativas pelos tomadores de decisão, duas a duas, para cada um dos critérios (SAATY, 2008).

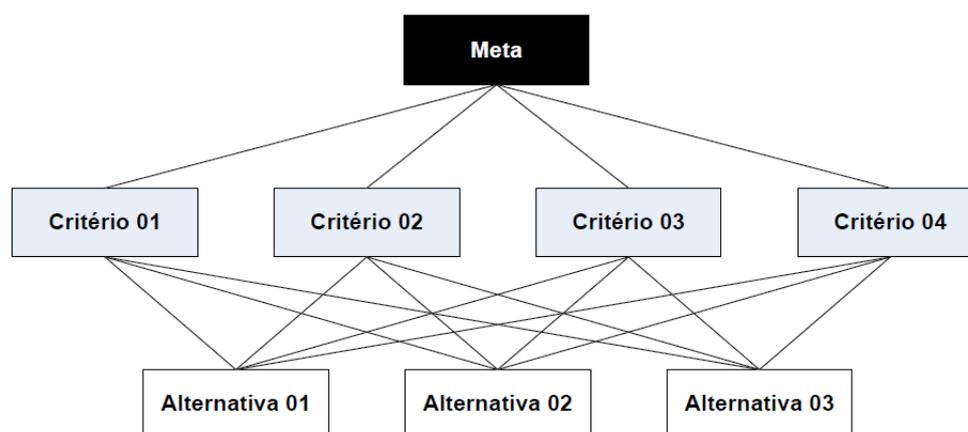


Figura 4.2. Exemplo de hierarquia de critérios/objetivos

Fonte: Vargas, 2010.

Para a comparação par a par foi utilizada a escala de relativa importância entre duas alternativas propostas por Saaty (SAATY, 2005). Atribuindo valores que variam entre 1 a 9, a escala determina a importância relativa de uma alternativa com relação a outra, conforme apresentado na **Quadro 4.1**.

Quadro 4.1. Escala de julgamento do grau de importância de critérios de Saaty

Escala Numérica	Escala nominal	Justificativa
9	Importância absoluta	Um indicador possui superioridade absoluta em relação ao outro indicador. Ou seja, 9 vezes mais importante.
7	Forte importância	Um dos indicadores possui forte superioridade quando comparado a outro indicador. Ou seja, 7 vezes mais importante.
5	Grande importância	Um dos indicadores possui grande importância quando comparado a outro indicador. Ou seja, 5 vezes mais importante.
3	Pequena importância	Um dos indicadores é ligeiramente mais importante do que outros em relação ao critério. Ou seja, 3 vezes mais importante.
1	Igual importância	Os dois indicadores são igualmente relevantes em relação ao critério

Usualmente utilizam-se os números ímpares da tabela para assegurar razoável distinção entre os pontos da medição. O uso dos números pares só deve ser adotado quando existir a necessidade de negociação entre os avaliadores e quando o consenso natural não for obtido, gerando a necessidade de determinação de um ponto médio como solução negociada (*compromise*) (SAATY, 1980).

A etapa de comparação entre pares a partir de critérios pré-determinados foi realizada por meio de questionário online, enviado para três especialistas em indicadores de sustentabilidade e no manejo de águas pluviais, por meio de questionário *online*. O objetivo

foi selecionar qual indicador seria o mais adequado ao monitoramento de um determinado problema. Para apoio à decisão dos especialistas que participaram da escolha, foram utilizados quatro critérios específicos para seleção de indicadores.

O uso do questionário teve o objetivo de aumentar a confiabilidade e a imparcialidade dos resultados, já que a atribuição dos valores será realizada por pessoas não envolvidas com a pesquisa. Após essa decomposição hierárquica ser construída, ocorreu a avaliação comparativa sistemática das alternativas pelos tomadores de decisão, duas a duas, para cada um dos Problemas.

A **Figura 4.3**, apresenta, parcialmente, o questionário aplicado. Nesse questionário, foram criadas matrizes de comparação e os indicadores foram colocados par a par, para serem comparados entre si e valorados utilizando a Escala de Saaty. Ainda, como critério para a valoração dos especialistas foi utilizado como critério, qual o indicador mais adequado para avaliar um determinado problema de manejo de águas pluviais, além de critérios de sustentabilidade. O questionário completo, com as instruções de aplicação, critério de seleção e para melhor visualização se encontram no **apêndice A**.

Online Pesquisa
Criação e avaliação de pesquisas online.

Indicadores de Sustentabilidade Aplicado ao Manejo de Águas Pluviais

MATRIZES DE COMPARAÇÃO DE INDICADORES DE AUMENTO DA IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO *

CRITÉRIO 1 - ESCALA ESPECIAL

	Import. Absolut. 9	Grande Import. 7	Relativa Import. 5	Fraca Import. 3	Igual Import. 1	Fraca Import. 3	Relativa Import. 5	Grande Import. 7	Import. Absolut. 9
Variação de vazões máximas devido às chuvas	<input type="radio"/>								
Variação de vazões máximas devido às chuvas	<input type="radio"/>								
Variação de vazões máximas devido às chuvas	<input type="radio"/>								
Percentual de área urbana construída / impermeabilizada	<input type="radio"/>								
Percentual de área urbana construída / impermeabilizada	<input type="radio"/>								
Percentual de incremento de vazões	<input type="radio"/>								

Percentual de área urbana construída / impermeabilizada

Existência de legislação com cobrança ou subsídios para reserva de área permeável em lote/lotamentos.

Existência de legislação com cobrança ou subsídios para reserva de área permeável

Existência de legislação com cobrança ou subsídios para reserva de área permeável

Figura 4.3. Modelo parcial de questionário aplicado junto aos especialistas.

Após a obtenção dos resultados dos questionários realizados pelos especialistas, a partir da escala de Saaty, foram construídas utilizando Microsoft Excel, diversas matrizes de comparação, como a exemplificada na **Quadro 4.2**. O reverso da comparação dos critérios é o valor inverso da escala apresentada, neste sentido um critério que seja extremamente preferido, valor atribuído = 9, em relação a outro, ao se fazer a comparação inversa na matriz, o critério preterido terá tendencialmente uma classificação de 1/9, ou seja, o recíproco. Se “A” é x vezes preferível a “B”, logo “B” é 1/ x vezes preferível a “A” e, conseqüentemente, um elemento é igualmente importante quando comparado com ele próprio, isto é, onde a

linha 1 encontra a coluna 1, na posição (1,1), coloca-se o valor 1. Logo, a diagonal principal de uma matriz deve consistir em 1 (VARGAS, 2010).

Quadro 4.2. Matriz comparativa dos critérios

Critérios	Critério 1	Critério 2
Critério 1	1	Avaliação numérica
Critério 2	1/avaliação numérica	1
Soma	(1+1/avaliação numérica)	(Avaliação numérica+1)

Para a interpretação e atribuição dos pesos relativos de cada critério foi necessário normalizar as matrizes comparativas. A determinação da contribuição de cada critério é calculada a partir do vetor de prioridade ou vetor de Eigen. Esse vetor apresenta os pesos relativos entre os critérios e é obtido de modo aproximado a 1, por meio de média aritmética dos valores de cada um dos critérios. Observa-se que o somatório dos valores do vetor sempre totaliza 1 (um). Os valores encontrados para o vetor de Eigen têm significado físico direto no AHP. Ele determina a participação ou o peso daquele critério no resultado total do indicador (VARGAS, 2010).

O próximo passo do processo foi verificar a consistência dos dados. A verificação visa captar se os especialistas foram consistentes nas suas opiniões para a tomada de decisão. O índice de consistência tem como base o número principal de Eigen (λ_{max}) (SAATY, 2005). Ele foi calculado por meio do somatório do produto de cada elemento do vetor de Eigen, pelo total da respectiva coluna da matriz comparativa original. O cálculo do índice de consistência (SAATY, 2005) é dado pela **Equação 4.1**:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad \text{Equação 4.1}$$

Em que CI é o índice de consistência e n é o número de critérios avaliados. Visando verificar se o valor encontrado do CI é adequado, (SAATY, 2005) propôs o que foi chamado de taxa de consistência (CR) (**Equação 4.2**). Ela é determinada pela razão entre o valor do (CI) e o índice de consistência aleatória (RI). A matriz será considerada consistente se a razão for menor que 10%.

$$CR = \frac{CI}{RI} < 0,1 \sim 10\% \quad \text{Equação 4.2}$$

O valor de RI é fixo e tem como base o número de critérios avaliados, conforme o **Tabela 4.1.**

Tabela 4.1. Valores de RI

N*	1	2	3	4	5	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

N* - número de critérios.

Fonte: Saaty, 1980.

Depois de todo o processo de análise foi possível obter os indicadores-chave para o monitoramento de cada problema encontrado e relacionado ao manejo de águas pluviais.

4.6. Elaboração de sistema de Apoio à tomada de Decisão

Um Sistema de Suporte a Decisão – SSD é um conjunto organizado de procedimentos, software, bancos de dados e dispositivos utilizados para dar suporte à tomada de decisões específicas de um problema. O objetivo da maioria dos sistemas de suporte a decisão é assistir sobre os temas analisados nas fases do processo decisório.

A finalidade da concepção do Sistema de Apoio ao Manejo Sustentável de Águas Pluviais - SAMSAP foi gerar uma ferramenta de monitoramento e apoio à decisão. Como base da decisão, são utilizados indicadores para monitoramento dos problemas relacionados ao manejo de águas pluviais. Monitorando problemas por meio de indicadores, teremos a possibilidade de apresentar tendências e a possibilidade da avaliação da situação ao longo do tempo.

A **Figura 4.4.** Apresenta a sequência lógica de funcionamento da ferramenta, inicialmente, o usuário selecionará a prioridades dos problemas, dessa maneira poderá eleger quais problemas são considerados relevantes pelos gestores devido à sua ocorrência ou não na bacia hidrográfica. Em listagem, os problemas serão separados por cores, de acordo com a prioridade: **alta** (vermelho), **média** (amarelo) ou **baixa** (verde) prioridade, assim como, se o problema não é relevante para o município ou bacia de estudo: **não se aplica** (cinza).

Em seguida, selecionará os indicadores para cada problema relacionado. Nesse momento, o usuário entrará com os dados/parâmetros disponíveis para analisar evolução do problema ao longo do tempo e se há necessidade de ações ou se as condições estão sob controle. Essas informações são gravadas para que se possa acompanhar a evolução temporal do indicador e averiguar ações para resolução dos respectivos problemas. Será possível imprimir relatórios parciais e integrais para estudo e apresentação em reuniões de equipe.

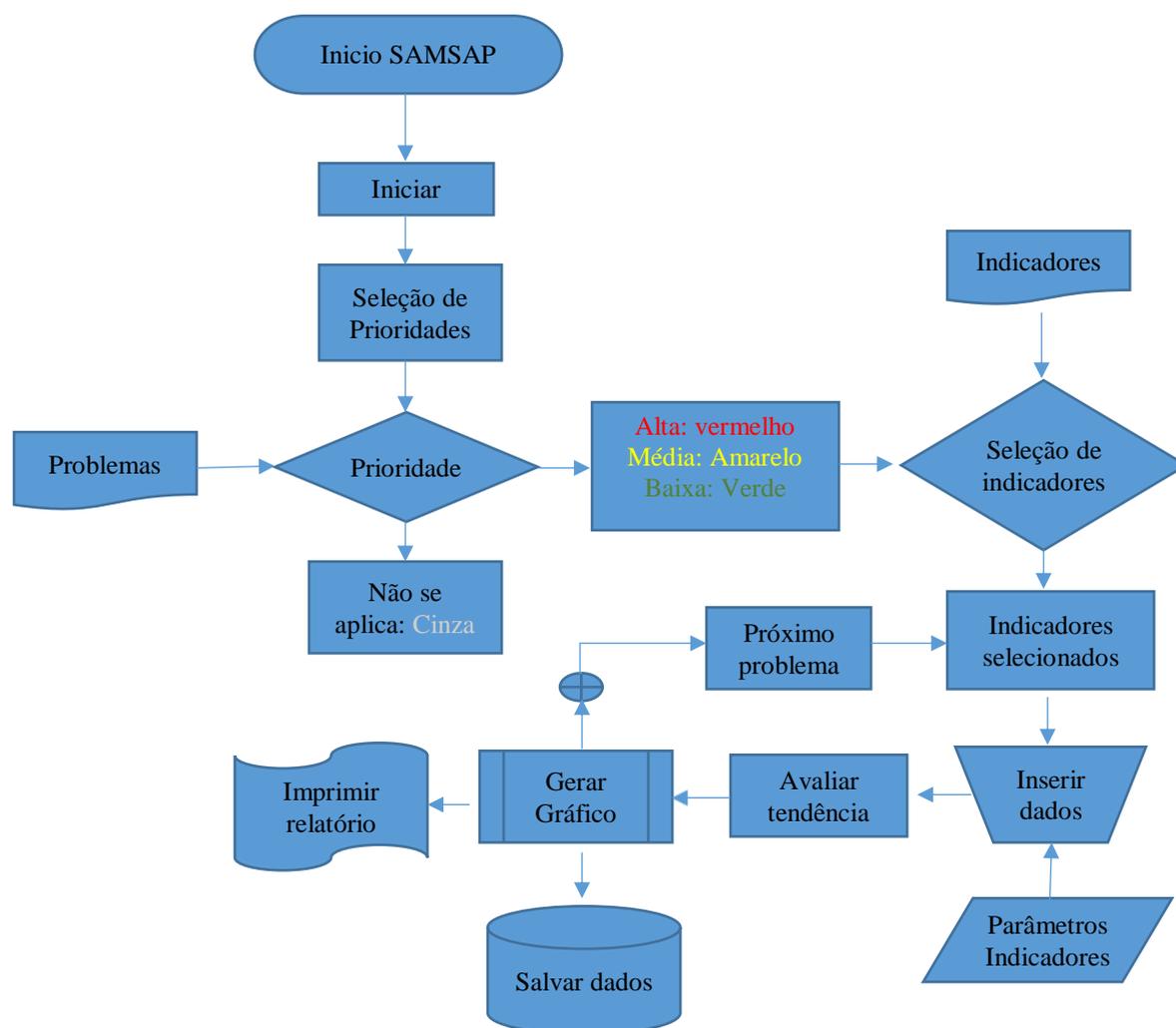


Figura 4.4. Fluxograma de funcionamento da ferramenta SAMSAP.

Para construção da ferramenta foi utilizado o Visual Basic.NET, uma linguagem de programação orientada a objetos, criada pela Microsoft e distribuída com o Visual Studio.NET. Uma das vantagens dessa programação é que a ferramenta desenvolvida pode ser aplicada em ambiente Windows, tornando fácil instalação e uso.

O uso do Visual Basic. Net permite a montagem do aplicativo em módulos, isso facilita a estruturação da ferramenta. Após essa montagem é necessária a elaboração dos códigos fonte. A execução desses códigos é que irá operacionalizar as atividades necessárias para o funcionamento da ferramenta. No Visual Basic a escrita e execução desses códigos são simplificados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Princípios de Sustentabilidade Aplicados ao Manejo de Águas Pluviais

Ao longo das discussões produzidas pelas diferentes conferências mundiais foram apresentados alguns princípios de sustentabilidade, dentre eles: *Bellagio*, Agenda 21 e Carta de Aalborg. Um caminho nesse sentido, realizado, por exemplo, por algumas comunidades dos EUA consiste em estabelecer objetivos, princípios e indicadores; para, a partir daí, elaborar e implementar atividades (Lachman, 1997). De forma semelhante, estes princípios também colaboram na orientação dos legisladores e tomadores de decisão, uma vez que lhes permitem vislumbrar o objetivo das políticas públicas elaboradas.

Princípios gerais estão presentes de forma dispersa na literatura sobre sustentabilidade, possuindo, na maior parte das vezes, características genéricas e abertas, podendo ser aplicados a qualquer situação, em qualquer lugar. Alguns destes princípios, que serviram para a elaboração dos princípios específicos para o manejo de águas pluviais, são apresentados de forma sistematizada no referencial teórico.

Como apresentado anteriormente, a necessidade de integrar os princípios de sustentabilidade nas políticas e programas nacionais faz parte do objetivo sete dos “**Objetivos do Milênio**”. E assim como, Monday (2002) explicita, a busca da sustentabilidade é fundamentalmente um esforço local, pois cada comunidade tem diferentes necessidades e preocupações sociais, econômicas e ambientais e os princípios de sustentabilidade podem ajudar a assegurar que os seus sistemas sociais, econômicos e ambientais estão bem integrados e irá perdurar.

Para estabelecer os princípios específicos para o manejo de águas pluviais, buscou-se identificar, dentre os princípios genéricos, quais aspectos teriam relação com tal manejo. Foram realizadas uma releitura e uma interpretação dos princípios genéricos, buscando sua adequação aos problemas referentes às águas pluviais urbanas. Os princípios específicos de sustentabilidade para o manejo de águas pluviais obtidos foram:

- I. **Princípio da Gestão Sistêmica de Águas Pluviais** – O manejo de águas pluviais urbanas deve ser inserido nos Planos Diretores, nas leis de zoneamento e parcelamento do solo, nos planos de saneamento, planejamento viário e de transporte, sendo assim, interdisciplinar no diagnóstico e na solução dos problemas.
- II. **Princípio do Planejamento Espacial do Manejo de Águas Pluviais** - O manejo de águas pluviais deve ser planejado para ocupação no âmbito da bacia hidrográfica, a partir do manejo sustentável dos recursos hídricos e das águas pluviais do município e da bacia na qual o mesmo está inserido. Impactos não podem ser transferidos para outras bacias sem que haja medidas de controle e mitigação.
- III. **Princípio da Responsabilização pela Impermeabilização do Solo** – Todos os novos empreendimentos urbanos são responsáveis por possíveis impactos devidos ao aumento de áreas impermeabilizadas; dessa maneira, devem implantar medidas de controles em sua própria área para que a cheia não ultrapasse o limite sustentável.
- IV. **Princípio da Gestão de Resíduos Sólidos Ligada ao Manejo de Águas Pluviais** – Resíduos sólidos causam impactos diretos nas águas pluviais e conseqüentemente nos recursos hídricos, sendo necessária a integração entre planos de manejo de águas pluviais e a gestão de resíduos sólidos a fim de reduzir a carga de poluentes das águas pluviais a partir do controle de lançamento de resíduos sólidos nos passeios e ruas.
- V. **Princípio da Regulamentação Legal do Parcelamento do Solo** – O parcelamento e a ocupação do solo devem ser regulamentados por legislação específicas e mecanismos de controle das áreas de expansão que considerem os efeitos sobre as águas pluviais.
- VI. **Princípio do Limite de Ocupação Baseado em Bacias Hidrográficas** – Os impactos decorrentes da ocupação do solo sobre as águas pluviais devem ser avaliados considerando-se a bacia hidrográfica como um todo e não apenas áreas isoladas internas a ela.
- VII. **Princípio da Avaliação Constante do Processo de Manejo de Águas Pluviais** – Planos de manejo de águas pluviais são processos dinâmicos, que não cessam após sua implantação, devendo estar em permanente adequação para acolher possíveis ampliações e mudanças e corrigir eventuais distorções e violações.

- VIII. **Princípio da Participação Pública e da Transparência na Gestão das Águas Pluviais** – Os planos de manejo de águas pluviais devem ter participação pública e transparência em suas discussões e ações.
- IX. **Princípio da Capacitação Social na Gestão das Águas Pluviais** – A consolidação da participação da comunidade se dará a partir de trabalhos de educação ambiental abrangente para que a mesma compreenda os fenômenos e o funcionamento do plano e participem de maneira ativa.
- X. **Princípio da Capacitação Técnica dos Profissionais no Gerenciamento de Águas Pluviais** – técnicos responsáveis devem participar de capacitação contínua e orientada ao manejo sustentável de águas pluviais urbanas.
- XI. **Princípio da Temporalidade das Ações na Gestão de Águas Pluviais**– Os planos de manejo de águas pluviais e o de ocupação do solo devem levar em conta a distribuição das águas pluviais no tempo e os investimentos devem ser planejados e realizados em curto, médio e longo prazo e associados a benefícios produzidos.
- XII. **Princípio da Prevenção de Riscos no Manejo de Águas Pluviais** – As áreas de risco (inundação, desabamento etc.) devem ser identificadas e reguladas, de modo que a sua ocupação seja evitada ou, quando a mesma for inevitável ou irreversível, o ordenamento e a regulação territorial atuem de maneira preventiva.
- XIII. **Princípio da Responsabilização Econômica pelos Impactos Associados ao Manejo das Águas Pluviais** – O gerador de impactos deve arcar com os custos para prevenção/mitigação/compensação dos mesmos.
- XIV. **Princípio da preservação pelo incentivo fiscal** - O cidadão que preservar em seu terreno áreas sem impermeabilização ou que beneficie a infiltração de águas pluviais deve ser agraciado com descontos em tributos ou outro tipo de benefício.

Esta etapa do trabalho buscou sistematizar princípios genéricos de sustentabilidade e, a partir dessa sistematização, elaborar uma lista de princípios específicos para o contexto do manejo de águas pluviais. Como resultado, foram propostos 14 princípios específicos.

Esses princípios específicos podem ser utilizados em diferentes situações, como orientações na elaboração de políticas públicas e no desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade visando melhoria no planejamento e suporte a tomada de decisão. Especificamente para este trabalho, servirão como orientação das próximas etapas na elaboração de indicadores de sustentabilidade direcionados ao manejo de águas pluviais.

O processo de desenvolvimento de ferramentas, metodologias ou qualquer utilização de medidas de mensuração e avaliação da sustentabilidade em qualquer nível deve levar em consideração alguns princípios ou características, que para HARDI e ZDANS (1997), servirão como orientadores para a estruturação de todo o processo, desde a escolha dos indicadores e sua interpretação até a comunicação dos resultados, sendo que princípios inter-relacionados que devem ser aplicados de forma conjunta. Por essa razão, foi realizada a correlação entre princípios, para observar se os novos princípios estavam em acordo com princípios gerais.

5.2. Avaliação dos problemas relacionados ao manejo de Águas Pluviais.

Durante a elaboração do referencial teórico deste trabalho foi possível observar a apresentação, por diversos autores, de situações potencialmente problemáticas relacionadas ao manejo de águas pluviais. Situações como ocupações de áreas de risco, escassez de água, falta de manutenção, legislação ultrapassada, experiências das equipes, utilização de técnicas e conceitos ultrapassados; sistemas de drenagem ineficientes, insuficientes ou inexistentes; a falta de manutenção periódica são alguns problemas relacionados à gestão da drenagem em diversos municípios e bacias hidrográficas. Uma listagem desses problemas é apresentada no **Apêndice B**, no total foram levantados 47 problemas importantes.

Esses problemas potenciais foram subsídios para elaboração do **Quadro 5.2**. Em princípio, os problemas foram relacionados entre si, quanto à escala de interferência humana, as principais como ações antrópicas diretas, isto é, quando ações humanas ocasionam impactos diretos ao manejo de águas pluviais; em seguida, são apresentadas as causas dessas ações; em seguida os efeitos relacionados e os impactos finais dessas ações, demonstrando haver um efeito cascata de ações e consequências.

Como ações diretas estão presentes questões como a impermeabilização responsável pelo escoamento superficial direto, redução da proteção do solo causa de erosões, interferências nos canais de escoamento que reduz o amortecimento do escoamento, ocupação de áreas de risco devido à especulação imobiliária, sistemas mal projetados e mal executados, assim como a falta de manutenção das infraestruturas, lançamento de resíduos sólidos em locais inadequados causadores de diversos danos à qualidade do recurso hídrico e entupimento de galerias e canais.

Quadro 5.2. Ações Antrópicas, causas, efeitos e impactos do manejo pluvial equivocado

Ações Antrópicas	Causas	Efeitos	Impactos
Impermeabilização	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento do volume e velocidade do escoamento; • Alteração dos padrões de circulação da água; 	<ul style="list-style-type: none"> • Inundação e alagamentos; • Erosão acelerada e perda de solo; • Isolamento e desabastecimento do aquífero; 	<ul style="list-style-type: none"> • Fragmentação de ecossistemas e Perda de biodiversidade; • Contaminação dos mananciais e escassez de água; • Perdas de patrimônio mobiliário, imobiliário e natural; • Perdas de vida;
Diminuição da proteção do solo	<ul style="list-style-type: none"> • Alteração do microclima; • Compactação do solo • Exposição do solo às intempéries (sol, vento, chuva, etc.) e erosões. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da variação de temperaturas máximas e mínimas; • Redução da capacidade de infiltração e aumento do escoamento laminar; • Destruição da biodiversidade do solo • Escorregamentos e deslizamentos • Inundações e alagamentos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Assoreamento dos corpos d'água e alteração do caminho natural; • Fragmentação e perda da biodiversidade; • Redução da qualidade do recurso hídrico; • Perdas materiais, econômicas e de vidas; • Poluição dos recursos hídricos.
Interferências físicas nos canais de escoamento (Estabilização de margens, impermeabilização, retificação de canais e extração de areia e cascalho)	<ul style="list-style-type: none"> • Interrupção do escoamento natural; • Redução da capacidade de recarga do aquífero; • Falta de amortecimento do escoamento; • Arraste de sedimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento na magnitude e na frequência das inundações; • Aumento do volume e velocidade do escoamento superficial direto; • Entupimento de canais e córregos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento das vazões a jusante • Entupimento de canais e córregos • Transferência do problema • Perdas de vidas; • Inundações e alagamentos. • Escassez de água
Ocupação de áreas de risco	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da proteção do solo; • Deposição inadequada dos resíduos sólidos; • Lançamento de esgoto direto em valas a céu aberto; 	<ul style="list-style-type: none"> • Arraste de sedimentos; • Aumento do volume e velocidade do escoamento superficial direto • Proliferação de insetos e animais nocivos à saúde; • Contaminação de canais e aquíferos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entupimento de canais e córregos; • Inundações e alagamentos; • Escorregamentos e deslizamentos; • Exposição da população à situação de risco; • Perdas de patrimônio mobiliário, imobiliário e natural e de vidas; • Disseminação de doenças e vetores ligados a recursos hídricos;

			<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de gastos em saúde pública.
Sistemas de Manejo de águas pluviais mal projetados e/ou executados	<ul style="list-style-type: none"> • Implantação do sistema de forma fragmentada; • Ligações indevidas (cruzadas); • Priorização de medidas estruturais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entupimento de canais e córregos; • Insuficiência do escoamento; • Aumento da velocidade do escoamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Inundações e alagamentos; • Aumento das vazões à jusante (transferência do problema); • Perdas de patrimônio mobiliário, imobiliário e natural e de vidas.
Manutenção e/ou operação inadequada dos sistemas.	<ul style="list-style-type: none"> • Rompimento de galerias e dutos; • Acúmulo de resíduos e detritos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da capacidade de escoamento do canal ou duto (capacidade de hidráulica); • Entupimento de canais, galerias e dutos (redes de escoamento); • Assoreamento de córregos; • Proliferação de insetos e animais nocivos à saúde. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inundações e alagamentos; • Disseminação de doenças e vetores ligados a recursos hídricos; • Deterioração da paisagem; • Aumento de gastos com saúde pública; • Perdas de patrimônio mobiliário, imobiliário e natural e de vidas.
Lançamento e Controle Inadequados de Resíduos Sólidos.	<ul style="list-style-type: none"> • Acúmulo de resíduos, detritos e sedimentos; • Incremento da matéria orgânica em rios e córregos; • Contaminação dos recursos hídricos por metais e outros (superficiais e subterrâneos). 	<ul style="list-style-type: none"> • Proliferação de insetos e animais nocivos à saúde • Entupimento de canais, galerias e dutos (redes de escoamento) • Deterioração da paisagem; • Eutrofização. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disseminação de doenças e vetores ligados a recursos hídricos • Redução da capacidade de escoamento (capacidade hidráulica) • Perda de biodiversidade • Aumento de gastos com saúde pública • Inundações e alagamentos; • Perdas de patrimônio mobiliário, imobiliário e natural e de vidas.
Deficiência no gerenciamento do manejo de águas pluviais (monitoramento, controle, operação).	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema e/ou rede sem cadastro; • Ausência de equipe técnica ou na presença da mesma, falta de capacitação • Setores relacionados à gestão urbana (água, esgoto, drenagem e resíduos sólidos) sem ações de integração; 	<ul style="list-style-type: none"> • Conexões ilegais; • Fiscalização inadequada • Falta de controle e monitoramento dos efeitos da chuva; • Fragmentação ou duplicação das ações (fluxo de informação inadequado); • Desconhecimento dos processos físicos envolvidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade de identificação da fonte poluidora; • Dificuldade de gerenciar problemas relacionados; • Interferências de estruturas urbanas nos sistemas de águas pluviais; • Inundações e alagamentos.

	<ul style="list-style-type: none"> • Integração entre setores de planejamento de infraestrutura e de gestão urbana inexistente 		
Deficiência no planejamento e gestão do manejo de águas pluviais (articulação, intermunicipalidade, normatização).	<ul style="list-style-type: none"> • Desconhecimento do controle de enchentes por parte dos “planejadores” urbanos; • Falta de autonomia e descontinuidade administrativa; • Desarticulação política; • Carência de formalização das necessidades. 	<ul style="list-style-type: none"> • Projetos urbanos e sistemas de águas pluviais conflituosos; • Baixo investimento público ou inadequação do fluxo de recursos destinados à drenagem urbana; • Ausência de diálogos Intermunicipais e visão municipalizada do manejo de águas pluviais; • Inexistência de normatização e deficiência na estrutura jurídica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inadequação tecnológica devido à falta de investimentos; • Projetos municipalizados para resolução dos problemas; • Plano diretor de drenagem urbana inexistente; • Ausência de instrumentos de ordenamento de uso do solo; • Problemas de regulamentação e controle; • Transferência de sobrecarga a outro município; • Ocupação de áreas de risco e de proteção ambiental; • Ocupação desordenada da bacia; • Inundações e alagamentos.
Deficiência na participação pública	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de conscientização da população sobre os riscos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Participação da população nas tomadas de decisão inexistente 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de sustentabilidade

Após a hierarquização horizontal dos problemas por meio da utilização do processo de mapas mentais (**Apêndice C**), os principais, que no **Quadro 5.2** são nomeados como ações antrópicas, serviram de subsídios para elaboração de uma tabela com os problemas mais graves e recorrentes observados na gestão do manejo de águas pluviais, esses problemas, dezenove no total, foram subdivididos em cinco dimensões de sustentabilidade: ambiental, social, econômica, política e tecnológica ou de gestão, também apresenta quais os efeitos que se quer monitorar, isso facilita a escolha dos indicadores, pois apenas os que são capazes de monitorar esse efeito ou ação foi selecionado, no **Quadro 5.3**, é possível observar essas relações . O objetivo de monitorar esses problemas está relacionado ao “efeito cascata”, pois se houver a correção dos problemas, impede, em tese, os outros efeitos relacionados e as outras consequências.

Quadro 5.3. Problemas relacionados ao manejo de águas pluviais subdivididos por Dimensões de sustentabilidade

DIMENSOES	PROBLEMAS RELACIONADOS AO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS	O QUE OBSERVAR/MONITORAR
Ambiental	Aumento da Impermeabilização do solo	O efeito da impermeabilização no aumento do deflúvio.
	Diminuição da proteção do solo	A perda de vegetação (terra nua) e ocupações com desmatamento.
	Interferências físicas nos canais de escoamento	Revestimento, estabilização e retificação de canais com aumento da velocidade do escoamento e inundações a jusante e interrupções do fluxo com redução da velocidade e inundações a montante
	Impacto na qualidade dos recursos hídricos	O efeito das águas pluviais na qualidade do recurso hídricos
Social	Déficit no atendimento à população	A capacidade de atendimento à população de sistema relacionado ao manejo de águas pluviais
	Ocupação de áreas com riscos de inundações ou de escorregamentos	Efeito das águas pluviais no cotidiano dos habitantes com moradias em áreas de risco
Econômica	Deficiência orçamentária do SAP	Se os recursos financeiros destinados ao manejo de águas pluviais são adequados e bem aplicados
	Custos gerados por deficiências no manejo de águas pluviais	Quanto está sendo gasto para recuperar áreas afetadas por inundações e deslizamentos e as perdas econômicas decorrentes da paralisação do setor produtivo devido as chuvas
Política	Deficiência na participação pública	Qual a participação da população nas ações e políticas de minimização dos efeitos danosos de águas pluviais
	Deficiência na normatização	Adequação da legislação relacionada ao SAP para gestão mais sustentável.
	Deficiência na integração interna para a Gestão do SAP	A ocorrência de integração dos diferentes setores relacionados direta ou indiretamente ao manejo de águas pluviais
	Deficiência na articulação intermunicipal	Ocorrência de ações integradas intermunicipais para resolução de problemas relacionados ao manejo de águas pluviais que afetam municípios da mesma bacia.
Cultural	Concepções de SAP que alteram o ciclo hidrológico original	O modelo de sistemas de manejo de águas pluviais e se os mesmos são destinados à ações e práticas mais sustentáveis

	Deficiência na educação da sociedade para o manejo das águas pluviais	O nível de conscientização das pessoas relacionadas direta ou indiretamente com o SAP e da população dos efeitos das ações causadores dos problemas relacionados às águas pluviais.
	Lançamento e Controle Inadequados de Resíduos Sólidos	A interferência dos resíduos sólidos no escoamento e na qualidade das águas pluviais
Técnica ou de Gestão	Deficiência na capacitação técnica	Envolvimento da gestão na capacitação de profissionais capacitados relacionados ao SAP
	Deficiências na Elaboração de projeto do SAP	Número de interrupções e interferência ocasionadas por incompatibilidades de projeto
	Deficiências na execução de projetos do SAP	Número de interrupções e interferência ocasionadas por execução inadequada do projeto
	Deficiência na manutenção do SAP.	Frequência da manutenção e se a mesma está adequada

Em seguida, para cada problema foi relacionado um conjunto de possíveis indicadores para monitoramento e avaliação dessas ações, com objetivo de incluir possíveis soluções. Os indicadores obtidos foram submetidos a uma consulta a especialistas com a finalidade de se obter os indicadores mais adequados para o monitoramento de um determinado problema.

Para orientar as respostas foram criados critérios específicos para o manejo de águas pluviais, assim como no caso dos princípios, foi realizada uma pesquisa sobre critérios de seleção de indicadores de sustentabilidade. Esses levantamentos podem ser observados no capítulo sobre **Referencial Teórico** presente neste trabalho.

Os critérios genéricos foram analisados e adaptados às questões relacionadas ao manejo de águas pluviais, assim, foram selecionados sete critérios norteadores específicos (**Tabela 5.1.**), que foram utilizados pelos especialistas no método AHP para seleção de indicadores de sustentabilidade. Entretanto, dado o tamanho e tempo gasto para preenchimento das planilhas de respostas no pré-teste, que foi cerca de duas horas sem interrupção, optou-se pela redução de critérios, sendo o principal critério de seleção de indicadores o próprio problema, e para orientação foram inseridos na apresentação do questionário, mais quatro critérios elaborados a partir dos critérios norteadores.

Tabela 5.1. Seleção de critérios norteadores para seleção de indicadores de sustentabilidade.

