

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**  
**DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS, ENERGÉTICOS E AMBIENTAIS**

**ABORDAGEM MCDA COMO FERRAMENTA DE MUDANÇA DE  
PARADIGMA NO PLANEJAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

Pedro Augusto Pinheiro Fantinatti  
Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Zuffo

Campinas/SP

2011

PEDRO AUGUSTO PINHEIRO FANTINATTI

ABORDAGEM MCDA COMO FERRAMENTA DE MUDANÇA  
DE PARADIGMA NO PLANEJAMENTO DOS RECURSOS  
HÍDRICOS

Tese apresentada como exigência parcial para  
obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil  
pelo programa de pós-graduação em Engenharia  
Civil da Universidade Estadual de Campinas – Área  
de Concentração em Recursos Hídricos, Energéticos  
e Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Zuffo

Campinas/SP

2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

F218a Fantinatti, Pedro Augusto Pinheiro  
Abordagem MCDA como ferramenta de mudança de paradigma no planejamento dos recursos hídricos / Pedro Augusto Pinheiro Fantinatti.--Campinas, SP: [s.n.], 2011.

Orientador: Antonio Carlos Zuffo  
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Recursos hídricos - Administração. 2. Análise multicritério. 3. Sustentabilidade. 4. Planejamento ambiental. 5. Solo - Uso. I. Zuffo, Antonio Carlos. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Titulo em Inglês: MCDA approach as a tool for changing paradigm in water resources planning

Palavras-chave em Inglês: Water resources - Administration, Multicriteria analysis, Sustainability, Environmental planning, Land - use

Área de concentração: Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais

Titulação: Doutor em Engenharia Civil

Banca examinadora: André Munhoz de Argollo Ferrão, Ademar Ribeiro Romeiro, Luciene Pimentel da Silva, Maria Alice Amado Gouveia Venturini

Data da defesa: 25/08/2011

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

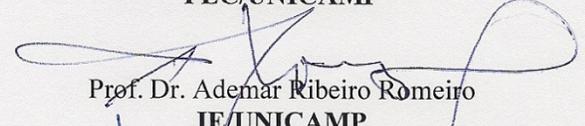
**ABORDAGEM MCDA COMO FERRAMENTA DE MUDANÇA DE  
PARADIGMA NO PLANEJAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

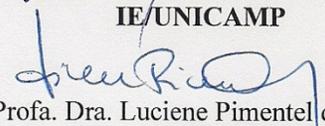
**Pedro Augusto Pinheiro Fantinatti**

**Tese de Doutorado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:**

  
Prof. Dr. Antonio Carlos Zuffo  
**Presidente e Orientador/FEC/UNICAMP**

  
Prof. Dr. André Munhoz de Argollo Ferrão  
**FEC/UNICAMP**

  
Prof. Dr. Ademair Ribeiro Romeiro  
**IE/UNICAMP**

  
Profa. Dra. Luciene Pimentel da Silva  
**UERJ**

  
Profa. Dra. Maria Alice Amado Gouveia Venturini  
**Faculdade Politécnica de Jundiaí**

Campinas, 25 de agosto de 2011

Às três mulheres mais importantes de minha vida:  
à minha mãe, Eny; à minha mulher, Marina; e à  
minha filha, Anna Maria. E, ao meu filho, Itaúba.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram, diretamente, para a realização desta Tese.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Antonio Carlos Zuffo, que se mostrou mais que um amigo durante a realização deste trabalho, pela oportunidade proporcionada e pela confiança em mim depositada; e, acima de tudo, pelo exemplo de correção e caráter.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da FEC/UNICAMP e, mais especificamente, ao Departamento de Recursos Hídricos;

Ao Programa Estágio Docente da UNICAMP; e, ao CNPq, pela bolsa recebida nos últimos seis meses de trabalho.

Ao amigo Ranulfo Paiva Sobrinho, que desempenhou o papel de “facilitador” na 1ª fase de estruturação dos indicadores.

Aos amigos (atores / decisores) que participaram da 2ª fase (Validação) dos indicadores: Dorothea Antonia Pereira; Jorge Antonio Ferreira; Paulo Tryfon Kazitoris; Rosângela Rodrigues Kazitoris; e, Sílvia Faria.

Aos professores que participaram das bancas de Qualificação e Defesa, pelas contribuições e sugestões para elevar a qualidade deste trabalho: Profa. Dra. Maria Alice Amado Gouveia Venturini; Profa. Dra. Luciene Pimentel da Silva; Prof. Dr. André Munhoz de Argollo Ferrão; Prof. Dr. Ademar Ribeiro Romeiro; e, Prof. Dr. José Anderson do Nascimento Batista.

Ao apoio incondicional dos amigos (irmãos, primos, professores): Márcia Fantinatti, Rodrigo Fantinatti Teixeira, Marco Antonio Jacomazzi, Profa. Dra. Gladis Camarini, Prof. Dr. Orlando Fontes de Lima Júnior, Prof. Dr. Ariovaldo Denis Granja e Ariathemis Moreno Bizuti.

Ao meu pai, José Pedro Fantinatti.

## RESUMO

FANTINATTI, P. A. P. **Abordagem MCDA como ferramenta de mudança de paradigma no planejamento dos recursos hídricos.** 2011. 399 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Área de Concentração em Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

O contexto relativo ao planejamento do uso da terra segundo os princípios sustentabilidade deve considerar os ecossistemas temporal e espacialmente, de modo a assegurar a perpetuação dos seus serviços ambientais, sociais e econômicos. A água tem um efeito importante sobre o solo, moldando a terra por meio de erosão e de deposição. De igual modo, o uso do solo tem uma influência significativa no balanço hídrico, afetando a infiltração e o escoamento superficial, vazões de base e de pico. Neste contexto, o papel do planejador é o de auxiliar os decisores e demais atores a entender as questões ambientais, sociais e econômicas relacionadas ao uso do solo. Por meio da estratégia de pesquisa-ação, é proposto o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão (MCDA) - uma metodologia moderna e, ao mesmo tempo, robusta e flexível – como ferramenta para mudança de paradigma no processo decisório de planejamento dos recursos hídricos; sendo objeto de estudo, o contexto de empreendimentos de parcelamento do solo. A partir de alguns estudos-piloto foi feita uma caracterização qualitativa do contexto do processo decisório quanto à influência, nos resultados, da assimetria de conhecimento entre os decisores. Pôde-se constatar que a metodologia MCDA contribui, de fato, para o nivelamento do conhecimento. E, por outro lado, que o comprometimento dos decisores é fator imprescindível para o sucesso de qualquer iniciativa visando ações sustentáveis. Conquistou-se um modelo inédito de indicadores de sustentabilidade ambiental, social e econômica para planejamento e avaliação de empreendimentos de parcelamento do solo. O modelo proposto conta com dez (10) indicadores de sustentabilidade ambiental, nove (9) de sustentabilidade social e seis (6) de sustentabilidade econômica. Por meio do modelo proposto, pôde-se avaliar o uso e ocupação do solo na bacia do ribeirão Anhumas de uma forma mais legítima e compor cenários futuros, consensualmente, entre os atores. Os cenários foram avaliados por meio de 5 métodos diferentes e os resultados confirmam a robustez e coerência da maioria deles. Para o contexto da pesquisa, os modelos de avaliação MACBETH e PROMETHEE II se mostraram mais adequados e, com algumas ressalvas, o modelo CP. Todos os atores confirmaram perceber a importância da metodologia MCDA para abordar problemas complexos; e declararam, explícita e objetivamente, que entendem que esta metodologia seja uma ferramenta adequada para a solução em quaisquer outros contextos. A pesquisa suscitou, ainda, a formação de um grupo de discussão com o intuito de influenciar as políticas públicas no município de Campinas com vistas à adoção de soluções mais sustentáveis (ambiental, social e economicamente) em questões de planejamento dos recursos hídricos, em contextos de parcelamento, uso e ocupação do solo. Constatou-se, também, que a técnica de conferência de decisões promove um processo participativo em um ambiente de comprometimento de atores e decisores e, desta forma, os resultados oriundos do paradigma construtivista da metodologia MCDA são mais eficientes e legítimos que aqueles obtidos por meios tradicionais, tais como as decisões tomadas por técnicos ou burocratas, sem a participação de diversos atores e, principalmente, da comunidade envolvida.

Palavras-chave: Gerenciamento de recursos hídricos, métodos multicritério de apoio à decisão, sustentabilidade, planejamento ambiental, uso da terra.

## **ABSTRACT**

### **MCDA APPROACH AS A TOOL FOR CHANGING PARADIGM IN WATER**

#### **RESOURCES PLANNING**

The context for land use planning according to sustainability principles must consider ecosystems temporally and spatially to ensure the perpetuation of their services. Similarly, land use has a significant influence on water balance, affecting the infiltration and runoff, base and peak flows. In this context, the planner has the role of helping decision-makers and other actors to understand the environmental, social and economic issues related to land use. Through action research strategy, we propose the use of multiple criteria decision aid (MCDA) - a modern and at the same time, robust and flexible methodology - as a tool for changing paradigm in decision-making process of water resource planning; in the context of land subdivision projects. From some pilot studies was made a qualitative characterization of the knowledge asymmetry influencing the results in the decision making context. It was found that the MCDA approach has contributed to leveling the knowledge. And the commitment of decision makers is an essential factor for the success of any initiative in sustainable actions. We have accomplished a new model of sustainability indicators for environmental, social and economic planning to evaluation land division projects. The proposed model has ten environmental sustainability indicators, nine social sustainability indicators and six economic sustainability indicators. Through the proposed model, we could evaluate the use and occupation of land in a more legitimate way and make future scenarios consensually among the actors. The scenarios were evaluated using five different methods and the results confirm the robustness and consistency of most of them. In the research context, the evaluation models MACBETH and PROMETHEE II were more appropriate and, with few exceptions, the CP model too. All actors have confirmed to realize the importance of MCDA to address complex problems, and they have declared, explicitly and objectively, they understand that this methodology is an appropriate tool for the solution in other contexts. The research raised also the formation of a discussion group in order to influence public policy in Campinas, with a view to the adoption of more sustainable (environmentally, socially and economically) solutions on water resources planning, in land subdivision contexts. It was found also that decision conference technique promotes a participative process in an environment of commitment to stakeholders and decision makers and thus the results from the constructivist paradigm of MCDA approach are more efficient and accountable than those obtained by traditional means, such as decisions taken by technicians and bureaucrats, without the participation of various actors, and especially the involved community.

**Key-words:** Water management, multiple criteria decision aid methods, sustainability, environmental planning, land use.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Delineamento geral das pesquisas do LADSEA .....	36
Figura 1.2. Idéia central de pesquisa.....	37
Figura 1.3. Mapeamento mental do processo de pesquisa.....	38
Figura 2.1. Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo .....	59
Figura 2.2. Relação do diagnóstico ambiental com os meios de informação .....	78
Figura 2.3. Potencial de relação dos métodos de análise ambiental da terra .....	79
Figura 2.5. Capacidade de infiltração do solo é menor que a intensidade de precipitação: predomínio de escoamento superficial .....	81
Figura 2.6. A tendência dos cursos d'água em moldar sua calha por meio de processos de erosão e deposição.....	83
Figura 2.7. Mudanças na hidrologia de uma bacia hidrográfica como resultado da urbanização e impermeabilização.....	85
Figura 2.8. Nível de qualidade do curso d'água em função da impermeabilização do solo.....	93
Figura 2.9. Influência da Densidade Populacional na Impermeabilização do solo na Área de Drenagem de Bacias Hidrográficas .....	94
Figura 2.10. Vinte e seis áreas prioritárias à implantação de áreas verdes no território do distrito sede do município de Campinas .....	102
Figura 3.1. Estrutura básica do mapeamento cognitivo.....	122
Figura 3.2. Ilustração da escala padronizada para todos os critérios .....	124
Figura 3.3. Representação de gráfica de estrutura de preferência gerada pelo método ELECTRE I. ....	141
Figura 3.4. Gráfico de ordenação das preferências do método PROMETHEE.....	146
Figura 3.5. Escala numérica para os níveis “Neutro” e “Bom” do MACBETH. ....	148
Figura 3.6. Matriz de julgamentos de preferências entre os critérios.....	151
Figura 3.7. Representação gráfica da cardinalidade entre os critérios.....	151
Figura 3.8. Representação gráfica dos níveis de desempenho (ou pesos entre critérios) no método MACBETH .....	152
Figura 4.1. Fontes de evidência, técnicas e ferramentas de pesquisa .....	165
Figura 4.2. Mapa com a bacia do ribeirão Anhumas em relação às bacias do PCJ .....	167
Figura 4.3. Mapa com a bacia do ribeirão Anhumas em relação ao município de Campinas..	168
Figura 4.4. Mapa ilustrativo da bacia do ribeirão Anhumas e seus afluentes.....	169
Figura 4.5. Delineamento da fundamentação teórica de pesquisa.....	171