Critério	Descrição
1. Escala Espacial	Os dados relacionados ao manejo de águas pluviais disponíveis devem possuir cobertura espacial necessária para se poderem analisar problemas relacionados. É necessário ter ampla cobertura das áreas de inundação quer seja um bairro, uma comunidade, um município ou região uma metropolitana. Um sistema de informação geográfica ou SIG pode ser desenvolvido e utilizado para analisar unidades nessas escalas e os resultados podem ser apresentados como indicadores mapeados.
2. Confiabilidade, frequência de coleta adequada e custo razoável	Os dados utilizados no monitoramento dos problemas relacionados ao manejo de águas pluviais devem ser baseados nas melhores práticas e ter validade científica, devem ser cuidadosamente documentados e observar a confiabilidade da sua origem. Os dados devem dar suporte a decisores, sendo de fácil interpretação e comunicação, com frequência suficiente para monitorar os problemas e se tomar decisões pelos especialistas. Também deve ter um custo razoável, sem perder a confiabilidade e mantendo-se a frequência necessária para monitorar os problemas e problemas relacionados ao manejo de águas pluviais.
3. Relevância	Na formulação de políticas públicas de manejo de águas pluviais, o indicador deve possuir concordância com a legislação vigente local para possibilitar a avaliação e monitoramento do progresso no

	sentido de alcançar resultados para sociedade. Dessa maneira é possível monitorar políticas e ações administrativas que por ventura devam ser readequadas à realidade.
4. Significância Analítica	Os dados devem ajudar o usuário a compreender as relações causais entre os diferentes aspectos de um problema, ações antrópicas relacionadas e causadoras de práticas inadequadas relacionadas ao manejo de águas pluviais. Deve-se ter em mente que ao monitorar ações inadequadas e problemas relacionados o que se busca é a melhoria dessas ações, assim, os dados devem estar relacionados a ações futuras que melhorem tais ações e estabeleça metas e desempenhos claros e reais a serem atingidos em busca de melhores práticas.
5. Sensibilidade a mudanças	À medida que ocorrem as alterações no ambiente, mesmo que pequenas, a resposta do dado deve ser imediata, mudando o seu valor; caso o monitoramento das ações seja de natureza preventiva deve ser capaz de sinalizar os problemas relacionados ao manejo antes da ocorrência de sérios danos.
6. Sensibilidade temporal	O monitoramento das ações e problemas relacionados ao manejo de águas pluviais deve estar disponível a partir de programas contínuos para dar suporte a comparações ao longo do tempo. A sensibilidade às mudanças ao longo do tempo pode gerar séries temporais de dados (lineares, cíclicos ou sazonais), entendidos como ótimos tradutores dos fenômenos de diferentes dinâmicas em um determinado tempo.
7. Acessível aos usuários e participação popular	Os indicadores devem ser de fácil interpretação/comunicação tanto para os tomadores de decisão e gestores, quanto para a população em geral e cidadão em geral para o monitoramento das ações do poder público com relação aos problemas relacionados ao manejo de águas pluviais.

Os critérios apresentados acima serviram de base para a elaboração de quatro critérios norteadores utilizados nos questionários apresentados aos especialistas para a seleção dos indicadores pelo método AHP, são eles:

1. **Relevância** - o indicador deve ser relevante com relação àquilo que se quer observar, isto é, em relação ao problema a ser monitorado;
2. **Comparabilidade** - o indicador deve ser sensível para observar alterações e ser comparável em relação a variações no tempo e no espaço;
3. **Custo e Confiabilidade** - o indicador deve possuir um custo razoável de obtenção dos dados, sem perder a confiabilidade;
4. **Acessibilidade** - o indicador deve possuir fácil comunicação e interpretação quanto aos seus resultados.

5.3. Indicadores de sustentabilidade para o manejo de águas pluviais

Um dos princípios de *Bellagio* cita que a avaliação em direção sustentabilidade deve ser baseada em um sistema de categorias explícitas ou um sistema organizado que conecte a visão e as metas com indicadores e critérios de avaliação, limitado às questões chaves para análise, tendo um padrão de medidas que permitam a comparação, quando possível, dos valores com suas metas, valores de referência, limites ou direção da mudança.

Visando esse caminho, esta etapa do trabalho foi de levantar possíveis indicadores de sustentabilidade ou indicadores relacionados à drenagem urbana e ao manejo de águas pluviais. Foram consultados diversos documentos, artigos, dissertações e teses em busca de possíveis indicadores para que pudessem ser utilizados nesse trabalho.

Além dos documentos apresentados na revisão bibliográfica, outros documentos que se destacaram para obtenção de indicadores específicos para o manejo de águas pluviais foram a “Pesquisa Municipal de Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais”, em 2011, realizada pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE) e conjunto com o Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO) no intuito de conhecer a situação dos serviços de drenagem urbana nos 645 municípios paulistas e estabelecer indicadores específicos para o desenvolvimento da política estadual de saneamento, realizaram um questionário com 225 questões sobre o tema. Inicialmente, foram selecionados, desse total, 32 possíveis indicadores, alguns foram compilados por se tratarem do mesmo tema. Os indicadores estão relacionados no **Anexo 1**.

Outro documento que forneceu possíveis indicadores para o trabalho foi o “Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais” do Plano Municipal de Gestão do Sistema de águas pluviais de São Paulo, elaborado pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Nesse documento, os indicadores de desempenho do sistema foram subdivididos em 10 campos de análise e 31 indicadores. Os possíveis indicadores estão apresentados no **Anexo 2**.

Entre documentos internacionais, foi selecionado o apresentado pelo Centro para Proteção de Bacias Hidrográficas dos Estados Unidos (*Center for Watershed Protection*) – CWP/USEPA, elaborado por CLAYTON (2000). Neste documento é possível notar que a preocupação nos países desenvolvidos está mais relacionada a qualidade e não tanto com a quantidade e as questões de risco tão frequentes em países tropicais. Foram apresentados pelo Centro 26 indicadores (**Anexo 3**).

O trabalho realizado por CASTRO (2002) apresentou 12 indicadores (**Anexo 4**) relacionados a avaliação dos sistemas de drenagem urbana. Desse total de indicadores, 7 foram selecionados, em princípio, para a realização deste presente trabalho.

Após a avaliação dos indicadores apresentados em cada trabalho, foram pré-selecionados 65 indicadores (**Anexo 5**).

O passo seguinte foi avaliar se tais indicadores atendiam os princípios específicos para o manejo sustentável de águas pluviais, para isso foi realizada uma interpretação de cada indicador e verificada se havia uma correlação, isto é, se o indicador atendia aos princípios estabelecidos, como é possível observar no **Apêndice D**, foi possível estabelecer uma adequação dos indicadores selecionados aos princípios específicos de sustentabilidade.

Para cada indicador ou indicadores relacionados aos problemas foi realizada uma descrição para orientar qual o objetivo do indicador, isto é, o que se espera ser monitorado pelo indicador.

Assim como apresentado por JANUZZI, (2005) a sensibilidade e especificidade são importantes na escolha de indicadores, pois, é importante e necessário que os efeitos ou não-efeitos de determinadas intervenções sejam observadas com rapidez e facilidade. Outra condição importante que se buscou no presente trabalho foi orientar para um manejo e gestão sistêmicos, para tanto, os indicadores selecionados foram modelados para observar os efeitos temporais dos dados que monitoram os problemas, os efeitos e interferências das interações entre esses problemas. A **Tabela 5.4**, busca demonstrar como foram relacionados os indicadores e os problemas relacionados ao manejo de águas pluviais. À frente de cada indicador é apresentada uma descrição sobre os mesmos.

Com os indicadores previamente escolhidos, foram então submetidos à escolha dos prioritários. Esse processo de escolha pelo método AHP já foi descrito anteriormente e os resultados são apresentados nas tabelas do **Apêndice E**.

Quadro 5.4. Lista de indicadores relacionados a problemas no manejo de águas pluviais.

DIMENSOES	PROBLEMAS RELACIONADOS AO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS	INDICADORES POSSÍVEIS	DESCRIÇÃO
Ambiental	Aumento da Impermeabilização do solo	Variação de vazões máximas devido às chuvas	Avalia a frequência do aumento das vazões máximas, consequência das impermeabilizações
		Percentual de área urbana construída /impermeabilizada	Avalia a influência da área impermeabilizada no incremento do escoamento superficial
		<i>Percentual de Incremento de Vazões Máximas</i>	Avalia o efeito do aumento das vazões de cheia causada pela impermeabilização
		Existência de legislação com cobrança ou subsídios para reserva de área permeável em lotes/loteamentos	Avalia se a administração possui ações de reduza o escoamento superficial e o incremento das vazões.
	Diminuição da proteção do solo	Percentual de expansão urbana ao longo do tempo	Avalia a proporção de crescimento da malha urbana e o nível de impermeabilização
		Percentual de áreas urbanas com cobertura vegetal.	Avalia a proporção de áreas com cobertura vegetal
		Percentual de ocupações urbanas em APPs.	Avalia a ocupação irregular com supressão da cobertura vegetal
		Percentual de uso de cobertura vegetal no sistema de águas pluviais (SAP)	Avalia a utilização de vegetação na implantação do SAP
	Interferências físicas nos canais de escoamento	Taxa de assoreamento de canais pelo arraste de sedimentos	Avalia a redução da lâmina de água do córrego ou canal devido ao aporte de sedimentos
		Existência de extração de areias e cascalhos instalados na bacia (regulares e irregulares)	Avalia a consequência da extração de areias e cascalhos e o impacto causado no canal ou córrego de assoreamento e instabilidade das margens
		Percentual do comprimento de canais reestruturados com revestimento,	Avalia a consequência da reestruturação do canal e seu efeito no escoamento das águas superficiais em períodos de chuvas.

		tamponamento, retificação e ampliação de calha	
	Impacto na qualidade dos recursos hídricos	Frequência de ultrapassagem dos limites dos padrões de qualidade	Avalia a consequência de impacto do escoamento superficial na qualidade das águas superficiais de canais e córregos
		Diversidade da Fauna de peixes	Avalia o impacto do escoamento superficial na biodiversidade de canais e córregos em períodos pós chuva
		Indicador de espécie única	Avalia a saúde ambiental dos sistemas aquáticos por meio de ausência ou presença de espécie específica sensível a alterações da qualidade do recurso hídrico
Social	Déficit no atendimento à população	Percentual da área atendida pelo sistema	Avalia a cobertura do sistema em porcentagem
		Extensão da cobertura do sistema de manejo de águas pluviais	Avalia a extensão da cobertura do sistema em relação a área do município
		Percentual de atendimento urbano de águas pluviais	Avalia a cobertura do sistema em relação ao atendimento à população
	Ocupação de áreas com riscos de inundações ou de escorregamentos	Existência de Plano municipal de ação de emergência para problemas causados pela chuva	Avalia a existência de planos de emergência municipal de pessoas em situações de ocupações de áreas de risco de inundação e deslizamentos
		Extensão das áreas atingidas por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município	Mapeamento das áreas atingidas por inundações e ou deslizamentos no município
		Extensão da área com registro de riscos de inundações e deslizamentos ocupadas no Município	Mapeamento das áreas de risco de inundações ou deslizamentos que são ocupadas pela população
		Percentual de famílias atingidas (desalojadas / feridos/ mortos) por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município	Avalia o percentual de pessoas atingidas e que de alguma maneira sofrem as ações e os efeitos danosos das inundações e deslizamentos
Econômica	Deficiência orçamentária do SAP	Existência de orçamento próprio (Autossuficiência financeira)	Avaliar se o departamento responsável possui orçamento próprio para o manejo de águas pluviais
		Efetividade do orçamento utilizada no SAP	Avalia se o orçamento disponível para manejo de águas pluviais está sendo usado de maneira efetiva

		Investimento per capita em drenagem urbana	Avalia o valor investido pelo departamento responsável per capita
	Custos gerados por deficiências no manejo de águas pluviais	Redução da arrecadação devido a interrupção dos serviços e do fluxo de mercadorias	Avalia o impacto sobre a arrecadação pela interrupção dos serviços, do fluxo de mercadorias, da estagnação das exportações e importações, prejuízos e perdas extensivas
		Valor do investimento para recuperação das perdas materiais provenientes de inundações e deslizamentos	Avalia a valor a ser investido para recuperação das áreas afetadas pelas chuvas
		Estimativa da perda mensal da produção em decorrência das chuvas	Estima a perda econômica no setor produtivos em decorrência das chuvas
Política	Deficiência na participação pública	Existência de mecanismos avaliação sistemática pelo usuário da qualidade dos serviços de SAP	Avalia se existe a possibilidade de o usuário avaliar a qualidade dos serviços prestados na área de manejo de águas pluviais
		Existência de reuniões regulares entre os gestores e a população para discussão de problemas relacionados ao SAP	Avalia a existência de reuniões periódica entre gestores e população para discussões sobre o manejo de águas pluviais
		Existência de conselhos municipais de participação pública relacionados ao manejo de águas pluviais	Avalia a possibilidade da participação pública nos conselhos municipais para discussão de temas relacionados ao manejo de águas pluviais
		Existência de envolvimento do público no monitoramento	Avalia a possibilidade da participação da população no monitoramento dos eventos relacionados ao manejo de águas pluviais
	Deficiência na normatização	Existência de legislação municipal com exigências controle de destinação final de águas pluviais	Avalia a existência de legislação que exige o controle da destinação das águas pluviais por parte da população e dos empreendedores
		Existência de Plano Diretor de Manejo de águas pluviais Urbana regulamentado	Avalia a existência de Plano Diretor regulamentado específico para o manejo de águas pluviais

	Deficiência na integração interna para a Gestão do SAP	Existência de ações periódicas de integração entre setores de gestão urbana e equipes de manutenção e monitoramento	Avalia a existência de integração entre equipes de setores de gestão, gerenciamento e técnica relacionados ao manejo de águas pluviais
		Existência de instrumentos para padronização de projetos viários e que reduzam a interferência no manejo de águas pluviais (Padrões para pavimentação, Manuais com requisitos para manejo das águas pluviais)	Avalia a existência de instrumentos de padronização de projetos e que interfiram minimamente na dinâmica do ciclo hidrológico
	Deficiência na articulação intermunicipal	Existência de programas intermunicipais de manejo de águas pluviais	Avalia a existência de programas de gestão das águas pluviais por bacia hidrográfica, não se limitando ao território do município
		Existência de reuniões periódicas intermunicipais relacionados ao manejo de água pluviais	Avalia a existência de reuniões periódicas das equipes intermunicipais relacionadas ao manejo de águas pluviais
Cultural	Concepções de SAP que alteram o ciclo hidrológico original	Percentual de área atendida por técnicas mais sustentáveis (BMP, LID, técnicas compensatórias)	Avalia o percentual de métodos de manejo mais sustentáveis ou mais próximos do ciclo hidrológico original estão sendo utilizadas
		Percentual de área desconectada do Sistema convencional de drenagem.	Avalia quanto de área da bacia está conectada ao sistema convencional de drenagem e quanto está sendo contida na própria área de captação.
	Deficiência na educação da sociedade para o manejo das águas pluviais	Existência de projetos/programas de conscientização em escolas, instituições públicas e privadas e comunidades.	Avalia o processo de conscientização da sociedade para os problemas relacionados ao manejo de águas pluviais e a
		Avaliação da percepção da sociedade a respeito do manejo de águas pluviais	Avalia sistematicamente as percepções dos usuários sobre os sistemas de manejo de águas pluviais e sistematiza para futuras aplicações
	Lançamento e Controle Inadequados de Resíduos Sólidos	Percentual dos resíduos que não são encaminhados para a disposição final com possibilidade de assorear canais e dutos	Avalia o volume de resíduos que não tem destino correto e que podem vir a interromper o fluxo do SAP

		Quantidade de lançamentos de RSU próximos a canais e córregos	Avalia a quantidade de resíduos, principalmente da construção civil, que por ventura possam obstruir canais e dutos de SAP
		Volumes de resíduos causadores de obstrução de canais e dutos	Avalia o volume de resíduos sólidos responsável pela interrupção do fluxo do SAP
Técnica ou de Gestão	Deficiência na capacitação técnica	Existência de cursos de especialização, treinamento e capacitação de técnicos.	Avalia o compromisso da administração pública com o aperfeiçoamento do seu corpo técnico
		Percentual de profissionais enviados periodicamente à capacitação profissional	Avalia se a quantidade de profissionais é satisfatória.
	Deficiências na Elaboração de projeto do SAP	Existência de trabalhadores capacitados com atuação em projetos de SAP	Avalia a experiência dos responsáveis pelo SAP estão capacitados para realização de atividades de gerenciamento relacionadas ao SAP
		Existência de falhas, imprecisões em projetos básicos	Avalia se os projetos estão sendo realizados de maneira adequada
	Deficiências na execução de projetos do SAP	Extensão de canais e galerias com interferências de outros sistemas da infraestrutura urbana	Avalia a existência de interferências de outros sistemas de água, esgoto, etc. no SAP
		Existência de trabalhadores capacitados com atuação no manejo de águas pluviais	Avalia a capacidade técnica da equipe responsável pelo SAP na execução de atividades relacionadas ao sistema
	Deficiência na manutenção do SAP.	Frequência de rompimentos anuais de canais e dutos e entupimentos de córregos por falta de manutenção	Avalia a quantidade de rompimentos do sistema e se esses rompimentos ou entupimentos estão relacionados à falta de manutenção.
		Existência de plano de manutenção preventiva dos canais	Avalia a existência de planos de manutenção preventiva
		Frequência de execução do plano de manutenção preventiva	Avalia se, havendo, plano de manutenção preventiva do sistema, a execução do mesmo está o correndo com frequência adequada
		Frequência de redução do fluxo por entupimento do canal devido à falta de manutenção	Avalia a frequência do entupimento do SAP devido à falta de manutenção.

5.4. Aplicação do método AHP e avaliação da consistência dos resultados obtidos

Inicialmente foi realizada a decomposição do problema utilizando critérios que são comparados e analisados de modo independente. Nesta etapa do trabalho, foi realizada a priorização de indicadores para cada um dos problemas relacionados ao manejo de águas pluviais encontrados na literatura. Assim sendo, o problema foi utilizado como critério para comparação dos indicadores, com a finalidade de encontrar o indicador mais adequado para monitorar cada problema, os resultados são apresentados de forma mais detalhada no **Apêndice F**. Com os resultados obtidos e apresentados nas **Figuras 5.1-5.19**, é possível observar que nenhum dos critérios apresenta inconsistência acima do tolerável.

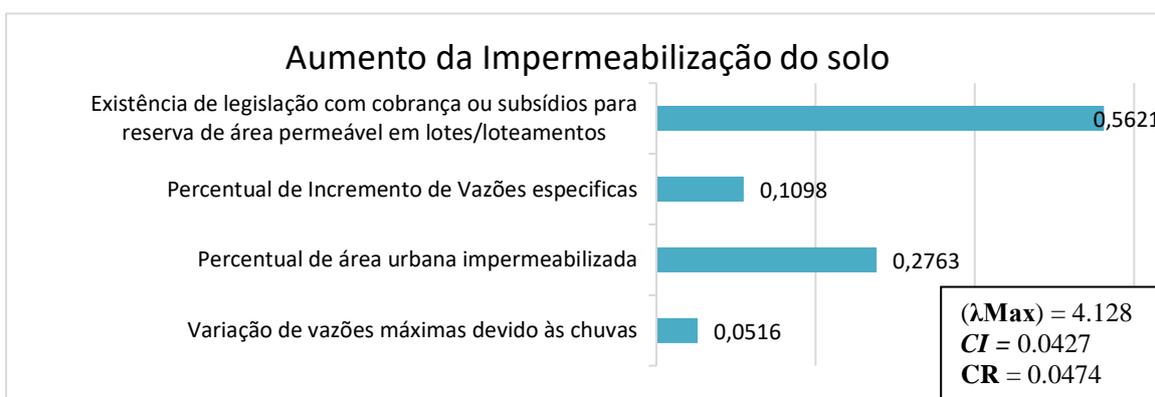


Figura 5.1. Resultado da priorização de indicador para impermeabilização do solo

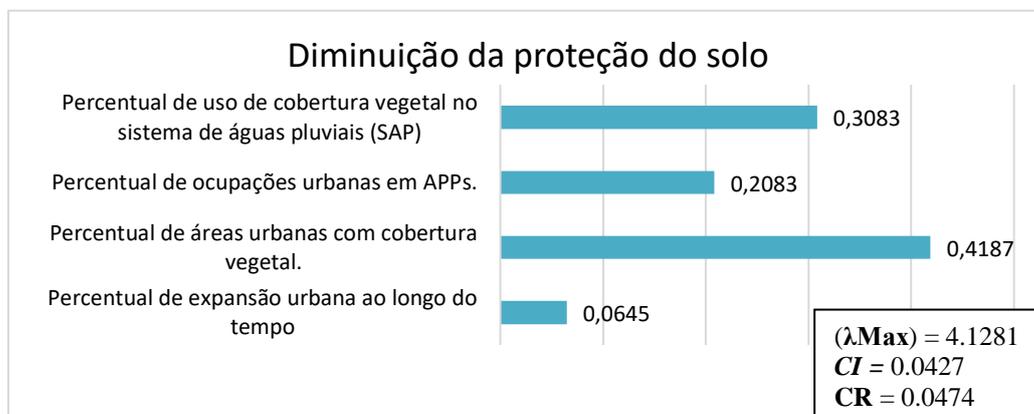


Figura 5.2. Resultado da priorização de indicador para diminuição da proteção do solo

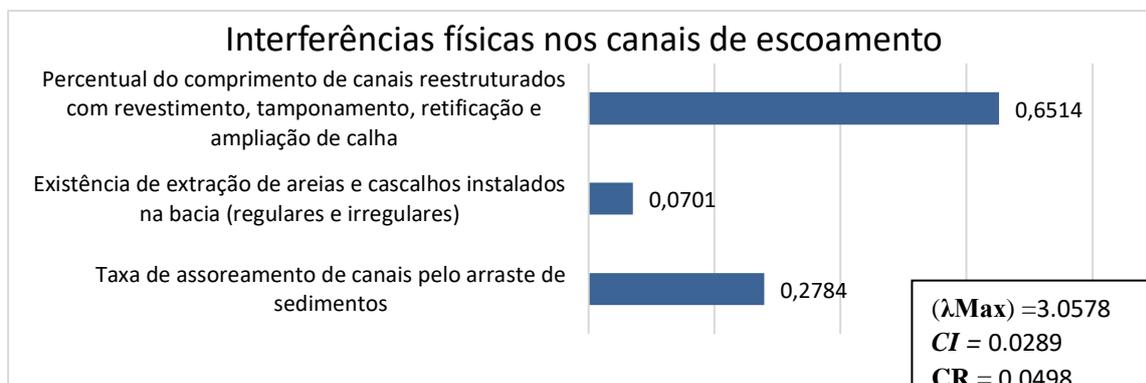


Figura 5.3. Resultado da priorização de indicador para interferências físicas nos canais de escoamento

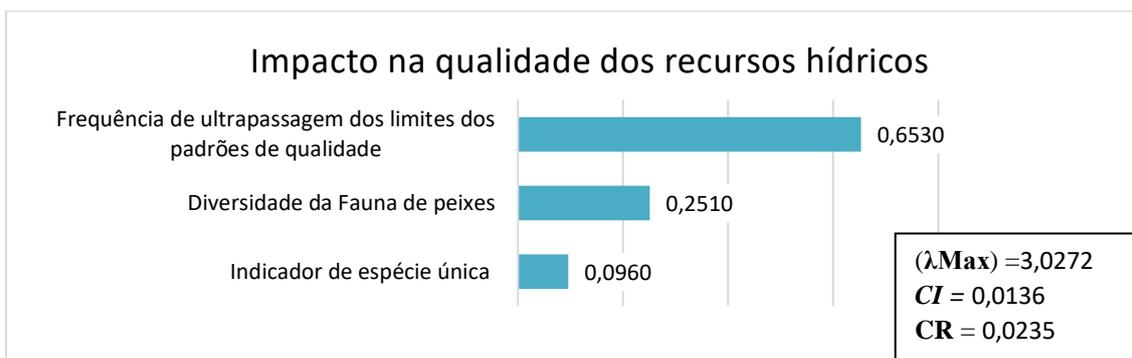


Figura 5.4. Resultado da priorização de indicador para impacto na qualidade dos recursos hídricos.

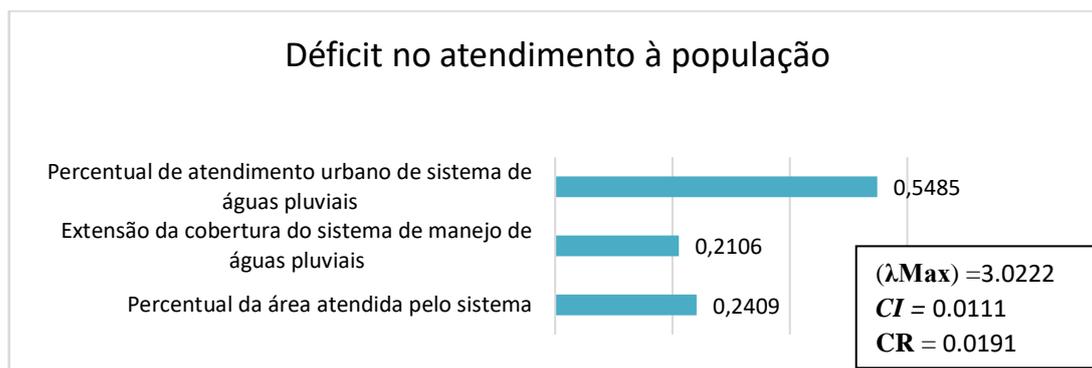


Figura 5.5. Resultado da priorização de indicador para déficit no atendimento à população



Figura 5.6. Resultado da priorização de indicador para Ocupação de áreas com riscos de inundações ou de escorregamentos

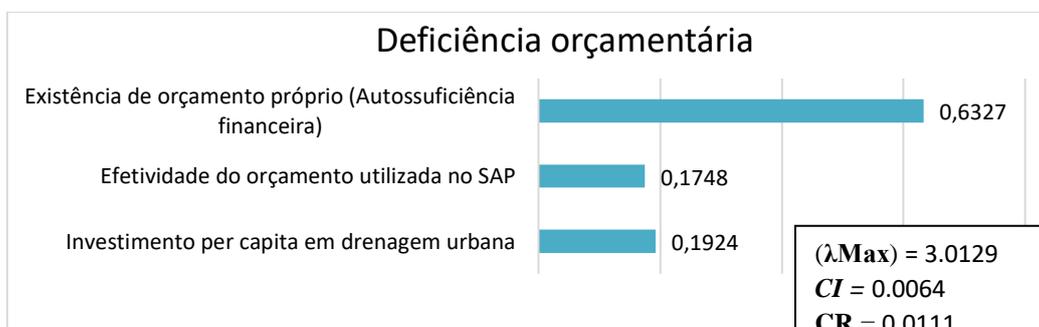


Figura 5.7. Resultado da priorização de indicador para Deficiência orçamentária



Figura 5.8. Resultado da priorização de indicador para custos gerado por deficiências no manejo de águas pluviais

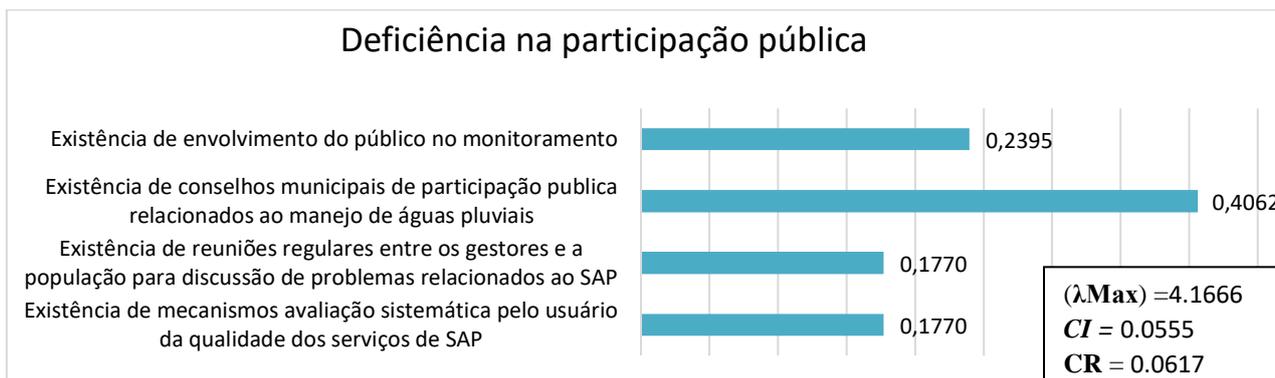


Figura 5.9. Resultado da priorização de indicador para deficiência na participação pública.

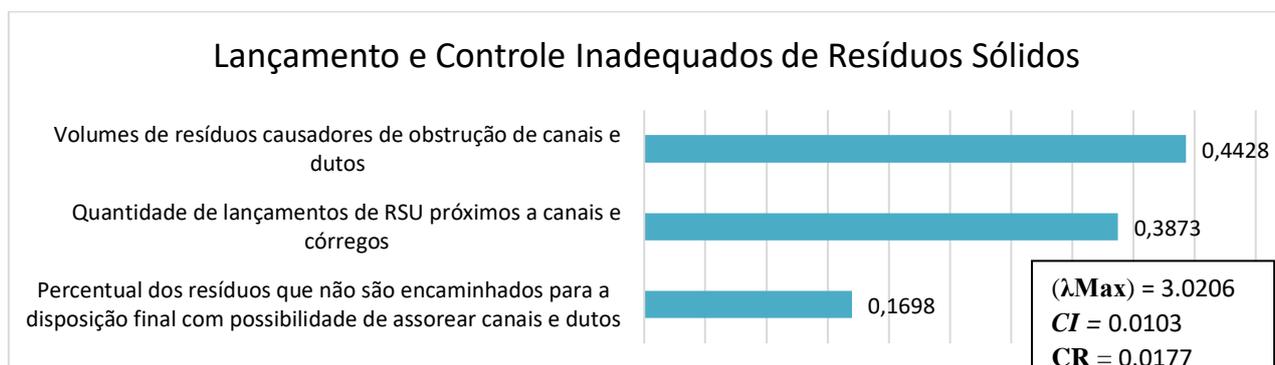


Figura 5.10. Resultado da priorização de indicador para lançamento e controle inadequados de resíduos sólidos

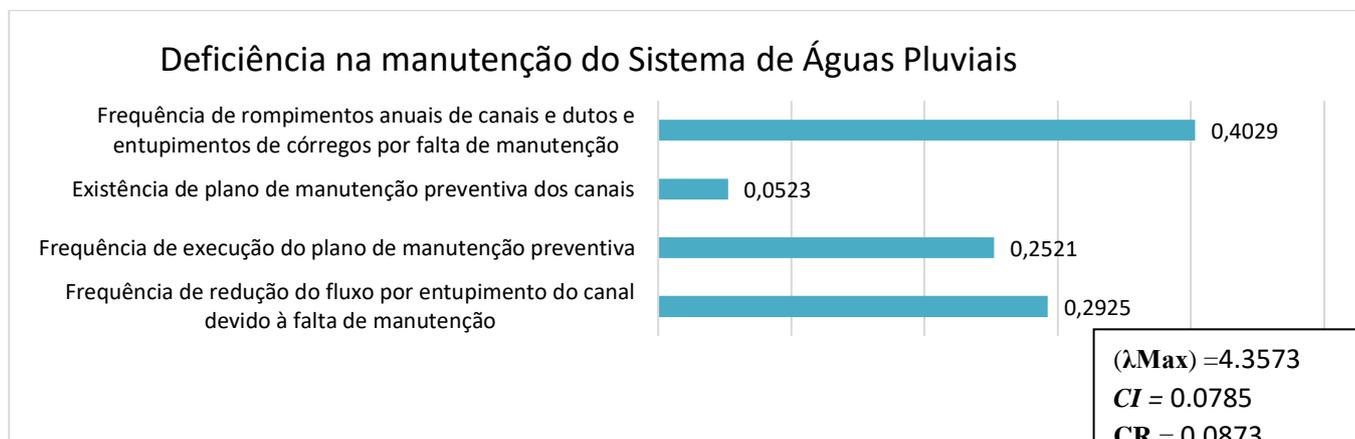


Figura 5-11. Resultado da priorização de indicador para Deficiência na manutenção do Sistema de Águas Pluviais

Ao se calcular todas as prioridades e os índices de inconsistência é possível determinar o peso relativo de cada um dos indicadores em cada um dos problemas. Ao final de todas as etapas do método AHP, foi possível obter indicador ou indicadores mais relevantes para cada problema encontrado e relacionado ao manejo de águas pluviais. Para o problema de impermeabilização do solo o indicador priorizado foi Existência de legislação com cobrança ou subsídios para reserva de área permeável em lotes/ loteamentos (0,5621); para diminuição da proteção do solo o indicador priorizado foi percentual de áreas urbanas com cobertura vegetal (0,4187); para interferências físicas nos canais de escoamento o indicador priorizado foi Percentual do comprimento de canais reestruturados com revestimento, tamponamento, retificação e ampliação de calha (0,6514); para impacto na qualidade dos recursos hídricos o indicador priorizado foi Frequência de ultrapassagem dos limites dos padrões de qualidade (0,6529); para déficit de atendimento à população o indicador priorizado foi o percentual de atendimento urbano de sistemas de águas pluviais (0,5484); para ocupação de áreas de risco de inundações ou escorregamentos o indicador priorizado foi Percentual de famílias atingidas (desalojadas / feridos/ mortos) por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município (0,4001); para deficiência orçamentária o indicador priorizado foi existência de orçamento próprio (autossuficiência orçamentária) (0,6327); para Custos gerados por deficiências no manejo de águas pluviais o indicador priorizado foi Valor do investimento para recuperação das perdas materiais provenientes de inundações e deslizamentos (0,7319); para deficiência na participação pública o indicador priorizado foi Existência de conselhos municipais de participação pública relacionado ao manejo de águas pluviais (0,4062); para Lançamento e Controle Inadequados de Resíduos Sólidos o indicador priorizado foi Volumes de resíduos causadores de obstrução de canais e dutos (0,4428); para deficiência na manutenção dos sistemas de águas pluviais o indicador priorizado foi Frequência de rompimentos anuais de canais e dutos e entupimentos de córregos por falta de manutenção (0,4029); para deficiência na normatização o indicador priorizado foi existência de plano diretor de manejo de águas pluviais regulamentado (0,6666); para deficiência na integração interna o indicador priorizado foi Existência de ações periódicas de integração entre setores de gestão urbana e equipes de manutenção e monitoramento (0,6666); para deficiência na articulação intermunicipal o indicador priorizado foi Existência de programas intermunicipais de manejo de águas pluviais (0,800); para concepções de sistemas de águas pluviais que alteram o ciclo hidrológico original o indicador priorizado foi Percentual de área atendida por técnicas mais sustentáveis (BMP, LID, técnicas compensatórias) (0, 750); para Deficiência na educação da sociedade para o manejo das águas pluviais não houve priorização, pois ambos foram considerados equivalentes Existência de projetos/programas de conscientização em escolas, instituições públicas e privadas e comunidades e Avaliação da percepção da sociedade a respeito do manejo de águas pluviais (0,500); para Deficiência na capacitação técnica o indicador priorizado foi Percentual de profissionais enviados periodicamente

à capacitação profissional (0,875); para deficiência na elaboração de projetos de sistemas de águas pluviais o indicador priorizado foi Existência de falhas, imprecisões em projetos básicos (0,8333) e para deficiência na execução de projetos de sistemas de águas pluviais o indicador priorizado foi Existência de trabalhadores capacitados com atuação no manejo de águas pluviais (0,8333).

Observando os gráficos, com três ou mais indicadores, notou-se que os indicadores escolhidos se destacaram em relação a outros indicadores selecionados para o mesmo problema, com valores vetoriais acima de 0,500, destacando sobre este aspecto: a existência de legislação para realizar ou apoiar permeável reservar área em lotes ou lotes (0,5621) selecionados para o aumento de área impermeável; Ultrapassagem de limites de frequência de padrões de qualidade (0,653) selecionada Impacto na qualidade dos recursos hídricos; percentual de serviço de sistemas de águas pluviais urbanas (0,5485) selecionado para Déficit em serviços à população; Existência de um orçamento próprio (autossuficiência financeira) (0,6327) selecionado para a inadequação do orçamento; e o valor do investimento para a recuperação dos prejuízos materiais causados pelas cheias e deslizamentos de terra (0,732) selecionados para o custo gerado por deficiências na gestão das águas pluviais. Este destaque, no entanto, não mostra a qualidade do indicador, mas apenas que pode ser melhor do que os outros indicadores selecionados. A eficiência dos indicadores será avaliada numa fase posterior, quando será construído um instrumento de gestão para a tomada de decisão.

Para outros problemas relacionados com a gestão das águas pluviais, não se obteve quantidades suficientes de indicadores para a aplicação da AHP, assim, eles foram comparados aos pares para obter apenas o vector Eigen. Nesta situação estão os problemas e os indicadores relacionados nas **Figuras 5.12-5.19**. O método só pode ser inconsistente quando se compara pelo menos três critérios por esta razão os cálculos da CI e CR não foram necessários.

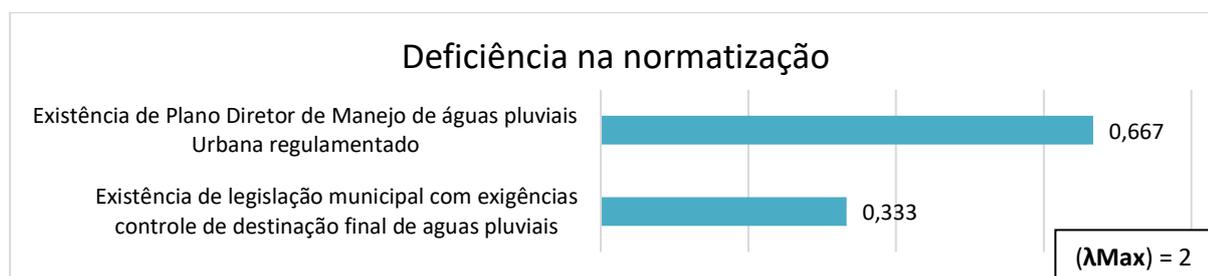


Figura 5.12. Resultado da priorização de indicador para Deficiência na normatização

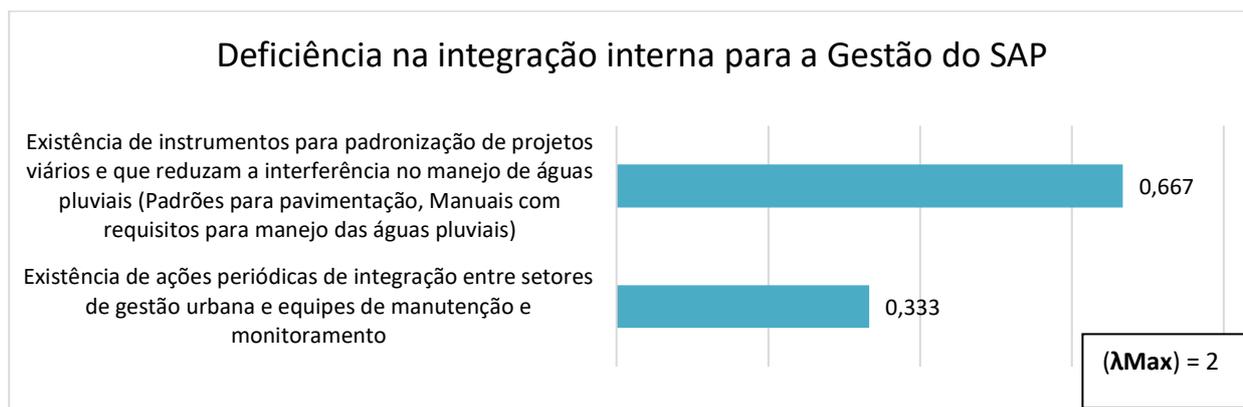


Figura 5.13. Resultado da priorização de indicador para Deficiência na integração interna para gestão do SAP

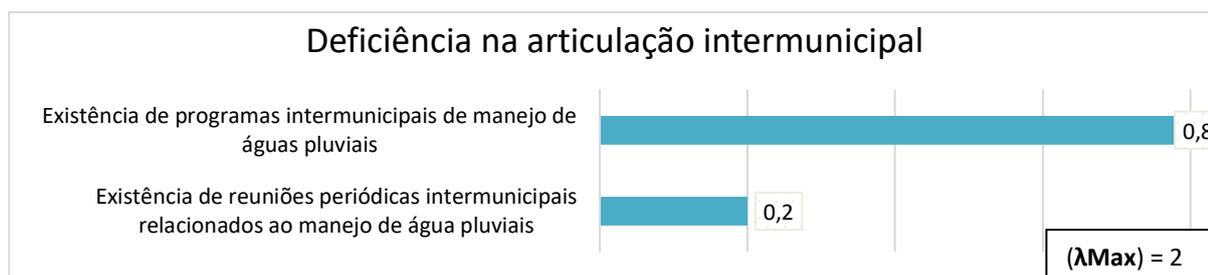


Figura 5.14. Resultado da priorização de indicador para Deficiência na articulação intermunicipal

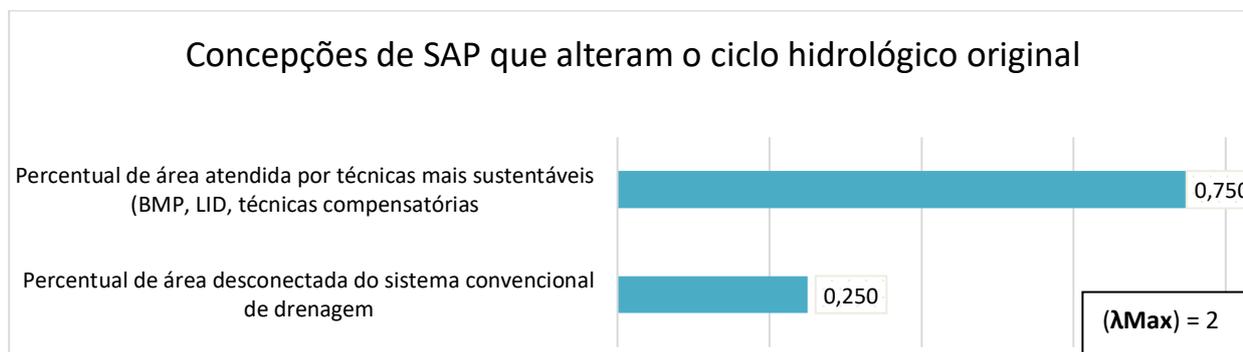


Figura 5.15. Resultado da priorização de indicador para Deficiência nas concepções que alteram o ciclo hidrológico original

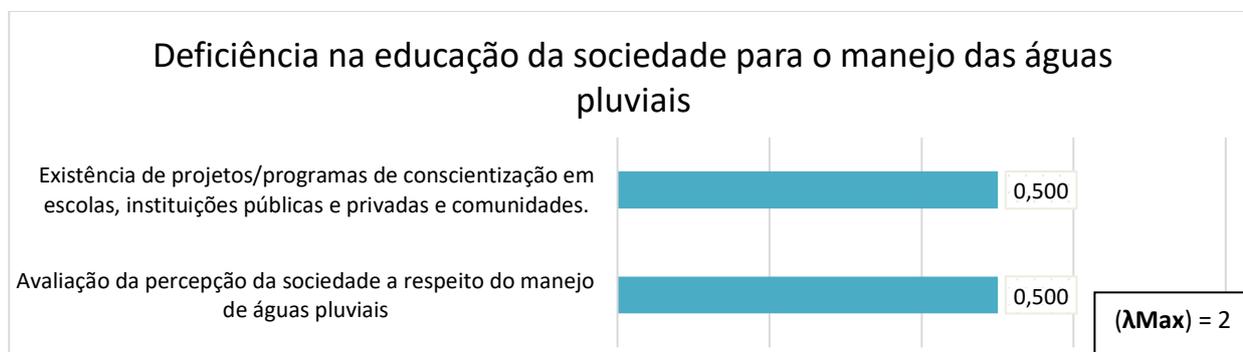


Figura 5.16. Resultado da priorização de indicador para Deficiência na educação da sociedade para o manejo de águas pluviais

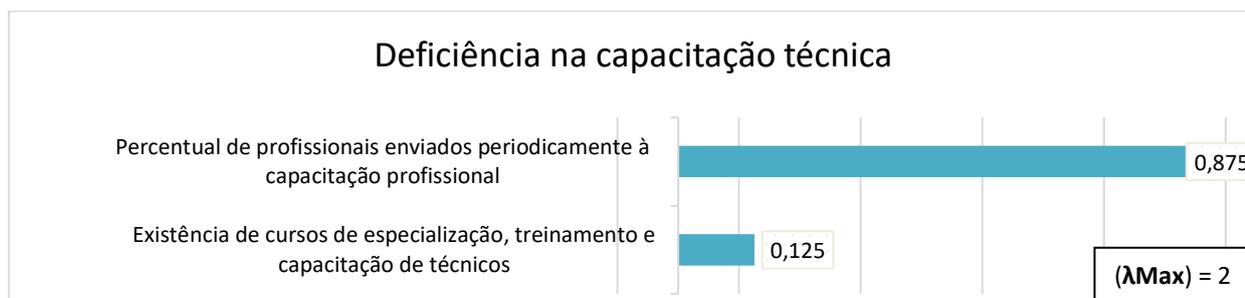


Figura 5.17. Resultado da priorização de indicador para Deficiência na capacitação técnica

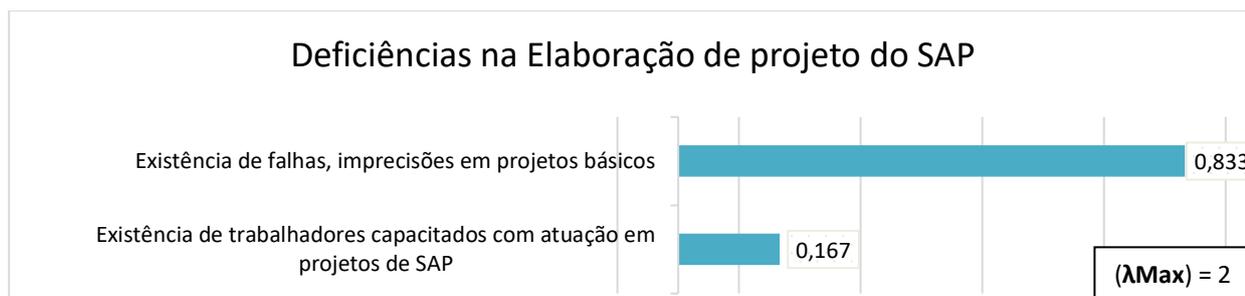


Figura 5.18. Resultado da priorização de indicador para Deficiência na elaboração do projeto

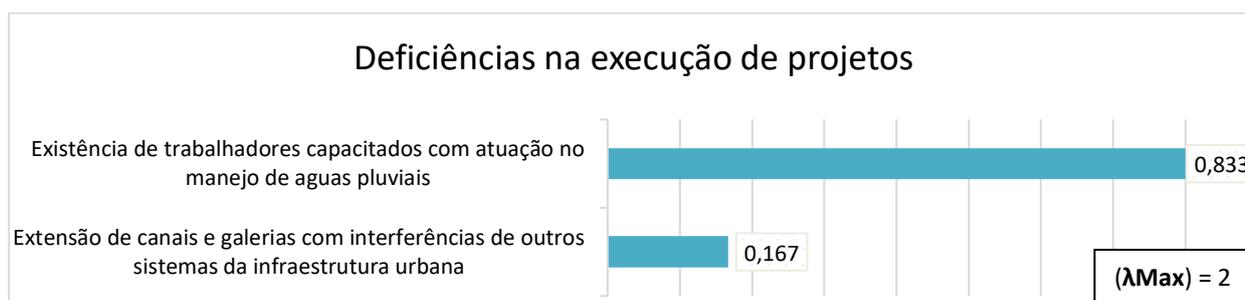


Figura 5.19. Resultado da priorização de indicador para Deficiência na execução dos projetos

No caso de problemas com apenas dois indicadores. Em grande parte, algum indicador destacou-se sobre a outra opção, apenas em uma situação eram valores iguais. Deficiência na educação da sociedade para a gestão das águas pluviais, ambos os indicadores propostos foram considerados importantes para o acompanhamento das deficiências na educação da sociedade para a gestão das águas pluviais são: Existência de projetos / programas de sensibilização em escolas, instituições públicas e privadas e comunidades e avaliação da percepção da sociedade de gestão de águas pluviais, ambos com 0,500.

Os resultados demonstram que as escolhas feitas pelos peritos foram consistentes com a metodologia aplicada e que as necessidades de indicadores para monitorar os problemas tenham sido adequadamente atendidas.

O método AHP foi utilizado para selecionar os indicadores para monitoramento dos problemas relacionados ao manejo de águas pluviais. Esse método tem atraído muitos pesquisadores devido à sua qualidade matemática em transformar aspectos qualitativos e subjetivos em

quantitativos, além de apresentar facilidade e simplicidade na entrada de dados (Triantaphyllou and Mann, 1995). Outro aspecto importante é a qualidade das avaliações realizadas pelos tomadores de decisão (Coyle, 2004). A coerência das respostas pode ser calculada pelo índice de consistência.

Todos os processos de seleção dos indicadores foram realizados matematicamente. Assim, diferente da prática convencional, em que muitas vezes os indicadores são selecionados com base em práticas históricas e genéricas ou com base na avaliação “intuitiva” dos especialistas. Nesse sentido o método AHP se torna vantajoso por garantir um processo de seleção mais transparente.

Nesse estudo, o uso do AHP tornou possível a seleção de indicadores prioritários e que serão úteis no monitoramento de problemas relacionados ao manejo de águas pluviais. Assim como apresentado por Both e Lucas (2002) a sensibilidade e especificidade são importantes na escolha de indicadores, pois, é importante e necessário que os efeitos ou não-efeitos de determinadas intervenções sejam observadas com rapidez e facilidade.

O principal critério de escolha dos indicadores foi a adesão ao problema específico relacionado ao manejo de águas pluviais, entretanto, foi apresentado aos especialistas mais quatro critérios considerados importantes quanto a utilização do indicador. O primeiro se trata da relevância, isto é, o indicador é relevante com relação àquilo que se quer observar? O segundo foi a questão da comparabilidade, isto é, o indicador possui a sensibilidade necessária para observar alterações e ser comparável em relação a variações no tempo e no espaço? O terceiro critério está relacionado ao seu custo e confiabilidade, isto é, o indicador possui um custo razoável de obtenção dos dados, sem perder a confiabilidade? O quarto e último critério é a questão da acessibilidade, isto é, o indicador possui fácil comunicação e interpretação quanto aos seus resultados? De nada adiantaria o indicador possuir a capacidade de monitorar um determinado problema sendo de alto custo e de pouca confiabilidade, de difícil acesso aos dados e de pouca sensibilidade, isto é não conseguir monitorá-lo no tempo e no espaço.

Os resultados obtidos serviram de subsídios para elaboração da ferramenta SAMSAP, destinada a auxiliar na gestão do manejo de águas pluviais e na percepção de que não é possível tratar os problemas de maneira isolada. A solução passa pela necessidade de trabalhar de maneira integrada pelos diversos setores de gestão do planejamento urbano. Os dados calculados para obtenção dos resultados são apresentados no **Apêndice F**.

5.5. Sistema de Apoio à tomada de Decisão – Sistema de Apoio ao Manejo Sustentável de Águas Pluviais - SAMSAP

O sistema foi desenvolvido utilizando todos os indicadores e não somente os indicadores priorizados, esse fato se deu pela necessidade de dar ao gestor a oportunidade de avaliar a situação

com outros indicadores, para quando não houver dados para medição dos indicadores prioritários, dessa maneira, o problema poderá ser monitorado.

O SAMSAP foi desenvolvido em linguagem Visual Basic e plataforma Microsoft Visual Studio 2013. Ao abrir o programa é possível visualizar a página inicial (**Figura 5.20**), onde se encontra alguns botões, os três primeiros, na parte superior: **Desenvolvedores**, destinado a apresentar os participantes no desenvolvimento da ferramenta, **Apoio** é a apresentação das agências de fomento e programas que apoiaram o desenvolvimento da ferramenta e o terceiro **Manual**, instrui o usuário de como proceder quanto ao uso da ferramenta. Na parte inferior estão os botões de **SAIR**, para deixar a ferramenta e o botão de **INICIAR**, para dar início ao processo de uso da ferramenta.

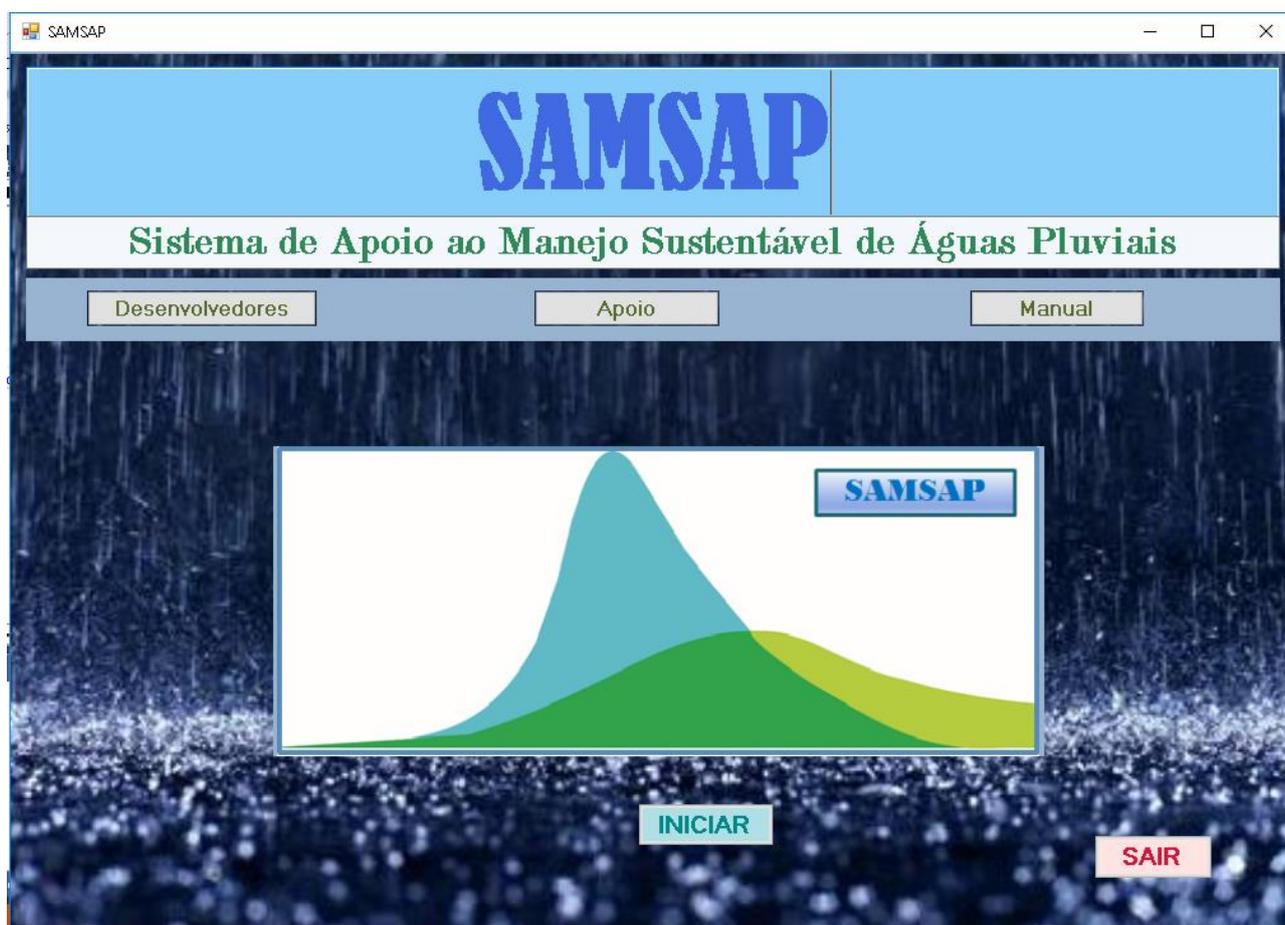


Figura 5.20. Página inicial da ferramenta SAMSAP

Ao apertar o botão de iniciar o usuário será guiado a uma página onde se encontra uma tabela (**Figura 5.21**) apresentando uma coluna com os dezenove problemas relacionados ao manejo de águas pluviais, em uma segunda coluna estão as prioridades, podendo o usuário, observar quais os problemas são prioridade Alta, Média, Baixa ou se não se aplica à bacia de estudo. Essas prioridades são relacionadas aos impactos e frequências em que os problemas ocorrem. Na terceira coluna da tabela se encontra os botões dos indicadores a frente do seu problema e ao se apertar o botão, abrirá

uma nova página com uma listagem de indicadores destinados a monitorar o problema relacionado (Figura 5.22).

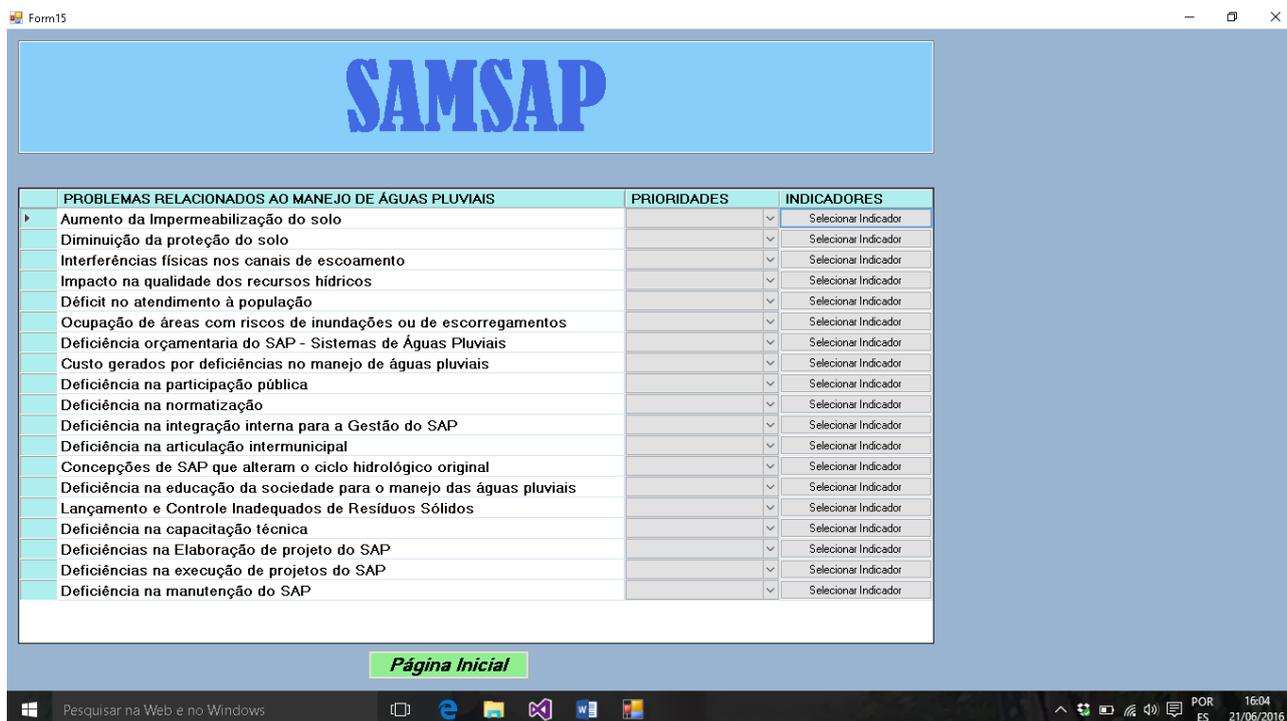


Figura 5.21. Imagem de tabela com as opções de escolha de prioridades e de indicadores.

Nessa página de indicadores (Figura 5.23) estão todos os indicadores que poderão ser utilizados para o monitoramento do problema no início da lista e diferenciado pela coloração da caixa de texto está o indicador prioritário e abaixo outros indicadores que poderão ser utilizados quando não houver informações para alimentar o indicador principal.

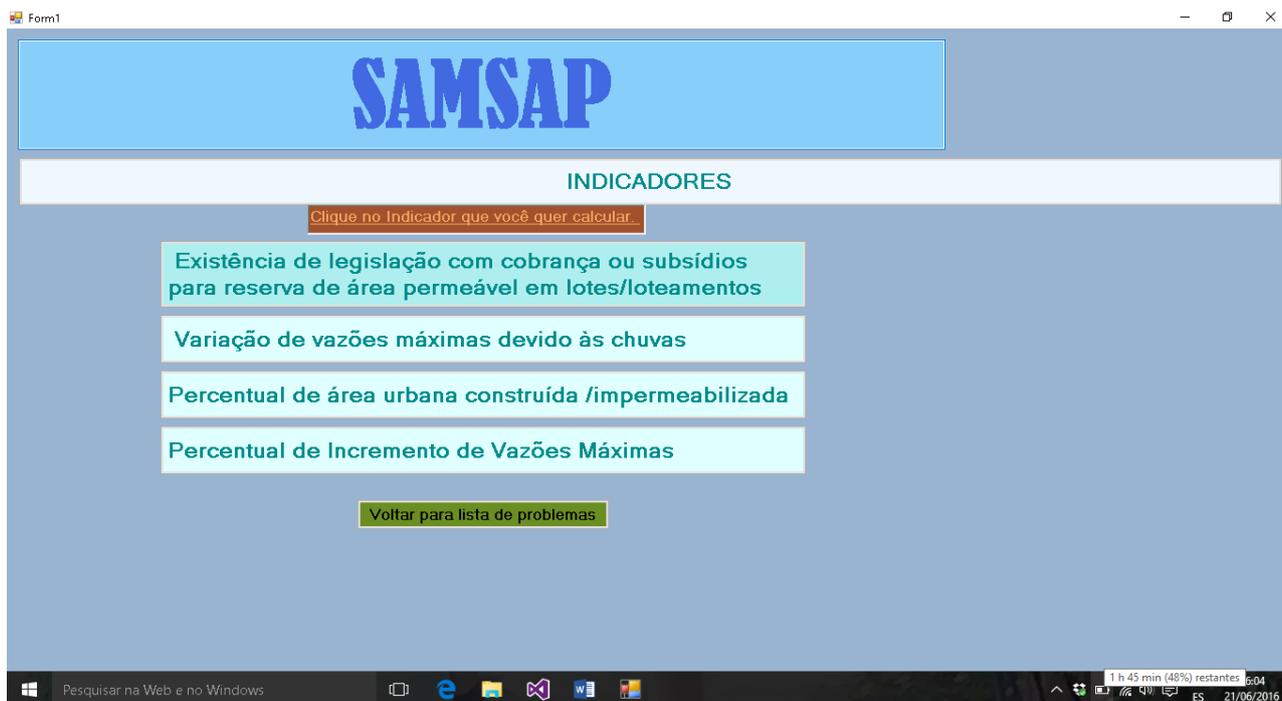


Figura 5.22. imagem da página de indicadores

Nessa página as caixas de texto funcionam como botões e ao clicar nessas caixas o usuário será encaminhado a uma página contendo o respectivo indicador. Será nessa página que o usuário poderá monitorar seu indicador, colocando as informações solicitadas e obtendo os resultados por meio de gráfico, com informações do parâmetro analisado em função do tempo (**Figura 5.23**).

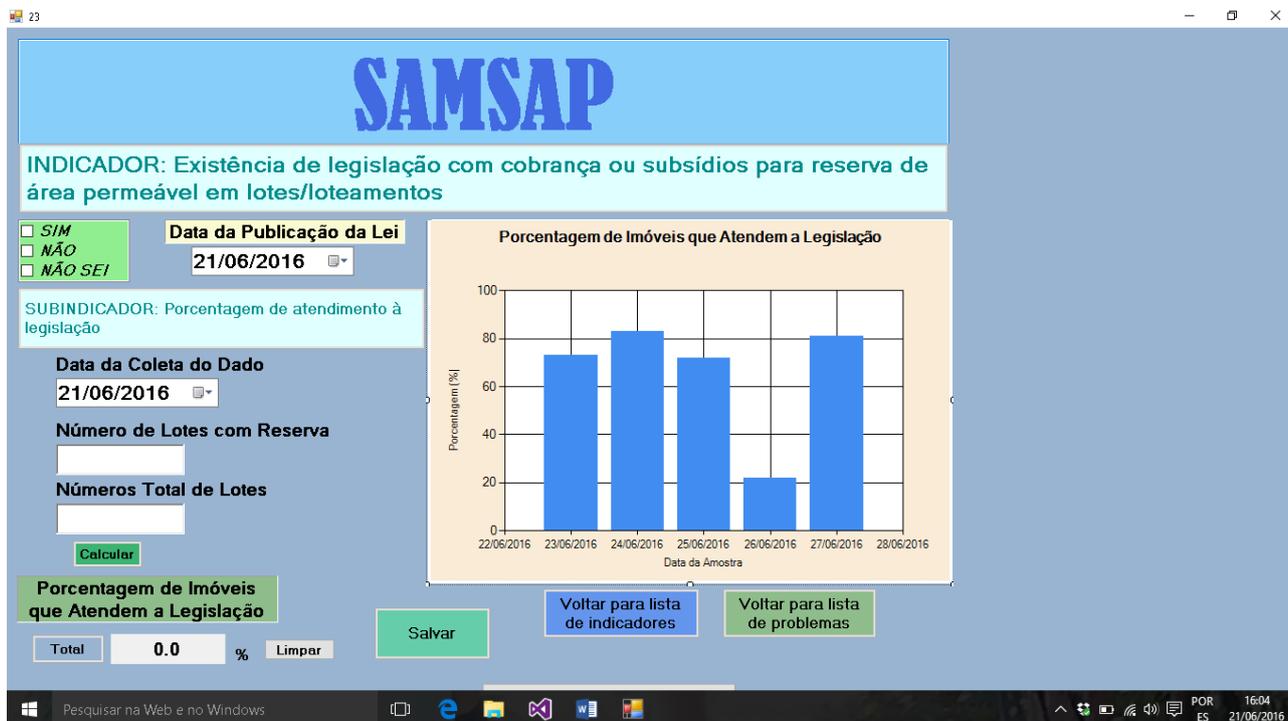


Figura 5.23. Imagem de uma das páginas de indicadores destinadas a inserção de dados e apresentação de dados

Os resultados são obtidos por meio de fórmulas de cálculo apresentadas no **Quadro 5.5**,

Quadro 5.5. Quadro de indicadores e seus componentes de medição.

DIMENSOES	PROBLEMAS RELACIONADOS AO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS	INDICADORES POSSÍVEIS	COMPONENTES		
Ambiental	Aumento da Impermeabilização do solo	Variação de vazões máximas devido às chuvas	$Vazão\ máxima_{final} - Vazão\ máxima_{inicial}$		
		Percentual de área urbana/impermeabilizada	$\frac{Área\ urbana\ impermeabilizada}{Área\ urbana\ total} \times 100$		
		Percentual de Incremento de Vazões específicas	$\frac{Vazão\ máxima_2 - Vazão\ máxima_1}{Vazão\ máxima} \times 100$		
		Existência de legislação com cobrança ou subsídios para reserva de área permeável em lotes/loteamentos	Sim () Não ()	SUBINDICADOR: - % de residências que atendem a legislação. $\frac{N^\circ\ de\ lotes\ com\ reserva}{n^\circ\ total\ de\ lotes} \times 100$	
	Diminuição da proteção do solo	Percentual de expansão urbana ao longo do tempo	$\frac{Área\ urbana_2 - Área\ urbana_1}{Área\ urbana_1} \times 100$		
		Percentual de áreas urbanas com cobertura vegetal.	$\frac{Área\ urbana\ com\ cobertura\ vegetal}{Área\ urbana\ total} \times 100$		
		Percentual de ocupações urbanas em APPs.	$\frac{Área\ ocupada\ de\ APP's\ em\ perímetro\ urbano}{Área\ total\ de\ APP's\ em\ perímetro\ urbano} \times 100$		
		Percentual de uso de cobertura vegetal no sistema de águas pluviais (SAP)	$\frac{Área\ com\ cobertura\ vegetal\ do\ SAP}{Área\ total\ do\ SAP} \times 100$		
	Interferências físicas nos canais de escoamento	Taxa de assoreamento de canais pelo arraste de sedimentos	$\frac{Altura\ do\ canal_{final} - Altura\ do\ canal_{inicial}}{Altura\ do\ canal_{inicial}} \times 100$		
		Existência de extração de areias e cascalhos instalados na bacia (regulares e irregulares)	Sim () Não ()	SUBINDICADOR: variação da vazão devido a extração de areia e cascalho $\frac{vazao\ antes\ das\ extrações - vazao\ depois\ das\ extrações}{vazao\ antes\ das\ extrações} \times 100$	
		Percentual do comprimento de canais reestruturados com revestimento, tamponamento, retificação e ampliação de calha	$\frac{Comprimento\ dos\ canais\ reestrutuados}{Comprimento\ total\ dos\ canais} \times 100$		

	Impacto na qualidade dos recursos hídricos	Frequência de ultrapassagem dos limites dos padrões de qualidade	$\frac{\text{Quantidade de vezes que os limites de qualidade foram ultrapassados}}{\text{área da bacia}}$
		Diversidade da Fauna de peixes	Índice de diversidade R1 = $S - 1/\ln(N)$ $\text{densidade de espécies} = \frac{n^{\circ} \text{ de indivíduos}}{\text{área}}$
		Indicador de espécie única	<u>Libéluas</u> (Ordem Odonata) e <u>Efemérideos</u> (Ordem Ephemeroptera), <u>Oligochaeta</u> , presença desses indivíduos na área da bacia. $\text{especie indicadora} = \frac{n^{\circ} \text{ de indivíduos}}{\text{área}}$
Social	Déficit no atendimento à população	Percentual da área atendida pelo sistema	$\frac{\text{Área urbana atendida pelo sistema}}{\text{Área urbana total}} \times 100$
		Extensão da cobertura do sistema de manejo de águas pluviais	$\text{Área urbana atendida pelo SAP}$
		Percentual de atendimento urbano de águas pluviais	$\frac{\text{Área urbana atendida pelo sistema}}{\text{Área urbana total}} \times 100$
	Ocupação de áreas com riscos de inundações ou de escorregamentos	Existência de Plano municipal de ação de emergência para problemas causados pela chuva	O Plano já foi efetivamente utilizado? Quais os resultados quanto a: Prevenção Preparação Resposta Reconstrução Qual a avaliação geral?
		Extensão das áreas atingidas por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município	$\text{Área urbana atingida por inundações e deslizamentos}$
		Extensão da área com registro de riscos de inundações e deslizamentos ocupadas no Município	$N^{\circ} \text{ de Áreas urbana com registros de inundações e deslizamentos}$
		Percentual de famílias atingidas (desalojadas / feridos/ mortos) por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município	$\frac{\text{Número de famílias atingidas por inundações e deslizamentos}}{\text{Número total de famílias}} \times 100$
Econômica	Deficiência orçamentaria do SAP	Existência de orçamento próprio (Autossuficiência financeira)	$\frac{\text{valor investido}}{\text{orçamento total}} \times 100$

		Efetividade do orçamento utilizada no SAP	$\frac{\text{valor investido SAP}}{\text{orçamento anual}} \times 100$	
		Investimento per capita em drenagem urbana	$\frac{\text{valor investido}}{\text{n}^\circ \text{ de pessoas}}$	
	Custo gerados por deficiências no manejo de águas pluviais	Redução da arrecadação devido a interrupção dos serviços e do fluxo de mercadorias	$\frac{\text{valor da arrecadação} - \text{valor estimado durante a paralização}}{\text{mês}}$	
		Valor do investimento para recuperação das perdas materiais provenientes de inundações e deslizamentos	$\frac{\text{valor investido na recuperação}}{\text{ano}}$	
		Estimativa da perda mensal da produção em decorrência das chuvas	$\frac{\text{perda no comercio} + \text{perda agricultura} + \text{perda industria}}{\text{mês}}$	
Política	Deficiência na participação pública	Existência de mecanismos avaliação sistemática pelo usuário da qualidade dos serviços de SAP	Periodicidade da avaliação Resultados da avaliação	$\frac{\text{n}^\circ \text{ de avaliações}}{\text{ano}}$
		Existência de reuniões regulares entre os gestores e a população para discussão de problemas relacionados ao SAP	Número de participantes Número de reuniões/ ano Número de deliberações postas em prática	
		Existência de conselhos municipais de participação pública relacionada ao manejo de águas pluviais	Sim () Não ()	$\frac{\text{numero de vagas ocupadas pela população}}{\text{numero total de vagas}} \times 100$
		Existência de envolvimento do público no monitoramento	Nº de indicadores com participação da população	
	Deficiência na normatização	Existência de legislação municipal com exigências controle de destinação final de águas pluviais	Sim () Não ()	$\frac{\text{lotas com controle}}{\text{numero total de lotas}} \times 100$
		Existência de Plano Diretor de Manejo de águas pluviais urbana regulamentado	Sim () Não ()	$\frac{\text{area implantada}}{\text{area total do municipio}} \times 100$
	Deficiência na integração interna para a Gestão do SAP	Existência de ações periódicas de integração entre setores de gestão urbana e equipes de manutenção e monitoramento	Sim () Não ()	$\frac{\text{numero de pessoas/setor}}{\text{numero de setores}} \times 100$

		Existência de instrumentos para padronização de projetos viários e que reduzam a interferência no manejo de águas pluviais (Padrões para pavimentação, Manuais com requisitos para manejo das águas pluviais)	Sim () Não ()	$\frac{\text{numero de instrumentos}}{\text{numero de projetos}}$
	Deficiência na articulação intermunicipal	Existência de programas intermunicipais de manejo de águas pluviais	Sim () Não ()	$\frac{\text{numero de municipios participantes}}{\text{numero total de municipios}} \times 100$
		Existência de reuniões periódicas intermunicipais relacionados ao manejo de água pluviais	Sim () Não ()	$\frac{\text{numero de gestores participantes}}{\text{numero total de municipios}} \times 100$
Cultural	Concepções de SAP que alteram o ciclo hidrológico original	Percentual de área atendida por técnicas mais sustentáveis (BMP, LID, técnicas compensatórias)		$\frac{\text{Área atendida por técnicas sustentáveis}}{\text{Área total atendida pelo SAP}} \times 100$
		Percentual de área desconectada do Sistema convencional de drenagem.		$\frac{\text{Área desconectada do sistema convencional}}{\text{Área total do SAP}} \times 100$
	Deficiência na educação da sociedade para o manejo das águas pluviais	Existência de projetos/programas de conscientização em escolas, instituições públicas e privadas e comunidades.		$\frac{\text{Nº de programas e ações com participação da sociedade}}{\text{area da bacia}}$
		Avaliação da percepção da sociedade a respeito do manejo de águas pluviais		Percentual dos resultados das avaliações
	Lançamento e Controle Inadequados de Resíduos Sólidos	Percentual dos resíduos que não são encaminhados para a disposição final com possibilidade de assorear canais e dutos		$\frac{\text{Volume de resíduos com possibilidade de assorear}}{\text{Volume total de resíduos}} \times 100$
		Quantidade de lançamentos de RSU próximos a canais e córregos		Quantidade de lançamentos de resíduos
		Volumes de resíduos causadores de obstrução de canais e dutos		$\frac{\text{Volume de resíduos retirado de canais}}{\text{Volume total de resíduos}} \times 100$

Técnica ou de Gestão	Deficiência na capacitação técnica	Existência de cursos de especialização, treinamento e capacitação de técnicos.	Sim () Não ()	$\frac{\text{número de participantes}}{\text{numero de cursos/ano}}$
		Percentual de profissionais enviados periodicamente à capacitação profissional		$\frac{\text{Número de profissionais enviados para capacitação}}{\text{Número total de profissionais}} \times 100$
	Deficiências na Elaboração de projeto do SAP	Existência de trabalhadores capacitados com atuação em projetos de SAP		$\frac{\text{Nº de especialistas em projetos de manejo}}{\text{nº total de projetistas}} \times 100$
		Existência de falhas, imprecisões em projetos básicos		$\frac{\text{Nº de projetos com falhas}}{\text{nº total de projetos}} \times 100$
	Deficiências na execução de projetos do SAP	Extensão de canais e galerias com interferências de outros sistemas da infraestrutura urbana		$\frac{\text{numero de interferencias}}{\text{comprimento do sistema}}$
		Existência de trabalhadores capacitados com atuação no manejo de águas pluviais		Profissionais capacitados/número total de funcionários
	Deficiência na manutenção do SAP.	Frequência de rompimentos anuais de canais e dutos e entupimentos de córregos por falta de manutenção		$\frac{\text{Quantidade de rompimentos e entupimentos}}{\text{Ano}}$
		Existência de plano de manutenção preventiva dos canais		Nº de intervenções anuais
		Frequência de execução do plano de manutenção preventiva		$\frac{\text{Quantidade de execuções do plano de manutenção}}{\text{Tempo}}$
		Frequência de redução do fluxo por entupimento do canal devido à falta de manutenção		$\frac{\text{Quantidade de vezes que ocorreu redução de fluxo}}{\text{Tempo}}$

Pensar os modelos de gestão das nossas cidades com a finalidade de manter o equilíbrio com o entorno que nos assegura o futuro. O planejamento urbano define os espaços e a densidade de ocupação que se reflete na demanda de água, na produção de esgoto, na geração de resíduos sólidos e impermeabilização do solo que afeta a gestão da drenagem urbana.