Figura 4.6. Delineamento da metodologia de pesquisa .....	172
Figura 4.7. Delineamento do processo de pesquisa .....	178
Figura 4.8. Café de recepção dos atores .....	190
Figura 4.9. Sala da conferência de decisão .....	190
Figura 4.10. Leiaute da sala da conferência de decisão .....	191
Figura 4.11. Portfólio na posição 2.....	191
Figura 4.12. Portfólio na posição 3.....	191
Figura 4.13. Portfólio na posição 4.....	191
Figura 4.14. Portfólio na posição 5.....	191
Figura 4.15. Portfólio na posição 6.....	191
Figura 4.16. Facilitador auxiliando na identificação de critérios a partir dos valores do grupo	192
Figura 4.17. Elucidação da escala de preferências semânticas do M-MACBETH® .....	193
Figura 4.18. Elucidação das comparações para se estabelecer as cardinalidades entre critérios.... .....	193
Figura 4.19. Relevo da bacia do ribeirão Anhumas.....	195
Figura 4.20. Evolução da ocupação urbana na bacia do ribeirão Anhumas – 1907 a 2005 .....	196
Figura 4.21. Usos da bacia do ribeirão Anhumas em 2006 .....	197
Figura 4.22. Riscos sociais da bacia do ribeirão Anhumas em 2006.....	199
Figura 4.23. APPs da bacia do ribeirão Anhumas .....	200
Figura 4.24. Ocupação em APPs da bacia do ribeirão Anhumas em 2006 .....	201
Figura 4.25. Riscos ambientais na bacia do ribeirão Anhumas (inclui risco de inundação) ....	202
Figura 4.26. Risco de erosão na bacia do ribeirão Anhumas.....	203
Figura 5.1. Árvore dos índices de sustentabilidade (objetivos estratégicos).....	218
Figura 5.2. Matriz de julgamentos para definição de pesos dos índices de sustentabilidade (objetivos estratégicos).....	218
Figura 5.3. Pesos dos índices de sustentabilidade (objetivos estratégicos) .....	219
Figura 5.4. Mapa cognitivo congregado de sustentabilidade ambiental.....	220
Figura 5.5. Árvore de índices de sustentabilidade ambiental (objetivos fim) .....	221
Figura 5.6. Matriz de julgamento para definição dos pesos relativos dos índices de sustentabilidade ambiental (objetivos fim).....	221
Figura 5.7. Pesos dos índices de sustentabilidade ambiental (objetivos fim).....	222
Figura 5.8. Árvore de indicadores de intervenção direta (objetivos meio).....	222

Figura 5.9. Matriz de julgamento para definição dos pesos relativos dos indicadores de intervenção direta (degradação) (objetivos meio) .....	223
Figura 5.10. Pesos dos indicadores de intervenção direta (degradação) para a sustentabilidade ambiental .....	224
Figura 5.11. Matriz de julgamento para definição dos valores de desempenho do indicador “intervenção em áreas alagadas e APPs” .....	225
Figura 5.12. Função de valor para o indicador de “intervenção em áreas alagadas e APPs” .....	225
Figura 5.13. Matriz de julgamento para definição dos valores de desempenho do indicador “impermeabilização” .....	226
Figura 5.14. Função de valor para o indicador de “impermeabilização” .....	226
Figura 5.15. Matriz de julgamento para definição dos valores de desempenho do indicador “projeto em área com risco de alagamento” .....	228
Figura 5.16. Função de valor para o indicador “projeto em área com risco de alagamento” .....	229
Figura 5.17. Matriz de julgamento para definição dos valores de desempenho do indicador “corredor de fauna” .....	230
Figura 5.18. Função de valor para o indicador “corredor de fauna” .....	230
Figura 5.19. Matriz de julgamento para definição dos valores de desempenho do indicador “uso da água” .....	231
Figura 5.20. Função de valor para o indicador “uso de água” .....	232
Figura 5.21. Matriz de julgamento para definição dos valores de desempenho do indicador “projeto em áreas de risco de erosão” .....	233
Figura 5.22. Função de valor para o indicador “projeto em áreas de risco de erosão” .....	234
Figura 5.23. Árvore de indicadores de consumo (objetivos meio) .....	234
Figura 5.24. Matriz de julgamento para definição dos pesos relativos dos indicadores de consumo (objetivos meio) .....	235
Figura 5.25. Pesos dos indicadores de consumo para a sustentabilidade ambiental.....	235
Figura 5.26. Matriz de julgamento para definição dos valores de desempenho do indicador “racionalização do consumo de energia” .....	236
Figura 5.27. Função de valor para o indicador “racionalização do consumo de energia” .....	237
Figura 5.28. Matriz de julgamento para definição dos valores de desempenho do indicador “racionalização do consumo de recursos ambientais” .....	238
Figura 5.29. Função de valor para o indicador “racionalização do consumo de recursos ambientais” .....	238
Figura 5.30. Árvore de indicadores de emissões (objetivos meio) .....	239
Figura 5.31. Matriz de julgamento para definição dos pesos relativos dos indicadores de emissão (objetivos meio) .....	239

Figura 5.32. Pesos dos indicadores de emissões para a sustentabilidade ambiental.....	240
Figura 5.33. Matriz de julgamento para definição dos valores de desempenho do indicador “percentual de áreas verdes” .....	241
Figura 5.34. Função de valor para o indicador “percentual de áreas verdes”.....	241
Figura 5.35. Matriz de julgamento para definição dos valores de desempenho do indicador “emissão de calor em pavimentos e telhados” .....	243
Figura 5.36. Função de valor para o indicador “emissão de calor em pavimentos e telhados”	244
Figura 5.37. Mapa cognitivo congregado de sustentabilidade social .....	245
Figura 5.38. Árvore de índices de sustentabilidade ambiental (objetivos fim) .....	246
Figura 5.39. Matriz de julgamento para definição dos pesos relativos dos índices de sustentabilidade social (objetivos fim) .....	246
Figura 5.40. Pesos dos índices de sustentabilidade social (objetivos fim) .....	246
Figura 5.41. Árvore de indicadores de influência sobre comunidades existentes (objetivos meio) .....	247
Figura 5.42. Matriz de julgamento para definição dos pesos dos indicadores de sustentabilidade social de “influência sobre comunidades existentes” .....	248
Figura 5.43. Pesos relativos dos indicadores de sustentabilidade social relativos ao índice de “influência sobre comunidades existentes” .....	248
Figura 5.44. Matriz de julgamentos para definição dos valores de desempenho do indicador “percepção de segurança” .....	249
Figura 5.45. Função de valor para o indicador “percepção de segurança” .....	250
Figura 5.46. Matriz de julgamentos para estabelecer os valores de desempenho para o indicador “nível de trabalho e renda das comunidades existentes” .....	250
Figura 5.47. Função de valor do indicador “nível de trabalho e renda das comunidades existentes” .....	251
Figura 5.48. Matriz de julgamento para definição dos valores de desempenho do indicador “capacitação e formação” .....	251
Figura 5.49. Função de valor para o indicador “capacitação e formação” .....	252
Figura 5.50. Matriz de julgamentos para definição dos valores de desempenho do indicador “EPC” .....	253
Figura 5.51. Função de valor para o indicador “EPC” .....	253
Figura 5.52. Matriz de julgamentos para estabelecer os valores de desempenho do indicador “programas de integração com a comunidade existente” .....	254
Figura 5.53. Função de valor para o indicador “programas de integração com a comunidade existente” .....	255
Figura 5.54. Árvore de indicadores de condições de trabalho (objetivos meio) .....	255

Figura 5.55. Matriz de julgamento para definição dos pesos dos indicadores de sustentabilidade social “condições de trabalho” .....	256
Figura 5.56. Pesos relativos dos indicadores de sustentabilidade social relativos ao índice de “condições de trabalho”.....	257
Figura 5.57. Matriz de julgamentos para estabelecer os valores de desempenho do indicador “condições de trabalho durante a implantação” .....	258
Figura 5.58. Função de valor para o indicador “condições de trabalho durante a implantação”....	258
Figura 5.59. Matriz de julgamentos para estabelecer os valores de desempenho do indicador “condições de trabalho durante a operação do empreendimento” .....	259
Figura 5.60. Função de valor para o indicador “condições de trabalho durante a operação do empreendimento” .....	260
Figura 5.61. Matriz de julgamentos para estabelecer os valores de desempenho do indicador “políticas de parceria durante a implantação” .....	261
Figura 5.62. Função de valor para o indicador “políticas de parceria durante a implantação” 261	
Figura 5.63. Matriz de julgamentos para estabelecer os valores de desempenho do indicador “políticas de parceria na fase de operação do empreendimento” .....	262
Figura 5.64. Função de valor para o indicador “políticas de parceria na fase de operação do empreendimento” .....	263
Figura 5.65. Mapa cognitivo congregado de sustentabilidade econômica .....	264
Figura 5.66. Árvore de indicadores de sustentabilidade econômica (objetivos meio) .....	265
Figura 5.67. Matriz de julgamento dos pesos dos indicadores de sustentabilidade econômica (objetivos meio).....	265
Figura 5.68. Pesos relativos dos indicadores de sustentabilidade econômica .....	266
Figura 5.69. Matriz de julgamentos para estabelecer os valores de desempenho do indicador “TIR” .....	266
Figura 5.70. Função de valor do indicador “TIR” .....	267
Figura 5.71. Matriz de julgamentos para definição dos valores de desempenho do indicador “relação demanda / oferta da infraestrutura” .....	268
Figura 5.72. Função de valor do indicador “relação demanda / oferta da infraestrutura” .....	268
Figura 5.73. Matriz de julgamentos para definição dos valores de desempenho do indicador “custos de operação na fase de implantação” .....	269
Figura 5.74. Função de valor do indicador “custos de operação na fase de implantação” .....	270
Figura 5.75. Matriz de julgamentos para definição dos valores de desempenho do indicador “custos de operação na fase de ocupação” .....	270
Figura 5.76. Função de valor do indicador “custos de operação na fase de ocupação” .....	271

Figura 5.77. Matriz de julgamentos para definição dos valores de desempenho do indicador “viabilidade” .....	272
Figura 5.78. Função de valor do indicador “viabilidade” .....	272
Figura 5.79. Matriz de julgamentos para definição dos valores de desempenho do indicador “retorno das contrapartidas financeiras para a área de influência” .....	273
Figura 5.80. Função de valor do indicador “retorno das contrapartidas financeiras para a área de influência” .....	273
Figura 5.81. Tela de entrada com os números de critérios e alternativas no programa MCDA-FEC .....	277
Figura 5.82. Matriz PAYOFF de avaliação do programa MCDA-FEC .....	278
Figura 5.83. Definições para a avaliação pelo método ELECTRE II.....	282
Figura 5.84. Resultado das hierarquizações realizadas pelo método ELECTRE II.....	283
Figura A.1. Seção transversal da canaleta em grama para retenção e infiltração de águas pluviais .....	334
Figura X.1. Delimitação de uma bacia hidrográfica .....	388
Figura X.2. Funções dos critérios generalizados do método PROMETHEE. ....	399