As bacias hidrográficas são unidades fundamentais para a gestão da terra e da água, sendo identificadas como unidades de planejamento administrativo para fins de conservação dos recursos naturais.

Os impactos causados pelas enchentes vêm crescendo muito devido às modificações antrópicas nas bacias hidrográficas e a progressiva ocupação das áreas naturais de inundação. A urbanização modifica o ciclo hidrológico, alterando suas parcelas e o balanço hídrico da bacia hidrográfica

Décadas de estudos disponíveis demonstram claramente os impactos negativos da urbanização sobre todas as facetas do ambiente natural (Schueler, 2000). Os impactos são sentidos não só nos aspectos físicos, mas também sobre as condições químicas e biológicas dos nossos recursos hídricos.

A abordagem convencional da drenagem não explora os benefícios que as águas pluviais podem trazer para a cidade, alterar a visão de que as águas pluviais são um “incômodo a ser eliminado” para um “recurso que deve ser utilizado”, pode ser a maneira de superar os problemas e apresentar uma vasta gama de oportunidades relacionadas à quantidade e qualidade da água, recreação e amenidades sociais, biodiversidade e abastecimento de água (Phillip *et al*, 2011). Essa mudança fundamental na mentalidade está na essência de uma abordagem mais sustentável ao manejo de águas pluviais urbanas, integrado com o desenvolvimento da cidade e buscando reduzir impactos sobre o ciclo hidrológico e como opção fundamental para tratar as inundações urbanas.

O movimento em direção a uma maior sustentabilidade requer que as decisões acerca do manejo de águas pluviais sejam tomadas com avaliação de todos os critérios. Adotar uma medida que proteja as habitações de inundações e melhore habitats naturais não será sustentável se os custos de manutenção forem muito elevados no longo prazo.

Pode-se constatar com os resultados obtidos, que nenhum valor ficou acima do nível tolerado de inconsistência, demonstrando que as escolhas feitas pelos especialistas foram coerentes com o método aplicado e as necessidades de indicadores para monitoramento dos problemas foram atendidas adequadamente.

Pesquisas de avaliação de métodos, ferramentas, indicadores demonstraram que as abordagens podem ser baseadas em numerosos fatores ou dimensões categorizadas (Ness, 2007). O uso da informação qualitativa e quantitativa em avaliações da sustentabilidade é fundamental devido à grande variedade de tipologia de dados que devem ser contabilizados, e verificou-se que diversos métodos são capazes de lidar com esse requisito. Contudo, há autores que questionam a inclusão

explícita da informação qualitativa, devido à necessidade de manipular informação na fase de entrada (Cinelli *et al*, 2014)

Lidar com a complexidade da relação entre os sistemas ambientais e urbanos é um grande desafio para a sustentabilidade (Bodini, 2012). O objetivo deste trabalho foi criar um conjunto de indicadores capazes de monitorar os problemas relacionados ao manejo de águas pluviais e auxiliar os responsáveis pela tomada de decisão em escolher maneiras mais sustentáveis de gerir um sistema de águas pluviais.

O planejamento de atividades urbanas relacionadas à água deve estar integrado ao próprio planejamento urbano, incluindo-se aqui o desenho da malha urbana e sua expansão, o zoneamento de atividades, a rede viária e de transportes, fluxos de informações, aspectos paisagísticos.

6. CONCLUSÕES

- Embora sejam apresentados alguns trabalhos relacionados a indicadores relacionados à drenagem urbana e águas pluviais em geral, a grande maioria está relacionada às questões qualitativas e ao funcionamento dos sistemas convencionais de drenagem urbana. Neste trabalho o que se buscou foi realizar algo diferenciado, privilegiando ações mais sustentáveis e que na maioria dos casos não envolvessem questões estruturais. Ações como autonomia do setor, treinamento adequado, participação pública e meios de prevenção de riscos são fundamentais para reduzir gastos econômicos e proporcionar qualidade de vida à população e ao meio ambiente;
- Durante a construção desse trabalho foi possível perceber que grande parte dos desastres e perdas econômicas relacionadas ao manejo de águas pluviais poderiam ser evitados com ações preventivas e que priorizem técnicas de baixo impacto;
- Apesar de haver priorizado alguns indicadores-chave no processo, entendendo que sejam os mais adequados para monitorar os problemas relacionados, optou-se por manter outros indicadores selecionados, entendendo que se não houver maneiras de obter dados para os indicadores principais, deve-se ao menos monitorar por meio de indicadores secundários;
- A gestão do setor responsável pelo manejo de águas pluviais muitas vezes não possui a visão do todo, os trabalhos são compartimentados e são realizados apenas atividades de manutenção, essas, muitas vezes realizadas de forma inadequadas. Prioriza-se grandes obras estruturais que nem sempre resolvem definitivamente os problemas. O caso de São Paulo com rios tamponados, com áreas de mananciais, várzeas e encostas ocupadas sem o devido controle e as consequências dessas ações são as enchentes, os deslizamentos e por resultado, danos

econômicos, desalojamento de pessoas de suas casas e aumento de doenças de veiculação hídrica.

- Importante se faz rever os modelos de crescimento urbano, entender que obras estruturais tem relação direta com os efeitos das chuvas. Assim é necessário repensar até mesmo no destamponamento desses corpos hídricos, em momentos de crise hídrica, de falta de áreas de lazer as áreas ribeirinhas de rios urbanos e despoluídos poderiam exercer um papel de gerar bem-estar aos moradores próximos;
- As metodologias utilizadas neste trabalho foram escolhidas por sua segurança na apresentação dos resultados e pela praticidade na execução. O uso do AHP, por exemplo, proporciona uma maneira de obtenção de resultados com a participação de poucos especialistas, diferentemente, de métodos como DELPHI. Esse fato é possível pela capacidade do método em transformar informações subjetivas em dados numéricos;
- Importante salientar que muitos indicadores importantes deixaram de ser utilizados neste trabalho não por sua ineficácia, mas por não se ajustarem ou não serem capazes monitorarem os problemas apresentados na literatura, podendo ser utilizados em outras ocasiões e situações cabíveis;
- A ferramenta produzida a partir deste trabalho visa proporcionar aos gestores um mecanismo de monitoramento e de ponto de partida para a toma de decisão com relação ao manejo de águas pluviais, sob o ponto de vista da sustentabilidade que é equilibrar todas as dimensões ambientais, econômicas, sociais, políticas, culturais e tecnológicas, para produzir resultados melhores a custos menores. Cabe numa próxima etapa a execução e validação dos indicadores para avaliar a efetividade dessa ferramenta e possíveis ajustes;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAKER, D. A.; KUMAR, V.; DAY, G. S. Pesquisa de Marketing. São Paulo: ed. Atlas, 2001.
- ACSELRAD, H. (1999) “Discursos da sustentabilidade urbana”. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais. ANPUR, nº1.
- ANDRADE NETO, C. O. de, MELO, H N S, OLIVEIRA, F K D, MELO FILHO, Carlindo P de, PEREIRA, M G. Hidroponia Forrageira com Efluente de Filtro Anaeróbio. In: 22º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2003, Joinville. Anais ...Rio de Janeiro: ABES, 2003.
- ANDRADE, J. P. M. Medidas não Estruturais. In: Mendes, H. C.; Marco, G. de; Andrade, J. P. M.; Souza, S. A.; Macedo, R. F. Reflexões sobre impactos das inundações e propostas de políticas públicas mitigadoras– USP/EESC, 2004.
- ANDRADE, W. F. de. *O discurso do progresso: a evolução urbana de Santos, 1870-1930*. Tese de doutoramento apresentada à área de História Social da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1989.
- ANDREASEN, J.K.; O’NEILL, R.V.; NOSS, R. & SLOSSER, N.C. 2001. Considerations for the development of a terrestrial index of ecological integrity. *Ecological Indicators*, 1: 21-35.
- BAPTISTA, M. B. e NASCIMENTO, N. O. Aspectos Institucionais e de Financiamento dos Sistemas de Drenagem Urbana **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos** Volume 7 n.1 Jan/Mar 2002, 29-49
- BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O.; BARRAUD, S. *Técnicas compensatórias em drenagem urbana*. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2005. 266p.
- BARBASSA, A. P.; ANGELINI SOBRINHA, L.; MORUZZI, R. B. Poço de infiltração para controle de enchentes na fonte: avaliação das condições de operação e manutenção. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 91-107, abr./jun. 2014. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.
- BARBIERI, J. C. Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos. 2. ed., rev. e atual. São Paulo: Saraiva, 2007.

BARRELA, W.; PETRENE Jr, M.; SMITH, W.S.E.; MONTAG, L.F.A. 2000. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. F. (Ed.). *Matas Ciliares: conservação e recuperação*. EDUSP, São Paulo. p. 187-207.

BARTLETT, A. A. (2012). The Meaning of Sustainability. *Teachers Clearinghouse for Science and Society Education Newsletter*. Volume 31, No. 1, Pg. 1

BARTON, J. 2013. Revisión de marcos conceptuales y análisis de enfoques metodológicos (barreras y viabilidad) para el desarrollo de una infraestructura urbana sostenible y eco-eficiente. CEPAL: Eco-eficiencia y desarrollo de infraestructura urbana sostenible en América Latina y el Caribe (ECLAC-ESCAP. ROA101). 1-86.

BASTOS, Caroline Ramos Antunes; GAMBATE, Dionathan Boiher - **A revolução do consórcio público e suas consequências para a região do Caparaó Capixaba**. – Prefeitura Municipal de Muniz Freire, 2010.

BECKER, B. 2003. Inserção da Amazônia na geopolítica da água. En *Problemática do uso local e global da água da Amazônia*. Org. Luis Aragón y Miguel Clusener-Godt, 273-298. Belém: NAEA /UFPA /Unesco.

BENÉVOLO, L. 1997. História das cidades. Editora Perspectiva.

BENJAMIN, Antônio Herman. Direito constitucional ambiental brasileiro. In: CANOTILHO, José Joaquim Gomes; LEITE, José Rubens Morato (orgs.). *Direito constitucional ambiental brasileiro*. Rio de Janeiro: Saraiva, 2007. p. 57-130.

BENZERRA, A., CHERRARED, M., CHOCAT, B. CHERQUI, F. ZEKIOUK, T. Decision support for sustainable urban drainage system management: A case study of Jijel, Algeria. *Journal of Environmental Management*, Volume 101, 30 June 2012, 46-53pp.

BERNARDI, E. C. S. Bacia Hidrográfica como Unidade de Gestão Ambiental. *Disciplinarum Scientia. Série Ciências Naturais e Tecnológicas*. v. 13, n. 2, p. 159-168, 2012. Disponível em: <<http://sites.unifra.br/Portals/36/Tecnologicas%202012-2/04.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2014.

BERTALANFFY, L. Von. Teoria Geral dos Sistemas. Petrópolis: Editora Vozes, 1975

BEVILACQUA, A. F. A bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento: limites e perspectivas Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação em Planejamento Urbano e Regional da Universidade do Vale do Paraíba. 2011.145f,

BHUSHAN, N. e RAI, K., (2004), “The Analytic Hierarchy Process”, *Strategic Decision-Making and the AHP*. New York: Springer.

- BODINI, A. (2012) Building a systemic environmental monitoring and indicators for sustainability: What has the ecological network approach to offer? [Ecological Indicators Volume 15, Issue 1](#), April 2012, Pages 140–148
- BOISIER, S. El humanismo en una interpretación contemporánea del desarrollo. **Desenvolvimento Regional em Debate**, Universidade do Contestado, v.3, n.1, p. 4-22, 2013.
- BOISIER, Sergio E. (1997). Sociedad civil, participación, conocimiento y gestión territorial. Santiago de Chile, ILPES.
- BOND, A.; MORRISON-SAUNDERS, A.; POPE, J. Sustainability assessment: the state of the art. *Impact Assessment and Project Appraisal*, v. 30, n. 1, p. 53-62, 2012.
- BOSSEL, H. Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications. *A report to the Balaton Group*. Technical Report, International Institute for Sustainable Development, Canada. 1999.
- BOTH e LUCAS (2002) Good Practice in the Development of PRSP Indicators and Monitoring Systems," by D. Booth and H. Lucas, ODI Working Paper 172, 2002
- BRASIL. (2007) Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.937, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF.
- BRASIL. *Constituição Federal de 1988*. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>.
- BRASIL. Lei nº. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Lei dos Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br>>. Acesso em: 5 jan. 2014.
- BRASIL. Ministério das Cidades. *Panorama do saneamento básico no Brasil*: elementos conceituais para o saneamento básico. Brasília: Ministério das Cidades, 2011.
- BRITO, P. L. e ANJOS, R. S. A. 2010. Planejamento territorial: o município x a bacia hidrográfica. *Revista Eletrônica: Tempo - Técnica - Território*, 1(1): 22-33.
- BRUNVOLL, F.; HASS, J.; HOIE, H. Overview of sustainable development indicators used by national and international agencies. *OECD Statistics Working Papers*, n. 2, p. 3–90, abril 2002.
- BURIAN, S.J. e EDWARDS, F.G. (2002) “Historical perspectives of urban drainage.” *Global Solutions for Urban Drainage*; CD-ROM Proceedings of the 9th International Conference on Urban Drainage, 8-13, September 2002, Portland, OR

- BUTLER, D e PARKINSON, J. (1997). Towards Sustainable Urban Drainage. *Water Science and Technology*, Vol 35:9, 53-63p.
- CALDAS, Eduardo de Lima - **Formação de Agendas Governamentais Locais: o caso dos Consórcios Intermunicipais**. Tese (doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP), 2007. Disponível em www.teses.usp.br/teses/.../TESE_EDUARDO_LIMA_CALDAS.pdf. Acesso em setembro de 2012.
- CAMARGO, A L. B. Desenvolvimento sustentável: dimensões e desafios. Campinas, SP: Papirus, 2003. 160p
- CANHOLI, Aluísio Pardo, 2005. Drenagem urbana e controle de enchentes. São Paulo: Oficina de Textos, 302p.
- CASTRO, L. M.A. (2002). *Proposição de indicadores para a avaliação de sistemas de drenagem urbana*. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos da Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte. 118p. 2002.
- CAVALIERI FILHO, Sérgio. *Programa de Responsabilidade Civil*. São Paulo: Malheiros, 2005. p. 252.
- CINELLI, M., COLES, S. R., KIRWAN, K. (2014). Analysis of the potentials of multi criteria decision analysis methods to conduct sustainability assessment. *Ecological Indicators* 46 (2014) 138–148
- CLAYTON, R. 2000. An Introduction to Stormwater Indicators: The Practice of Watershed Protection. Center for Watershed Protection, Ellicott City, MD. Pages 695-702
- CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA (CUE). 2006. Reapreciação da Estratégia da UE para o Desenvolvimento Sustentável (EDS) - Nova estratégia. Bruxelas. 29pp.
- CORREA, M. A. Desenvolvimento de Indicadores de Sustentabilidade para Gestão de Recursos Hídricos na UGRHI Tietê-Jacaré (SP). Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em Engenharia Urbana da UFSCar. São Carlos. 2007.
- CORRÊA, M.A.; TEIXEIRA, B.A.N. Indicadores De Sustentabilidade Para Gestão De Recursos Hídricos No Âmbito Da Bacia Hidrográfica Do Tietê-Jacaré-SP. 14pp
- COUTINHO, S. M. V. Análise de um processo de criação de indicadores de desenvolvimento sustentável no Município de Ribeirão Pires – São Paulo. Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo, 2006.
- COYLE, G. (2004), *The Analytic Hierarchy Process*. New York: Pearson Educational.

CREECH, H. (2012) Sustainable Development Timeline. IISD – International Institute for Sustainable Development. 13pp.

CRUZ, M.A.S.; SOUZA, C.F. & TUCCI, C.E.M (2007). Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade. In: *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. São Paulo/SP. CD-ROM.

CUNHA, G. F.; PINTO, C. R. C.; MARTINS, S. R.; CASTILHO Jr., A. B. de. (2013). Princípio da Precaução no Brasil após a Rio-92: Impacto Ambiental e Saúde Humana. *Ambiente e Sociedade*. São Paulo v. XVI, n. 3, 65-82, jul.-set. 2013.

CWP. 1998. Rapid Watershed Planning Manual. Ellicott City, MD.

DALE, V.H. e BEYELER, S.C. 2001, Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, vol. 1, pp. 3–10.

DALY, H. (1973) “Toward a Steady-State Economy”, W. H. Freeman & Company. San Francisco

DALY, H. (1991) ‘Elements of environmental macroeconomics’, in R. Costanza (ed.) *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability*, New York: Columbia University Press

DALY, H. (1996). *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*. Boston: Beacon Press, 1996. vii + 253 p

DANIEL, O.; COUTO, L.; VITORINO, A. C. T. Sistemas agroflorestais como alternativas sustentáveis à recuperação de pastagens degradadas. In: SIMPÓSIO – SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL, 1, Goiânia. Anais...Juíz de Fora: Embrapa-CNPGL, 1999a. p.151-170.

Declaração da Conferencia de Estocolmo (1972) ONU. Disponível em: <www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/estocolmo.doc>. Acesso em: 26 jul 2014.

DELJAICOV, A. Os Rios e o Desenho da Cidade Proposta de Projeto para a Orla Fluvial da Grande São Paulo. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Estruturas Ambientais Urbanas da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 1998.

DESCHAMPS, M. Estudo sobre a vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba. In: *Cadernos Metrôpole/Observatório das metrópoles* – n. 19. São Paulo: EDUC, 2008. 340p.

DEUS, A. B. S. de. *Gerenciamento de serviços de limpeza urbana: Avaliação por indicadores e índices*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Porto Alegre, BR-RS, 253 f.: il. Orien: De Luca, Sérgio João. 2000.

- ELKINGTON, J. (1999). Triple bottom-line reporting: Looking for balance. Australian CPA, 69(2), 18.
- ELLIS, J. B. Sustainable integrated development of storm drainage in urban landscapes. *Anais da 2nd International Conference on Innovative Technologies in Urban Storm Drainage*, p19-25, Lyon, França. 1995.
- FERNANDES, C. *Esgotos Sanitários*, Ed. Univ./UFPB, João Pessoa, 1997, 435p. Reimpressão Jan/2000
- FERREIRA, João Sette Whitaker. **A cidade para poucos: breve história da propriedade urbana no Brasil**. In: SIMPÓSIO INTERFACES DAS REPRESENTAÇÕES URBANAS EM TEMPOS DE GLOBALIZAÇÃO, 2005, Bauru. **Anais...** Bauru: UNESP Bauru, SESC Bauru, 2005.
- FIALHO, Francisco Antonio Pereira, FILHO, Gilberto Montbeller; MACEDO, Marcelo; NITIDIERI, Tibério da Costa. *Gestão da sustentabilidade na era do conhecimento*. Santa Catarina, Visual Books 2008.
- FOLADORI, G. 2001. *Limites do desenvolvimento sustentável*. São Paulo: Editora da Unicamp/Imprensa Oficial.
- FORRESTER, J. W. 1961. *Industrial Dynamics*. MIT Press: Cambridge, Massachusetts.
- FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS - SEADE** (2011). Pesquisa Municipal Drenagem Urbana/Manejo De Águas Pluviais. Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos – SSRH
- GALLOPÍN, G. a systems approach to sustainability and sustainable development. Santiago de Chile: CEPAL, 2003. (Serie Medio Ambiente y Desarrollo, n. 64).
- GALLOPIN, G. C. Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. A system approach. *Environmental Modelling & Assessment*, v.1, p.101-117, 1996.
- GARG, V.; Khwanchanok, A.; Gupta, P. K.; Aggarwal, S. P.; Kiriwongwattana, K; Thakur, P. K.; Nikam, B. R. Urbanisation Effect on Hydrological Response: A Case Study of Asan River Watershed, India. *Journal of Environment and Earth Science*. Vol 2, No.9, 2012-
- GASPARATOS, A. e SCOLOBIG, A. 2012. Choosing the most appropriate sustainability assessment tool. *Ecological Economics* 80: 1-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.05.005>
- GEERSE, J.M.U. e LOBBRECHT, A.H. (2002). Assessing the performance of urban drainage systems: general approach applied to the city of Rotterdam. *Urban Water*, 4, 199-209.

- GELDOLF, G. D. Adaptive water management: integrated water management on the edge of chaos. *Water Science and Technology*, 32 (1):7-13. 1995
- GHENO, P. Z. Indicador de desempenho urbano: metodologia e perspectiva de integração. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS-PROPUR, 2009
- GIBSON, R. S.; HASSAN, S. HOLTZ, J.; TANSEY e G. WHITELOW (2005), Sustainability Assessment Criteria, Processes and Applications, Earthscan Publications Ltd, London, p188
- GIOVINAZZO, R. A. FISCHMANN, A. A. Delphi Eletrônico – Uma Experiência de Utilização da Metodologia de Pesquisa e seu Potencial de Abrangência Regional. XIV Congresso Latinoamericano de Estrategia. 17, 18 e 19 de maio de 2001. Buenos Aires, Argentina.
- GIOVINAZZO, R. A. Modelo de Aplicação da Metodologia Delphi pela Internet - Vantagens e Desvantagens. FEA USP, 2001.
- GOLDENFUM, J. A., TASSI, R., MELLER, A., ALLASIA, D., SILVEIRA, A. L. L. (2007) Challenges for the sustainable urban stormwater management in developing countries: from basic education to technical and Institutional Issues. NOVATECH, 2007, Lyon, França, anais p 357-364;
- GONTIJO JR., W. C. (2007). Avaliação e redimensionamento de redes para o monitoramento fluviométrico utilizando o método Sharp e o conceito de entropia. Dissertação de Mestrado, Publicação PTARH.DM-103/2007, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF, 190p.
- GOODLAND R, (1995). The Concept of Environmental Sustainability, Annual Review Of Ecological Systems, 26: 1-24.
- GRATULIANO, J. **Introdução ao Pensamento Sistêmico – Parte I.** Disponível em <http://pensamentosistemico.wetpaint.com>.
- GUIMARÃES, R. P. Aterrizando una Cometa: indicadores territoriales de sustentabilidad. Santiago do Chile: CEPAL/ILPES, 1998. (Serie Investigación, Documento 18/98, LC/IP/G.120).
- GUIMARAES, R. P.; FEICHAS, S. A. Q.. Desafios na construção de indicadores de sustentabilidade. **Ambiente e Sociedade.**, Campinas, v. 12, n. 2, Dec. 2009. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2009000200007&lng=en&nrm=iso>. access on 18 Mar. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2009000200007>.
- HARDI, P. e ZDANS, E. (1997) Assessing sustainable development: principles in practice. *Winnipeg: Canadian Cataloguing in Publication Data.*

HARVEY, D. **Condição Pós- Moderna: Uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural.** 6ª ed. São Paulo: Loyola, 1996. 349 p.

HASSON F., KEENEY S. e MCKENNA H. (2000) Research guidelines for the Delphi survey technique. *Journal of Advanced Nursing* 32, 1008–1015.

HOLDREN, J. P., G. C. DAILY, and P. R. EHRLICH. 1995. The meaning of sustainability; Biogeophysical aspects. Pages 3-17 in M. Munasinghe and W. Shearer, eds. *Defining and Measuring Sustainability: The Biogeophysical Foundations.* The World Bank, Washington D.C.

<http://www.anppas.org.br/encontro5/cd/artigos/GT10-597-570-20100903202725.pdf>. Acesso 31/05/2012.

IBGE. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>.

JACOBI, P. R. Meio Ambiente e Sustentabilidade. In: CEPAM (Org.). *O município no século XXI: cenários e perspectivas.* ed. especial. São Paulo, 1999. 400 p.

JACOBI, P. R.(2007) Educar na sociedade de risco: o desafio de construir alternativas Pesquisa em Educação Ambiental, v.2, n.2, p. 49-65, 2007

JANNUZZI, P. M. Considerações sobre o uso, mau uso e abuso dos indicadores sociais na formulação e avaliação de políticas públicas municipais. *Revista do Serviço Público*, Brasília, abr/jun, 2005.

JANNUZZI, P.M. Indicadores sociais no Brasil: conceitos, fonte de dados e aplicações. Campinas: Alínea, 2001.

KASEMIR, B., JAEGER, C.C. and JÄGER, J. (2003b) Citizen Participation in Sustainability Assessments, in: B. Kasemir, B., J. Jäger, C.C. Jaeger and M.T. Gardner, *Public Participation in Sustainability Science*, Cambridge.

KAYANO (2002) Breve Introdução ao entendimento dos temas Indicadores, Metodologia e Sistemas de Indicadores GT Indicadores da Plataforma Novib, Série Indicadores nº 2, Março 2002

KAYANO, J.; CALDAS, E. de L. Indicadores para o Diálogo. GT Indicadores. Plataforma Contrapartes Novib. Série Indicadores, São Paulo, n. 8, p. 1-10, 2002.

KOHLSDORF, M. E. Breve histórico do espaço urbano como campo disciplinar. In: FARRET, R.L. et al. (Org.). *O espaço da cidade: contribuição à análise urbana.* São Paulo: Projeto, 1985:15-72.

KOLSKY, P.; BUTLER, D. Performance indicators for urban storm drainage in developing countries. *Urban Water.* v. 4, p. 137-144, 2002.

LACHMAN, B. E. (1997) *Linking sustainable communities activities to pollution prevention: a sourcebook*. Washington: Rand. 81 p. Disponível em: <<http://www.rand.org/centers/espc/>>. Acesso em: 19/02/2013.

LAYRARGUES, P. P. A cortina de fumaça: o discurso empresarial verde e a ideologia da racionalidade econômica. São Paulo: Annablume, 1998.

Lei de Québec para o Desenvolvimento Sustentável (2005): Sustainable Development Act. National Assembly. Bill 118. Thirty-Seventh Legislature.

MACHADO, A. T. G. M. Revitalização de Rios no Mundo: América, Europa e Ásia / Org.: Antônio Thomáz Gonzaga da Matta Machado, Apolo Heringer Lisboa, Carlos Bernardo Mascarenhas Alves, Danielle Alves Lopes, Eugênio Marcos Andrade Goulart, Fernando Antônio Leite, Marcus Vinícius Polignano. Belo Horizonte: Instituto Guaicuy, 2010. 344p.: il.

MAGALHÃES, Marcos Thadeu Queiroz. Metodologia para desenvolvimento de sistemas de indicadores: uma aplicação no planejamento e gestão da política nacional de transportes. Dissertação (mestrado). Universidade de Brasília. Brasília, DF: 2004.

MALHEIROS, Tadeu Fabrício. Indicadores ambientais para o desenvolvimento sustentável: um estudo de caso de indicadores da qualidade do ar. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais. Porto Alegre, 2000. Disponível em: <www.cepis.org.pe/bvsaidis/impactos/vi-051.pdf> Acesso em 05 jan. 2013.

MANGO, L. M., MELESSE, A. M., MCCLAIN, M. E., GANN, D., e SETEGN, S. G.: Land use and climate change impacts on the hydrology of the upper Mara River Basin, Kenya: results of a modeling study to support better resource management, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15, 2245-2258, doi:10.5194/hess-15-2245-2011, 2011.

MARICATO, E. Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana. Petrópolis, Vozes, 2001

MARTIN, C.; RUPERD, Y.; LEGRET, M. Urban storm drainage management: The development of a multicriteria decision aid approach for best management practices. *European Journal of Operational Research*. 2006.

MASCARENHAS, F. C. B.; MIGUEZ, M. G.. Multifunctional Landscapes for Urban Flood Control in Developing Countries. *International Journal on Sustainable Development and Planning*, v. 2, p. 37-49, 2007.

MEADOWS, D. (1998). Indicators & information systems for sustainable development. A Report to the Balaton Group, September, 1998.

- MELGAREJO, L. Desempenho, eficiência multidimensional e previsão de possibilidade de sucesso em assentamentos de reforma agrária no Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado. 2v.
- MENEZES, M. R. O Lugar do Pedestre no Plano Piloto de Brasília. Dissertação de mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília. 2008
- MESSNER M, SHAW S, REGLI S, ROTERT K, BLANK V. and SOLLER J. 2006. An approach for developing a national estimate of waterborne disease due to drinking water and a national estimate model application. *J Water Health* 4(suppl 2):201–240
- MONDAY, J.L. (2002). Building Back Better: Creating a sustainable community after disaster. *Natural Hazards Informer* 3, 1-11. [://www.colorado.edu/hazards/informer/infrmr3/informer3.pdf](http://www.colorado.edu/hazards/informer/infrmr3/informer3.pdf)
- MONTEIRO Filho, L. 2011. Infraestruturas Urbanas - uma contribuição ao estudo de drenagem do Estado de São Paulo. Dissertação apresentada na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – FAU/USP. 294pp.
- MONTEIRO, S. Metas ambiciosas. Especialistas se reúnem em evento da FGV/IBRE na capital paulista para discutir os desafios da universalização do saneamento básico no Brasil. Seminário Saneamento. **Revista Conjuntura Econômica**, Julho 2014.
- MOURA, L. H. A.; BOAVENTURA, G. R.; PINELLI, M. P. A. (2010). “Qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: bacia do Gama – Distrito Federal”. *Química Nova*, São Paulo, v.33, n. 1, p. 97-103, 2010.
- MOURA, P. M. (2004), Avaliação global de sistemas de drenagem urbana. Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte: Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 146 f.
- NAGEM, F. R. M. Avaliação econômica dos prejuízos causados pelas cheias urbanas [Rio de Janeiro] 2008. XI, 114 p. 29,7 cm
- NAHAS, Maria Inês Pedrosa, et al. Metodologia de construção do Índice de Qualidade urbana dos municípios brasileiros. In: Anais do XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, Caxambu, set. 2006. Disponível em: http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2006/docspdf/ABEP2006_420.pdf
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NCR). Our Common Journey: A Transition Toward Sustainability. National Academy Press. Washington, D.C. 1999.
- NESS, B., E. URBEL-PIRSALU, S. ANDERBERG, and L. OLSSON. 2007. Categorizing tools for sustainability assessment. *Ecological Economics* 60: 498-508. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.07.023>

NEVES, M.G.F.P. (2006) Quantificação de Resíduos Sólidos na Drenagem Urbana. 2006. 249 f. Tese (doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

OLIVEIRA, D.P.R. Estratégia empresarial e vantagem competitiva: como estabelecer, implementar e avaliar. São Paulo: Atlas, 2001.

OLIVEIRA, L.K.; NOVAES, A.G.; DECHECHI, E. Analysis of Agribusiness Systems Utilizing System Dynamics: A Methodological Contribution. Faculdade de Economia Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto / USP, 2003.

ORGANISATION ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT -OECD. Education at a glance: OECD indicators 2002. Paris, 2002.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). (1992) *Rio declaration on environment and development: Report of the United Nations Conference on Environment and Development*. Disponível em: <http://www.un.org/documents/ga/conf151/aconf15126-1annex1.htm>

PEPLAU, G. R.; CABRAL, J. J. S. P.; (2005) Influência da variação da urbanização nas vazões nas vazões de drenagem da bacia do rio jacarecica em maceió-AL

PEREIRA, H.M., LEADLEY, P.W., PROENÇA, V., ALKEMADE, R., SCHARLEMANN, J.P.W., FERNANDEZ-MANJARRES, J.F. (2010). Scenarios for global biodiversity in the 21st century. *Science*, 330, 1496–1501.

PEREIRA, R. C. Estado, território e reestruturação produtiva na metrópole fluminense. *Espaço e Economia. Revista Brasileira de Geografia Econômica*, ano II, n.3 (2013).

PHILLIP, R.; ANTON, B.; LOFTUS, A. C. SWITCH Training Kit - Integrated Urban Water Management in the City of the Future Module 4 – STORM WATER: Exploring the options. 2011. ISBN 978-85-99093-14-6 (PDF)

PHILLIPI JR, Arlindo; MAGLIO, Ivan Carlos; COIMBRA, José de Ávila Aguiar; FRANCO, Roberto Messias (Editores). *Municípios e Meio Ambiente: Perspectivas para a Municipalização da Gestão Ambiental no Brasil*. ANAMMA – Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente. São Paulo, 2007. 83p. Disponível em: <http://www.semasa.sp.gov.br/Documentos/LIVRO_ANAMMA.pdf. > Acesso em 09 jan. 2014.

PIDD, M. Modelagem empresarial: ferramentas para tomada de decisão. Tradução Gustavo Severo de Borba et al. – Porto Alegre: Artes Médicas, 1998

PINTÉR, L., HARDI, P., MARTINUZZI, A. e HALL, J. (2012). Bellagio STAMP: Principles for sustainability assessment and measurement. *Ecological Indicators*, 17(June), 20–28.

- POMPÊO, C. A. (2000) “Drenagem urbana sustentável”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.5, n.1, p.15-23.
- PORTER, A. et al. *Forecasting and management of technology*. New York: J.Wiley,1991.
- PORTO, M. F. e PORTO, R. L. (2008). Gestão de Bacias Hidrográficas. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, pp. 43-60.
- QUIROGA, R. Indicadores de Sustentabilidad y Desarrollo Sostenible: estado del arte y perspectivas. Santiago de Chile: División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos, 2001
- RAMOS, L. S. Classificação hierárquica dos municípios paranaenses segundo o grau de desenvolvimento socioeconômico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO. 6. Florianópolis. Anais eletrônicos...Florianópolis: UFSC, 2004.
- RAO, P. (2000) Sustainable Development. Economics and Policy. Malden: Blackwell Publishers.
- RIBEIRO, L. C.; CARDOSO, A. L. Planejamento urbano no Brasil: paradigmas e experiências. *Revista Espaço e Debates*. São Paulo, NERU, n.: 37, p.77-89, 2004.
- RIERADEVALL i PONS, J.; FEIJOO, G.; BOADA, M. **Indicadors locals de l'impacte ambiental del Prestige: iliam-petrol**. Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (UAB). Ajuntament de Barcelona Consell Municipal de Medi Ambient i Sostenibilitat 111pp. Barcelona, gener 2005.
- RIGHETTO, A M., Hidrologia e Recursos Hídricos, REENGE/EESC/USP, São Carlos, 2000
- RIGHETTO, A.M.; MOREIRA, L.F.F.; SALES, T.E.A. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. In: *Manejo de Águas Pluviais Urbanas/ Antonio Marozzi Righetto (coordenador)*. Rio de Janeiro: ABES, 2009
- RITCHIE, B.; McDOUGALL, C.; HAGGITH, M.; OLIVEIRA, N.B. de. Critérios e indicadores de sustentabilidade em florestas manejadas por comunidades: um guia introdutório. Bogor: CIFOR, 2001. 122 p
- ROJAS-GUTIERREZ, L. A. Avaliação da Qualidade da Água de Chuva e de Um Sistema Filtro-Vala-Trincheira de Infiltração no Tratamento do Escoamento Superficial Direto Predial em Escala Real em São Carlos – SP. São Carlos, 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.
- ROLNIK, Raquel. A cidade e a lei – legislação, política urbana e território na cidade de São Paulo, São Paulo: FAPESP Studio Nobel, 3ed. 1997.

- ROSSETTO, A. M. (2003) *Proposta de um Sistema Integrado de Gestão Ambiental Urbana (SIGAU) para administração estratégica das cidades*. 133p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Departamento de Engenharia de produção. Universidade de Federal de Santa Catarina.
- RUEDA, S:R. Modelos e Indicadores para ciudades más sostenibles. Taller sobre Indicadores de Huella y Calidad Ambiental Urbana. 1999. 40pp.
- SAATY, T. L. (2005). Theory and applications of the analytic network process: decision making with benefits, opportunities, costs, and risks. Pittsburgh, PARWS Publications
- SAATY, T.L. Decision making with the analytical hierarchy process International Journal of Services Sciences., 1 (1) (2008), pp. 83–98
- SAATY, T.L., 1980. “The Analytic Hierarchy Process.” McGraw-Hill, New York.
- SACHS, Ignacy. *Caminhos para o desenvolvimento sustentável*. 3. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.
- SACHS, Ignacy. Estratégias de transição para o século XXI: desenvolvimento e meio ambiente. São Paulo: Nobel, 1993.
- SACHS,I.. Stratégies de l’écodéveloppement. Paris: Les Editions Ouvrières, 1980
- SAITO, J., R., FIGUEIREDO, R., S., BATALHA, M., O. “Simulando Cadeias Agroindustriais”. Universidade Federal de São Carlos –DEP / UFSCar. São Carlos, 1999.
- SANTILLI, Juliana. Os "novos" direitos socioambientais. In: FREITAS,V.P. de (Coord.) **Direito Ambiental em Evolução**, vol. 5. Editora Juruá, Curitiba, 2ª edição, 2010.
- SANTOS, E.T. Impactos Econômicos de Desastres Naturais e Megacidades: O Caso dos Alagamentos em São Paulo. Temas de Economia Aplicada. Informativos Fipe. Janeiro, 2014. 28-39p.
- SANTOS, R. G.; TONIOLO, L. **A Integração das Políticas Setoriais Públicas Nas Intervenções Urbanas dos Projetos de Habitação de Interesse Social: Um Compromisso com o Futuro**. Revista Gestão Pública em Curitiba, v. I, p. 03-08, 2010.
- SÃO PAULO, 2014. *Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo*. lei nº 16.050/14.
- SÃO PAULO. *Cidade. Em Cartaz*: guia da Secretaria Municipal de Cultura. n. 33, mar. 2010. p. 56-57. Texto revisto em 16.9.2010. acessado em 02/02/2015.
- SAULE Jr. A Perspectiva do Direito à Cidade e da Reforma Urbana na Revisão da Lei do Parcelamento do Solo. Nelson Saule Junior (org.). São Paulo: Instituto Pólis, 2008.
- SAULE Jr. Direito Urbanístico: vias jurídicas das políticas urbanas. Nelson Saule Júnior (org.). Porto Alegre: Sérgio Fabris, 2007.

SCHUBART, H. O. R. Zoneamento Ecológico-Econômico e a Gestão dos Recursos Hídricos In: Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos: Desafios da Lei de Águas de 1997. Parte 3: Gestão dos Recursos Hídricos e Gestão do Uso do Solo, 1999.

SCHUELER, T. The compaction of urban soils. Technical note nº107. Watershed Protection Techniques, v.3, n.2, p.661-665, 2000. Capturado em 13 de agosto de 2014. Online. Disponível na Internet <http://www.stormwatercenter.net/Practice/36-The%20Compaction%20of%20urban%20Soils.pdf>

SCHUELLER, T. 1987. Controlling Urban Runoff : A Practical Manual for Planning and Designing Urban BMPs.

SCHWEIGERT, L. R. Plano diretor e sustentabilidade ambiental da cidade. Dissertação de mestrado. Arquitetura e Urbanismo. Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2007.

SCUSSEL, M. e SATTler, M. (2004) (Des)construindo Índices de Qualidade de Vida: Uma abordagem crítico-analítica à formulação de indicadores de Sustentabilidade para Porto Alegre. ENTACC 2004. São Paulo, 2004.

SEGNESTMAN, L., WINOGRAD, M. e FARROW, A. Developing indicators: lessons learned from Central America. The World Bank, CIAT, UNEP project. Environment Department, The World Bank, Washington, 2000

SEPÚLVEDA, S. Desenvolvimento sustentável microrregional. Métodos para o planejamento local. IIC A. Brasília, 2005.

SHUTES, B.; RAGGATT, L. (2006). Development of generic Best Management Practice (BMP) Principles for the management of stormwater as part of an integrated urban water resource management strategy. Sustainable Water Management in the City of the Future. Urban Pollution Research Centre, Department of Natural Sciences, Middlesex University, UK.

SIERVI, E. C., *Avaliação Participativa do Projeto de Coleta Seletiva de Lixo Doméstico no Consórcio Quiriri – A participação como base para ação e reflexão metodológica*, Dissertação de mestrado, UFSC, Florianópolis/SC, 2000;

SILVA, A.S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, p.153-192.

SILVA, R. T.; PORTO, M. F. A. (2003). Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. Estudos Avançados. 10 (47), pp. 129-145

- SILVEIRA, A. L. L. 1999. Impactos hidrológicos da urbanização em Porto Alegre. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13, 2001, Belo Horizonte. Anais. [Porto Alegre]: ABRH. 1 CD.
- SILVEIRA, A.L.L., 2002. Problems of Modern Urban Drainage in Developing Countries. *Water Science & Technology* Vol 45 No 7 pp 31–40
- SILVEIRA, Rogério Braga; HELLER, Léo; REZENDE, Sonaly. Identificando correntes teóricas de planejamento: uma avaliação do Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab). **Rev. Adm. Pública**, Rio de Janeiro, v. 47, n. 3, June 2013. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-76122013000300004&lng=en&nrm=iso>. access on 05 Dec. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-76122013000300004>.
- SOUZA, C. Políticas públicas: uma revisão da literatura. *Sociologias*. 2006, n.16, pp. 20-45.
- SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas unidades básicas para o planejamento e gestão sustentáveis das atividades rurais. **Informe Agropecuário**, v.21, n.207, p.15-20, 2000.
- STRONG, M. Maurice F. Strong papers, in box 37, folder 370). Strong, Maurice F. Papers, 1948-2000: Guide Environmental Science and Public Policy Archives. Harvard College Library. **Harvard University** 30 May 2003 last. update on 2009 December 4.
- TAVANTI, R.D.; BARBASSA, A.D. Contribuições do Planejamento Urbano às Questões Hidrológicas e Ambientais. *Anais Do 4º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável*. PLURIS2010. Minho/Portugal. 12pp. 2010.
- TOLEDO, B. L. **Prestes Maia e as origens do urbanismo moderno em São Paulo**. São Paulo: Empresa das Artes, 1996.
- TOMIO, Fabrício Ricardo de Limas. A criação de municípios após a Constituição de 1988. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, São Paulo, v. 17, n. 48, p. 61-89, fev. 2002.
- TORONTO AND REGION CONSERVATION AUTHORITY. 2007. Listen to Your River: A Report Card on the Health of the Humber River Watershed. Toronto, Ontario.
- TRENTIN, G.; SIMON, A. L. H. Análise da ocupação espacial urbana nos fundos de vale do município de Americana – SP, Brasil. Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro -SP, Brasil. 2005.
- TRIANANTAPHYLLOU, E., MANN S. H. (1995), Using The Analytic Hierarchy Process for Decision Making in Engineering Applications: Some Challenges. *International Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice*, Vol. 2, N. 1, p. 35-44, 1995.

- TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. 4 ed. Porto Alegre: ed. ABRH e Editora da UFRGS, 2013.
- TUCCI, C. E. M. (2005) *Programa de drenagem sustentável: apoio ao desenvolvimento do manejo das águas pluviais urbanas* - Versão 2.0. Brasília: Ministério das Cidades, 2005.
- TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (ORG.) Inundações Urbanas da América do Sul. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. 471p.
- TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. (2000 e 2005) Storm hydrology and urban drainage. In: Tucci, C. *Humid Tropics Urban Drainage*, capítulo 4. UNESCO.
- TUCCI, C.E.M. Inundações urbanas. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007. 389 p.
- TUCCI, Carlos E. M.. Águas urbanas. **Estudos. avançados.**, São Paulo , v. 22, n. 63, 2008 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200007&lng=en&nrm=iso>.access on 02 Feb. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200007>.
- TUNSTALL, D. B. Developing Indicators for Sustainable Cities. In: Seminar on Environmental and Economic Policies Towards Sustainable Cities in APEC, 1997, Beijing. *Resumos...* Beijing: National Environmental Protection Agency, 1997. Disponível em: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNACC358.pdf . Acesso em: 30 jan. 2015.
- VAN BELLEN, H. M. *Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa*. 2ª edição. Rio de Janeiro: FVG, 2005.
- VARGAS, R. V. (2010). Using the Analytic Hierarchy Process (AHP) to Select and Prioritize Projects in a Portfolio. Washington/DC: PMI Global Congress North America.
- VILLAÇA, F. Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil. In: DEÁK, Csaba; SCHIFFER, Sueli Ramos. (orgs). O processo de urbanização no Brasil. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1999, p. 169 - 243.
- VITTALA, S. S.; GOVINDAIAH, S.; GOWDA, H. H. Prioritization of sub-watersheds for sustainable development and management of natural resources: An integrated approach using remote sensing, GIS and socio-economic data. **Current Science**, v.95, n.3, p.345-354, 2008.
- WCED. Our common future. Oxford: Oxford University Press, 1987
- YAN, H. and Edwards, F. "Effects of Land Use Change on Hydrologic Response at a Watershed Scale, Arkansas." *J. Hydrol. Eng.*, 18(12), 1779–1785. 2013.

ZILLER, A., ERTL, Th. **Assessment of structural stormwater measures in Tehran through indicators of sustainable Development.** Indicateurs de mesure d'une gestion durable des eaux pluviales à Téhéran, Iran. Novatech 2010.

Anexo 1

Indicadores SEADE/FEHIDRO

Indicadores SEADE/FEHIDRO	Medição	Fonte
1. Existência de Plano Diretor de Drenagem Urbana ou Manejo de águas Pluviais. (está regulamentado?)	s/n	Seade D101
2. Existência de diretrizes relativas à drenagem urbana no Plano diretor (está regulamentado?)	s/n	Seade D102
3. Existência de Plano Municipal de Saneamento com ações relativas à drenagem urbana	s/n	Seade D103
4. Existência de instrumentos legais para minimizar os efeitos da impermeabilização do solo (Código de Obras, Código de Posturas, Leis de parcelamento do solo)	s/n	Seade D104A,B e C
5. Existência de Leis municipais com exigências de soluções internas de retenção de águas pluviais para implantação de loteamentos ou novas construções	s/n	Seade D105
6. Existência de Leis municipais com exigências controle de destinação final de águas pluviais para implantação de loteamentos ou novas construções	s/n	Seade D106
7. Existência de programas ou ações de regularização fundiária em áreas de loteamentos irregulares e em áreas de risco	s/n	Seade D107
8. Existência de instrumentos para padronização de projetos viários e drenagem águas pluviais (Padrões para pavimentação, Manuais com requisitos para manejo e drenagem das águas pluviais)	s/n	Seade D108A,B,C ,D
9. Existência de legislação municipal que prevê a preservação e o controle de áreas de recarga de águas subterrâneas	s/n	Seade D109
10. Existência de legislação que prevê a cobrança específica para o manejo de águas pluviais	s/n	Seade D110
11. Existência de registro de despesas de drenagem urbana no município	s/n	Seade D302
12. Existência de controle de custos específicos de drenagem urbana na contabilidade do município	s/n	Seade D303
13. Existência de subsídios em tributos municipais para estimular a reserva de área permeável nos lotes ou loteamentos	s/n	Seade D111

14. Existência de cadastro da rede de drenagem urbana do município.	s/n	Seade D306
a. Periodicidade da atualização do cadastro da rede de drenagem urbana	Tempo/ano	
b. Georreferenciado?	s/n	
15. Existência de mapeamento das áreas de do município com riscos de inundações e deslizamentos	s/n	Seade D311
16. Existência de Plano municipal de ação de emergência para problemas causados pela chuva	s/n	Seade D312
17. Existência de algum tipo de registro dos alagamentos que ocorrem no Município	s/n	Seade D313
18. Extensão total das áreas alagadas	Km ² /área do município	Seade D314C
19. Quantidade de domicílios atingidos por alagamento	Número de domicílios/	Seade D314D
20. Existência de algum tipo de registro das inundações que ocorrem no Município	s/n	Seade D315
21. Extensão de ruas destruídas ou obstruídas por inundações	Km ² /área do município	Seade D3116C
22. Quantidade de domicílios atingidos por inundações	Número de domicílios/	Seade D316E
23. Número de famílias desalojadas por inundações	Número de habitantes atingidos	Seade D316F
24. Número de feridos ou acidentados por inundações	Número de habitantes atingidos	Seade D316G
25. Número de mortos por inundações	Número de habitantes atingidos	Seade D316H
26. Existência de algum tipo de registro dos deslizamentos e/ou escorregamentos que ocorrem no Município	s/n	Seade D317
27. Extensão de ruas destruídas ou obstruídas por deslizamentos e/ou escorregamentos	Km ² /área do município	Seade D318C
28. Quantidade de domicílios atingidos por deslizamentos e/ou escorregamentos	Número de domicílios atingidos /número total de habitações	Seade D318D
29. Número de famílias desalojadas por deslizamentos e/ou escorregamentos	Número de habitantes atingidos	Seade D318E
30. Número de feridos ou acidentados por deslizamentos e/ou escorregamentos	Número de habitantes atingidos	Seade D318F
31. Número de mortos por deslizamentos e/ou escorregamentos	Número de habitantes atingidos	Seade D318G
32. Existência de capacitação profissional promovido pela Prefeitura para as equipes operacionais	s/n	Seade D305

Anexo 2

Indicadores SMU/SP

Campo de análise	Indicador	Unidade de medida
Estratégico	1. Autossuficiência financeira com a coleta de águas pluviais	%
	2. Índice de produtividade da força de trabalho com atuação no sistema de drenagem e manejo de águas pluviais	Empregados/hab
Operacional	3. Índice de atendimento urbano de águas pluviais	%
Grau de permeabilidade do solo	4. Taxa de crescimento da população	%
	5. Nível de urbanização	%
	6. Nível de áreas verdes urbanas	M ² /habitante
	7. Proporção de área construída ou impermeabilizada	%
Gestão da drenagem urbana	8. Taxa de incremento de vazões máximas	%
	9. Percepção do usuário sobre a qualidade dos serviços de drenagem	Ocorrências/ano
	10. Existência de instrumentos para o planejamento governamental (planos e programas de drenagem)	s/n
	11. Participação da população em consultas e audiências públicas, encontros técnicos e oficinas de trabalho sobre o plano de drenagem	Participante/segmento
Abrangência do sistema de drenagem	12. Cadastro de rede existente	S/N ou %
	13. Cobertura do sistema de drenagem superficial	%
	14. Cobertura do sistema de drenagem subterrânea	%
	15. Investimento per capita em drenagem urbana	R\$/habitante
Avaliação do serviço de drenagem pluvial	16. Implantação dos programas de drenagem	Valor investido (R\$) ou %
	17. Limpeza e desobstrução de galerias	M ³ /ano ou km de galerias limpas e inspecionadas
	18. Limpeza e desobstrução de canais	M ³ /ano ou km de canais limpos / km total de canais
	19. Limpeza e desobstrução de bocas de lobo	M ³ /ano ou no de bocas de lobo limpas / no total de bocas de lobo
	20. Limpeza de reservatórios	M ³ /ano ou no de reservatórios limpos / no total de reservatórios
	21. Incidência de alagamentos no Município	Eventos/ano

Gestão de eventos hidrológicos extremos	22. Estações de monitoramento quantitativo e qualitativo	Nº estações/km
Interferências à eficácia do sistema de drenagem	23. Cobertura de serviços de coleta de resíduos sólidos	%
	24. Proporção de vias atendidas por varrição ao menos 2 vezes por semana	%
	25. Existência de canais e galerias com interferências de outros sistemas da infraestrutura urbana	Obstruções/km
Aplicação de novas tecnologias	26. Implantação de medidas estruturais sustentáveis	R\$
	27. Cursos de especialização, treinamento e capacitação de técnicos	Nº de cursos/ano
Salubridade ambiental	28. Proporção da população exposta a roedores e animais nocivos	%
	29. Proporção de ruas sujeitas a inundações provocadas por drenagem inadequada	%
	30. Incidência de pessoas em contato com esgoto e resíduo sólido	%
	31. Incidência de leptospirose e outras moléstias de veiculação hídrica	%

Anexo 3

Indicadores CWP

Indicador	Medição (elaborada pelo autor)	Fonte
1. Aumento da frequência de inundações	Número de alagamento ou inundações/ano	CWP
2. Proporção de área construída ou impermeabilizada	%	CWP
3. Extensão de áreas impermeabilizadas	Km de ruas pavimentadas/ pela área do município	CWP
4. Ampliação / redução do fluxo	Variação do fluxo/ volume normal	CWP
5. Envolvimento do público e monitoramento	s/n	CWP
6. Percepção/avaliação do usuário sobre a qualidade dos serviços de drenagem	Ocorrências/ano	CWP
7. Realização de pesquisas de opinião pública	s/n	CWP
8. Monitoramento dos poluentes constituintes da água	[]	CWP
9. Testes de toxicidade	L ₅₀	CWP
10. Presença de Fontes de cargas difusas	s/n	CWP
11. Frequência de ultrapassagem dos limites dos padrões de qualidade	Nº de ultrapassagem/ano	CWP
12. Existência de contaminação do sedimento	Avaliação do sedimento (parâmetros/?)	CWP
13. Avaliação de critérios para a saúde humana		CWP
14. Monitoramento físico do habitat	Variáveis/ área	CWP
15. Impactos do clima seco no fluxo	Volume de água/ano	CWP
16. Diversidade da Fauna de peixes (Ictiofauna)	Variabilidade/área	CWP
17. Variabilidade de macroinvertebrados	Variabilidade/área	CWP
18. Indicador de espécie única	Nº de indivíduos/área	CWP
19. Indicadores compostos (IBI - <i>Index of Biotic Integrity</i>)	Classe/atributo	CWP
20. Outros indicadores biológicos (ex. mexilhões).	Nº de indivíduos/área	CWP
21. Nº de ligações cruzadas ilegais identificadas / corrigidas	Nº de ligações ilegais/numero total	CWP
22. Licenciamentos e conformidade	Nº de	CWP
23. Métrica de crescimento e desenvolvimento (Expansão Urbana)	Área de ocupação/ano	CWP
24. Monitoramento do desempenho das BMP (Best Management Practice)	s/n	CWP
25. Avaliação da Densidade habitacional	Unidade/Km ²	CWP
26. Avaliação da Densidade Populacional	Nº de habitantes/m ²	CWP

Anexo 4

**Indicadores multicritérios para o
manejo de águas pluviais
(Castro, 2002)**

Critério	Sub-critério	Indicador
Objetivo		Atendimento ao objetivo
Impactos da Obra	Impactos Hidrológicos	Impacto sobre as vazões de jusante
		Recarga do aquífero
	Impactos Sanitários	Possibilidade de transmissão de doenças
		Possibilidade de proliferação de insetos
	Impactos da qualidade das águas	Impacto das águas superficiais
		Impacto das águas subterrâneas
Inserção	Inserção Ambiental	Criação e preservação de habitats
		Quadro cênico
	Inserção social	Criação de áreas de recreação e lazer e equipamentos urbanos
		Impacto nas condições de circulação
		Possibilidade da utilização para o desempenho de outras funções técnicas
		Desapropriação de áreas

Apêndice A

Questionário AHP

Indicadores de Sustentabilidade Aplicado ao Manejo de Águas Pluviais

Página 1

Prezado, Professor(a)

Como Doutorando do curso de Pós-graduação do curso de Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, desenvolvo pesquisa relacionada a indicadores de sustentabilidade para o manejo de águas pluviais sob a orientação do Professor Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira.

Nessa pesquisa está prevista a consulta a especialista sobre os indicadores existentes relacionados à drenagem urbana e ao manejo de águas pluviais para elaboração de um sistema de indicadores que sejam capazes de monitorar ações antrópicas responsáveis pela produção de situações potencialmente problemáticas relacionadas ao manejo de águas pluviais.

Durante algumas etapas anteriores foram levantados diversos indicadores por meio de levantamento bibliográfico, entretanto, necessitamos escolher os mais adequados para monitorar as ações antrópicas, com a finalidade de tornar o manejo de águas pluviais mais sustentável.

Para tanto, escolhemos como método AHP (Analytic Hierarchy Process) para ser utilizado no processo de seleção dos indicadores. Nesse processo, decidimos incluir a consulta de especialistas no que tange a valoração dos indicadores mediante à análise multicritérios.

Devido à vossa experiência na área de indicadores, peço permissão para solicitar vossa ajuda e contribuição no processo de seleção dos indicadores mais adequados para o monitoramento. Vossa experiência e percepção são muito relevantes nessa escolha.

Peço a gentileza de utilizar seu tempo para responder essa pesquisa, considerando a escala de Saaty, os critérios de seleção e as ações que se quer monitorar. Os resultados presentes na pesquisa serão tratados estatisticamente por meio do método AHP.

Junto a esta solicitação, esclareço que a identidade dos entrevistados será mantida em sigilo, sua participação ou não participação não acarretará em danos pessoais ou gerará gratificação e será totalmente voluntária. Terá direito a ter esclarecidas qualquer dúvida a respeito da pesquisa.

Os resultados dessa pesquisa se tornarão públicas e, se houver interesse, notificaremos prontamente quando as mesmas forem publicadas.

Atenciosamente
Sidnei Pereira da Silva.
Doutorando do Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana da UFSCar

Página 2

POR FAVOR,
UTILIZE A TABELA E OS QUADROS EM ANEXO, NOS QUAIS CONTÊM: OS CRITÉRIOS DE COMPARAÇÃO, AS ESCALAS NUMÉRICAS E O QUADRO COM PROBLEMAS RELACIONADOS COM O MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS E OS POSSÍVEIS INDICADORES COM UMA DESCRIÇÃO DOS MESMOS.

O objetivo é comparar indicadores e valorar com relação à importância de um sobre o outro."

"- Caso os dois sejam de igual importância o valor será 1."

"- Por favor, Selecione apenas um valor para cada linha."

"- Caso nenhuma das opções de indicador sejam satisfatórias, preencher apenas o formulário com opção de adicionar novo indicador."

"- A seleção dos indicadores é baseada nos critérios de seleção de indicadores apresentados na próxima página."

"- Também, nesse documento são apresentados as ações antrópicas e o que se quer monitorar com a utilização de indicadores."

"-Caso queira sugerir um novo indicador haverá, no final de cada pagina um espaço para fazê-lo."

"- Grato por sua colaboração"

Página 3

Critérios para seleção de indicadores.

1. Relevância - o Indicador é relevante com relação àquilo que se quer observar, isto é, em relação ao problema a ser monitorado?
2. Comparabilidade - o indicador possui a sensibilidade necessária para observar alterações e ser comparável em relação a variações no tempo e no espaço?
3. Custo e confiabilidade - o indicador possui um custo razoável de obtenção dos dados, sem perder a confiabilidade?
4. Acessibilidade - o indicador possui fácil comunicação e interpretação quanto aos seus resultados?

Página 4

MATRIZES DE COMPARAÇÃO DE INDICADORES DE AUMENTO DA IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO *

	Import. Absolut. 9	Grande Import. 7	Relativa Import. 5	Fraca Import. 3	Igual Import. 1	Fraca Import. 3	Relativa Import. 5	Grande Import. 7	Import. Absolut. 9	
Variação de vazões máximas devido às chuvas	<input type="radio"/>	Percentual de área urbana construída /impermeabilizada								
Variação de vazões máximas devido às chuvas	<input type="radio"/>	Percentual de Incremento de Vazões Máximas								
Variação de vazões máximas devido às chuvas	<input type="radio"/>	Existência de legislação com cobrança ou subsídios para reserva de área permeável em lotes/loteamentos								
Percentual de área urbana construída /impermeabilizada	<input type="radio"/>	Percentual de Incremento de Vazões Máximas								
Percentual de área urbana construída /impermeabilizada	<input type="radio"/>	Existência de legislação com cobrança ou subsídios para reserva de área permeável em lotes/loteamentos								
Percentual de Incremento de Vazões Máximas	<input type="radio"/>	Existência de legislação com cobrança ou subsídios para reserva de área permeável em lotes/loteamentos								

Caso não esteja satisfeito com os indicadores apresentados, você pode sugerir um novo indicador nesse espaço

Página 5

MATRIZES DE COMPARAÇÃO DE INDICADORES DE DIMINUIÇÃO DA PROTEÇÃO DO SOLO *

	Import. Absolut. 9	Grande Import. 7	Relativa Import. 5	Fraca Import. 3	Igual Import. 1	Fraca Import. 3	Relativa Import. 5	Grande Import. 7	Import. Absolut. 9	
Percentual de expansão urbana ao longo do tempo	<input type="radio"/>	Percentual de áreas urbanas com cobertura vegetal.								
Percentual de expansão urbana ao longo do tempo	<input type="radio"/>	Percentual de ocupações urbanas em APPs.								
Percentual de expansão urbana ao longo do tempo	<input type="radio"/>	Percentual de uso de cobertura vegetal no sistema de águas pluviais (SAP)								
Percentual de áreas urbanas com cobertura vegetal.	<input type="radio"/>	Percentual de ocupações urbanas em APPs.								
Percentual de áreas urbanas com cobertura vegetal.	<input type="radio"/>	Percentual de uso de cobertura vegetal no sistema de águas pluviais (SAP)								
Percentual de ocupações urbanas em APPs.	<input type="radio"/>	Percentual de uso de cobertura vegetal no sistema de águas pluviais (SAP)								

Caso não esteja satisfeito com os indicadores apresentados, você pode sugerir um novo indicador nesse espaço

Página 6

MATRIZES DE COMPARAÇÃO DE INDICADORES DE INTERFERÊNCIAS FÍSICAS NOS CANAIS DE ESCOAMENTO *

	Import. Absolut. 9	Grande Import. 7	Relativa Import. 5	Fraca Import. 3	Igual Import. 1	Fraca Import. 3	Relativa Import. 5	Grande Import. 7	Import. Absolut. 9	
Taxa de assoreamento de canais pelo arraste de sedimentos	<input type="radio"/>	Existência de extração de areias e cascalhos instalados na bacia (regulares e irregulares)								
Taxa de assoreamento de canais pelo arraste de sedimentos	<input type="radio"/>	Percentual do comprimento de canais reestruturados com revestimento, tamponamento, retificação e ampliação de calha								
Existência de extração de areias e cascalhos instalados na bacia (regulares e irregulares)	<input type="radio"/>	Percentual do comprimento de canais reestruturados com revestimento, tamponamento, retificação e ampliação de calha								

Caso não esteja satisfeito com os indicadores apresentados, você pode sugerir um novo indicador nesse espaço

Página 7

MATRIZES DE COMPARAÇÃO DE INDICADORES DE IMPACTOS NA QUALIDADE DOS RECURSOS HIDRICOS *

	Import. Absolut. 9	Grande Import. 7	Relativa Import. 5	Fraca Import. 3	Igual Import. 1	Fraca Import. 3	Relativa Import. 5	Grande Import. 7	Import. Absolut. 9	
Frequência de ultrapassagem dos limites dos padrões de qualidade	<input type="radio"/>	Diversidade da Fauna de peixes								
Frequência de ultrapassagem dos limites dos padrões de qualidade	<input type="radio"/>	Indicador de espécie única								
Diversidade da Fauna de peixes	<input type="radio"/>	Indicador de espécie única								

Caso não esteja satisfeito com os indicadores apresentados, você pode sugerir um novo indicador nesse espaço

Página 8

MATRIZES DE COMPARAÇÃO DE INDICADORES DE DÉFICIT DE ATENDIMENTO À POPULAÇÃO *

	Import. Absolut. 9	Grande Import. 7	Relativa Import. 5	Fraca Import. 3	Igual Import. 1	Fraca Import. 3	Relativa Import. 5	Grande Import. 7	Import. Absolut. 9	
Percentual da área atendida pelo sistema	<input checked="" type="radio"/>	Extensão da cobertura do sistema de manejo de águas pluviais								
Percentual da área atendida pelo sistema	<input type="radio"/>	Percentual de atendimento urbano de águas pluviais								
Extensão da cobertura do sistema de manejo de águas pluviais	<input checked="" type="radio"/>	Percentual de atendimento urbano de águas pluviais								

Caso não esteja satisfeito com os indicadores apresentados, você pode sugerir um novo indicador nesse espaço

MATRIZES DE COMPARAÇÃO DE INDICADORES DE OCUPAÇÃO DE ÁREAS DE RISCOS DE INUNDAÇÕES E/OU ESCORREGAMENTOS *

	Import. Absolut. 9	Grande Import. 7	Relativa Import. 5	Fraca Import. 3	Igual Import. 1	Fraca Import. 3	Relativa Import. 5	Grande Import. 7	Import. Absolut. 9	
Existência de Plano municipal de ação de emergência para problemas causados pela chuva	<input type="radio"/>	Extensão das áreas atingidas por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município								
Existência de Plano municipal de ação de emergência para problemas causados pela chuva	<input type="radio"/>	Extensão da área com registro de riscos de inundações e deslizamentos ocupadas no Município								
Existência de Plano municipal de ação de emergência para problemas causados pela chuva	<input type="radio"/>	Percentual de famílias atingidas (desalojadas / feridos/ mortos) por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município								
Extensão das áreas atingidas por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município	<input type="radio"/>	Extensão da área com registro de riscos de inundações e deslizamentos ocupadas no Município								
Extensão das áreas atingidas por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município	<input type="radio"/>	Percentual de famílias atingidas (desalojadas / feridos/ mortos) por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município								
Extensão da área com registro de riscos de inundações e deslizamentos ocupadas no Município	<input type="radio"/>	Percentual de famílias atingidas (desalojadas / feridos/ mortos) por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município								

Caso não esteja satisfeito com os indicadores apresentados, você pode sugerir um novo indicador nesse espaço

Página 10

MATRIZES DE COMPARAÇÃO DE INDICADORES DE DEFICIÊNCIA ORÇAMENTÁRIA DO SISTEMA DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS (SAP) *

	Import. Absolut. 9	Grande Import. 7	Relativa Import. 5	Fraca Import. 3	Igual Import. 1	Fraca Import. 3	Relativa Import. 5	Grande Import. 7	Import. Absolut. 9	
Existência de orçamento próprio (Autossuficiência financeira)	<input checked="" type="radio"/>	Efetividade do orçamento utilizada no SAP								
Existência de orçamento próprio (Autossuficiência financeira)	<input type="radio"/>	Investimento per capita em drenagem urbana								
Efetividade do orçamento utilizada no SAP	<input checked="" type="radio"/>	Investimento per capita em drenagem urbana								

Caso não esteja satisfeito com os indicadores apresentados, você pode sugerir um novo indicador nesse espaço

Página 11

MATRIZES DE COMPARAÇÃO DE INDICADORES DE CUSTOS GERADOS POR DEFICIÊNCIAS NO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS *

	Import. Absolut. 9	Grande Import. 7	Relativa Import. 5	Fraca Import. 3	Igual Import. 1	Fraca Import. 3	Relativa Import. 5	Grande Import. 7	Import. Absolut. 9	
Redução da arrecadação devido a interrupção dos serviços e do fluxo de mercadorias	<input checked="" type="radio"/>	Valor do investimento para recuperação das perdas materiais provenientes de inundações e deslizamentos								
Redução da arrecadação devido a interrupção dos serviços e do fluxo de mercadorias	<input type="radio"/>	Estimativa da perda da produção em decorrência das chuvas								
Valor do investimento para recuperação das perdas materiais provenientes de inundações e deslizamentos	<input checked="" type="radio"/>	Estimativa da perda da produção em decorrência das chuvas								

Caso não esteja satisfeito com os indicadores apresentados, você pode sugerir um novo indicador nesse espaço

Página 12

MATRIZES DE COMPARAÇÃO DE INDICADORES DE DEFICIÊNCIA NA PARTICIPAÇÃO PÚBLICA *

	Import. Absolut. 9	Grande Import. 7	Relativa Import. 5	Fraca Import. 3	Igual Import. 1	Fraca Import. 3	Relativa Import. 5	Grande Import. 7	Import. Absolut. 9	
Existência de mecanismos avaliação sistemática pelo usuário da qualidade dos serviços de SAP	<input checked="" type="radio"/>	Existência de reuniões regulares entre os gestores e a população para discussão de problemas relacionados ao SAP								
Existência de mecanismos avaliação sistemática pelo usuário da qualidade dos serviços de SAP	<input type="radio"/>	Existência de conselhos municipais de participação pública relacionados ao manejo de águas pluviais								
Existência de mecanismos avaliação sistemática pelo usuário da qualidade dos serviços de SAP	<input checked="" type="radio"/>	Existência de envolvimento do público no monitoramento								
Existência de reuniões regulares entre os gestores e a população para discussão de problemas relacionados ao SAP	<input type="radio"/>	Existência de conselhos municipais de participação pública relacionados ao manejo de águas pluviais								
Existência de reuniões regulares entre os gestores e a população para discussão de problemas relacionados ao SAP	<input checked="" type="radio"/>	Existência de envolvimento do público no monitoramento								
Existência de conselhos municipais de participação pública relacionados ao manejo de águas pluviais	<input type="radio"/>	Existência de envolvimento do público no monitoramento								

Caso não esteja satisfeito com os indicadores apresentados, você pode sugerir um novo indicador nesse espaço

Página 13

MATRIZES DE COMPARAÇÃO DE INDICADORES DE DEFICIÊNCIA NA NORMATIZAÇÃO *

	Import. Absolut. 9	Grande Import. 7	Relativa Import. 5	Fraca Import. 3	Igual Import. 1	Fraca Import. 3	Relativa Import. 5	Grande Import. 7	Import. Absolut. 9	
Existência de legislação municipal com exigências controle de destinação final de águas pluviais	<input checked="" type="radio"/>	Existência de Plano Diretor de Manejo de águas pluviais Urbana regulamentado								

Caso não esteja satisfeito com os indicadores apresentados, você pode sugerir um novo indicador nesse espaço