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Diferença entre os objetivos e os atores das formas tradicional e integrada de gerenciamento dos recursos hídricos (GRH).....	67
Tabela 2.2. Efeitos do gerenciamento tradicional e da abordagem de “baixo impacto”, dentro e fora da bacia hidrográfica.....	69
Tabela 2.3. Mudanças do ciclo hidrológico devido à impermeabilização associada à urbanização .....	85
Tabela 2.4. Principais fontes difusas carregadas por enxurradas urbanas, consequências e formas de controle .....	92
Tabela 3.1. Matriz de comparação de critérios do AHP .....	133
Tabela 3.2. A escala semântica de Saaty e sua correspondência numérica .....	135
Tabela 3.3. Valore de IR para análise de consistência do método AHP.....	137
Tabela 4.1. Classificação dos principais tipos de pesquisa.....	159
Tabela 4.2. Diretrizes de avaliação para cenários de ocupação da bacia do ribeirão Anhumas.....	204
Tabela 5.1. Constatações dos estudos-piloto e os possíveis desdobramentos na fase principal de pesquisa-ação.....	217
Tabela 5.2. Descritores do indicador “projeto em área com risco de alagamento” .....	227
Tabela 5.3. Descritores do indicador “uso da água” .....	231
Tabela 5.4. Descritores do indicador “projeto em áreas de risco de erosão” .....	232
Tabela 5.5. Descritores do indicador “racionalização do consumo de energia” .....	236
Tabela 5.6. Descritores do indicador “racionalização do consumo de recursos ambientais” .....	237
Tabela 5.7. Descritores do indicador “emissão de calor em pavimentos e telhados” .....	242
Tabela 5.8. Descritores do indicador “percepção de segurança” .....	249
Tabela 5.9. Descritores do indicador “programas de integração com a comunidade existente” ....	254
Tabela 5.10. Descritores do indicador “condições de trabalho durante a implantação” .....	257
Tabela 5.11. Descritores do indicador “condições de trabalho durante a operação do empreendimento” .....	259
Tabela 5.12. Descritores do indicador “políticas de parceria durante a implantação” .....	260
Tabela 5.13. Descritores do indicador “políticas de parceria na fase de operação do empreendimento” .....	262
Tabela 5.14. Descritores do indicador “relação demanda / oferta da infraestrutura” .....	267
Tabela 5.15. Descritores do indicador “viabilidade” .....	271
Tabela 5.16. Planilha de avaliação dos cenários de ocupação da bacia do ribeirão Anhumas.....	275

Tabela 5.17. Resultado da avaliação pela planilha adaptada do M-MACBETH® para os cenários de ocupação da bacia do ribeirão Anhumas .....	279
Tabela 5.18. Resultado da avaliação pelo método CP para os cenários de ocupação da bacia do ribeirão Anhumas .....	280
Tabela 5.19. Resultado da avaliação pelo método CGT para os cenários de ocupação da bacia do ribeirão Anhumas .....	281
Tabela 5.20. Resultado da avaliação pelo método PROMETHEE II para os cenários de ocupação da bacia do ribeirão Anhumas .....	283
Tabela 6.1. Diferenças relativas das distâncias das avaliações a partir do cenário “BOM” (pesos originais).....	299
Tabela 6.2. Diferenças relativas das distâncias das avaliações a partir do cenário “BOM” (pesos com 10% a mais) .....	299
Tabela 6.3. Diferenças relativas das distâncias das avaliações a partir do cenário “BOM” (pesos com 10% a menos) .....	299
Tabela A.1. Dados referentes às diversas soluções estudadas de dispositivos de retenção e infiltração de águas pluviais em função da área impermeabilizada com destaque ao percentual relativo ao custo total de cada obra.....	386
Tabela X.1. Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano .....	389
Tabela X.2. Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção.....	390
Tabela X.3. Padrão de radioatividade para água potável.....	390
Tabela X.4. Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde.....	391
Tabela X.5. Padrão de aceitação da água potável para consumo humano.....	392
Tabela X.6. Frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, químicas e de radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial .....	393
Tabela X.7. Número mínimo de amostras para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, químicas e de radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial. ....	394
Tabela X.8. Número mínimo de amostras mensais para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises microbiológicas, em função da população abastecida.....	394
Tabela X.9. Número mínimo de amostras e frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água de solução alternativa, para fins de análises físicas, químicas e microbiológicas, em função do tipo de manancial e do ponto de amostragem.....	395

## LISTA DE ABREVIACES

*ABAE*. Associao Brasileira de água e Energia.

*AHP*. *Analytic Hierarch Process*.

*AIA*. Avaliao de Impacto Ambiental.

*ANA*. Agncia Nacional de guas.

*APA*. rea de Proteo Ambiental.

*APP*. rea de Proteo Permanente.

*BID*. Banco Interamericano de Desenvolvimento.

*CBH*. Comit de Bacia Hidrográfica.

*CCO*. Certificado de Conclusão de Obra.

*CDMT*. Carga Diária Máxima Total.

*CERH*. Conselho Estadual de Recursos Hídricos.

*CETESB*. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

*CGT*. *Cooperative Game Theory*.

*CNRH*. Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

*COD*. Carbono Orgânico Dissolvido.

*CODEVASF*. Companhia do Desenvolvimento do Vale do São Francisco e do Paraíba.

*CONAMA*. Conselho Nacional do Meio Ambiente.

*CP*. *Compromisse Programming*.

*DAEE*. Departamento de guas e Energia Elétrica.

*DBO*. Demanda Bioquímica de Oxignio.

*DEPRN*. Departamento Estadual de Proteção dos Recursos Naturais.

*DQO*. Demanda Química de Oxignio.

*DRH*. Departamento de Recursos Hídricos.

*DUOS*. Departamento de Uso e Ocupação do Solo.

*EIA*. Estudo de Impacto Ambiental.

*ELECTRE*. *Elimination et Choix Traduisant la Realit*.

*EPA*. Elementos Primários de Avaliação.

*ETE*. Estaao de Tratamento de Esgotos.

*EUA*. Estados Unidos da América.

*FEC*. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

*FUNAI*. Fundação Nacional do Índio.

*GBH*. Gestão por Bacia Hidrográfica.

*GEE*. Gases de Efeito Estufa.

*GRAPROHAB*. Grupo de Análise e Aprovação de Projetos Habitacionais do Estado de São Paulo.

*GRH*. Gerenciamento de Recursos Hídricos.

*HIS*. Habitação de Interesse Social.

*IBAMA*. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

*IBGE*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

*IPHAN*. Instituto de Preservação Histórica e Artística Nacional.

*IQA*. Índice de Qualidade da Água.

*L.A*. Linha de Argumentação.

*LADSEA*. Laboratório de Apoio multicritério à Decisão orientada à Sustentabilidade Empresarial e Ambiental.

*MACBETH*. *Measuring Attractiveness by a Categorical Evaluation Technique*.

*MCD*. *Multiple Criteria Decision Aid* (Métodos Multicritério de Apoio à Decisão).

*MCDM*. *Multiple Criteria Decision Making* (Métodos Multicritério de Tomada de Decisão).

*MCT*. Ministério de Ciência e Tecnologia.

*MMA*. Ministério do Meio Ambiente.

*MP*. Ministério Público.

*MSIP*. Modelo Sistêmico de Integração Participativa.

*OD*. Oxigênio Dissolvido.

*ONG*. Organização não-Governamental.

*PCJ*. Piracicaba, Capivari e Jundiáí.

*PEMC*. Política Estadual de Mudanças Climáticas.

*P&D*. Pesquisa e Desenvolvimento.

*PGI*. Práticas de Gerenciamento Integrado.

*PL*. Projeto de Lei.

*PMC*. Prefeitura Municipal de Campinas.

*PNRH*. Política Nacional de Recursos Hídricos.

*PQA*. Padrões de Qualidade da Água.

*PROMETHEE*. *Preference Ranking Organization Methods for Enrichment Evaluations*.

*RH*. Recursos Hídricos.

*RIMA*. Relatório de Impacto do Meio Ambiente.  
*RMSP*. Região Metropolitana de São Paulo.  
*SIG*. Sistema de Informações Geográficas.  
*SIGRH*. Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos.  
*SISNAMA*. Sistema Nacional do Meio Ambiente.  
*SNGRH*. Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.  
*SMA*. Secretaria Estadual de Meio Ambiente.  
*SST*. Sólidos Suspensos Totais.  
*TIR*. Taxa Interna de Retorno.  
*UGRHI*. Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos.  
*UNICAMP*. Universidade Estadual de Campinas.  
*USP*. Universidade de São Paulo.  
*VPL*. Valor Presente Líquido.  
*VUE*. *Visual Understanding Environmental*.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	23
1.1	Contextualização .....	25
1.2	Justificativa.....	30
1.2.1	Pressuposto .....	31
1.3	Objetivos .....	32
1.3.1	Objetivo principal .....	32
1.3.2	Objetivos específicos .....	32
1.3.3	Hipótese .....	33
1.4	Delineamento do Processo de Pesquisa.....	33
1.5	Estrutura de Apresentação da Pesquisa.....	39
2	GERENCIAMENTO SISTÊMICO, INTEGRADO E PARTICIPATIVO DOS RECURSOS HÍDRICOS .....	41
2.1	Gerenciamento dos Recursos Hídricos no Brasil.....	42
2.1.1	Aspectos legais e institucionais da gestão dos recursos hídricos no Brasil .....	44
2.1.2	Legislação ambiental específica concernente aos recursos hídricos.....	48
2.1.3	Facilidades e barreiras da legislação para a implantação de novos empreendimentos .....	62
2.1.4	Gerenciamento integrado dos recursos hídricos .....	66
2.1.5	Medidas de gerenciamento de águas pluviais .....	71
2.2	Informações Básicas no Manejo dos Recursos Hídricos.....	76
2.2.1	O ciclo hidrológico .....	79
2.2.2	Hidrologia de bacias hidrográficas .....	82
2.2.3	Solos, topografia e uso da terra.....	88
2.2.4	Efeitos do uso da terra na qualidade da água.....	90
2.2.5	Presença de árvores no meio urbano.....	95
2.3	Planejamento dos Recursos Hídricos .....	95
2.3.1	Externalidades negativas no solo em áreas urbanizadas.....	97
2.3.2	Drenagem urbana.....	99
2.3.3	Preservação e proteção de árvores no meio urbano .....	101
2.3.4	Manejo de áreas úmidas.....	103
2.3.5	Planejamento sistêmico, integrado e participativo dos recursos hídricos.....	108
3	MÉTODOS MULTICRITÉRIO DE AUXÍLIO À DECISÃO: UMA FERRAMENTA DE GESTÃO SISTÊMICA, INTEGRADA E PARTICIPATIVA.....	111

3.1	Mudança de Paradigma na Tomada de Decisões sobre Questões de Parcelamento do Solo.....	111
3.1.1	A ausência de ferramentas adequadas no processo de tomada de decisão em empreendimentos imobiliários horizontais .....	112
3.1.2	A expansão imobiliária no Brasil e as transformações ambientais .....	113
3.2	Métodos Multicritério de Auxílio à Decisão .....	115
3.3	Conceitos Fundamentais da Abordagem MCDA .....	119
3.3.1	Estruturação dos critérios.....	120
3.3.2	Avaliação e ponderação dos critérios .....	125
3.3.3	Avaliação das alternativas .....	126
3.4	Métodos Usuais de Análise MCDA .....	127
3.4.1	O método da programação por compromisso (CP).....	129
3.4.2	O método da teoria dos jogos cooperativos (CGT) .....	131
3.4.3	O método analítico hierárquico (AHP).....	132
3.4.4	O método de escolha e eliminação hierárquica (ELECTRE I e II).....	138
3.4.5	O método de organização do ranking de preferências (PROMETHEE I e II).....	143
3.4.6	O método de medida de atratividade por avaliação categórica (MACBETH).....	147
3.5	Considerações Finais sobre a Metodologia MCDA .....	153
4	METODOLOGIA .....	157
4.1	Apresentação .....	157
4.1.1	Identificação do problema .....	157
4.2	Estratégia de Pesquisa .....	157
4.2.1	Breve discussão a respeito da estratégia de pesquisa-ação .....	160
4.2.2	Fontes de evidências, coleta e análise de dados.....	163
4.3	Delineamento da Pesquisa.....	166
4.3.1	Delimitação do escopo da pesquisa .....	166
4.3.2	Estudos-piloto .....	173
4.3.3	Delineamento e descrição do estudo principal.....	176
5	RESULTADOS .....	207
5.1	Resultados dos Estudos-Piloto .....	207
5.1.1	Primeiro estudo-piloto .....	207
5.1.2	Segundo estudo-piloto .....	208
5.1.3	Considerações a respeito dos estudos-piloto fundamentais para o encaminhamento do estudo principal .....	216

5.2	Estruturação, Avaliação e Pesos dos Critérios .....	217
5.2.1	Pesos dos Objetivos Estratégicos.....	218
5.2.2	Índice de sustentabilidade ambiental .....	219
5.2.3	Indicadores de sustentabilidade ambiental.....	222
5.2.4	Índices de sustentabilidade social .....	244
5.2.5	Indicadores de sustentabilidade social .....	247
5.2.6	Índice de sustentabilidade econômica.....	263
5.2.7	Indicadores de sustentabilidade econômica .....	265
5.3	Avaliação dos Cenários de Ocupação da Bacia do Ribeirão Anhumas .....	274
5.3.1	Avaliação MACBETH.....	279
5.3.2	Avaliação CP .....	279
5.3.3	Avaliação CGT .....	281
5.3.4	Avaliação ELECTRE II.....	281
5.3.5	Avaliação PROMETHEE II.....	283
5.4	Percepções dos Atores Participantes da Conferência de Decisão a Respeito da Abordagem MCDA .....	284
5.4.1	Desdobramentos da conferência de decisão .....	288
6	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	291
6.1	A Abordagem MCDA como Ferramenta de Gerenciamento Sistêmico, Integrado e Participativo.....	291
6.2	Confirmação da Estratégia de Pesquisa-Ação.....	292
6.3	Indicadores de Sustentabilidade para Parcelamento do Solo .....	293
6.4	Análise dos Métodos Aplicados .....	298
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS .....	303
7.1	Conclusões Preliminares a partir dos Estudos-Piloto.....	303
7.1.1	Mudança de paradigma na percepção da relação entre o meio-ambiente e o sistema econômico .....	304
7.2	Conclusões Finais.....	305
7.3	Recomendações de Trabalhos Futuros.....	306
7.3.1	Lacunas a serem preenchidas.....	307
	REFERÊNCIAS .....	309
	APÊNDICES .....	329
	Apêndice 1 – Exemplo de Cálculo do Reservatório de Acumulação nos Moldes da Lei Estadual Paulista n.º 12.526.....	329

Apêndice 2 – Exemplo de Cálculo de Concentração de Poluentes .....	331
Apêndice 3 – Vala de Infiltração a Céu Aberto para Águas Pluviais: Dimensões e Custos .....	333
Apêndice 4 – Portfólio para a Conferência de Decisão.....	335
Apêndice 5 – Modelo da Carta Convite para Participar da Conferência de Decisão.....	375
Apêndice 6 – Modelo da declaração de participação da conferência de decisão .....	377
Apêndice 7 – Questionário da Percepção dos Atores sobre a Abordagem MCDA .....	379
Apêndice 8 – Custos de Ações Individuais para Promover a Retenção e Infiltração de Águas Pluviais Oriundas de Áreas Impermeabilizadas.....	381
ANEXOS .....	387
Anexo 1 – Método de Identificação de uma Bacia Hidrográfica .....	387
Anexo 2 - Padrões e Indicadores de Qualidade da Água .....	389
Anexo 3 - Estimativa da Poluição Difusa: o Método Simples .....	397
Anexo 4 – Critérios Generalizados do Método PROMETHEE .....	399

## 1 INTRODUÇÃO

**“Uma sociedade sustentável é aquela que mantém o estoque de capital natural ou compensa, pelo desenvolvimento tecnológico, uma reduzida depleção do capital natural.”**

(FERREIRA, 1998, p. 60)

A água é um elemento essencial à vida. Ela é um insumo básico da imensa maioria das atividades econômicas. A civilização, baseada na agricultura durante séculos, habituou-se a lançar esgotos brutos nos rios. Não havia maiores consequências, pois os lançamentos eram compatíveis com a capacidade autodepuradora dos corpos receptores. Porém, a partir do desenvolvimento observado pós Revolução Industrial, o qual resultou em melhoria das condições de vida da população europeia e mundial e sua conseqüente explosão urbana provocaram a concentração de volumes consideráveis de despejos, causando a degradação qualitativa dos corpos d'água (HENNING, 1999; VENTURINI, 2003). Alia-se a este efeito (de poluição desenfreada), a demanda cada vez mais crescente pelos recursos naturais, cujo efeito se traduz em crise energética e ambos resultam na crise ambiental (BRAGA *et al.*, 2005; MOTA, 2003).

A questão ambiental e, mais especificamente, a gestão<sup>1</sup> de recursos hídricos, durante séculos, foi desconsiderada, quer seja pela falta de conhecimento sobre os efeitos maléficos dos lançamentos de toda sorte de detritos em nossos cursos d'água, quer seja pela descrença que esta atitude seria relevante na formação da sociedade e ambiente atuais, conforme relatam Pelizzoli (2002) e Victorino (2003).

---

<sup>1</sup> Segundo Maximiano (2004), os termos “Administração”, “Gestão” e “Gerenciamento” são sinônimos e seus diferentes usos não são uma questão de semântica, uma vez que não têm significados distintos. Dessa forma, neste trabalho, optou-se por manter as grafias originais em vez de padronizá-las em apenas um dos termos.

Ambos os autores consideram que o caráter (VICTORINO, 2003) e a ética (PELLIZZOLI, 2002) “(neo)liberais” e a função do Estado capitalista de garantir a acumulação privada se somaram numa “(i)lógica” de crescimento exponencial e degradação das condições ambientais jamais vistas na história da humanidade.

Bolaño (2002) aponta que esta tendência de acumulação e concentração, intrínseca ao modo de produção capitalista desde a virada do século XIX, acentuou-se a partir da formação das grandes empresas capitalistas por meio da associação (sociedades por ações) entre o grande capital financeiro e o setor industrial. Esta fase, iniciada no início do século XX e potencializada após a segunda guerra mundial, denominada fase monopolista do capitalismo, segundo Bolaño (2002) não se atenuou a partir das crises da década de 70; ao contrário, ocorreu uma diminuição da intervenção do Estado, com ondas de privatização, inclusive em países em vias de desenvolvimento e, mais especificamente, no Brasil, a partir dos anos 90.

**“Os cientistas, tais como outros seres humanos, não podem ficar  
acima e além de sentimentos pessoais, interesses, crenças e paixões”**

(RATTNER, 2000, p. 356).

Entende-se que o método científico e seus produtos não se dão à margem das questões políticas e econômicas e, portanto, não podem ser considerados como objetos totalmente neutros. Quando os pesquisadores tentam explicar fenômenos naturais ou sociais, eles são influenciados pelo seu próprio referencial teórico, crenças e valores que, inevitavelmente, interferem na seleção do objeto e na metodologia científica (RATTNER, 2000).

Segundo Rattner (2000), seria, no mínimo, ingênuo reduzir a solução dos problemas de desenvolvimento e meio ambiente à escolha racional das melhores técnicas, sem considerar as

forças políticas em jogo; e o mesmo raciocínio se aplica às tecnologias, quer sejam de ponta, intermediárias ou de aplicação, as quais devem ser situadas no contexto histórico, cultural e social de sua aplicação (introdução, assimilação e uso).

Por fim, Rattner (2000) afirma que, para entender e poder questionar os objetivos e rumos de uma política de Ciência e Tecnologia, é imprescindível contextualizá-la na conjuntura histórica, apontando os vínculos de dependência estreita existentes, com relação às políticas econômicas e financeiras, nas esferas nacional e internacional: “o sistema financeiro global afeta profundamente tudo o que se constrói, planeja e decide dentro dos territórios nacionais” (RATTNER, 2000, p. 353).

## 1.1 Contextualização

**“O modo como os agentes disputaram e utilizaram os recursos naturais (...) os alienou não somente com relação a si próprios, mas também com relação à natureza.”**

(VICTORINO, 2003, p. 58)

Silveira (2003) afirma que a técnica e a tecnologia<sup>2</sup> são produtos da ação humana e devem ser analisadas no contexto das relações sociais considerando seu desenvolvimento histórico. E que, na sociedade capitalista, tecnologia, técnicas e conhecimento são usados com o intuito de estabelecer certo ritmo à valorização do capital. Bolaño (2002) afirma, também, que nas questões de desenvolvimento tecnológico há uma tendência de preservação do caráter fortemente excludente do modo de produção capitalista.

---

<sup>2</sup> Segundo Silveira (2003), a técnica explicita regras de modo de ação prática do como fazer, enquanto a tecnologia representa a teorização das técnicas, que possibilita compreender a ordem e a racionalidade de uma ou mais técnicas.

Desta maneira, segundo Silveira (2003), a técnica (ou a tecnologia), tomada de forma isolada, não consegue expressar seu verdadeiro sentido; pois ela é um elemento chave na explicação da sociedade e sua relação com o território a uma dada temporalidade e espacialidade.

Rattner (2000) afirma que a crítica da sociedade às práticas predatórias de exploração dos recursos naturais (e da força de trabalho) desapareceu, quase que totalmente, do discurso da ciência, dentro e fora da academia, quer seja por imposição de Estados autoritários, quer seja pela ordem ideológica científica vigente, cooptada ou aliada à estrutura de poder.

Neste contexto, os aspectos da crise ambiental relativos ao uso da terra<sup>3</sup> se manifestam, principalmente, nas causas e efeitos da expansão urbana, mal ou não planejada em termos ambientais e sociais.

O que vem ocorrendo, há muitas décadas, é uma urbanização, fruto da pobreza e da concentração de renda e não do desenvolvimento tecnológico, que deveria ser sadia e equilibrada (FERREIRA, 1998). A explosão urbana, citada acima, aliada à falta ou escassez de investimentos em urbanização tem, como consequência, a deterioração das condições de vida. Segundo Ferreira (1998) e Ribeiro e Vargas (2001), são necessárias novas formas de atuação projetando-se cenários que valorizem os aspectos naturais e culturais do território e contemplem aspectos ambientais, sociais e históricos. E, portanto, devem ser tomadas ações que suscitem programas mais eficientes de regulação, planejamento e fiscalização de ações de parcelamento do solo<sup>4</sup> de

---

<sup>3</sup> Na bibliografia é possível encontrar tanto a expressão “uso da terra”, bem como “uso do solo”. No trabalho de Batista (2005), por exemplo, são encontradas sete (7) vezes a expressão “uso da terra” e, três (3) vezes, “uso do solo”. Dessa forma, no presente trabalho, também poderão ser encontradas ambas as expressões, uma vez que se optou por manter as grafias originais em vez de padronizá-las em apenas um dos termos.

<sup>4</sup> O termo “parcelamento do solo”, nesta pesquisa, é entendido como todo processo que tenha por objetivo o uso e ocupação do solo em áreas de expansão urbana.

tal forma a garantir padrões de qualidade ambiental e social reconhecidos pelos atores<sup>5</sup> envolvidos neste processo.

Este processo predatório de urbanização é ainda mais concentrado na América Latina (FERREIRA, 1998; HENNING, 1999). No Brasil, as estimativas variam muito, e as realidades municipais também, mas não seria exagero afirmar que, pelo menos, de 30% (trinta por cento) a 50% (cinquenta por cento) das famílias moradoras dos territórios urbanos brasileiros, em média, moram irregularmente (ALFONSIN, 2001). Essa irregularidade assume múltiplas faces e diversas tipologias. São favelas resultantes da ocupação de áreas privadas que se encontravam vazias à espera de valorização; favelas em áreas públicas resultantes da ocupação de áreas doadas ao Poder Público por loteamentos; cortiços improvisados em casarões deteriorados e sem as mínimas condições de habitabilidade; loteamentos clandestinos e irregulares; conjuntos habitacionais ocupados e sob ameaça de despejo; casas sem "habite-se"<sup>6</sup> etc. Além disso, há a irregularidade produzida pelas classes média e alta, que têm hoje na figura do condomínio fechado (burlando a lei de parcelamento do solo) e da privatização da orla marítima e fluvial agravando as condições ambientais das bacias hidrográficas e respectivos recursos hídricos.

Uma das consequências mais desumanas desse processo de produção irregular das cidades é a degradação ambiental dos cenários urbanos. A falta de acesso regular a um espaço de radicação nas cidades leva a população carente a buscar alternativas junto ao mercado imobiliário ilegal, que atua quase sempre em áreas ambientalmente vulneráveis (justamente aquelas áreas “excluídas”, por suas características e gravames legais, do mercado imobiliário regular), loteando

---

<sup>5</sup> Entende-se por ator todo aquele que, direta ou indiretamente, participa ou é influenciado pelo processo, incluindo especialistas, decisores, moradores de comunidades adjacentes etc.

<sup>6</sup> “Habite-se” é uma denominação para o Certificado de Conclusão de Obras (CCO), instrumento pelo qual os municípios reconhecem, oficialmente, a conclusão da construção de uma edificação e autorizam a sua ocupação e respectivo uso.

áreas de preservação ambiental como encostas e topos de morro, matas nativas e margens de mananciais e cursos d'água (BRAGA; CARVALHO, 2003; MAFFRA; MAZZOLA, 2007).

A ocupação ilegal, pobre e predatória de áreas de proteção ambiental, por parte das camadas populares, é tolerada pelo Estado e está longe de significar uma política de respeito aos carentes de moradia ou aos direitos humanos. Pois esta ocupação ocorre sem contar com qualquer serviço público ou obras de infra-estrutura urbana. Em muitos casos, os problemas de drenagem, riscos de morte por desmoronamentos, obstáculos à instalação de rede de água e esgotos tornam inviável ou extremamente cara a urbanização futura. O que sucede, mais frequentemente, é a consolidação das ocupações ilegais em áreas de proteção ambiental devido ao custo inviável de sua remoção (MARICATO, 2003).