Página 14

MATRIZES DE COMPARAÇÃO DE INDICADORES DE DEFICIÊNCIA NA INTEGRAÇÃO INTERNA PARA GESTÃO DO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS *

	Import. Absolut. 9	Grande Import. 7	Relativa Import. 5	Fraca Import. 3	Igual Import. 1	Fraca Import. 3	Relativa Import. 5	Grande Import. 7	Import. Absolut. 9
Existência de ações periódicas de integração entre setores de gestão urbana e equipes de manutenção e monitoramento	○	○	○	○	○	○	○	○	Existência de instrumentos para padronização de projetos viários e que reduzam a interferência no manejo de águas pluviais (Padrões para pavimentação, Manuais com requisitos para manejo das águas pluviais)

Caso não esteja satisfeito com os indicadores apresentados, você pode sugerir um novo indicador nesse espaço

Página 15

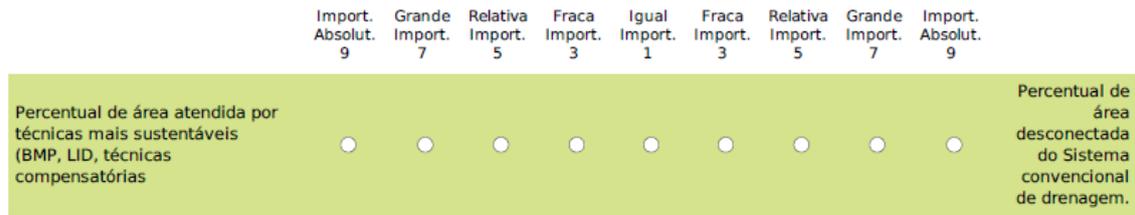
MATRIZES DE COMPARAÇÃO DE INDICADORES DE DEFICIÊNCIA NA ARTICULAÇÃO INTERMUNICIPAL DO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS *

	Import. Absolut. 9	Grande Import. 7	Relativa Import. 5	Fraca Import. 3	Igual Import. 1	Fraca Import. 3	Relativa Import. 5	Grande Import. 7	Import. Absolut. 9
Existência de programas de manejo de águas pluviais intermunicipais	○	○	○	○	○	○	○	○	Existência de reuniões periódicas intermunicipais relacionados ao manejo de água pluviais

Caso não esteja satisfeito com os indicadores apresentados, você pode sugerir um novo indicador nesse espaço

Página 16

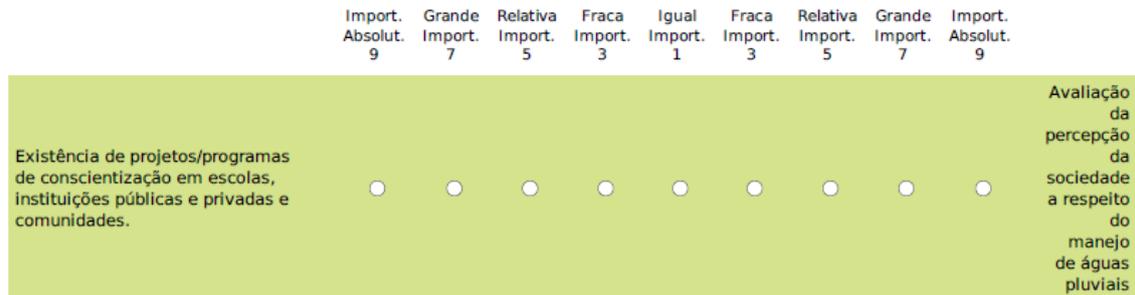
MATRIZES DE COMPARAÇÃO DE INDICADORES DE DEFICIÊNCIA NAS CONCEPÇÕES DE SAP QUE ALTERAM SIGNIFICATIVAMENTE O CICLO HIDROLÓGICO ORIGINAL *



Caso não esteja satisfeito com os indicadores apresentados, você pode sugerir um novo indicador nesse espaço

Página 17

MATRIZES DE COMPARAÇÃO DE INDICADORES DE DEFICIÊNCIA NAS EDUCAÇÃO DA SOCIEDADE PARA O MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS *



Caso não esteja satisfeito com os indicadores apresentados, você pode sugerir um novo indicador nesse espaço

Página 18

MATRIZES DE COMPARAÇÃO DE INDICADORES DE LANÇAMENTO E CONTROLE INADEQUADOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS *

	Import. Absolut. 9	Grande Import. 7	Relativa Import. 5	Fraca Import. 3	Igual Import. 1	Fraca Import. 3	Relativa Import. 5	Grande Import. 7	Import. Absolut. 9	
Percentual dos resíduos que não são encaminhados para a disposição final com possibilidade de assorear canais e dutos	<input type="radio"/>	Quantidade de lançamentos de RSU próximos a canais e córregos								
Percentual dos resíduos que não são encaminhados para a disposição final com possibilidade de assorear canais e dutos	<input type="radio"/>	Volumes de resíduos causadores de obstrução de canais e dutos								
Quantidade de lançamentos de RSU próximos a canais e córregos	<input type="radio"/>	Volumes de resíduos causadores de obstrução de canais e dutos								

Caso não esteja satisfeito com os indicadores apresentados, você pode sugerir um novo indicador nesse espaço

Página 19

MATRIZES DE COMPARAÇÃO DE INDICADORES DE DEFICIÊNCIA NA CAPACITAÇÃO TÉCNICA *

	Import. Absolut. 9	Grande Import. 7	Relativa Import. 5	Fraca Import. 3	Igual Import. 1	Fraca Import. 3	Relativa Import. 5	Grande Import. 7	Import. Absolut. 9	
Existência de cursos de especialização, treinamento e capacitação de técnicos.	<input type="radio"/>	Percentual de profissionais enviados periodicamente à capacitação profissional								

Caso não esteja satisfeito com os indicadores apresentados, você pode sugerir um novo indicador nesse espaço

Página 20

MATRIZES DE COMPARAÇÃO DE INDICADORES DE DEFICIÊNCIA NA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE SAP *

	Import. Absolut. 9	Grande Import. 7	Relativa Import. 5	Fraca Import. 3	Igual Import. 1	Fraca Import. 3	Relativa Import. 5	Grande Import. 7	Import. Absolut. 9	
Existência de falhas, imprecisões em projetos básicos	<input type="radio"/>	Existência de trabalhadores capacitados com atuação em projetos de SAP								

Caso não esteja satisfeito com os indicadores apresentados, você pode sugerir um novo indicador nesse espaço

Página 21

MATRIZES DE COMPARAÇÃO DE INDICADORES DE DEFICIÊNCIA NA EXECUÇÃO DE PROJETOS E OBRAS DO SAP *

	Import. Absolut. 9	Grande Import. 7	Relativa Import. 5	Fraca Import. 3	Igual Import. 1	Fraca Import. 3	Relativa Import. 5	Grande Import. 7	Import. Absolut. 9	
Extensão de canais e galerias com interferências de outros sistemas da infraestrutura urbana	<input type="radio"/>	Existência de trabalhadores capacitados com atuação no manejo de águas pluviais								

Caso não esteja satisfeito com os indicadores apresentados, você pode sugerir um novo indicador nesse espaço

Página 22

MATRIZES DE COMPARAÇÃO DE INDICADORES DE DEFICIÊNCIA NA MANUTENÇÃO DO SAP *

	Import. Absolut. 9	Grande Import. 7	Relativa Import. 5	Fraca Import. 3	Igual Import. 1	Fraca Import. 3	Relativa Import. 5	Grande Import. 7	Import. Absolut. 9	
Frequência de rompimentos anuais de canais e dutos e entupimentos de córregos por falta de manutenção	<input type="radio"/>	Existência de plano de manutenção preventiva dos canais								
Frequência de rompimentos anuais de canais e dutos e entupimentos de córregos por falta de manutenção	<input type="radio"/>	Frequência de execução do plano de manutenção preventiva								
Frequência de rompimentos anuais de canais e dutos e entupimentos de córregos por falta de manutenção	<input type="radio"/>	Frequência de redução do fluxo por entupimento do canal devido à falta de manutenção								
Existência de plano de manutenção preventiva dos canais	<input type="radio"/>	Existência de conselhos municipais de participação pública relacionados ao manejo de águas pluviais								
Existência de plano de manutenção preventiva dos canais	<input type="radio"/>	Frequência de redução do fluxo por entupimento do canal devido à falta de manutenção								
Frequência de execução do plano de manutenção preventiva	<input type="radio"/>	Frequência de redução do fluxo por entupimento do canal devido à falta de manutenção								

Caso não esteja satisfeito com os indicadores apresentados, você pode sugerir um novo indicador nesse espaço

Página 23

Gostaria desde já agradecer por vossa participação em nosso trabalho de doutorado junto ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana.
 O resultado dessas informações estarão disponíveis em breve.
 Obrigado
 Sidnei Pereira da Silva

Apêndice B

Relação de possíveis indicadores pré-selecionados

Indicadores de sustentabilidade urbana direcionados ao manejo de águas pluviais.

Indicador	Medição	Fonte
1. Existência de Plano Diretor de Drenagem Urbana ou Manejo de águas Pluviais. (está regulamentado?)	s/n	Seade D101
2. Implantação dos programas de drenagem	Valor investido (R\$) ou %	SMDU
3. Existência de diretrizes relativas à drenagem urbana no Plano diretor (está regulamentado?)	s/n	Seade D102
4. Existência de Plano Municipal de Saneamento com ações relativas à drenagem urbana	s/n	Seade D103
5. Existência de instrumentos legais para minimizar os efeitos da impermeabilização do solo (Código de Obras, Código de Posturas, Leis de parcelamento do solo) e preservação das áreas de recarga.	s/n	Seade D104A,B e C D109
6. Existência de Leis municipais com exigências de soluções técnicas para águas pluviais para implantação em loteamentos ou novas construções	s/n	Seade D105 D106
7. Existência de programas ou ações de regularização fundiária em áreas de loteamentos irregulares e em áreas de risco	s/n	Seade D107
8. Existência de instrumentos para padronização de projetos viários e drenagem águas pluviais (Padrões para pavimentação, Manuais com requisitos para manejo e drenagem das águas pluviais)	s/n	Seade D108A, B, C, D
9. Existência de registro de despesas e controle de custos de drenagem urbana no município	s/n	Seade D302; D303
10. Existência de legislação que prevê a cobrança específica para o manejo de águas pluviais e de implantação de subsídios em tributos ou municipais para estimular a reserva de área permeável nos lotes ou loteamentos	s/n	Seade D110; D111
11. Existência de cadastro da rede de drenagem urbana do município.	s/n	Seade D306
a. Periodicidade da atualização do cadastro da rede de drenagem urbana	Tempo/ano	
b. Georreferenciado?	s/n	
12. Existência de mapeamento das áreas de do município com riscos de inundações e deslizamentos	s/n	Seade D311

13. Existência de Plano municipal de ação de emergência para problemas causados pela chuva	s/n	Seade D312
14. Existência de algum tipo de registro dos alagamentos que ocorrem no Município	s/n	Seade D313
15. Extensão total das áreas alagadas	Km ² /área do município	Seade D314C
16. Quantidade de domicílios atingidos por alagamento	Número de domicílios/	Seade D314D
17. Existência de algum tipo de registro das inundações que ocorrem no Município	s/n	Seade D315
18. Aumento da frequência de inundações	Número de alagamento ou inundações/a no	CWP
19. Extensão de ruas destruídas ou obstruídas por inundações	Km ² /área do município	Seade D3116C
20. Quantidade de domicílios atingidos por inundações	Número de domicílios/	Seade D316E
21. Número de famílias desalojadas por inundações	Numero de habitantes atingidos	Seade D316F
22. Número de feridos ou acidentados por inundações	Numero de habitantes atingidos	Seade D316G
23. Número de mortos por inundações	Numero de habitantes atingidos	Seade D316H
24. Proporção de ruas sujeitas a inundações provocadas por drenagem inadequada	%	SMDU/SP
25. Existência de algum tipo de registro dos deslizamentos e/ou escorregamentos que ocorrem no Município	s/n	Seade D317
26. Extensão de ruas destruídas ou obstruídas por deslizamentos e/ou escorregamentos	Km ² /área do município	Seade D318C
27. Quantidade de domicílios atingidos por deslizamentos e/ou escorregamentos	Número de domicílios atingidos /número total de habitações	Seade D318D
28. Número de famílias desalojadas por deslizamentos e/ou escorregamentos	Numero de habitantes atingidos	Seade D318E
29. Número de feridos ou acidentados por deslizamentos e/ou escorregamentos	Numero de habitantes atingidos	Seade D318F

30. Número de mortos por deslizamentos e/ou escorregamentos	Numero de habitantes atingidos	Seade D318G
31. Autossuficiência financeira com a coleta de águas pluviais	%	SMDU/SP
32. Índice de produtividade da força de trabalho com atuação no sistema de drenagem e manejo de águas pluviais	Empregados/habitante	SMDU/SP
33. Existência de capacitação profissional promovido pela Prefeitura para as equipes operacionais	s/n	Seade D305
34. Existência de Cursos de especialização, treinamento e capacitação de técnicos.	Nº de cursos/ano	SMDU/SP
35. Abrangência da Cobertura do sistema de drenagem total (superficial e subterrânea)	%	SMDU/SP
36. Proporção de área construída ou impermeabilizada	%	SMDU/SP; CWP
37. Taxa de incremento de vazões máximas	%	SMDU/SP; CWP
38. Ocorrência de aumento das vazões a jusante	Nº ocorrência/ano	Castro, 2002
39. Nível de áreas verdes urbanas	M ² /habitante	SMDU/SP
40. Existência de Participação da população em consultas e audiências públicas, encontros técnicos e oficinas de trabalho sobre o plano de drenagem.	Participantes /segmento	SMDU/SP
41. Envolvimento do público e monitoramento	s/n	CWP
42. Percepção/avaliação do usuário sobre a qualidade dos serviços de drenagem	Ocorrências/ano	SMDU/SP CWP
43. Realização de pesquisas de opinião pública	s/n	CWP
44. Investimento per capita em drenagem urbana	R\$/habitante	SMDU/SP
45. Quantidade de Limpeza e desobstrução de galerias, canais, bocas de lobo e reservatórios	%	SMDU/SP
46. Existência de Estações de monitoramento quantitativo e qualitativo	Nº de estações/km	SMDU/SP
47. Proporção de vias atendidas por varrição ao menos 2 vezes por semana	%	SMDU/SP
48. Existência de canais e galerias com interferências de outros sistemas da infraestrutura urbana	Obstruções/km	SMDU/SP
49. Implantação de medidas estruturais sustentáveis	R\$	SMDU/SP
50. Incidência de leptospirose	%	SMDU/SP
51. Incidência de proliferação de mosquitos nocivos (dengue)	%	SMDU/SP
52. Criação e preservação de habitats (revitalização) antes e após a implantação do sistema de drenagem	s/n	Castro, 2002
53. Existência de impactos paisagísticos após a implantação do projeto	s/n	Castro, 2002

54. Ocorrência de impactos nas águas superficiais	Nº de ocorrência/ano	Castro, 2002
55. Existência de impactos nas águas subterrâneas	s/n	Castro, 2002
56. Necessidade de desapropriações de terras	Nº de ocorrência/ano	Castro, 2002
57. Variação na taxa de retorno	Tempo de retorno existente/tempo de retorno desejável	Castro, 2002
58. Monitoramento dos poluentes constituintes da água	s/n	CWP
59. Frequência de ultrapassagem dos limites dos padrões de qualidade	Nº de ultrapassagem/ano	CWP
60. Nº de ligações cruzadas ilegais identificadas / corrigidas	Nº de ligações ilegais/número total	CWP
61. Licenciamentos e conformidade	Nº de	CWP
62. Monitoramento do desempenho das BMP (Best Management Practice)	s/n	CWP
63. Avaliação da Densidade habitacional	Unidade/Km ²	CWP
64. Avaliação da Densidade Populacional	Nº de habitantes/m ²	CWP
65. Uso do solo urbano	%	CWP

CWP – Centro de Proteção a Bacias Hidrográficas – EPA (EUA)

SMDU – Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano de São Paulo

SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados

Apêndice C

Correlação entre indicadores e Princípios

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE URBANA DIRECIONADOS AO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS.			
CWP – Centro de Proteção a Bacias Hidrográficas – EPA (EUA)			
SMDU – Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano de São Paulo			
SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados			
Indicadores Encontrados	Medição	Fonte	Princípios Atendidos
1. Existência de Plano Diretor de Drenagem Urbana ou Manejo de águas Pluviais. (Está regulamentado?)	s/n	Seade D101	I; II
2. Implantação dos programas de drenagem	Valor investido (R\$) ou %	SMDU	I; II
3. Existência de diretrizes relativas à drenagem urbana no Plano diretor (está regulamentado?)	s/n	Seade D102	I; II
4. Existência de Plano Municipal de Saneamento com ações relativas à drenagem urbana	s/n	Seade D103	III; V
5. Existência de instrumentos legais para minimizar os efeitos da impermeabilização do solo (Código de Obras, Código de Posturas, Leis de parcelamento do solo) e preservação das áreas de recarga.	s/n	Seade D104A, B e C; D109	I; III; V
6. Existência de Leis municipais com exigências de soluções técnicas para águas pluviais para implantação em loteamentos ou novas construções	s/n	Seade D105 D106	I; III; V

7. Existência de programas ou ações de regularização fundiária em áreas de loteamentos irregulares e em áreas de risco	s/n	Seade D107	II; XII
8. Existência de instrumentos para padronização de projetos viários e drenagem águas pluviais (Padrões para pavimentação, Manuais com requisitos para manejo e drenagem das águas pluviais)	s/n	Seade D108A, B,C,D	III; IV
9. Existência de registro de despesas e controle de custos de drenagem urbana no município	s/n	Seade D302; D303	IV
10. Existência de legislação que prevê a cobrança específica para o manejo de águas pluviais e de implantação de subsídios em tributos ou municipais para estimular a reserva de área permeável nos lotes ou loteamentos	s/n	Seade D110; D111	XIII
11. Existência de cadastro da rede de drenagem urbana do município.	s/n	Seade D306	II, VII, XI
a. Periodicidade da atualização do cadastro da rede de drenagem urbana	Tempo/ano		
b. Georreferenciado?	s/n		
12. Existência de mapeamento das áreas de do município com riscos de inundações e deslizamentos	s/n	Seade D311	II, VII, XI
13. Existência de Plano municipal de ação de emergência para problemas causados pela chuva	s/n	Seade D312	II, VII, XI
14. Existência de algum tipo de registro dos	s/n	Seade D313	II, VII, XI

alagamentos que ocorrem no Município			
15. Extensão total das áreas alagadas	Km ² /área do município	Seade D314C	II, VII, XI
16. Quantidade de domicílios atingidos por alagamento	Número de domicílios/	Seade D314D	II, VII, XI
17. Existência de algum tipo de registro das inundações que ocorrem no Município	s/n	Seade D315	II, VII, XI
18. Aumento da frequência de inundações	Número de alagamento ou inundações/ano	CWP	VII; XI; XII
19. Extensão de ruas destruídas ou obstruídas por inundações	Km ² /área do município	Seade D3116C	VII; XI; XII
20. Quantidade de domicílios atingidos por inundações	Número de domicílios/	Seade D316E	VII, XI
21. Número de famílias desalojadas por inundações	Número de habitantes atingidos	Seade D316F	VII; XI; XII
22. Número de feridos ou acidentados por inundações	Número de habitantes atingidos	Seade D316G	VII; XI
23. Número de mortos por inundações	Número de habitantes atingidos	Seade D316H	VII; XI
24. Proporção de ruas sujeitas a inundações provocadas por drenagem inadequada	%	SMDU/SP	VII; XI; XII
25. Existência de algum tipo de registro dos deslizamentos e/ou escorregamentos que ocorrem no Município	s/n	Seade D317	VII; XI; XII
26. Extensão de ruas destruídas ou obstruídas por deslizamentos e/ou escorregamentos	Km ² /área do município	Seade D318C	XI; XII
27. Quantidade de domicílios atingidos por deslizamentos e/ou escorregamentos	Número de domicílios atingidos /número	Seade D318D	XI; XII

	total de habitações		
28. Número de famílias desalojadas por deslizamentos e/ou escorregamentos	Número de habitantes atingidos	Seade D318E	XI; XII
29. Número de feridos ou acidentados por deslizamentos e/ou escorregamentos	Número de habitantes atingidos	Seade D318F	VII; XI
30. Número de mortos por deslizamentos e/ou escorregamentos	Número de habitantes atingidos	Seade D318G	VII; XI; XII
31. Autossuficiência financeira com a coleta de águas pluviais	%	SMDU/ SP	XIII
32. Índice de produtividade da força de trabalho com atuação no sistema de drenagem e manejo de águas pluviais	Empregados /habitante	SMDU/ SP	VII; XI; XII
33. Existência de capacitação profissional promovido pela Prefeitura para as equipes operacionais	s/n	Seade D305	X
34. Existência de Cursos de especialização, treinamento e capacitação de técnicos.	Nº de cursos/ano	SMDU/ SP	X
35. Abrangência da Cobertura do sistema de drenagem total (superficial e subterrânea)	%	SMDU/ SP	XI; XII
36. Proporção de área construída ou impermeabilizada	%	SMDU/ SP; CWP	XI, XII
37. Taxa de incremento de vazões máximas	%	SMDU/ SP; CWP	XI, XII
38. Ocorrência de aumento das vazões a jusante	Nº ocorrência/ano	Castro, 2002	XI, XII
39. Nível de áreas verdes urbanas	M ² /habitante	SMDU/ SP	VII; XI
40. Existência de Participação da população em consultas e audiências públicas,	Participantes /segmento	SMDU/ SP	VII; XI

encontros técnicos e oficinas de trabalho sobre o plano de drenagem.			
41. Envolvimento do público e monitoramento	s/n	CWP	VII, VIII, IX, XI
42. Percepção/avaliação do usuário sobre a qualidade dos serviços de drenagem	Ocorrências /ano	SMDU/SP CWP	II, VIII, IX
43. Realização de pesquisas de opinião pública	s/n	CWP	II, VIII, IX
44. Investimento per capita em drenagem urbana	R\$/habitante	SMDU/SP	I, II
45. Quantidade de Limpeza e desobstrução de galerias, canais, bocas de lobo e reservatórios	%	SMDU/SP	II; IV, XI
46. Existência de Estações de monitoramento quantitativo e qualitativo	Nº de estações/km	SMDU/SP	VII, X, XI, XII
47. Proporção de vias atendidas por varrição ao menos 2 vezes por semana	%	SMDU/SP	IV
48. Existência de canais e galerias com interferências de outros sistemas da infraestrutura urbana	Obstruções/km	SMDU/SP	IV, VII
49. Implantação de medidas estruturais sustentáveis	R\$	SMDU/SP	I, III, VIII, IX
50. Incidência de leptospirose	%	SMDU/SP	IV, VIII, IX
51. Incidência de proliferação de mosquitos nocivos (dengue)	%	SMDU/SP	IV, IX, IX
52. Criação e preservação de habitats (revitalização) antes e após a implantação do sistema de drenagem	s/n	Castro, 2002	II,
53. Existência de impactos paisagísticos após a implantação do projeto	s/n	Castro, 2002	II, XI
54. Ocorrência de impactos nas águas superficiais	Nº de ocorrência/ano	Castro, 2002	VII, XI
55. Existência de impactos nas águas subterrâneas	s/n	Castro, 2002	VI, VII, XI

56. Necessidade de desapropriações de terras	Nº de ocorrência/ano	Castro, 2002	XI
57. Variação na taxa de retorno	Tempo de retorno existente/tempo de retorno desejável	Castro, 2002	XI
58. Monitoramento dos poluentes constituintes da água	s/n	CWP	II, IV, VI
59. Frequência de ultrapassagem dos limites dos padrões de qualidade	Nº de ultrapassagem/ano	CWP	II; IV; VI
60. Nº de ligações cruzadas ilegais identificadas / corrigidas	Nº de ligações ilegais/número total	CWP	X, XIII
61. Licenciamentos e conformidade de obras e Projetos	Nº de	CWP	VII, X, XII
62. Monitoramento do desempenho das BMP (Best Management Practice)	s/n	CWP	IX, X, XII
63. Avaliação da Densidade Populacional	Nº de habitantes/m ²	CWP	V; VI
64. Uso do solo urbano	%	CWP	I; III; V; VI

Apêndice D

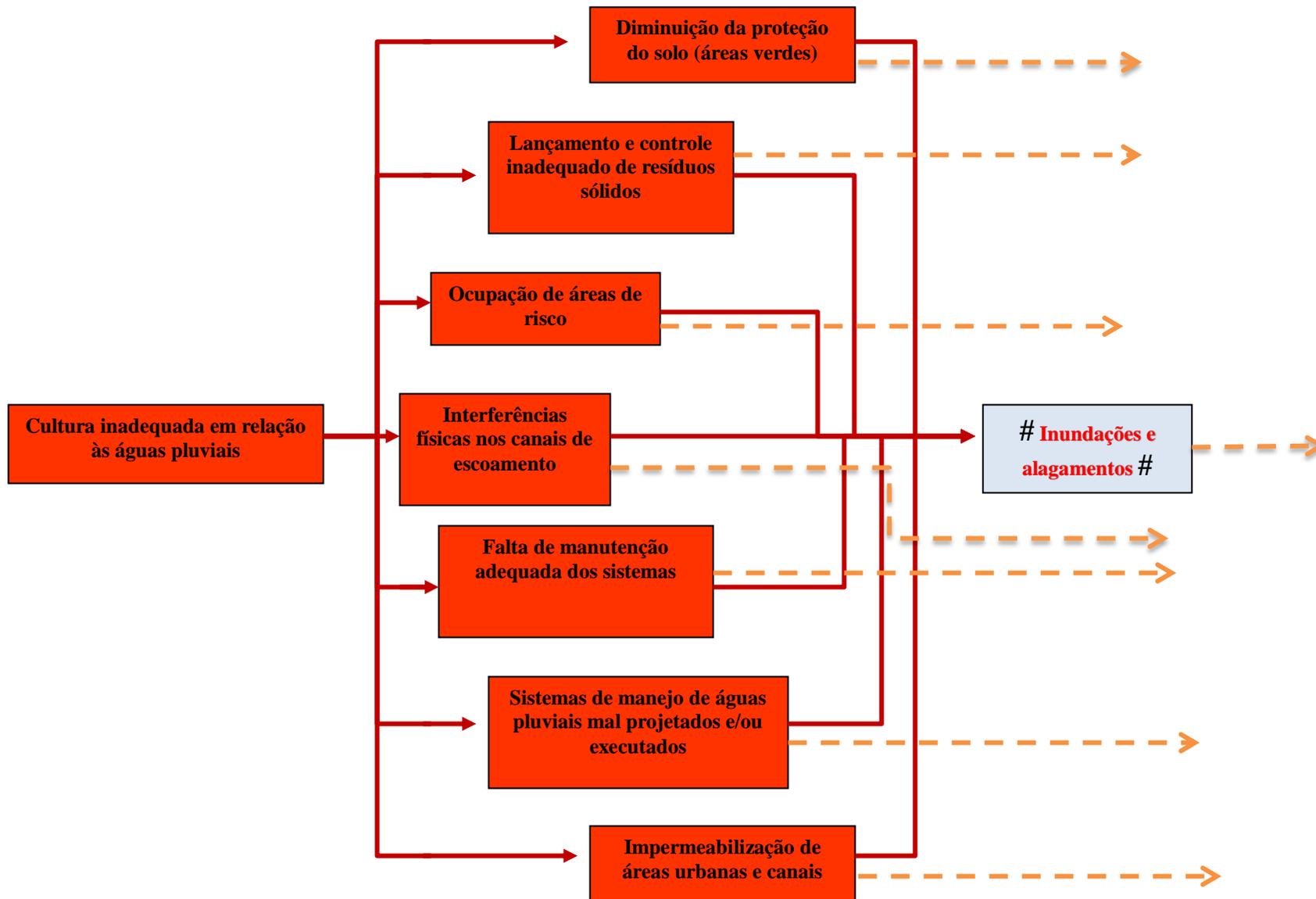
**Situações potencialmente
problemáticas relacionadas ao
manejo de águas pluviais**

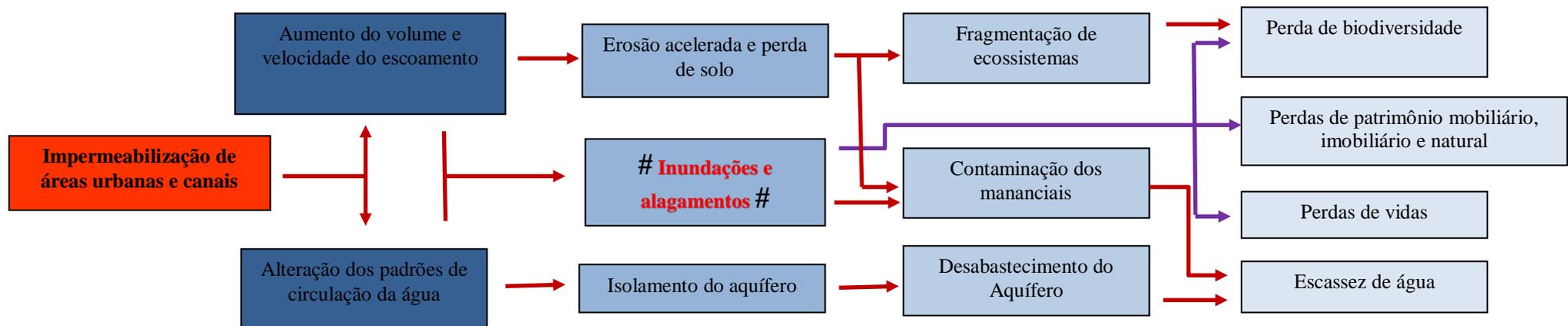
	Situações potencialmente problemáticas relacionados ao manejo de águas pluviais
1.	Escassez de água
2.	Aumento da capacidade do escoamento superficial
3.	Aumento das Vazões de cheias (máximas) devido ao aumento da capacidade de escoamento por meio de dutos e canais e impermeabilização das superfícies
4.	Incidência de doenças devido ao contato da população com águas pluviais e vetores de doenças
5.	Inundações
6.	Impermeabilização das áreas naturais
7.	Ocupação de locais de risco
8.	Ocupação desordenada da bacia
9.	Contato as águas pluviais e resíduos sólidos /contaminação (poluição difusa)
10.	Acesso público aos canais de discussão e debate
11.	Falta de equipe técnica ou na presença da mesma falta de capacitação
12.	Falta de Limpeza e manutenção da rede de drenagem
13.	Conexão ilegal com a rede de drenagem
14.	Diminuição da capacidade de infiltração
15.	Redução da capacidade hidráulica do sistema
16.	Sobrecarga da calha a jusante
17.	Exposição da população a situações de vulnerabilidade
18.	Falta de educação ambiental
19.	Falta de controle e monitoramento dos efeitos das chuvas
20.	Prejuízos econômicos causados pelas chuvas ou pelo manejo inadequado das águas pluviais
21.	Ocupação ilegal de áreas de risco
22.	Áreas alagadas e riscos à saúde pública
23.	Falta de Investimentos públicos em drenagem urbana
24.	Problemas de gestão e planejamento

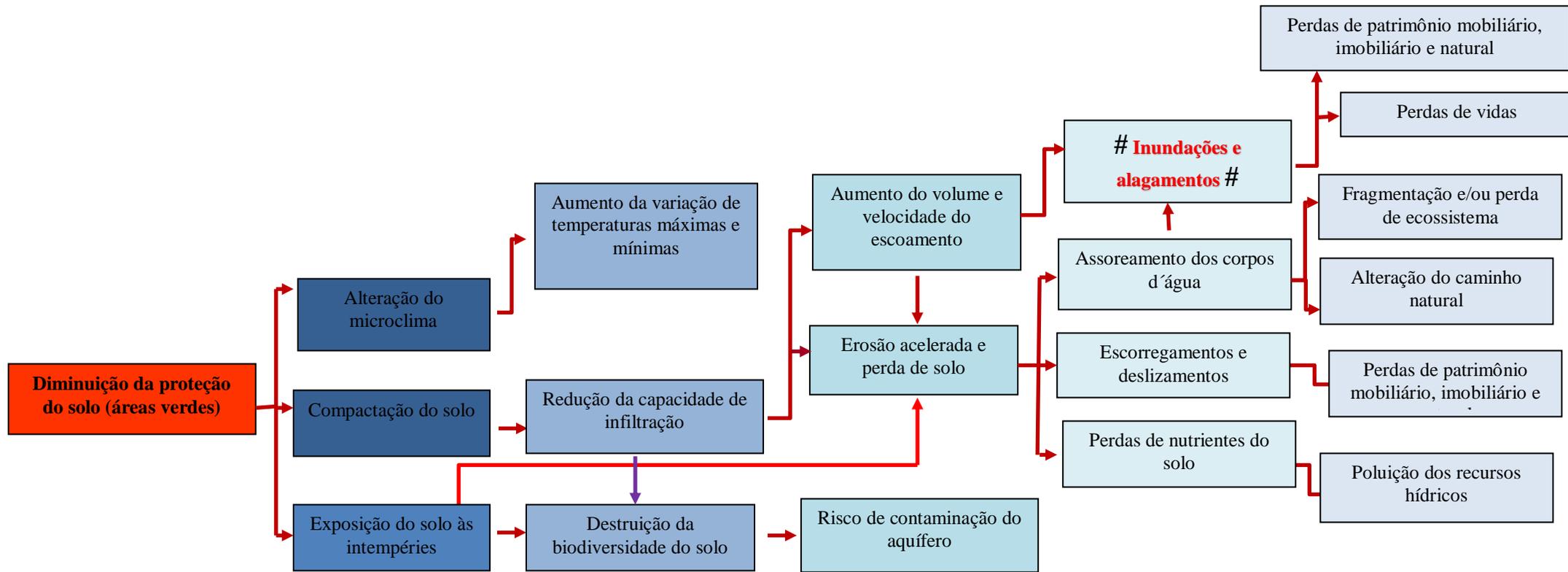
25.	Erosões e deslizamentos de encostas
26.	Inadequação tecnológica devido a carência de investimentos na formação e atualização das equipes
27.	Desconhecimento do sistema devido à falta de cadastro do sistema
28.	Inadequação dos investimentos no monitoramento hidrológico e ambiental
29.	Equipes técnicas ineficientes/inexistentes
30.	Inadequação do fluxo de recursos financeiros
31.	Desconhecimento dos processos físicos envolvidos
32.	Fragilidade do setor responsável pela drenagem (falta de autonomia e continuidade administrativa)
33.	Fragmentação e duplicação das ações relativas à drenagem (fluxo de informação inadequada)
34.	Inadequação no tratamento de questões intermunicipais (abordagem estritamente municipal dos problemas)
35.	Inadequação de questões metropolitanas (abordagem estritamente municipal dos problemas)
36.	Deficiência na estrutura jurídica (carência de normatização)
37.	Interrupção do escoamento natural
38.	Habitacões construídas em áreas de risco
39.	Sistemas implantados inadequados e problemáticos, devido a implantação do sistema de drenagem de forma fragmentada
40.	Canalização de rios e córregos com Isolamento do aquífero
41.	Favorecimento às ligações clandestinas de esgoto.
42.	Entupimento de galerias e canais.
43.	Dificuldade de identificação da fonte poluidora
44.	Pequena participação da sociedade nos processos de tomada de decisão relacionados à gestão
45.	Ocupação irregular em APP (margens, encostas, várzeas, etc.); áreas vulneráveis
46.	Aumento da produção de sedimento devido a desproteção das superfícies e assoreamento dos canais e corpos receptores
47.	Disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos

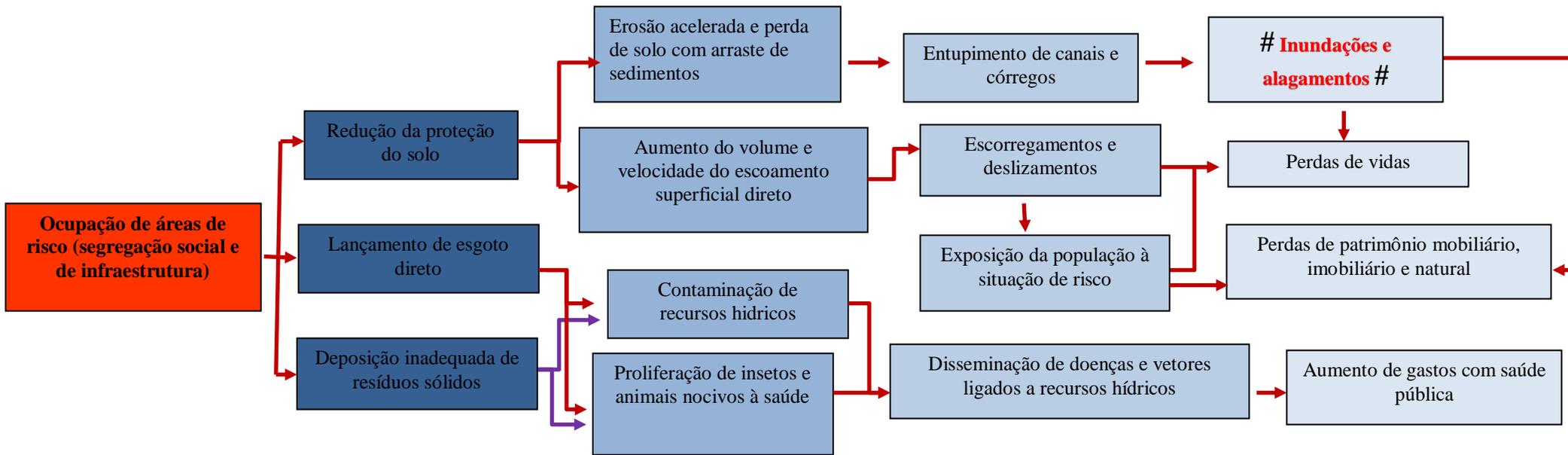
Apêndice E

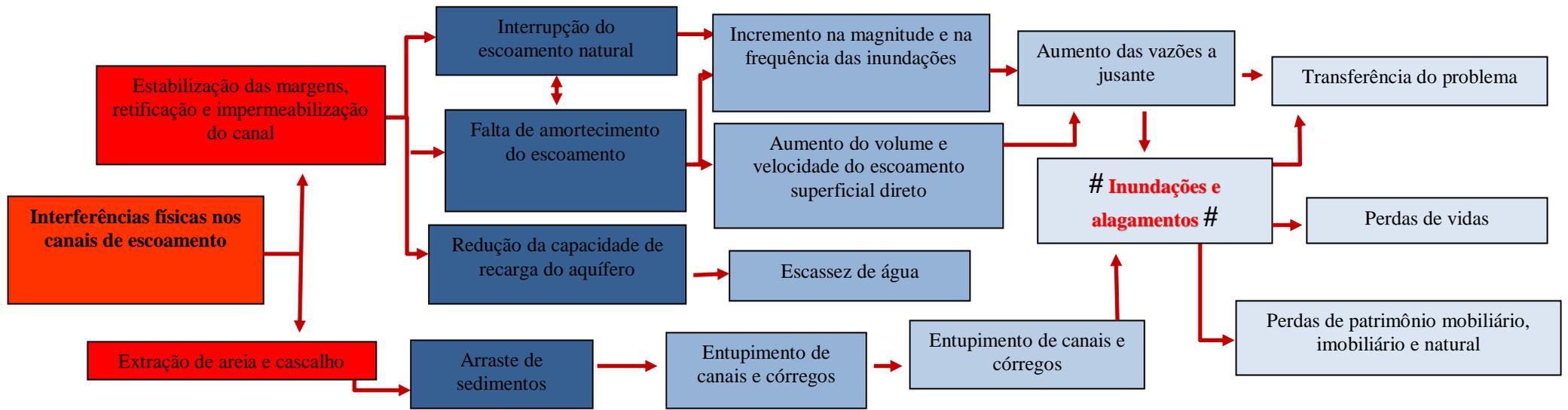
**Mapas de ações antrópicas
potencialmente problemáticas e suas
consequências diretas e indiretas**

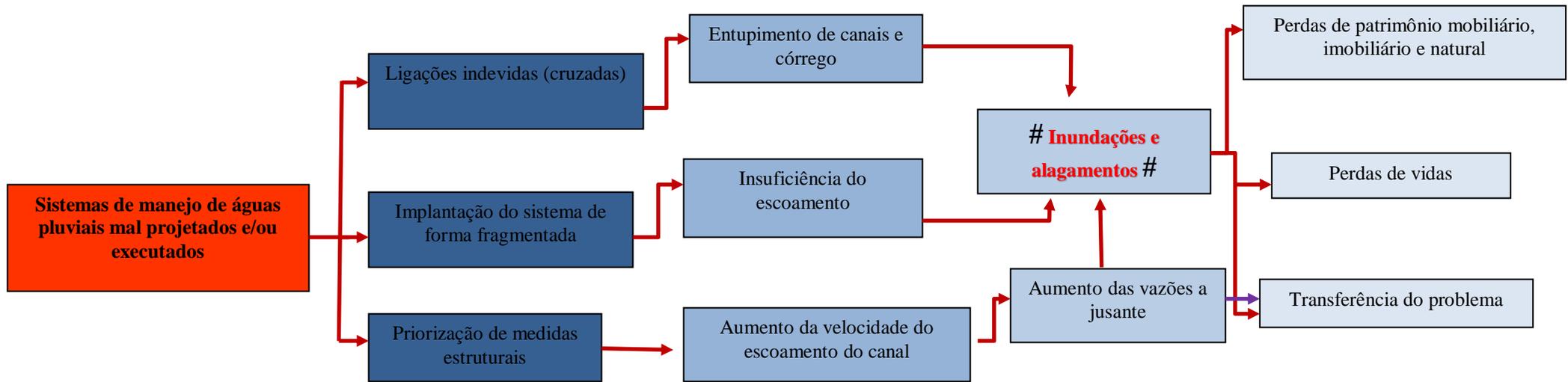


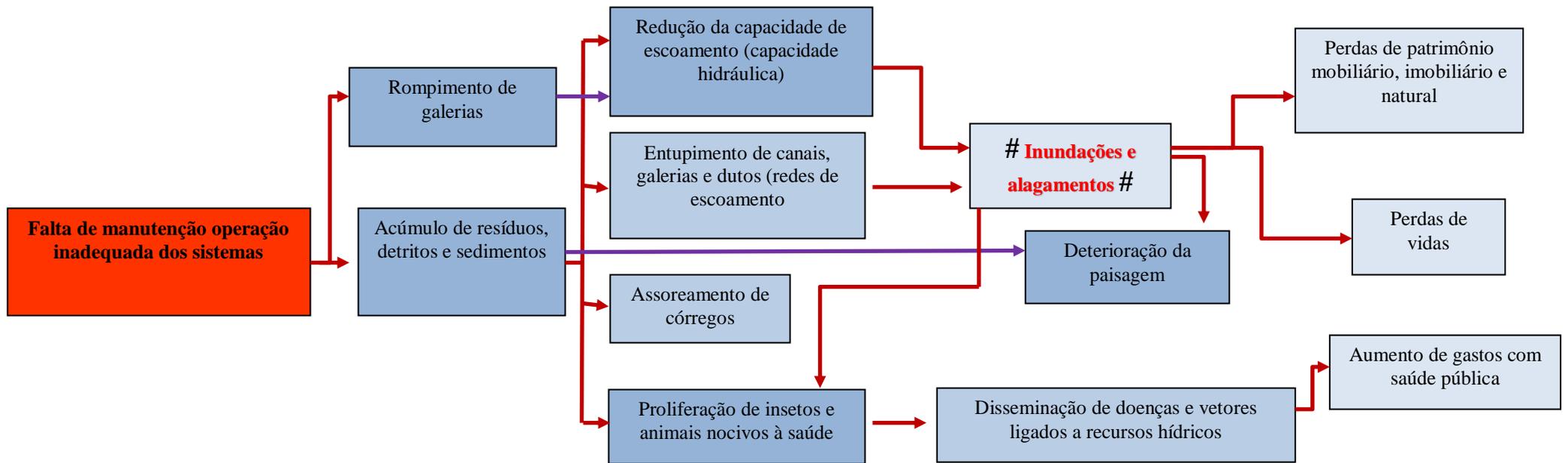


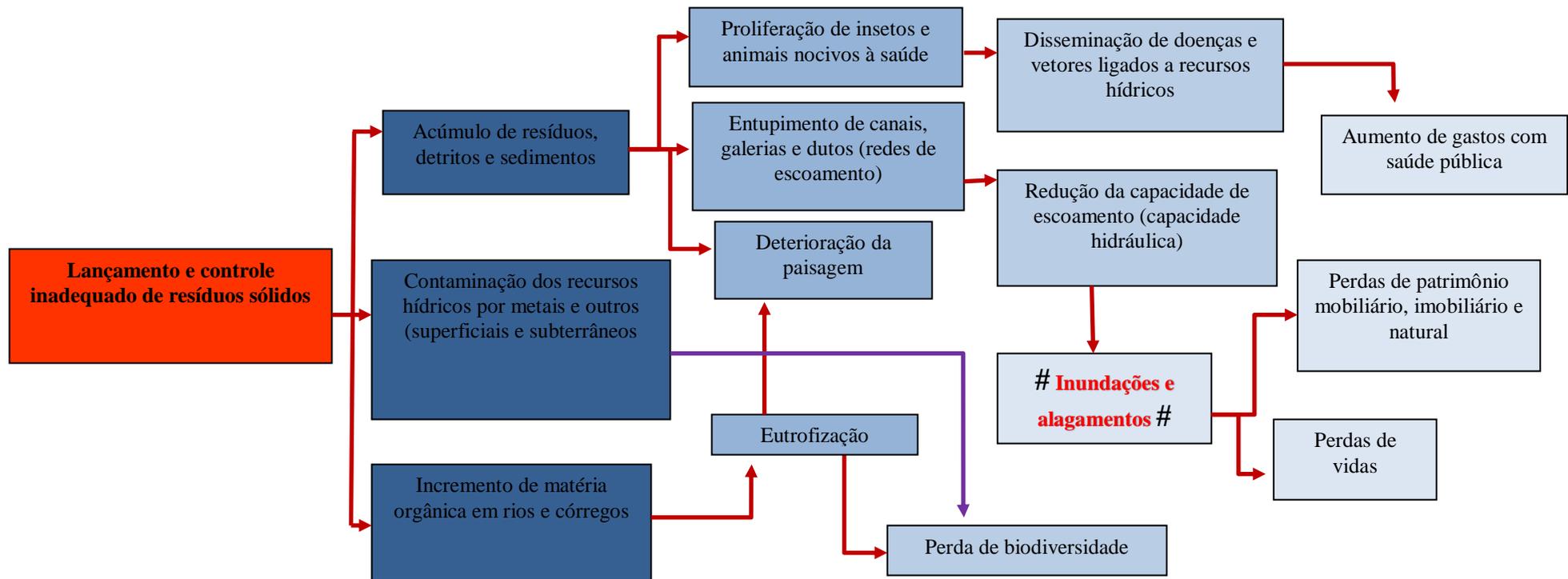


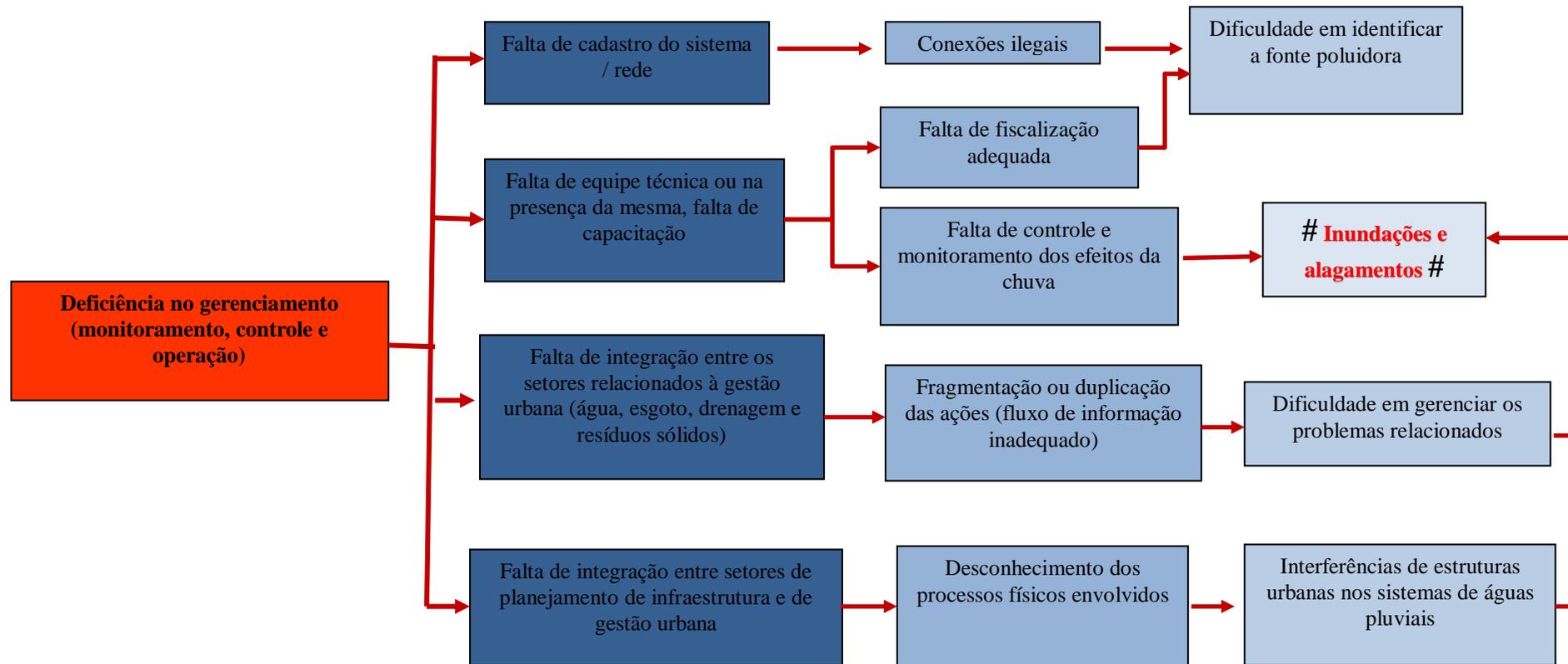


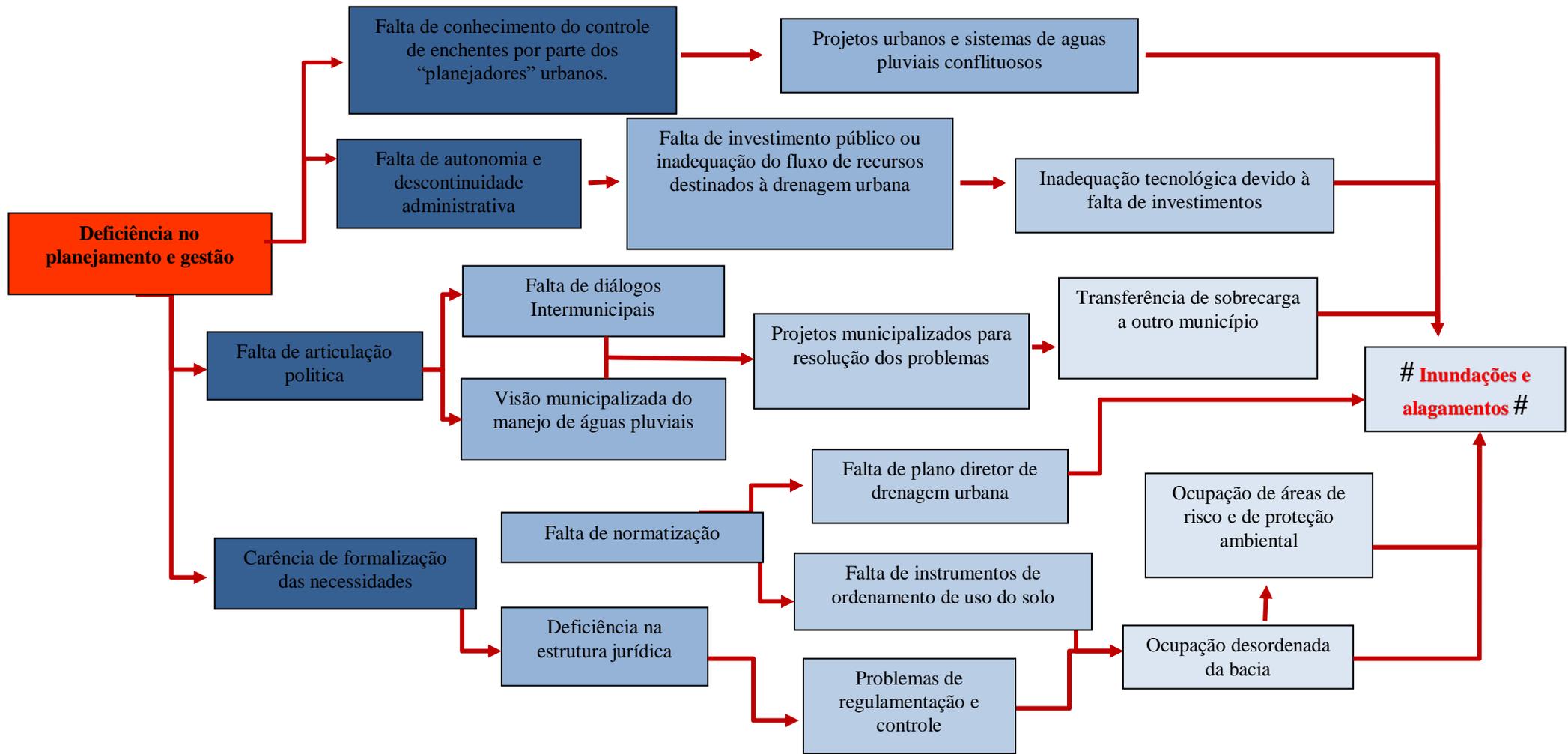


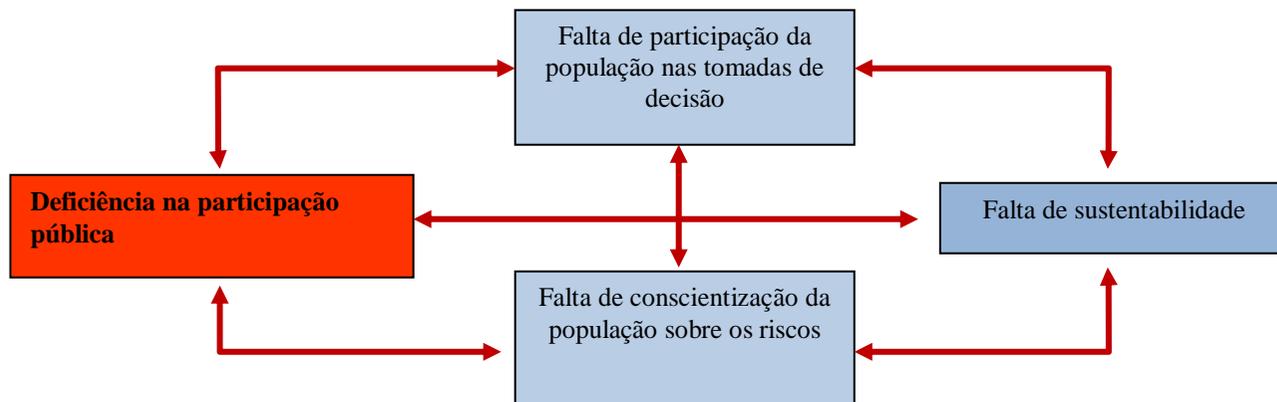












Apêndice F

Tabela 5.5. Matriz comparativa para problema de aumento da impermeabilização do solo

Aumento da Impermeabilização do solo	Varição de vazões máximas devido às chuvas	Percentual de área urbana impermeabilizada	Percentual de incremento de vazões específicas	Existência de legislação com cobrança ou subsídios para reserva de área permeável em lotes/ loteamentos	Vetor Eigen
Varição de vazões máximas devido às chuvas	1	7	3	7	0,05167 1
Percentual de área urbana impermeabilizada	1/7	1	1/3	3	0,27637 9
Percentual de incremento de vazões específicas	1/3	3	1	6	0,10984
Existência de legislação com cobrança ou subsídios para reserva de área permeável em lotes/ loteamentos	1/7	1/3	1/6	1	0,56211 1
(λMax) = 4,128161		CI=0,042720314		CR= 0,047467	

Tabela 5.6. Matriz comparativa para problema de diminuição da proteção do solo

Diminuição da proteção do solo	Percentual de expansão urbana ao longo do tempo	Percentual de áreas urbanas com cobertura vegetal.	Percentual de ocupações urbanas em Áreas de proteção ambiental	Percentual de uso de cobertura vegetal no sistema de águas pluviais	Vetor Eigen
Percentual de expansão urbana ao longo do tempo	1	6	3	5	0,064583
Percentual de áreas urbanas com cobertura vegetal.	1/6	1	1/3	1	0,41875
Percentual de ocupações urbanas em Áreas de Proteção ambiental	1/3	3	1	1	0,208333
Percentual de uso de cobertura vegetal no sistema de águas pluviais	1/5	1	1	1	0,308333
(λMax) = 4,113403		CI = 0,037800926		CR= 0,042001	

Tabela 5.7. Matriz comparativa para problema de interferências físicas nos canais de escoamento

Interferências físicas nos canais de escoamento	Taxa de assoreamento de canais pelo arraste de sedimentos	Existência de extração de areias e cascalhos instalados na bacia (regulares e irregulares)	Percentual do comprimento de canais reestruturados com revestimento, tamponamento, retificação e ampliação de calha	Vetor Eigen
Taxa de assoreamento de canais pelo arraste de sedimentos	1	1/7	3	0,07008
Existência de extração de areias e cascalhos instalados na bacia (regulares e irregulares)	7	1	7	0,65148
Percentual do comprimento de canais reestruturados com revestimento, tamponamento, retificação e ampliação de calha	1/6	1/7	1	0,27844
$(\lambda_{Max}) = 3,057866016$		$CI = 0,028933008$		$CR = 0,049884$

Tabela 5.8. Matriz comparativa para problema de impacto na qualidade dos recursos hídricos

Impacto na qualidade dos recursos hídricos	Frequência de ultrapassagem dos limites dos padrões de qualidade	Diversidade da Fauna de peixes	Indicador de espécie única	Vetor Eigen
Frequência de ultrapassagem dos limites dos padrões de qualidade	1	1/3	1/6	0,652991
Diversidade da Fauna de peixes	3	1	1/3	0,250997
Indicador de espécie única	6	3	1	0,096011
$(\lambda_{Max}) = 3,027255461$		$CI = 0,01362773$		$CR = 0,023496$

Tabela 5.9. Matriz comparativa para problema de déficit no atendimento à população

Déficit no atendimento à população	Percentual da área atendida pelo sistema	Extensão da cobertura do sistema de manejo de águas pluviais	Percentual de atendimento urbano de sistema de águas pluviais	Vetor Eigen
Percentual da área atendida pelo sistema	1	1	2	0,240909
Extensão da cobertura do sistema de manejo de águas pluviais	1	1	3	0,210606
Percentual de atendimento urbano de sistema de águas pluviais	1/2	1/3	1	0,548485
$(\lambda_{Max}) = 3,022222222$		$CI = 0,011111111$		$CR = 0,019157$

Tabela 5.10. Matriz comparativa para problema de ocupação de áreas com riscos de inundações ou de escorregamentos

Ocupação de áreas com riscos de inundações ou de escorregamentos	Existência de Plano municipal de ação de emergência para problemas causados pela chuva	Extensão das áreas atingidas por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município	Extensão da área com registro de riscos de inundações e deslizamentos ocupadas no Município	Percentual de famílias atingidas (desalojadas / feridos/ mortos) por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município	Vetor Eigen
Existência de Plano municipal de ação de emergência para problemas causados pela chuva	1	7	9	7	0,051671
Extensão das áreas atingidas por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município	1/7	1	1	1	0,276379
Extensão da área com registro de riscos de inundações e deslizamentos ocupadas no Município	1/9	1	1	3	0,10984
Percentual de famílias atingidas (desalojadas / feridos/ mortos) por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município	1/7	1	1/3	1	0,562111
$(\lambda_{Max}) = 4,248137$		$CI = 0,082712376$		$CR = 0,091903$	

Tabela 5.11. Matriz comparativa para problema de deficiência orçamentaria do sistema de águas pluviais

Deficiência orçamentaria	Existência de orçamento próprio (Autossuficiência financeira)	Efetividade do orçamento utilizada no Sistema de águas pluviais	Investimento per capita em drenagem urbana	Vetor Eigen
Existência de orçamento próprio (Autossuficiência financeira)	1	1/4	1/3	0,632749
Efetividade do orçamento utilizada no Sistema de Águas Pluviais	4	1	1	0,174854
Investimento per capita em drenagem urbana	3	1	1	0,192398
$(\lambda_{Max}) = 3,012962963$		$CI = 0,006481481$		$CR = 0,011175$

Tabela 5.12. Matriz comparativa para problema de custo gerado por deficiências no manejo de águas pluviais

Custo gerados por deficiências no manejo de águas pluviais	Redução da arrecadação devido a interrupção dos serviços e do fluxo de mercadorias	Valor do investimento para recuperação das perdas materiais provenientes de inundações e deslizamentos	Estimativa da perda mensal da produção em decorrência das chuvas	Vetor Eigen
Redução da arrecadação devido a interrupção dos serviços e do fluxo de mercadorias	1	5	1	0,138066
Valor do investimento para recuperação das perdas materiais provenientes de inundações e deslizamentos	1/5	1	1/6	0,731998
Estimativa da perda mensal da produção em decorrência das chuvas	1	6	1	0,129936
$(\lambda \text{Max}) = 3,006349206$		$CI = 0,003174603$	$CR = 0,005473$	

Tabela 5.13. Matriz comparativa para problema de deficiência na participação pública

Deficiência na participação pública	Existência de mecanismos avaliação sistemática pelo usuário da qualidade dos serviços de sistema de águas pluviais	Existência de reuniões regulares entre os gestores e a população para discussão de problemas relacionados ao sistema de águas pluviais	Existência de conselhos municipais de participação pública relacionados ao manejo de águas pluviais	Existência de envolvimento do público no monitoramento	Vetor Eigen
Existência de mecanismos avaliação sistemática pelo usuário da qualidade dos serviços de sistema de águas pluviais	1	1	3	1	0,177083
Existência de reuniões regulares entre os gestores e a população para discussão de problemas relacionados ao sistema de águas pluviais	1	1	3	1	0,177083
Existência de conselhos municipais de participação pública relacionados	1/3	1/3	1	1	0,40625

ao manejo de águas pluviais					
Existência de envolvimento do público no monitoramento	1	1	1	1	0,239583
$(\lambda_{Max}) = 4,166667$		$CI = 0,055555556$		$CR = 0,061728$	

Tabela 5.14. Matriz comparativa para problema de lançamento e controle inadequados de resíduos sólidos

Lançamento e Controle Inadequados de Resíduos Sólidos	Percentual dos resíduos que não são encaminhados para a disposição final com possibilidade de assorear canais e dutos	Quantidade de lançamentos de RSU próximos a canais e córregos	Volumes de resíduos causadores de obstrução de canais e dutos	Vetor Eigen
Percentual dos resíduos que não são encaminhados para a disposição final com possibilidade de assorear canais e dutos	1	2	3	0,169841
Quantidade de lançamentos de RSU próximos a canais e córregos	1/2	1	1	0,387302
Volumes de resíduos causadores de obstrução de canais e dutos	1/3	1	1	0,442857
$(\lambda_{Max}) = 3,020634921$		$CI = 0,01031746$		$CR = 0,017789$

Tabela 5.15. Matriz comparativa para problema de deficiência na manutenção dos sistemas de águas pluviais

Deficiência na manutenção do Sistemas de águas pluviais	Frequência de rompimentos anuais de canais e dutos e entupimentos de córregos por falta de manutenção	Existência de plano de manutenção preventiva dos canais	Frequência de execução do plano de manutenção preventiva	Frequência de redução do fluxo por entupimento do canal devido à falta de manutenção	Vetor Eigen
Frequência de rompimentos anuais de canais e dutos e entupimentos de córregos por falta de manutenção	1	1/6	1/3	1	0,402906
Existência de plano de manutenção preventiva dos canais	6	1	7	5	0,052394
Frequência de execução do plano de manutenção preventiva	3	1/7	1	1	0,252175
Frequência de redução do fluxo por entupimento do canal devido à falta de manutenção	1	1/5	1	1	0,292526
$(\lambda_{Max}) = 4,235731$		$CI = 0,078576911$		$CR = 0,087308$	

Tabela 5.16. Matriz comparativa para problema de deficiência na normatização

Deficiência na normatização	Existência de legislação municipal com exigências controle de destinação final de águas pluviais	Existência de Plano Diretor de Manejo de águas pluviais Urbana regulamentado	Vetor Eigen
Existência de legislação municipal com exigências controle de destinação final de águas pluviais	1	2	0,333333
Existência de Plano Diretor de Manejo de águas pluviais Urbana regulamentado	1/2	1	0,666667
(λMax) = 2			

Tabela 5.17. Matriz comparativa para problema de deficiência na integração interna para a gestão do sistema de águas pluviais

Deficiência na integração interna para a Gestão do sistema de águas pluviais	Existência de ações periódicas de integração entre setores de gestão urbana e equipes de manutenção e monitoramento	Existência de instrumentos para padronização de projetos viários e que reduzam a interferência no manejo de águas pluviais (Padrões para pavimentação, Manuais com requisitos para manejo das águas pluviais)	Vetor Eigen
Existência de ações periódicas de integração entre setores de gestão urbana e equipes de manutenção e monitoramento	1	1/2	0,666667
Existência de instrumentos para padronização de projetos viários e que reduzam a interferência no manejo de águas pluviais (Padrões para pavimentação, Manuais com requisitos para manejo das águas pluviais)	2	1	0,333333
(λMax) = 2			

Tabela 5.18. Matriz comparativa para problema de deficiência na articulação intermunicipal

Deficiência na articulação intermunicipal	Existência de programas intermunicipais de manejo de águas pluviais	Existência de reuniões periódicas intermunicipais relacionados ao manejo de água pluviais	Vetor Eigen
Existência de programas intermunicipais de manejo de águas pluviais	1	1/4	0,8
Existência de reuniões periódicas intermunicipais relacionados ao manejo de água pluviais	4	1	0,2
(λMax) = 2			

Tabela 5.19. Matriz comparativa para problema de concepções de SAP que alteram o ciclo hidrológico original

Concepções de SAP que alteram o ciclo hidrológico original	Percentual de área atendida por técnicas mais sustentáveis (BMP, LID, técnicas compensatórias)	Percentual de área desconectada do Sistema convencional de drenagem.	Vetor Eigen
Percentual de área atendida por técnicas mais sustentáveis (BMP, LID, técnicas compensatórias)	1	1/3	0,75
Percentual de área desconectada do Sistema convencional de drenagem.	3	1	0,25
$(\lambda_{Max}) = 2$			

Tabela 5.20. Matriz comparativa para problema de deficiência na educação da sociedade para o manejo das águas pluviais

Deficiência na educação da sociedade para o manejo das águas pluviais	Existência de projetos/programas de conscientização em escolas, instituições públicas e privadas e comunidades.	Avaliação da percepção da sociedade a respeito do manejo de águas pluviais	Vetor Eigen
Existência de projetos/programas de conscientização em escolas, instituições públicas e privadas e comunidades.	1	1	0,5
Avaliação da percepção da sociedade a respeito do manejo de águas pluviais	1	1	0,5
$(\lambda_{Max}) = 2$			

Tabela 5.21. Matriz comparativa para problema de deficiência na capacitação técnica

Deficiência na capacitação técnica	Existência de cursos de especialização, treinamento e capacitação de técnicos.	Percentual de profissionais enviados periodicamente à capacitação profissional	Vetor Eigen
Existência de cursos de especialização, treinamento e capacitação de técnicos.	1	7	0,125
Percentual de profissionais enviados periodicamente à capacitação profissional	1/7	1	0,875
$(\lambda_{Max}) = 2$			

Tabela 5.22. Matriz comparativa para problema de deficiência na elaboração de projeto de sistemas de águas pluviais

Deficiências na Elaboração de projeto do sistema de águas pluviais	Existência de trabalhadores capacitados com atuação em projetos de sistemas de águas pluviais	Existência de falhas, imprecisões em projetos básicos	Vetor Eigen
Existência de trabalhadores capacitados com atuação em projetos de sistemas de águas pluviais	1	5	0,166667
Existência de falhas, imprecisões em projetos básicos	1/5	1	0,833333
$(\lambda_{Max}) = 2$			

Tabela 5.23. Matriz comparativa para problema de deficiência na execução de projetos dos sistemas de águas pluviais.