Soma-se a esta triste realidade o fato de mais de 50% (cinquenta por cento) dos brasileiros, em pesquisa realizada pelo IBOPE (Instituto Brasileiro de Opinião Pública), não acreditarem poder fazer muito para preservar o meio ambiente. Sendo que quase 60% (sessenta por cento) dos entrevistados tenham respondido não concordar que a geração de empregos ou o conforto e o progresso sejam mais importantes que a preservação ambiental, “demonstrando que a questão ambiental no Brasil ainda encontra-se defasada entre a retórica e a nossa realidade cotidiana.” (FERREIRA, 1998, p. 107).

Pelizzoli (2002), por sua vez, considera que esta ótica alienante da cultura neoliberal de acumulação desenfreada em detrimento das questões sociais e ambientais<sup>7</sup> teve sua origem na Revolução Científica, com o reducionismo de Réne Descartes, o pensamento simplificador e

---

<sup>7</sup> Pelizzoli (2002) considera que falar em ambiente é falar em pessoas e suas relações e, portanto, há uma redundância nos termos social e ambiental.

quantificador de Galileu Galilei e o método de dominação da natureza elaborado por Francis Bacon.

Em contraposição ao pensamento reducionista, vários autores, tais como Rattner (2000) e Ribeiro e Vargas (2001), defendem que, para a construção de um mundo sustentável, deve-se adotar uma abordagem holística da questão ambiental. A qual, desta maneira, deve ser vista como componente de um sistema complexo e não pode ser analisada em separado das questões econômicas, políticas, sociais e culturais. Ribeiro e Vargas (2001) defendem, ainda, a participação de representantes dos diversos atores envolvidos, direta ou indiretamente, nos processos inerentes às questões ambientais para que sejam apontadas e escolhidas soluções de consenso, que busquem o comprometimento de todos os envolvidos, tornando-as, assim, mais viáveis de serem implantadas e aceitas.

Este processo de interação social é fator determinante do conhecimento e da ação em qualquer área do conhecimento. Segundo Piaget (1975), a relação social determina o conhecimento que, por sua vez, determina a ação, que determina a relação social, fechando o ciclo. Ainda, em contraposição ao pensamento cartesiano, Damásio (1996) afirma que as reações emocionais são construídas a partir de experiências anteriores e que até mesmo os processos de raciocínio lógico são influenciados pela bagagem emocional de cada indivíduo. Esta abordagem holística do ser humano foi utilizada, pela primeira vez por Smuts, filósofo sul-africano, em seu livro *Holism and Evolution* (SMUTS, 1926 *apud* WEIL, 1990), no qual ele define o “termo ‘holismo’, que designa uma força vital responsável pela formação de conjuntos – de *Gestalts*<sup>8</sup>” (WEIL, 1990, p. 12).

---

<sup>8</sup> A palavra *Gestalt*, de origem alemã, surgiu em 1523 e significa uma integração de partes em oposição à soma do "todo", isto é, o “todo” é maior que a simples soma de todas as partes (WEIL, 1990).

Pelizzoli (2002), Rattner (2000) e Ribeiro e Vargas (2001) retomam a abordagem holística do ser humano e defendem a urgência de a sociedade contemporânea adotar um novo paradigma nos processos decisórios, principalmente em questões que envolvam o uso e a preservação dos recursos naturais: um desafio à lógica do capitalismo globalizado que, segundo Pelizzoli (2002), nos levou à presente situação de exclusão, violência e degradação dos ecossistemas. Segundo a perspectiva neoliberal vigente, são apresentadas algumas saídas, as quais são, via de regra, conservadoras ou, no máximo, reformistas; com a permanência do modelo que, no fundo, favorece a exclusão social e não resolve os problemas estruturais relativos às questões ambientais.

## **1.2 Justificativa**

Acredita-se que este tema se justifica pela importância do planejamento e gestão de bacias hidrográficas, incluindo dimensões que contemplem a valoração sócio-ambiental, econômica, cultural e política. As decisões tomadas no processo de projeto e de produção determinam, muitas vezes de maneira irreversível, a qualidade potencial do projeto, como apontam Labaki e Kowaltowski (1995) em análise de elementos das habitações de interesse social (HIS). Na prática usual, a qualidade do empreendimento é medida por sua “eficiência econômica”, pautadas exclusivamente pela maximização do lucro (CAIADO, 1998). No entanto, trata-se de uma visão fragmentada do problema, que prioriza parâmetros não necessariamente suficientes para garantir a qualidade dos empreendimentos (BARROS; KOWALTOWSKI, 2002). O resultado negativo torna-se identificável pela monotonia, precariedade de conforto e repercussões de impacto ambiental que caracterizam as expansões urbanas que vêm sendo criadas desta maneira (KOWALTOWSKI *et al.*, 2005; REIS, 1998). O equilíbrio entre o ambiente natural e o antrópico

só pode depender de uma cultura de projeto capaz de interpretar a dinâmica desta e de utilizar os meios adequados para a construção de um futuro desejável. Assim, a estrutura do projeto deve ser cada vez mais interligada com um contexto histórico e geográfico (ou físico e cultural) em constante mudança (ROSSI, 2008).

Rattner (2000) e Ribeiro e Vargas (2001), entre outros, apontam que as abordagens disciplinares e departamentais tradicionais não são mais efetivas nem eficazes para elaborar e ou implantar soluções sustentáveis. E indicam a urgente necessidade de mudança do paradigma atual, de exploração predatória dos recursos naturais, para um paradigma que resgate a sustentabilidade e a orientação da vida humana em direção a uma relação sustentável com a natureza, por meio de abordagens integradas (multidisciplinares e participativas) de avaliação e tomada de decisão.

### ***1.2.1 Pressuposto***

Nesta pesquisa, parte-se do pressuposto de que já existam soluções (métodos e ferramentas)<sup>9</sup> suficientemente desenvolvidas para mitigar ou compensar as externalidades negativas resultantes de processos de uso e ocupação do solo em qualquer que seja a fase que se apresente o ciclo de vida de um empreendimento imobiliário. Porém, entende-se que faltam instrumentos integrados de gestão que garantam e estimulem o uso efetivo e sistemático destas soluções.

A partir deste pressuposto é que foram identificados os objetivos, as questões e a hipótese de pesquisa.

---

<sup>9</sup> Entende-se que um “método” seja um conjunto de princípios, diretrizes e procedimentos que orientam uma seqüência de operações empíricas e racionais nitidamente distintas e rigidamente concatenadas; enquanto que uma “ferramenta” é um utensílio, ou dispositivo, ou mecanismo físico ou intelectual utilizado para facilitar a realização de uma tarefa (FEYERABAND, 1977). Porém, em determinados contextos, um “método” pode ser entendido como uma “ferramenta”, uma vez que tem a função de facilitar a conquista de determinadas metas (ou objetivos), como se verá neste trabalho.

### 1.3 Objetivos

O objetivo desta pesquisa é propor a aplicação de uma metodologia de apoio à decisão como ferramenta de planejamento de recursos hídricos para auxiliar os atores envolvidos em empreendimentos de parcelamento do solo na melhor interpretação dos mesmos e buscar soluções não apenas economicamente, mas, também, social e ambientalmente sustentáveis, por meio da identificação e descrição de indicadores apropriados de sustentabilidade (ambiental, social e econômica).

#### *1.3.1 Objetivo principal*

A questão de pesquisa que se coloca é **“como integrar o planejamento e a tomada de decisão em processos de parcelamento do solo, almejando sustentabilidade ambiental, social e econômica, levando em consideração os conflitos de interesses dos diversos atores?”**.

#### *1.3.2 Objetivos específicos*

Um produto desta pesquisa se apresenta com a proposta inédita de indicadores de sustentabilidade em empreendimentos imobiliários horizontais (parcelamento do solo), levando em consideração aspectos ambientais, sociais e econômicos.

O contexto de análise é, no escopo deste trabalho, de empreendimentos voltados às classes B, B<sup>+</sup> e A.

### ***1.3.3 Hipótese***

A hipótese de pesquisa é: **“por meio da abordagem construtivista da metodologia multicritério de apoio à decisão (MCDA), com a participação de representantes dos diversos atores dos processos de uso e ocupação do solo em áreas urbanas, será possível identificar e adotar, consensualmente, soluções de melhor compromisso e, portanto, mais viáveis de serem implementadas de forma efetiva (legítima) e sistemática (constante)”**.

### **1.4 Delineamento do Processo de Pesquisa**

Esta pesquisa vem sendo desenvolvida, concomitantemente, com outras 2 (duas) Teses de Doutorado do LADSEA<sup>10</sup>, tendo como objeto principal de estudo a bacia do ribeirão Anhumas, localizada na porção norte da cidade de Campinas, Estado de São Paulo.

As pesquisas vinculadas ao LADSEA são orientadas a se fundamentarem em parâmetros atuais que levem em consideração as alterações – de frequência e intensidade, por exemplo - dos eventos naturais, ocorridas em função das mudanças climáticas. Estas alterações devem ser consideradas na elaboração de cenários futuros relativos às questões de pesquisa, apontando, via de regra, para uma quebra de paradigma em relação à percepção dos valores dos eventos estudados, construindo-se, assim, novos valores para os atores envolvidos em cada processo. Desta forma, indica-se, a princípio, que as pesquisas do LADSEA adotem a estratégia de pesquisa de pesquisa-ação, a fim de propiciar a mudança de percepção e, conseqüentemente, de

---

<sup>10</sup> LADSEA - Laboratório de Apoio multicritério à Decisão orientada à Sustentabilidade Empresarial e Ambiental – é coordenado pelo Prof. Dr. Antonio Carlos Zuffo e está vinculado ao Departamento de Recursos Hídricos (DRH), na linha de pesquisa em Gerenciamento de Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais, da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC) da UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas.

valores dos diversos atores. A Figura 1.1 ilustra a Visão do LADSEA sobre o desenvolvimento de suas pesquisas.

A idéia central desta pesquisa, alinhada com o objetivo estratégico do LADSEA - de mudança de percepção dos atores, está resumida na Figura 1.2, pelo qual se percebe uma situação atual (existente) não sustentável, resultado de um processo predatório de uso dos recursos naturais, o qual não é passível de mudança por meio das estruturas tradicionais. Desta forma, almeja-se, no contexto deste trabalho, uma situação em que haja uma relação sustentável entre as atividades humanas de uso e ocupação do solo e os recursos hídricos. E, para isso, entende-se que seja necessária uma mudança de paradigma – do modelo burocrático e ou econômico – para um modelo efetivamente integrado e participativo, o qual prescinde de uma ferramenta adequada. Propõe-se, por fim, que a abordagem Multicritério de Auxílio à Decisão (MCDA – sigla em inglês para *Multiple Criteria Decision Aid*) seja a ferramenta adequada para este propósito.

A Figura 1.3 ilustra o mapa cognitivo<sup>11</sup> desta pesquisa: a partir da revisão bibliográfica inicial e da definição do delineamento geral da pesquisa, o estudo foi dividido em 4 (quatro) etapas:

- Na primeira etapa, desta pesquisa, foram realizados alguns estudos-piloto, em que foram analisados e avaliados diferentes atores envolvidos em processos de tomada de decisão que envolviam questões de impermeabilização do solo<sup>12</sup>, a partir destes estudos foi possível verificar, na prática, a influência da assimetria<sup>13</sup> de percepção dos atores;

---

<sup>11</sup> Apesar da aparência de um mapeamento de topologia em “estrela” (efeito visual próprio do programa usado para a sua elaboração: o MidMan Personal Freeware, da MindJET LLC), o mapa cognitivo apresentado é de topologia em árvore.

<sup>12</sup> Acredita-se que as externalidades negativas resultantes da impermeabilização do solo sejam inerentes a qualquer processo de parcelamento, uso e ocupação do solo.

<sup>13</sup> O conceito de assimetria de percepções entre os atores e sua importância no processo decisório estão apresentados no Capítulo 3.

- A segunda etapa, realizada concomitantemente com as demais, é a de fundamentação teórica, em que se buscou identificar o estado da arte relativo à questão de pesquisa.
- Na terceira etapa da pesquisa, realizou-se uma pesquisa-ação<sup>14</sup> que, com a participação de vários atores, gerou diretrizes para cenários futuros de ocupação da bacia do ribeirão Anhumas, visando propor um modelo de avaliação que possa auxiliar o poder público municipal a implantar regras e soluções de consenso com demais atores para processos futuros de urbanização (parcelamento, uso e ocupação do solo). Almejando soluções de consenso visando à mitigação ou compensação das externalidades negativas em futuros processos de urbanização, buscou-se, inclusive, a participação do Ministério Público (MP) e do poder legislativo de Campinas. Nesta etapa, foi desenvolvida e aplicada, por meio de método multicritério de auxílio à decisão, uma matriz de indicadores de sustentabilidade ambiental, social e econômico para empreendimentos imobiliários horizontais;
- Na quarta e última etapa, foi feita uma discussão a partir da análise cruzada de dados e resultados, predominantemente, qualitativos; e, também, sugestões de possíveis trabalhos futuros.

---

<sup>14</sup> Os conceitos da estratégia de pesquisa-ação estão apresentados na Subseção 4.2.1.

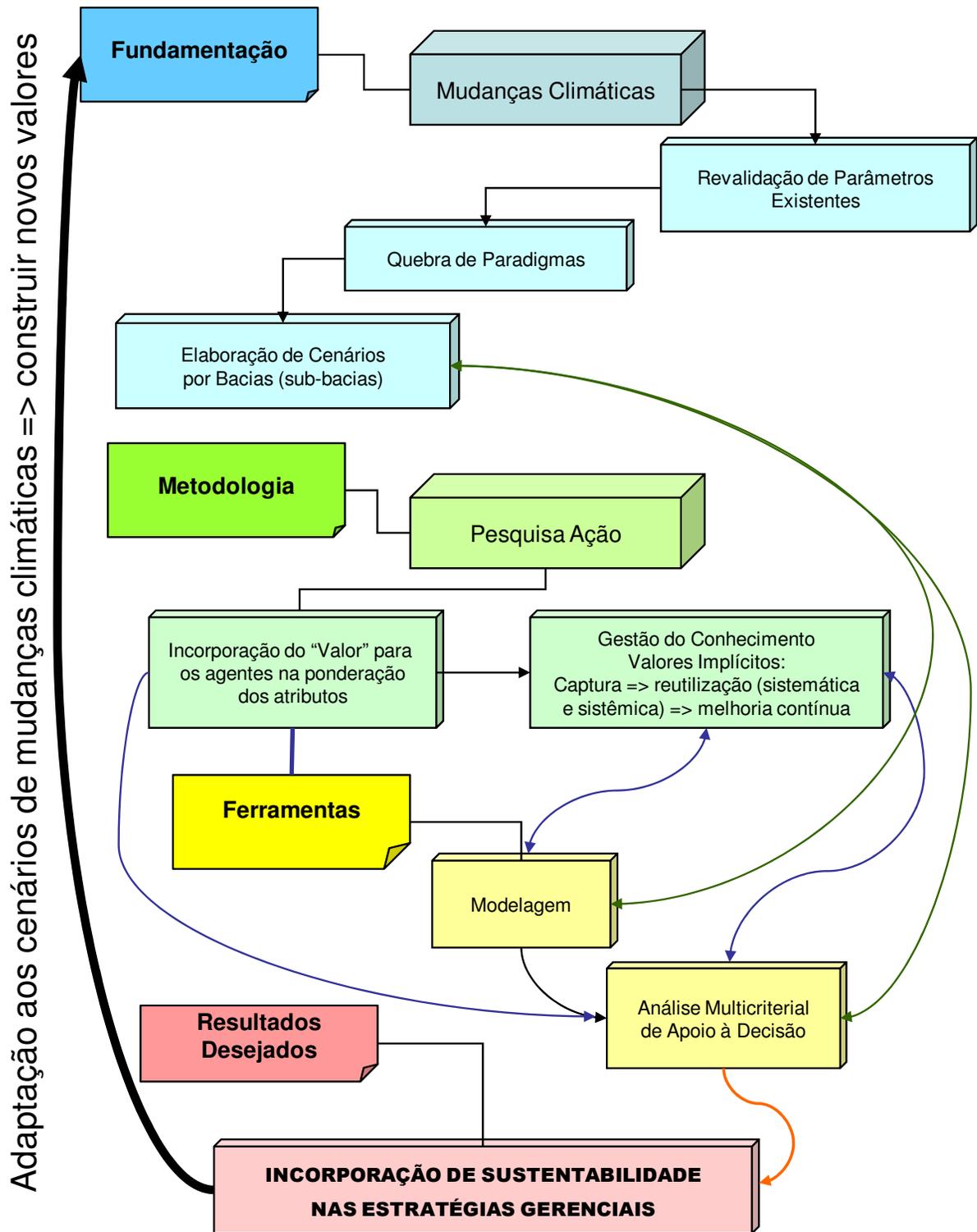


Figura 1.1. Delineamento geral das pesquisas do LADSEA

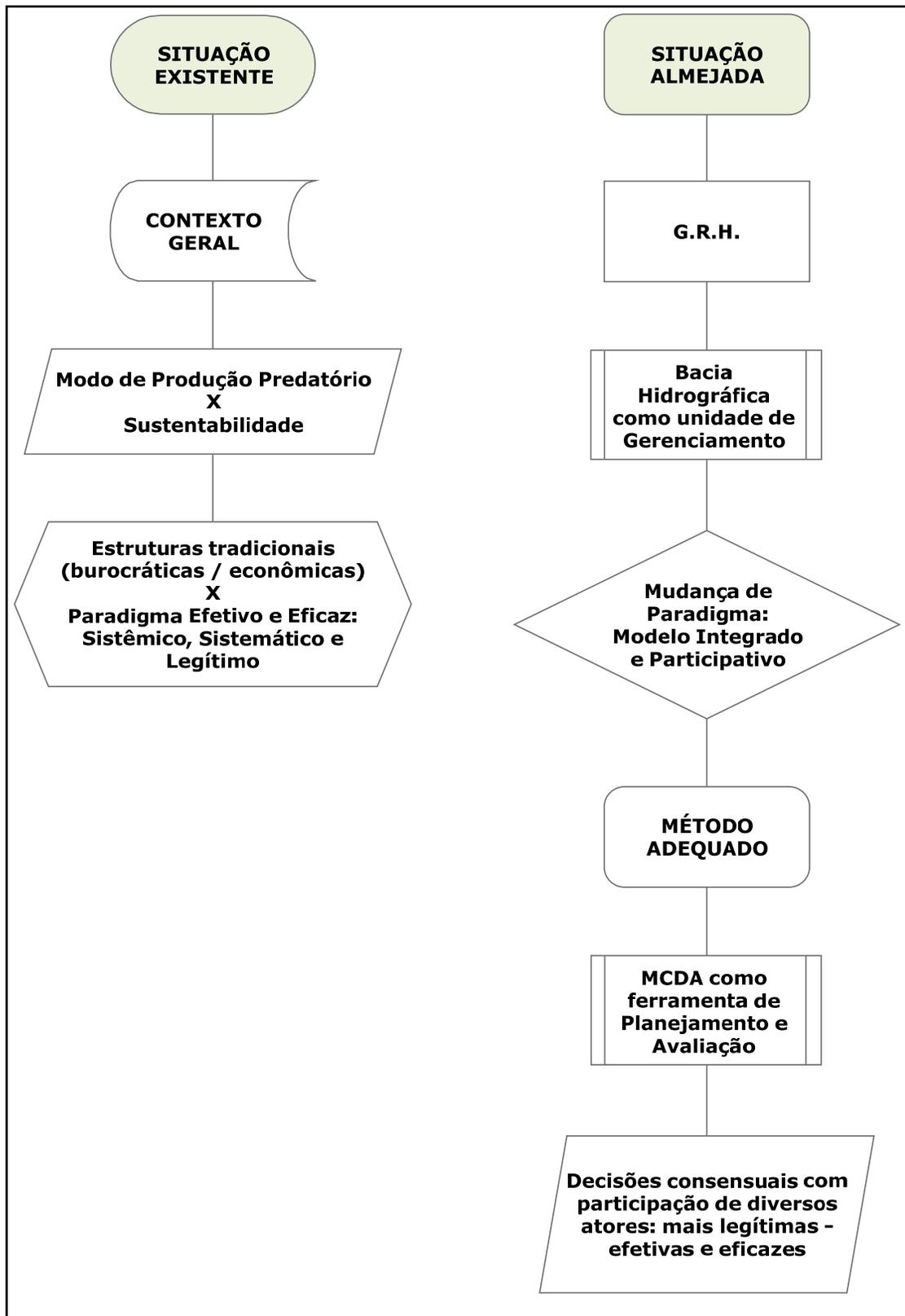
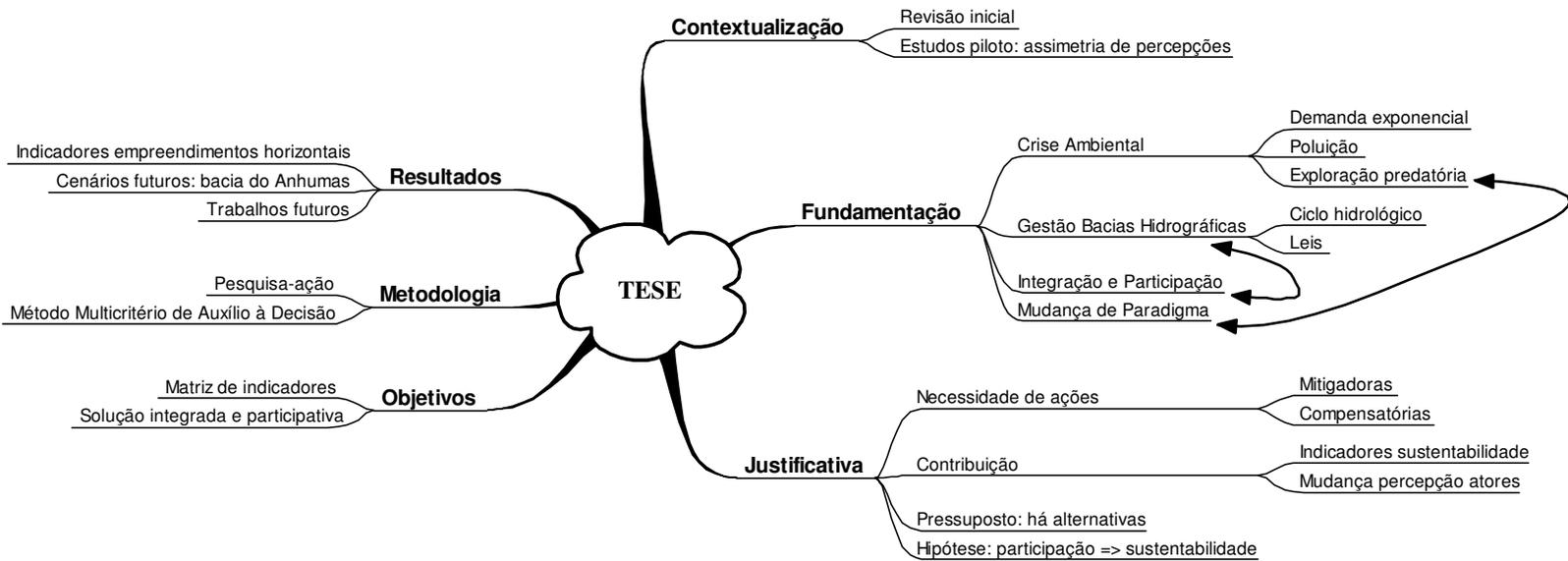


Figura 1.2. Idéia central de pesquisa

Figura 1.3. Mapeamento mental do processo de pesquisa



## **1.5 Estrutura de Apresentação da Pesquisa**

A presente pesquisa está dividida em sete capítulos principais, uma seção complementar de referências bibliográficas e mais duas seções pós-textuais: apêndices e anexos. A Seção de Apêndices contém oito subseções e a Seção de Anexos contém quatro subseções.

Este primeiro capítulo consiste na introdução, na qual são apresentados tema, contextualização e justificativa da pesquisa, seus objetivos, delineamento e a estrutura de apresentação da pesquisa.

Nos dois capítulos seguintes é apresentada a fundamentação teórica, dividida em dois temas principais: o Gerenciamento Sistêmico Integrado e Participativo dos Recursos Hídricos, e; os Métodos de Auxílio à Decisão.

No segundo capítulo é feita uma explanação sobre a importância da bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento. Em suas subseções são abordados o gerenciamento dos recursos hídricos, incluindo os aspectos da legislação em vigor no Brasil, com comparações com outros países em desenvolvimento e, também, países desenvolvidos; são abordadas as informações importantes para os processos de gerenciamento dos recursos hídricos; e, por fim, os processos de planejamento e tomada de decisão relativos aos recursos hídricos.

No terceiro capítulo, apresenta-se uma discussão sobre os métodos de auxílio à decisão, destacando-se a metodologia multicritério de apoio à decisão.