Deficiências na execução de projetos do sistema de águas pluviais	Extensão de canais e galerias com interferências de outros sistemas da infraestrutura urbana	Existência de trabalhadores capacitados com atuação no manejo de águas pluviais	Vetor Eigen
Extensão de canais e galerias com interferências de outros sistemas da infraestrutura urbana	1	5	0,166667
Existência de trabalhadores capacitados com atuação no manejo de águas pluviais	1/5	1	0,833333
$(\lambda_{Max}) = 2$			

Matrizes						
Aumento da Impermeabilização do solo	Varição de vazões máximas devido às chuvas	Percentual de área urbana impermeabilizada	Percentual de Incremento de Vazões específicas	Existência de legislação com cobrança ou subsídios para reserva de área permeável em lotes/loteamentos	Soma	
Varição de vazões máximas devido às chuvas	1	7	3	7	18,00	
Percentual de área urbana impermeabilizada	1/7	1	1/3	3	4,48	
Percentual de Incremento de Vazões específicas	1/3	3	1	6	10,33	
Existência de legislação com cobrança ou subsídios para reserva de área permeável em lotes/loteamentos	1/7	1/3	1/6	1	1,64	
Matrizes Normalizadas						
Aumento da Impermeabilização do solo	Varição de vazões máximas devido às chuvas	Percentual de área urbana impermeabilizada	Percentual de Incremento de Vazões específicas	Existência de legislação com cobrança ou subsídios para reserva de área permeável em lotes/loteamentos		
Varição de vazões máximas devido às chuvas	0,056	0,389	0,167	0,389		
Percentual de área urbana impermeabilizada	0,032	0,223	0,074	0,670		
Percentual de Incremento de Vazões específicas	0,032	0,290	0,097	0,581		
Existência de legislação com cobrança ou subsídios para reserva de área permeável em lotes/loteamentos	0,087	0,203	0,101	0,609		
Cálculo do Vetor de EIGEN					Vetor Eigen	
						%
Varição de vazões máximas devido às chuvas	0,056	0,032	0,032	0,087	0,051671	5,167126
Percentual de área urbana impermeabilizada	0,389	0,223	0,290	0,203	0,276379	27,63786
Percentual de Incremento de Vazões específicas	0,167	0,074	0,097	0,101	0,10984	10,98396
Existência de legislação com cobrança ou subsídios para reserva de área permeável em lotes/loteamentos	0,389	0,670	0,581	0,609	0,562111	56,21106
Cálculo Valor Principal Eigen ($\lambda_{\text{máx}}$)						
Vetor Eigen	0,051671259	0,276378569	0,109839555	0,50275		
Total (Soma)	18,00	4,48	10,33	1,64		

Valor Principal Eigen (λ_{Max})	0,930082659	1,237123118	1,135008737	0,825946429	4,128161
Valor Principal Eigen (λ_{Max})	[(0,051671259x 18,00)+(0,276378569x 4,48)+(0,109839555x 10,33) + (0,50275 x 1,64)] =				4,128161
CI	0,042720314				
CR	0,047467	4,74670158 %			

Matrizes

Diminuição da proteção do solo	Percentual de expansão urbana ao longo do tempo	Percentual de áreas urbanas com cobertura vegetal.	Percentual de ocupações urbanas em APPs.	Percentual de uso de cobertura vegetal no sistema de águas pluviais (SAP)	Soma
Percentual de expansão urbana ao longo do tempo	1	6	3	5	15,00
Percentual de áreas urbanas com cobertura vegetal.	1/6	1	1/3	1	2,50
Percentual de ocupações urbanas em APPs.	1/3	3	1	1	5,33
Percentual de uso de cobertura vegetal no sistema de águas pluviais (SAP)	1/5	1	1	1	3,20

Matrizes Normalizadas

Diminuição da proteção do solo	Percentual de expansão urbana ao longo do tempo	Percentual de áreas urbanas com cobertura vegetal.	Percentual de ocupações urbanas em APPs.	Percentual de uso de cobertura vegetal no sistema de águas pluviais (SAP)
Percentual de expansão urbana ao longo do tempo	0,067	0,400	0,200	0,333
Percentual de áreas urbanas com cobertura vegetal.	0,067	0,400	0,133	0,400
Percentual de ocupações urbanas em APPs.	0,063	0,563	0,188	0,188
Percentual de uso de cobertura vegetal no sistema de águas pluviais (SAP)	0,063	0,313	0,313	0,313

Cálculo do Vetor de EIGEN

Vetor Eigen

					%	
Percentual de expansão urbana ao longo do tempo	0,067	0,067	0,063	0,063	0,064583	6,458333
Percentual de áreas urbanas com cobertura vegetal.	0,400	0,400	0,563	0,313	0,41875	41,875
Percentual de ocupações urbanas em APPs.	0,200	0,133	0,188	0,313	0,208333	20,83333
Percentual de uso de cobertura vegetal no sistema de águas pluviais (SAP)	0,333	0,400	0,188	0,313	0,308333	30,83333
Vetor Eigen	0,064583333	0,41875	0,208333333	0,308333333		
Total (Soma)	15,00	2,50	5,33	3,20		
Valor Principal Eigen (λ_{Max})	0,96875	1,046875	1,111111111	0,986666667	4,113403	

Valor Principal Eigen (λ_{Max})	[(0,064583333x 15,00)+(0,41875x 2,5)+(0,208333333x 5,33) + (0,308333333x 3,2)] =			4,113403
CI	0,037800926			
CR	0,042001	4,200102881%		

Matrizes				
Interferências físicas nos canais de escoamento	Taxa de assoreamento de canais pelo arraste de sedimentos	Existência de extração de areias e cascalhos instalados na bacia (regulares e irregulares)	Percentual do comprimento de canais reestruturados com revestimento, tamponamento, retificação e ampliação de calha	Soma
Taxa de assoreamento de canais pelo arraste de sedimentos	1	1/7	3	4,14
Existência de extração de areias e cascalhos instalados na bacia (regulares e irregulares)	7	1	7	15,00
Percentual do comprimento de canais reestruturados com revestimento, tamponamento, retificação e ampliação de calha	1/6	1/7	1	1,31

Matrizes Normalizadas			
Interferências físicas nos canais de escoamento	Taxa de assoreamento de canais pelo arraste de sedimentos	Existência de extração de areias e cascalhos instalados na bacia (regulares e irregulares)	Percentual do comprimento de canais reestruturados com revestimento, tamponamento, retificação e ampliação de calha
Taxa de assoreamento de canais pelo arraste de sedimentos	0,241	0,034	0,724
Existência de extração de areias e cascalhos instalados na bacia (regulares e irregulares)	0,467	0,067	0,467
Percentual do comprimento de canais reestruturados com revestimento, tamponamento, retificação e ampliação de calha	0,127	0,109	0,764

Cálculo do Vetor de EIGEN				Vetor Eigen	
					%
Taxa de assoreamento de canais pelo arraste de sedimentos	0,241	0,467	0,127	0,27844	27,84396
Existência de extração de areias e cascalhos instalados na bacia (regulares e irregulares)	0,034	0,067	0,109	0,07008	7,008011
Percentual do comprimento de canais reestruturados com revestimento, tamponamento, retificação e ampliação de calha	0,724	0,467	0,764	0,65148	65,14803

Cálculo Valor Principal Eigen ($\lambda_{máx}$)					
---	--	--	--	--	--

Vetor Eigen	0,278439568	0,070080111	0,65148032	
Total (Soma)	4,14	15,00	1,31	
Valor Principal Eigen (λ_{Max})	1,153535354	1,051201672	0,853128991	3,057866016
Valor Principal Eigen (λ_{Max})	[(0,278439568x 4,14)+(0,070080111x 15,00)+(0,65148032x 1,31)] =			3,057866016
CI	0,028933008			
CR	0,049884	4,988449697%		

Matrizes				
Impacto na qualidade dos recursos hídricos	Frequência de ultrapassagem dos limites dos padrões de qualidade	Diversidade da Fauna de peixes	Indicador de espécie única	Soma
Frequência de ultrapassagem dos limites dos padrões de qualidade	1	1/3	1/6	1,50
Diversidade da Fauna de peixes	3	1	1/3	4,33
Indicador de espécie única	6	3	1	10,00

Matrizes Normalizadas			
Impacto na qualidade dos recursos hídricos	Frequência de ultrapassagem dos limites dos padrões de qualidade	Diversidade da Fauna de peixes	Indicador de espécie única
Frequência de ultrapassagem dos limites dos padrões de qualidade	0,667	0,222	0,111
Diversidade da Fauna de peixes	0,692	0,231	0,077
Indicador de espécie única	0,600	0,300	0,100
Cálculo do Vetor de EIGEN			Vetor Eigen

					%
Frequência de ultrapassagem dos limites dos padrões de qualidade	0,667	0,692	0,600	0,652991	65,29915
Diversidade da Fauna de peixes	0,222	0,231	0,300	0,250997	25,09972
Indicador de espécie única	0,111	0,077	0,100	0,096011	9,60114

Cálculo Valor Principal Eigen ($\lambda_{máx}$)				
Vetor Eigen	0,652991453	0,250997151	0,096011396	
Total (Soma)	1,50	4,33	10,00	
Valor Principal Eigen (λ_{Max})	0,979487179	1,087654321	0,96011396	3,027255461

Valor Principal Eigen (λ_{Max})	$[(0,652991453 \times 1,5)+(0,250997151 \times 4,33)+(0,096011396 \times 10,00)] =$	3,027255461
---	---	-------------

CI	0,01362773	
CR	0,023496	2,349608671%

Matrizes					
Déficit no atendimento à população	Percentual da área atendida pelo sistema	Extensão da cobertura do sistema de manejo de águas pluviais	Percentual de atendimento urbano de águas pluviais	Soma	
Percentual da área atendida pelo sistema	1	1	2	4,00	
Extensão da cobertura do sistema de manejo de águas pluviais	1	1	3	5,00	
Percentual de atendimento urbano de águas pluviais	1/2	1/3	1	1,83	
Matrizes Normalizadas					
Déficit no atendimento à população	Percentual da área atendida pelo sistema	Extensão da cobertura do sistema de manejo de águas pluviais	Percentual de atendimento urbano de águas pluviais		
Percentual da área atendida pelo sistema	0,250	0,250	0,500		
Extensão da cobertura do sistema de manejo de águas pluviais	0,200	0,200	0,600		
Percentual de atendimento urbano de águas pluviais	0,273	0,182	0,545		
Cálculo do Vetor de EIGEN				Vetor Eigen	
				%	
Percentual da área atendida pelo sistema	0,250	0,200	0,273	0,240909	24,09091
Extensão da cobertura do sistema de manejo de águas pluviais	0,250	0,200	0,182	0,210606	21,06061
Percentual de atendimento urbano de águas pluviais	0,500	0,600	0,545	0,548485	54,84848
Cálculo Valor Principal Eigen ($\lambda_{máx}$)					
Vetor Eigen	0,240909091	0,210606061	0,548484848		
Total (Soma)	4,00	5,00	1,83		
Valor Principal Eigen (λ_{Max})	0,963636364	1,053030303	1,005555556	3,022222222	
Valor Principal Eigen (λ_{Max})	$[(0,240909091 \times 4,00)+(0,210606061 \times 5,00)+(0,548484848 \times 1,83)] =$			3,022222222	

CI	0,011111111	
CR	0,019157	1,915708812 %

Matrizes								
Ocupação de áreas com riscos de inundações ou de escorregamentos	Existência de Plano municipal de ação de emergência para problemas causados pela chuva	Extensão das áreas atingidas por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município	Extensão da área com registro de riscos de inundações e deslizamentos ocupadas no Município		Percentual de famílias atingidas (desalojadas / feridos/ mortos) por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município	Soma		
Existência de Plano municipal de ação de emergência para problemas causados pela chuva	1	7	9		7	24,00		
Extensão das áreas atingidas por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município	1/7	1	1		1	3,14		
Extensão da área com registro de riscos de inundações e deslizamentos ocupadas no Município	1/9	1	1		3	5,11		
Percentual de famílias atingidas (desalojadas / feridos/ mortos) por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município	1/7	1	1/3		1	2,48		
Matrizes Normalizadas								
Ocupação de áreas com riscos de inundações ou de escorregamentos	Existência de Plano municipal de ação de emergência para problemas causados pela chuva	Extensão das áreas atingidas por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município	Extensão da área com registro de riscos de inundações e deslizamentos ocupadas no Município		Percentual de famílias atingidas (desalojadas / feridos/ mortos) por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município			
Existência de Plano municipal de ação de emergência para problemas causados pela chuva	0,042	0,292	0,375		0,292			
Extensão das áreas atingidas por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município	0,045	0,318	0,318		0,318			
Extensão da área com registro de riscos de inundações e deslizamentos ocupadas no Município	0,022	0,196	0,196		0,587			
Percentual de famílias atingidas (desalojadas / feridos/ mortos) por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município	0,058	0,404	0,135		0,404			
Cálculo do Vetor de EIGEN						Vetor Eigen		
							%	
Variação de vazões máximas devido às chuvas			0,056	0,032	0,032	0,087	0,051671	5,167126
Percentual de área urbana impermeabilizada			0,389	0,223	0,290	0,203	0,276379	27,63786
Percentual de Incremento de Vazões específicas			0,167	0,074	0,097	0,101	0,10984	10,98396
Existência de legislação com cobrança ou subsídios para reserva de área permeável em lotes/loteamentos			0,389	0,670	0,581	0,609	0,562111	56,21106

Cálculo Valor Principal Eigen ($\lambda_{\text{máx}}$)					
Vetor Eigen	0,041638163	0,302336703	0,255862344	0,40016279	
Total (Soma)	24,00	3,14	5,11	2,48	
Valor Principal Eigen (λ_{Max})	0,999315901	0,950201067	1,30774087	0,99087929	4,248137
Valor Principal Eigen (λ_{Max})	[(0,041638163x 24,00)+(0,302336703x 3,14)+(0,255862344x 5,11) + (0,40016279x 2,48)] =				4,248137

CI	0,082712376	
CR	0,091903	9,190264021 %

Matrizes				
Deficiência orçamentaria do SAP	Existência de orçamento próprio (Autossuficiência financeira)	Efetividade do orçamento utilizada no SAP	Investimento per capita em drenagem urbana	Soma
Existência de orçamento próprio (Autossuficiência financeira)	1	1/4	1/3	1,58
Efetividade do orçamento utilizada no SAP	4	1	1	6,00
Investimento per capita em drenagem urbana	3	1	1	5,00

Matrizes Normalizadas			
Deficiência orçamentaria do SAP	Existência de orçamento próprio (Autossuficiência financeira)	Efetividade do orçamento utilizada no SAP	Investimento per capita em drenagem urbana
Existência de orçamento próprio (Autossuficiência financeira)	0,632	0,158	0,211
Efetividade do orçamento utilizada no SAP	0,667	0,167	0,167
Investimento per capita em drenagem urbana	0,600	0,200	0,200

Cálculo do Vetor de EIGEN				Vetor Eigen	
					%
Existência de orçamento próprio (Autossuficiência financeira)	0,632	0,667	0,600	0,632749	63,27485
Efetividade do orçamento utilizada no SAP	0,158	0,167	0,200	0,174854	17,48538
Investimento per capita em drenagem urbana	0,211	0,167	0,200	0,192398	19,23977

Cálculo Valor Principal Eigen ($\lambda_{\text{máx}}$)				
Vetor Eigen	0,632748538	0,174853801	0,192397661	

Total (Soma)	1,58	6,00	5,00	
Valor Principal Eigen (λ Max)	1,001851852	1,049122807	0,961988304	3,012962963
Valor Principal Eigen (λ Max)	[(0,632748538 x 1,58)+(0,174853801 x 6,00)+(0,192397661 x 5,00)] =			3,012962963

CI	0,006481481	
CR	0,011175	1,117496807%

Matrizes					
Custo gerados por deficiências no manejo de águas pluviais	Redução da arrecadação devido a interrupção dos serviços e do fluxo de mercadorias	Valor do investimento para recuperação das perdas materiais provenientes de inundações e deslizamentos	Estimativa da perda mensal da produção em decorrência das chuvas	Soma	
Redução da arrecadação devido a interrupção dos serviços e do fluxo de mercadorias	1	5	1	7,00	
Valor do investimento para recuperação das perdas materiais provenientes de inundações e deslizamentos	1/5	1	1/6	1,37	
Estimativa da perda mensal da produção em decorrência das chuvas	1	6	1	8,00	
Matrizes Normalizadas					
Custo gerados por deficiências no manejo de águas pluviais	Redução da arrecadação devido a interrupção dos serviços e do fluxo de mercadorias	Valor do investimento para recuperação das perdas materiais provenientes de inundações e deslizamentos	Estimativa da perda mensal da produção em decorrência das chuvas		
Redução da arrecadação devido a interrupção dos serviços e do fluxo de mercadorias	0,143	0,714	0,143		
Valor do investimento para recuperação das perdas materiais provenientes de inundações e deslizamentos	0,146	0,732	0,122		
Estimativa da perda mensal da produção em decorrência das chuvas	0,125	0,750	0,125		
Cálculo do Vetor de EIGEN				Vetor Eigen	
					%
Redução da arrecadação devido a interrupção dos serviços e do fluxo de mercadorias	0,143	0,146	0,125	0,138066	13,80662
Valor do investimento para recuperação das perdas materiais provenientes de inundações e deslizamentos	0,714	0,732	0,750	0,731998	73,19977
Estimativa da perda mensal da produção em decorrência das chuvas	0,143	0,122	0,125	0,129936	12,99361
Cálculo Valor Principal Eigen (λ máx)					

Vetor Eigen	0,138066202	0,731997677	0,129936121	
Total (Soma)	7,00	1,37	8,00	
Valor Principal Eigen (λ Max)	0,966463415	1,000396825	1,039488966	3,006349206
Valor Principal Eigen (λ Max)	[(0,138066202 x 7,00)+(0,731997677 x 1,37)+(0,129936121 x 8,00)] =			3,006349206
CI	0,003174603			
CR	0,005473	0,547345375 %		

Matrizes					
Deficiência na participação pública	Existência de mecanismos avaliação sistemática pelo usuário da qualidade dos serviços de SAP	Existência de reuniões regulares entre os gestores e a população para discussão de problemas relacionados ao SAP	Existência de conselhos municipais de participação pública relacionados ao manejo de águas pluviais	Existência de envolvimento do público no monitoramento	Soma
Existência de mecanismos avaliação sistemática pelo usuário da qualidade dos serviços de SAP	1	1	3	1	6,00
Existência de reuniões regulares entre os gestores e a população para discussão de problemas relacionados ao SAP	1	1	3	1	6,00
Existência de conselhos municipais de participação pública relacionados ao manejo de águas pluviais	1/3	1/3	1	1	2,67
Existência de envolvimento do público no monitoramento	1	1	1	1	4,00

Matrizes Normalizadas						
Custo gerados por deficiências no manejo de águas pluviais	Redução da arrecadação devido a interrupção dos serviços e do fluxo de mercadorias	Valor do investimento para recuperação das perdas materiais provenientes de inundações e deslizamentos	Estimativa da perda mensal da produção em decorrência das chuvas			
Redução da arrecadação devido a interrupção dos serviços e do fluxo de mercadorias	0,143	0,714	0,143			
Valor do investimento para recuperação das perdas materiais provenientes de inundações e deslizamentos	0,146	0,732	0,122			
Estimativa da perda mensal da produção em decorrência das chuvas	0,125	0,750	0,125			
Cálculo do Vetor de EIGEN				Vetor Eigen		
				%		
Varição de vazões máximas devido às chuvas	0,056	0,032	0,032	0,087	0,051671	5,167126
Percentual de área urbana impermeabilizada	0,389	0,223	0,290	0,203	0,276379	27,63786
Percentual de Incremento de Vazões específicas	0,167	0,074	0,097	0,101	0,10984	10,98396

Existência de legislação com cobrança ou subsídios para reserva de área permeável em lotes/loteamentos	0,389	0,670	0,581	0,609	0,562111	56,21106
Cálculo Valor Principal Eigen ($\lambda_{\text{máx}}$)						
Vetor Eigen	0,138066202		0,731997677		0,129936121	
Total (Soma)	7,00		1,37		8,00	
Valor Principal Eigen (λ_{Max})	0,966463415		1,000396825		1,039488966	
Valor Principal Eigen (λ_{Max})	[(0,138066202x 7,00)+(0,731997677 x 1,37)+(0,129936121 x 8,00)] =					3,006349206
CI	0,003174603					
CR	0,005473	0,547345375%				

Matrizes					
Deficiência na participação pública	Existência de mecanismos avaliação sistemática pelo usuário da qualidade dos serviços de SAP	Existência de reuniões regulares entre os gestores e a população para discussão de problemas relacionados ao SAP	Existência de conselhos municipais de participação pública relacionados ao manejo de águas pluviais	Existência de envolvimento do público no monitoramento	Soma
Existência de mecanismos avaliação sistemática pelo usuário da qualidade dos serviços de SAP	1	1	3	1	6,00
Existência de reuniões regulares entre os gestores e a população para discussão de problemas relacionados ao SAP	1	1	3	1	6,00
Existência de conselhos municipais de participação pública relacionados ao manejo de águas pluviais	1/3	1/3	1	1	2,67
Existência de envolvimento do público no monitoramento	1	1	1	1	4,00

Matrizes Normalizadas				
Deficiência na participação pública	Existência de mecanismos avaliação sistemática pelo usuário da qualidade dos serviços de SAP	Existência de reuniões regulares entre os gestores e a população para discussão de problemas relacionados ao SAP	Existência de conselhos municipais de participação pública relacionados ao manejo de águas pluviais	Existência de envolvimento do público no monitoramento
Existência de mecanismos avaliação sistemática pelo usuário da qualidade dos serviços de SAP	0,167	0,167	0,500	0,167
Existência de reuniões regulares entre os gestores e a população para discussão de problemas relacionados ao SAP	0,167	0,167	0,500	0,167
Existência de conselhos municipais de participação pública relacionados ao manejo de águas pluviais	0,125	0,125	0,375	0,375
Existência de envolvimento do público no monitoramento	0,250	0,250	0,250	0,250

Cálculo do Vetor de EIGEN					Vetor Eigen	
					%	
Existência de mecanismos avaliação sistemática pelo usuário da qualidade dos serviços de SAP	0,167	0,167	0,125	0,250	0,177083	17,70833
Existência de reuniões regulares entre os gestores e a população para discussão de problemas relacionados ao SAP	0,167	0,167	0,125	0,250	0,177083	17,70833
Existência de conselhos municipais de participação pública relacionados ao manejo de águas pluviais	0,500	0,500	0,375	0,250	0,40625	40,625
Existência de envolvimento do público no monitoramento	0,167	0,167	0,375	0,250	0,239583	23,95833

Cálculo Valor Principal Eigen ($\lambda_{\text{máx}}$)					
Vetor Eigen	0,177083333	0,177083333	0,40625	0,239583333	
Total (Soma)	6,00	6,00	2,67	4,00	
Valor Principal Eigen (λ_{Max})	1,0625	1,0625	1,083333333	0,958333333	4,166667
Valor Principal Eigen (λ_{Max})	[(0,177083333x 6,00)+(0,177083333x 6,00)+(0,40625 x 2,67) + (0,239583333x 4,00)] =				4,166667
CI	0,05555556				
CR	0,061728	6,172839506%			

Matrizes				
Lançamento e Controle Inadequados de Resíduos Sólidos	Percentual dos resíduos que não são encaminhados para a disposição final com possibilidade de assorear canais e dutos	Quantidade de lançamentos de RSU próximos a canais e córregos	Volumes de resíduos causadores de obstrução de canais e dutos	Soma
Percentual dos resíduos que não são encaminhados para a disposição final com possibilidade de assorear canais e dutos	1	2	3	6,00
Quantidade de lançamentos de RSU próximos a canais e córregos	1/2	1	1	2,50
Volumes de resíduos causadores de obstrução de canais e dutos	1/3	1	1	2,33

Matrizes Normalizadas			
Lançamento e Controle Inadequados de Resíduos Sólidos	Percentual dos resíduos que não são encaminhados para a disposição final com possibilidade de assorear canais e dutos	Quantidade de lançamentos de RSU próximos a canais e córregos	Volumes de resíduos causadores de obstrução de canais e dutos
Percentual dos resíduos que não são encaminhados para a disposição final com possibilidade de assorear canais e dutos	0,167	0,333	0,500
Quantidade de lançamentos de RSU próximos a canais e córregos	0,200	0,400	0,400
Volumes de resíduos causadores de obstrução de canais e dutos	0,143	0,429	0,429

Cálculo do Vetor de EIGEN					Vetor Eigen	
					%	

Percentual dos resíduos que não são encaminhados para a disposição final com possibilidade de assorear canais e dutos	0,167	0,200	0,143	0,169841	16,98413
Quantidade de lançamentos de RSU próximos a canais e córregos	0,333	0,400	0,429	0,387302	38,73016
Volumes de resíduos causadores de obstrução de canais e dutos	0,500	0,400	0,429	0,442857	44,28571

Cálculo Valor Principal Eigen ($\lambda_{\text{máx}}$)

Vetor Eigen	0,16984127	0,387301587	0,442857143	
Total (Soma)	6,00	2,50	2,33	
Valor Principal Eigen (λ_{Max})	1,019047619	0,968253968	1,033333333	3,020634921
Valor Principal Eigen (λ_{Max})	[(0,16984127 x 6,00)+(0,387301587 x 2,50)+(0,442857143 x 2,33)] =			3,020634921

CI	0,01031746	
CR	0,017789	1,778872469 %

Matrizes

Deficiência na manutenção do SAP	Frequência de rompimentos anuais de canais e dutos e entupimentos de córregos por falta de manutenção	Existência de plano de manutenção preventiva dos canais	Frequência de execução do plano de manutenção preventiva	Frequência de redução do fluxo por entupimento do canal devido à falta de manutenção	Soma
Frequência de rompimentos anuais de canais e dutos e entupimentos de córregos por falta de manutenção	1	1/6	1/3	1	2,50
Existência de plano de manutenção preventiva dos canais	6	1	7	5	19,00
Frequência de execução do plano de manutenção preventiva	3	1/7	1	1	5,14
Frequência de redução do fluxo por entupimento do canal devido à falta de manutenção	1	1/5	1	1	3,20

Matrizes Normalizadas

Deficiência na manutenção do SAP	Frequência de rompimentos anuais de canais e dutos e entupimentos de córregos por falta de manutenção	Existência de plano de manutenção preventiva dos canais	Frequência de execução do plano de manutenção preventiva	Frequência de redução do fluxo por entupimento do canal devido à falta de manutenção
---	---	---	--	--

Frequência de rompimentos anuais de canais e dutos e entupimentos de córregos por falta de manutenção	0,400	0,067	0,133	0,400
Existência de plano de manutenção preventiva dos canais	0,316	0,053	0,368	0,263
Frequência de execução do plano de manutenção preventiva	0,583	0,028	0,194	0,194
Frequência de redução do fluxo por entupimento do canal devido à falta de manutenção	0,313	0,063	0,313	0,313
Cálculo do Vetor de EIGEN				Vetor Eigen

					%	
Frequência de rompimentos anuais de canais e dutos e entupimentos de córregos por falta de manutenção	0,400	0,316	0,583	0,313	0,402906	40,29057
Existência de plano de manutenção preventiva dos canais	0,067	0,053	0,028	0,063	0,052394	5,239401
Frequência de execução do plano de manutenção preventiva	0,133	0,368	0,194	0,313	0,252175	25,21747
Frequência de redução do fluxo por entupimento do canal devido à falta de manutenção	0,400	0,263	0,194	0,313	0,292526	29,25256

Cálculo Valor Principal Eigen (λ_{\max})					
Vetor Eigen	0,402905702	0,052394006	0,252174708	0,292525585	
Total (Soma)	2,50	19,00	5,14	3,20	
Valor Principal Eigen (λ_{\max})	1,007264254	0,995486111	1,296898496	0,936081871	4,235731
Valor Principal Eigen (λ_{\max})	$[(0,402905702 \times 2,50) + (0,052394006 \times 19,00) + (0,252174708 \times 5,14) + (0,292525585 \times 3,20)] =$				4,235731
CI	0,078576911				
CR	0,087308	8,730767892%			

Matrizes			Matrizes Normalizadas			
Deficiência na normatização	Existência de legislação municipal com exigências controle de destinação final de águas pluviais	Existência de Plano Diretor de Manejo de águas pluviais Urbana regulamentado	Soma	Deficiência na normatização	Existência de legislação municipal com exigências controle de destinação final de águas pluviais	Existência de Plano Diretor de Manejo de águas pluviais Urbana regulamentado
Existência de legislação municipal com exigências controle de destinação final de águas pluviais	1	2	3	Existência de legislação municipal com exigências controle de destinação final de águas pluviais	0,333	0,667

Existência de Plano Diretor de Manejo de águas pluviais Urbana regulamentado	1/2	1	1,5	Existência de Plano Diretor de Manejo de águas pluviais Urbana regulamentado	0,333	0,667
Cálculo do Vetor de EIGEN						Vetor Eigen
						%
Existência de legislação municipal com exigências controle de destinação final de aguas pluviais				0,333	0,333	0,333333
Existência de Plano Diretor de Manejo de águas pluviais Urbana regulamentado				0,667	0,667	0,666667

Matrizes				Matrizes Normalizadas		
Deficiência na integração interna para a Gestão do SAP	Existência de ações periódicas de integração entre setores de gestão urbana e equipes de manutenção e monitoramento	Existência de instrumentos para padronização de projetos viários e que reduzam a interferência no manejo de águas pluviais (Padrões para pavimentação, Manuais com requisitos para manejo das águas pluviais)	Soma	Deficiência na integração interna para a Gestão do SAP	Existência de ações periódicas de integração entre setores de gestão urbana e equipes de manutenção e monitoramento	Existência de instrumentos para padronização de projetos viários e que reduzam a interferência no manejo de águas pluviais (Padrões para pavimentação, Manuais com requisitos para manejo das águas pluviais)
Existência de ações periódicas de integração entre setores de gestão urbana e equipes de manutenção e monitoramento	1	1/2	1,50	Existência de ações periódicas de integração entre setores de gestão urbana e equipes de manutenção e monitoramento	0,67	0,33

Existência de instrumentos para padronização de projetos viários e que reduzam a interferência no manejo de águas pluviais (Padrões para pavimentação, Manuais com requisitos para manejo das águas pluviais)	2	1	3,00	Existência de instrumentos para padronização de projetos viários e que reduzam a interferência no manejo de águas pluviais (Padrões para pavimentação, Manuais com requisitos para manejo das águas pluviais)	0,67	0,33		
Cálculo do Vetor de EIGEN						Vetor Eigen		
						%		
Existência de ações periódicas de integração entre setores de gestão urbana e equipes de manutenção e monitoramento					0,67	0,67	0,668333	66,83333
Existência de instrumentos para padronização de projetos viários e que reduzam a interferência no manejo de águas pluviais (Padrões para pavimentação, Manuais com requisitos para manejo das águas pluviais)					0,33	0,33	0,331667	33,16667

Matrizes				Matrizes Normalizadas				
Deficiência na articulação intermunicipal	Existência de programas intermunicipais de manejo de águas pluviais	Existência de reuniões periódicas intermunicipais relacionados ao manejo de água pluviais	Soma	Deficiência na articulação intermunicipal	Existência de programas intermunicipais de manejo de águas pluviais	Existência de reuniões periódicas intermunicipais relacionados ao manejo de água pluviais		
Existência de programas intermunicipais de manejo de águas pluviais	1	1/4	1,25	Existência de programas intermunicipais de manejo de águas pluviais	0,80	0,20		
Existência de reuniões periódicas intermunicipais relacionados ao manejo de água pluviais	4	1	5,00	Existência de reuniões periódicas intermunicipais relacionados ao manejo de água pluviais	0,80	0,20		
Cálculo do Vetor de EIGEN						Vetor Eigen		
						%		
Existência de programas intermunicipais de manejo de águas pluviais					0,80	0,80	0,8	80
Existência de reuniões periódicas intermunicipais relacionados ao manejo de água pluviais					0,20	0,20	0,2	20

Matrizes			Matrizes Normalizadas					
Concepções de SAP que alteram o ciclo hidrológico original	Percentual de área atendida por técnicas mais sustentáveis (BMP, LID, técnicas compensatórias)	Percentual de área desconectada do Sistema convencional de drenagem.	Soma	Concepções de SAP que alteram o ciclo hidrológico original	Percentual de área atendida por técnicas mais sustentáveis (BMP, LID, técnicas compensatórias)	Percentual de área desconectada do Sistema convencional de drenagem.		
Percentual de área atendida por técnicas mais sustentáveis (BMP, LID, técnicas compensatórias)	1	1/3	1,33	Percentual de área atendida por técnicas mais sustentáveis (BMP, LID, técnicas compensatórias)	0,75	0,25		
Percentual de área desconectada do Sistema convencional de drenagem.	3	1	4,00	Percentual de área desconectada do Sistema convencional de drenagem.	0,75	0,25		
Cálculo do Vetor de EIGEN						Vetor Eigen		
							%	
Percentual de área atendida por técnicas mais sustentáveis (BMP, LID, técnicas compensatórias)					0,75	0,75	0,75094	75,09398
Percentual de área desconectada do Sistema convencional de drenagem.					0,25	0,25	0,25	25

Matrizes			Matrizes Normalizadas				
Deficiência na educação da sociedade para o manejo das águas pluviais	Existência de projetos/programas de conscientização em escolas, instituições públicas e privadas e comunidades.	Avaliação da percepção da sociedade a respeito do manejo de águas pluviais	Soma	Deficiência na educação da sociedade para o manejo das águas pluviais	Existência de projetos/programas de conscientização em escolas, instituições públicas e privadas e comunidades.	Avaliação da percepção da sociedade a respeito do manejo de águas pluviais	
Existência de projetos/programas de conscientização em escolas, instituições públicas e privadas e comunidades.	1	1	2,00	Existência de projetos/programas de conscientização em escolas, instituições públicas e privadas e comunidades.	0,50	0,50	
Avaliação da percepção da sociedade a respeito do manejo de águas pluviais	1	1	2,00	Avaliação da percepção da sociedade a respeito do manejo de águas pluviais	0,50	0,50	
Cálculo do Vetor de EIGEN						Vetor Eigen	
							%

Existência de projetos/programas de conscientização em escolas, instituições públicas e privadas e comunidades.	0,50	0,50	0,5	50
Avaliação da percepção da sociedade a respeito do manejo de águas pluviais	0,50	0,50	0,5	50

Matrizes				Matrizes Normalizadas					
Deficiência na capacitação técnica	Existência de cursos de especialização, treinamento e capacitação de técnicos.	Percentual de profissionais enviados periodicamente à capacitação profissional	Soma	Deficiência na capacitação técnica	Existência de cursos de especialização, treinamento e capacitação de técnicos.	Percentual de profissionais enviados periodicamente à capacitação profissional			
Existência de cursos de especialização, treinamento e capacitação de técnicos.	1	7	8,00	Existência de cursos de especialização, treinamento e capacitação de técnicos.	0,13	0,88			
Percentual de profissionais enviados periodicamente à capacitação profissional	1/7	1	1,14	Percentual de profissionais enviados periodicamente à capacitação profissional	0,13	0,88			
Cálculo do Vetor de EIGEN						Vetor Eigen			
							%		
Existência de cursos de especialização, treinamento e capacitação de técnicos.						0,13	0,13	0,1275	12,75
Percentual de profissionais enviados periodicamente à capacitação profissional						0,88	0,88	0,878596	87,85965

Matrizes				Matrizes Normalizadas					
Deficiências na Elaboração de projeto do SAP	Existência de trabalhadores capacitados com atuação em projetos de SAP	Existência de falhas, imprecisões em projetos básicos	Soma	Deficiências na Elaboração de projeto do SAP	Existência de trabalhadores capacitados com atuação em projetos de SAP	Existência de falhas, imprecisões em projetos básicos			
Existência de trabalhadores capacitados com atuação em projetos de SAP	1	5	6,00	Existência de trabalhadores capacitados com atuação em projetos de SAP	0,17	0,83			
Existência de falhas, imprecisões em projetos básicos	1/5	1	1,20	Existência de falhas, imprecisões em projetos básicos	0,17	0,83			
Cálculo do Vetor de EIGEN						Vetor Eigen			
							%		
Existência de trabalhadores capacitados com atuação em projetos de SAP						0,17	0,17	0,168333	16,83333
Existência de falhas, imprecisões em projetos básicos						0,83	0,83	0,831667	83,16667

Matrizes				Matrizes Normalizadas				
Deficiências na execução de projetos do SAP	Extensão de canais e galerias com interferências de outros sistemas da infraestrutura urbana	Existência de trabalhadores capacitados com atuação no manejo de águas pluviais	Soma	Deficiências na execução de projetos do SAP	Extensão de canais e galerias com interferências de outros sistemas da infraestrutura urbana	Existência de trabalhadores capacitados com atuação no manejo de águas pluviais		
Extensão de canais e galerias com interferências de outros sistemas da infraestrutura urbana	1	5	6,00	Extensão de canais e galerias com interferências de outros sistemas da infraestrutura urbana	0,17	0,83		
Existência de trabalhadores capacitados com atuação no manejo de águas pluviais	1/5	1	1,20	Existência de trabalhadores capacitados com atuação no manejo de águas pluviais	0,17	0,83		
Cálculo do Vetor de EIGEN						Vetor Eigen		
						%		
Extensão de canais e galerias com interferências de outros sistemas da infraestrutura urbana					0,17	0,17	0,168333	16,83333
Existência de trabalhadores capacitados com atuação no manejo de águas pluviais					0,83	0,83	0,831667	83,16667

DIMENSOES	PROBLEMAS RELACIONADOS AO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS	INDICADORES PRIORIZADOS
Ambiental	Aumento da Impermeabilização do solo	Existência de legislação com cobrança ou subsídios para reserva de área permeável em lotes/loteamentos
	Diminuição da proteção do solo	Percentual de áreas urbanas com cobertura vegetal.
	Interferências físicas nos canais de escoamento	Percentual do comprimento de canais reestruturados com revestimento, tamponamento, retificação e ampliação de calha
	Impacto na qualidade dos recursos hídricos	Frequência de ultrapassagem dos limites dos padrões de qualidade
Social	Déficit no atendimento à população	Percentual de atendimento urbano de sistemas águas pluviais a pelo sistema
	Ocupação de áreas com riscos de inundações ou de escorregamentos	Percentual de famílias atingidas (desalojadas / feridos/ mortos) por inundações e deslizamentos que ocorrem no Município

Econômica	Deficiência orçamentaria do SAP	Existência de orçamento próprio (Autossuficiência financeira)
	Custo gerados por deficiências no manejo de águas pluviais	Valor do investimento para recuperação das perdas materiais provenientes de inundações e deslizamentos
Política	Deficiência na participação pública	Existência de conselhos municipais de participação pública relacionados ao manejo de águas pluviais
	Deficiência na normatização	Existência de Plano Diretor de Manejo de águas pluviais Urbana regulamentado
	Deficiência na integração interna para a Gestão do SAP	Existência de ações periódicas de integração entre setores de gestão urbana e equipes de manutenção e monitoramento
	Deficiência na articulação intermunicipal	Existência de programas intermunicipais de manejo de águas pluviais
Cultural	Concepções de SAP que alteram o ciclo hidrológico original	Percentual de área atendida por técnicas mais sustentáveis (BMP, LID, técnicas compensatórias)
	Deficiência na educação da sociedade para o manejo das águas pluviais	Existência de projetos/programas de conscientização em escolas, instituições públicas e privadas e comunidades.
		Avaliação da percepção da sociedade a respeito do manejo de águas pluviais
	Lançamento e Controle Inadequados de Resíduos Sólidos	Volumes de resíduos causadores de obstrução de canais e dutos
Técnica ou de Gestão	Deficiência na capacitação técnica	Percentual de profissionais enviados periodicamente à capacitação profissional
	Deficiências na Elaboração de projeto do SAP	Existência de falhas, imprecisões em projetos básicos
	Deficiências na execução de PROJETOS do SAP	Existência de trabalhadores capacitados com atuação no manejo de águas pluviais
	Deficiência na manutenção do SAP.	Frequência de rompimentos anuais de canais e dutos e entupimentos de córregos por falta de manutenção