No quarto capítulo é apresentada a metodologia de pesquisa, incluindo estratégias e ferramentas usadas nesta Tese. São descritos os contextos dos estudos-piloto e a aplicação principal do método proposto para a elaboração dos indicadores de sustentabilidade almejados.

No quinto capítulo, encontram-se as percepções resultantes dos estudos-piloto, bem como os resultados finais da pesquisa.

No sexto capítulo são apresentadas as análises dos resultados.

E, no sétimo capítulo, as conclusões finais e sugestões para trabalhos futuros.

## **2 GERENCIAMENTO SISTÊMICO, INTEGRADO E PARTICIPATIVO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

O presente capítulo apresenta os principais meios – informações, técnicas e ferramentas - relativos ao gerenciamento dos recursos hídricos; destacam-se os aspectos relevantes da legislação, as informações importantes para a realização de um planejamento adequado, o qual é entendido como uma ferramenta imprescindível do processo de gerenciamento dos recursos hídricos.

Há que se destacar, em primeiro lugar, a importância das bacias hidrográficas como referência para o gerenciamento dos recursos hídricos (PORTO; PORTO, 2008). Esta importância está, inclusive, estabelecida por lei, uma vez que a bacia hidrográfica é definida como a unidade territorial básica no gerenciamento dos recursos hídricos (BRASIL, 1997; SÃO PAULO, 1991).

O processo de gerenciamento<sup>15</sup>, de uma maneira geral, é composto de planejamento, execução, controle e avaliação; nas duas últimas etapas é verificado se a execução está de acordo com o que foi planejado e, a partir desta avaliação, pode-se perceber a necessidade ou não de se revisar o que foi planejado (CHIAVENATO, 2000; MAXIMIANO, 2004).

O gerenciamento dos recursos hídricos deve considerar os ecossistemas temporalmente e espacialmente, de modo a assegurar a perpetuação dos seus serviços ambientais. Segundo Randolph (2004), o primeiro objetivo do gerenciamento do uso da terra é considerar os fatores naturais no planejamento, desde o projeto, e regular o desenvolvimento da terra a fim de evitar os custos danosos e proteger os valores naturais na fase de construção.

---

<sup>15</sup> Segundo Maximiano (2004), os termos “Administração”, “Gestão” e “Gerenciamento” são sinônimos e seus diferentes usos não são uma questão de semântica, uma vez que não têm significados distintos.

O planejamento é, portanto, uma ferramenta de gerenciamento (BRASIL, 1997; ZUFFO, 2011). E, para um bom gerenciamento dos recursos hídricos, faz-se necessária a elaboração de um planejamento adequado, o qual prescinde de uma série de dados e informações.

Porto e Porto (2008) e Zuffo (2011) afirmam, também, que a legislação brasileira estabeleceu uma mudança de paradigma, em que o modelo de gerenciamento dos recursos hídricos deva ser sistêmico, integrado e participativo. E, segundo Porto e Porto (2008), WMO (1992) e Yassuda (1993), a gestão baseada na bacia hidrográfica permite a adoção deste paradigma.

Este capítulo está dividido em três seções: a primeira seção (Seção 2.1) apresenta uma visão geral de gerenciamento dos recursos hídricos a partir de seus aspectos legais, principalmente, pertinentes ao escopo da presente pesquisa; na segunda seção (Seção 2.2), estão apresentadas as informações básicas necessárias para o gerenciamento dos recursos hídricos; e, finalmente, na terceira e última seção (Seção 2.3), são abordados os aspectos relativos à etapa de planejamento, a qual está mais diretamente relacionada com a metodologia de pesquisa adotada; apesar de que os indicadores de sustentabilidade, principal produto de pesquisa, sejam propostos para todo o ciclo de vida de empreendimentos que envolvam o parcelamento do solo em áreas urbanas (ou de expansão urbana).

## **2.1 Gerenciamento dos Recursos Hídricos no Brasil**

O Brasil tem se destacado “no cenário internacional pelo seu pioneirismo em reformar leis e introduzir, no seu cotidiano, as formas mais modernas de gestão das águas”. (ANA, 2002, p. 7).

No início do século XX, o modelo existente no Brasil era o modelo burocrático, o qual se baseava na elaboração e aplicação de leis conforme a demanda. Nessa época, acreditava-se, erroneamente,

que qualquer água, independentemente do grau de poluição, poderia ser tratada (PORTO; PORTO, 2008; ZUFFO, 2011).

Outro modelo de gerenciamento de recursos hídricos - o modelo econômico-financeiro, surge nos anos 30, no Vale do Rio Tennessee (EUA). Este modelo tinha por objetivo acelerar a economia de uma região com os maiores índices de desemprego e de falta de qualificação profissional de todos os EUA. Esse modelo foi adotado pelo governo brasileiro para a bacia do rio São Francisco, por meio da CODEVASF (Companhia do Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Paraíba). Nesse modelo a análise benefício/custo impera e tem a característica de, em pouco tempo, induzir o desenvolvimento econômico. Porém, segundo Zuffo (2011), o modelo levou à degradação ambiental pela inexistência da legislação ambiental que introduziria limitações (restrições) no equacionamento das funções objetivos, uma vez que seu objetivo prioritário é o crescimento econômico, em detrimento dos demais.

O Brasil vive hoje outra realidade, o modelo de gerenciamento dos recursos hídricos passou a ser o Modelo Sistêmico de Integração Participativa (MSIP), a partir da publicação da Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, conhecida como a Lei das Águas (ANA, 2002; BRASIL, 1997).

A geração de energia elétrica deixou de ser o uso prioritário, como foi por mais de 60 anos. Com a adoção do MSIP, mudou-se o paradigma de gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil (ZUFFO, 2011).

A legislação específica que trata da gestão dos recursos hídricos, da mesma forma que em outras áreas, é dividida, de uma forma geral, em 3 (três) níveis, que vão desde a definição dos princípios e doutrinas, passando por estudos e pesquisas que orientam para a ação, até chegar à

regulamentação para as ações práticas (BRAGA *et al.*, 2005). Estes 3 (três) níveis de gestão dos recursos hídricos são assim definidos:

**Política das Águas.** São princípios ou doutrinas que regem a regulamentação governamental (Legislação) do uso, controle e proteção das águas;

**Plano de Uso, Controle ou Proteção das Águas.** É todo e qualquer estudo que coordene, compatibilize, articule e projete intervenções nos recursos hídricos, embasando a Política das Águas. Esta atividade é denominada Planejamento do Uso, Controle ou Proteção das Águas;

**Gerenciamento das Águas.** Conjunto de ações governamentais destinadas à regular o uso, controle e a proteção das águas e a avaliar a situação corrente perante a Política das Águas.

### ***2.1.1 Aspectos legais e institucionais da gestão dos recursos hídricos no Brasil***

Os instrumentos legais mais gerais relativos ao gerenciamento dos recursos hídricos, bem como suas políticas e diretrizes, são discutidos nesta subseção. Os aspectos específicos são apresentados na próxima subseção (Subseção 2.1.2).

A primeira lei brasileira referente aos recursos hídricos foi o Código das Águas, Decreto Lei n.º 24.643, de 10 de julho de 1934 (BRASIL, 1934), o qual, segundo Braga *et al.* (2005), nunca foi completamente regulamentado.

Na legislação brasileira, além do Código Florestal<sup>16</sup>, de 1965 (BRASIL, 2001a), no que se refere aos recursos hídricos, destaca-se, também, o Código de Pesca, DECRETO-LEI n.º 221, de 28 de

---

<sup>16</sup> No momento em que esta Tese foi escrita estava em tramitação no Congresso Nacional uma proposta de revisão do Código Florestal, cujo texto pode ser consultado em <[http://www.aldoebelo.com.br/?pagina=titulo\\_tema&cod\\_t\\_t=31&tacao=Código Florestal](http://www.aldoebelo.com.br/?pagina=titulo_tema&cod_t_t=31&tacao=Código Florestal)>.

fevereiro de 1967 (BRASIL, 1967a), que estabeleceu condições de preservação do habitat para a fauna aquática, além de outros dispositivos que proibiam a poluição das águas.

Em 1967, a Lei n.º 5.318, de 26 de setembro de 1967 (BRASIL, 1967b), instituiu a Política Nacional de Saneamento e criou o Conselho Nacional de Saneamento. Segundo seu Artigo Segundo, a Lei n.º 5.318 abrangeu:

- a) saneamento básico, compreendendo abastecimento de água, sua fluoretação e destinação de dejetos;
- b) esgotos pluviais e drenagem;
- c) controle da poluição ambiental, inclusive do lixo;
- d) controle das modificações artificiais das massas de água;
- e) controle de inundações e de erosões. (BRASIL, 1967b, p. 1)

Ainda em 1967, a Lei n.º 5.357, de 17 de novembro de 1967, estabeleceu penalidades para embarcações e terminais marítimos ou fluviais que lançarem detritos ou óleo em águas brasileiras (BRASIL, 1967c).

Segundo Braga *et al.* (2005), após as leis da década de 1960, apenas em 1981, houve um avanço na legislação ambiental e, conseqüentemente, referente aos recursos hídricos, por meio da Lei n.º 6.938, Política Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 1981). Daí, em 1988, a Lei n.º 7.661, de 16 de maio de 1988 (BRASIL, 1988b), instituiu o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, como parte integrante da Política Nacional do Meio Ambiente, visando orientar a utilização racional da zona costeira, contribuindo para a proteção de seu patrimônio natural, incluindo águas costeiras, fluviais e estuárias.

Em 2005, segundo Braga *et al.* (2005), pode-se considerar um avanço na Resolução CONAMA n.º 357 (CONAMA, 2005b), em relação à resolução anterior - CONAMA 20, pois a classificação

das águas doces, salinas e salobras, em função do uso predominante, passou de nove para treze classes.

Em 1988, por meio da Constituição Federal (BRASIL, 1988a), foi ordenada a implantação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SNGRH), o qual foi instituído pela Lei n.º 9.433, de 9 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), em conjunto com a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

A PNRH tem como objetivo assegurar a necessária disponibilidade de água, bem como o uso racional e integrado dos recursos hídricos e, ainda, a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos. São princípios da PNRH:

- A água é um bem de domínio público;
- A água é um recurso limitado dotado de valor econômico;
- A gestão dos recursos hídricos deve promover o uso múltiplo das águas;
- A bacia hidrográfica é a unidade territorial para a gestão dos recursos hídricos;
- A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Para a implantação da PNRH, a Lei n.º 9.433 prevê a utilização dos seguintes instrumentos (BRAGA *et al.*, 2005):

- Planos de recursos hídricos;
- Enquadramento dos corpos d'água em classes de uso;
- Outorga dos direitos de uso da água;

- Cobrança pelo uso da água;
- Sistema de informações sobre os recursos hídricos.

A implantação da PNRH e a coordenação da gestão das águas são feitas pelo SNGRH, o qual é composto pelos seguintes órgãos:

- Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH);
- Conselho de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal;
- Agência Nacional de Águas (ANA);
- Órgãos dos poderes públicos federal, estaduais e municipais cujas competências se relacionem com a gestão dos recursos hídricos;
- Agências de águas.

Destaca-se, entre os órgãos acima listados, a ANA, entidade federal responsável pela implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e pela coordenação do SNGRH. A ANA foi criada em 2000, por meio da Lei n.º 9.984, de 17 de julho de 2000 (BRASIL, 2000).

Percebe-se, por fim, que a legislação mais específica de gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil é uma questão que vem sendo desenvolvida e implantada há cerca de vinte (20) anos (ANA, 2002). Acredita-se que o grande desafio é promover, de fato, uma gestão sistêmica, integrada e participativa e, conseqüentemente, representativa dos diversos atores envolvidos e ou influenciados em seu processo.

### **2.1.2 Legislação ambiental específica concernente aos recursos hídricos**

A presente subseção apresentará uma discussão sobre os principais aspectos da legislação ambiental nos âmbitos federal, estadual e municipal, mostrando, sucintamente, suas respectivas evoluções históricas, as últimas atualizações e inovações e os pontos mais relevantes de cada uma para o objetivo desta pesquisa.

#### **Legislação Federal Brasileira**

No Brasil, a partir da década de 1960, várias leis federais foram promulgadas como o objetivo de proteção dos recursos ambientais (BRAGA *et al.*, 2005). O Código Florestal Brasileiro, de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 2001a), já citado anteriormente, é um marco na legislação ambiental. Em 31 de agosto de 1981, quase duas décadas após a criação da primeira lei ambiental brasileira (o Código Florestal) foi criada a Política Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 1981) que estabelece, em seu artigo 2º (segundo):

Art 2º - A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios:

I - ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo;

II - racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;

III - planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;

IV - proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas;

V - controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;

VI - incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais;

VII - acompanhamento do estado da qualidade ambiental;

VIII - recuperação de áreas degradadas;

IX - proteção de áreas ameaçadas de degradação;

X - educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente. (BRASIL, 1981, p. 1-2)

Foi na Política Nacional do Meio Ambiente que ficou reconhecida “a legitimidade do Ministério Público da União para propor ações de responsabilidade civil e criminal por danos causados ao meio ambiente.” (BRAGA *et al.*, 2005, p. 235).

A Política Nacional de Meio Ambiente estabeleceu, ainda, o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e criou o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Conforme o artigo 3º (terceiro) da Resolução CONAMA n.º 303 (CONAMA, 2002b), são consideradas APP (área de preservação permanente) as áreas situadas:

I - em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:

- a) trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura;
- b) cinquenta metros, para o curso d'água com dez a cinquenta metros de largura;
- c) cem metros, para o curso d'água com cinquenta a duzentos metros de largura;
- d) duzentos metros, para o curso d'água com duzentos a seiscentos metros de largura;
- e) quinhentos metros, para o curso d'água com mais de seiscentos metros de largura;

II - ao redor de nascente ou olho d'água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinquenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte;

III - ao redor de lagos e lagoas naturais, em faixa com metragem mínima de:

- a) trinta metros, para os que estejam situados em áreas urbanas consolidadas;
- b) cem metros, para as que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até vinte hectares de superfície, cuja faixa marginal será de cinquenta metros;

IV - em vereda e em faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de cinquenta metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado;

V - no topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação a base;

VI - nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da

cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros;

VII - em encosta ou parte desta, com declividade superior a cem por cento ou quarenta e cinco graus na linha de maior declive;

VIII - nas escarpas e nas bordas dos tabuleiros e chapadas, a partir da linha de ruptura em faixa nunca inferior a cem metros em projeção horizontal no sentido do reverso da escarpa;

IX - nas restingas:

a) em faixa mínima de trezentos metros, medidos a partir da linha de preamar máxima;

b) em qualquer localização ou extensão, quando recoberta por vegetação com função fixadora de dunas ou estabilizadora de mangues;

X - em manguezal, em toda a sua extensão;

XI - em duna;

XII - em altitude superior a mil e oitocentos metros, ou, em Estados que não tenham tais elevações, à critério do órgão ambiental competente;

XIII - nos locais de refúgio ou reprodução de aves migratórias;

XIV - nos locais de refúgio ou reprodução de exemplares da fauna ameaçadas de extinção que constem de lista elaborada pelo Poder Público Federal, Estadual ou Municipal;

XV - nas praias, em locais de nidificação e reprodução da fauna silvestre.

Parágrafo único. Na ocorrência de dois ou mais morros ou montanhas cujos cumes estejam separados entre si por distâncias inferiores a quinhentos metros, a Área de Preservação Permanente abrangerá o conjunto de morros ou montanhas, delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura em relação à base do morro ou montanha de menor altura do conjunto, aplicando-se o que segue:

I - agrupam-se os morros ou montanhas cuja proximidade seja de até quinhentos metros entre seus topos;

II - identifica-se o menor morro ou montanha;

III - traça-se uma linha na curva de nível correspondente a dois terços deste; e

IV - considera-se de preservação permanente toda a área acima deste nível. (CONAMA, 2002b, p. 2)

Para reservatórios artificiais, localizados em áreas urbanas, a Resolução CONAMA 302

(CONAMA, 2002a) define como APP em seu Artigo 2 (segundo), Inciso II (segundo):

II - Área de Preservação Permanente: a área marginal ao redor do reservatório artificial e suas ilhas, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e

flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas; (CONAMA, 2002a, p. 1)

E, ainda, no inciso I (primeiro) de seu artigo 3 (terceiro), define que as APPs de reservatórios localizados em áreas urbanas deverão ter largura mínima de 30 (trinta) metros.

No texto das Resoluções CONAMA 302 e 303, é destacada a importância das APPs, as quais são consideradas “como instrumentos de relevante interesse ambiental, integram o desenvolvimento sustentável, objetivo das presentes e futuras gerações” (CONAMA, 2002a, p. 1, 2002b, p. 1). O texto destaca, ainda, “as responsabilidades assumidas pelo Brasil por força da Convenção da Biodiversidade, de 1992, da Convenção Ramsar, de 1971 e da Convenção de Washington, de 1940, bem como os compromissos derivados da Declaração do Rio de Janeiro, de 1992” (CONAMA, 2002a, p. 1, 2002b, p.1).

Pádua (2005) alertava para o risco das chamadas intervenções de baixo risco em APPs, conforme expresso na Proposta de Resolução do CONAMA (CONAMA, 2005a). A autora considera que a Lei n.º 4.771, que instituiu o Código Florestal de 1965, exagerou em certos aspectos na definição de alguns locais como Áreas de Preservação Permanente. Segundo a autora, se fosse cumprida à risca, quase todo o Pantanal seria APP; bem como a grande maioria das várzeas da Amazônia; todos os topos de morros; dentre outros exageros menores. Por outro lado, aponta uma contradição na possibilidade de aberturas em áreas de APPs, mesmo as chamadas de baixo impacto. A autora defende que as APPs deveriam ser protegidas para o bem da coletividade e do País, inclusive para a sua saúde financeira, pois os desbarrancamentos, as mortes, as erosões, o entupimento de vales, a contaminação de mananciais, a flora e a fauna, a paisagem, custam caro para o povo brasileiro e dependem, em grande medida, exatamente das APPs. Porém, a Proposta de Resolução acabou se transformando na Resolução CONAMA 369, promulgada em 29 de

março de 2006 pela então Ministra de Meio Ambiente, Marina Silva (CONAMA, 2006), apesar de, à época, ter havido um manifesto assinado por 101 (cento e uma) entidades ambientalistas, contrário à sua aprovação (AIPA, 2005).

Percebe-se que o conflito apontado por Pádua (2005), mais uma vez, é pelo uso da terra. Assim, para que se tenham planejamento, gerenciamento e ações, efetivamente, voltadas à preservação e ao uso sustentável dos recursos naturais, faz-se necessário que as regras, definições, conceitos, limites, impedimentos e todos os demais parâmetros envolvidos nesses processos estejam bem claros e precisos, principalmente, nas leis que os norteiam.

No âmbito da política ambiental, propriamente dita, as Resoluções CONAMA 302 e CONAMA 303 são precisas quanto às definições das APPs. Porém, a Resolução CONAMA 369, conforme apontado por AIPA (2005) e Pádua (2005), antes mesmo de sua aprovação, não deixa claro o que são “intervenções de baixo impacto”, abrindo uma “ferida” na legislação e, conseqüentemente, na proteção futura das APPs.

“o referido texto contém enorme subjetividade técnica e jurídica, deixando que os órgãos do SISNAMA venham a definir termos como: ‘baixo impacto’ (obs: Artigos 1º e 4º, artigo 7º, §§ 1º e 2º do texto proposto) imprescindibilidade da intervenção na APP para a viabilidade econômico-financeira total do empreendimento” (obs: Artigo 3º, II do texto proposto), ‘mínima impermeabilização da superfície’ (obs: Artigo 9º, II, ‘c’ do texto proposto), ‘substituir a exigência de apresentação de EIA-RIMA constatada a inexistência de impactos ambientais significativos’, entre outras, podendo criar distorções e permissividades, pois os termos são imprecisos e genéricos”. (AIPA, 2005, p.1)

No âmbito de uso e ocupação do solo, em áreas urbanas ou urbanizáveis, a Lei Federal n.º 6.766, de 20 de dezembro de 1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo, definiu, em seu artigo 3º (terceiro), algumas condições gerais em que o parcelamento do solo não seria permitido:

I - em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas;

II - em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados;

III - em terreno com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes;

IV - em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação;

V - em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção. (BRASIL, 1979, p. 2)

A Lei Federal n.º 6.766 definiu, ainda, em seu artigo 13º (décimo terceiro), inciso I (primeiro) e em seu artigo 14º (décimo quarto), respectivamente, que cabe aos Estados “disciplinar a aprovação pelos Municípios de loteamentos e desmembramentos (...) quando localizados em áreas de interesse especial, tais como as de proteção aos mananciais ou ao patrimônio cultural, histórico, paisagístico e arqueológico (...)” (BRASIL, 1979, p. 5); e definir, “por decreto, as áreas de proteção especial” (BRASIL, 1979, p. 5).

E, em 1988, a Constituição Federal delegou aos Estados autonomia para elaboração de Constituições próprias. E dedicou um capítulo específico às questões ambientais (BRASIL, 1988a) - Capítulo VI, artigo 225 - no qual se destaca o conceito implícito de sustentabilidade no caput do artigo: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” (BRASIL, 1988a, p. 44).

### **Legislação do Estado de São Paulo concernente aos recursos hídricos**

O Estado de São Paulo, devido à intensidade com que os problemas com poluição se manifestaram precocemente, foi o pioneiro no desenvolvimento de instrumentos legais para o controle da poluição (BRAGA *et al.*, 2005). E, também, pioneiro na elaboração de uma lei específica de recursos hídricos, a qual, segundo Rocha (1998), tem forte conteúdo programático

expresso em suas diretrizes, das quais constam: garantia do uso múltiplo das águas; cobrança pelo uso das águas; recuperação ambiental das bacias, e; organização de foros democráticos de decisão.

Já no início da década de 1970, por meio da Lei Estadual n.º 118, de 29 de junho de 1973, foi criada, no Estado de São Paulo, a Companhia Estadual de Saneamento Básico e Controle da Poluição da Água (CETESB) que tinha a responsabilidade, dentre outras, de (SÃO PAULO, 1973):

- Efetuar o controle da qualidade das águas de abastecimento público e demais usos e das águas residuárias;
- Realizar estudos, pesquisas, treinamento e aperfeiçoamento de pessoal e prestar assistência técnica à operação e manutenção de sistemas de água e esgotos e resíduos industriais;
- Manter o sistema de informação e divulgar dados de interesse da engenharia sanitária e da poluição das águas para promover o aperfeiçoamento dos métodos e processos dos sistemas de saneamento.

A denominação e as atribuições da CETESB foram alteradas pelo Decreto n.º 5.993, de 16 de abril de 1975. A CETESB passou a ser denominada Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Defesa do Meio Ambiente, recebendo a atribuição de controlar a qualidade do meio ambiente (água, ar e solo) em todo o Estado e, também, de realizar pesquisas e estudos científicos e tecnológicos diretamente relacionados com seu campo de atuação (SÃO PAULO, 1975). Em 1987, passou a se vincular à Secretaria de Estado do Meio Ambiente por força do Decreto n.º 26.942, de 01 de abril de 1987. E, por força da Lei Estadual n.º 13.542, de 08

de maio de 2009, teve sua denominação alterada novamente para CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2009a).

Em 1976, foi promulgada a primeira lei estadual de proteção ambiental, a Lei n.º 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre o Controle da Poluição do Meio Ambiente (SÃO PAULO, 1976b), regulamentada pelo Decreto Estadual n.º 8.468, de 8 de setembro de 1976, atualizada com redação dada pelo Decreto n.º 54.487, de 26 de junho de 2009 (SÃO PAULO, 1976a).

Em 05 de outubro de 1989 foi promulgada a Constituição do Estado de São Paulo, que, assim como a Constituição Federal, tem um capítulo específico para o meio ambiente (Capítulo IV), o qual destaca, ainda, em seu título, os recursos naturais e o saneamento. Destaca-se, na Constituição Estadual Paulista (SÃO PAULO, 1989), o conceito de gestão integrada, descentralizada e participativa dos recursos naturais e, notadamente, com uma seção específica com diretrizes para o gerenciamento dos recursos hídricos (Seção II, Artigos 202 a 213).

A Constituição Paulista reservou, ainda, um capítulo (Capítulo II, Artigos 180 a 183) às questões da urbanização, denominado “Do Desenvolvimento Urbano” (SÃO PAULO, 1989, p. 60). Em seu texto original, no Inciso VII (sétimo) do Artigo 180 (cento e oitenta), as áreas verdes e institucionais não poderiam, “em qualquer hipótese, ter sua destinação, fim e objetivos originariamente estabelecidos alterados” (SÃO PAULO, 1989, p.60). Porém, por meio da Emenda Constitucional n.º 23, de 31 de janeiro de 2007, seu texto foi alterado para:

Artigo 180 - .....

VII - as áreas definidas em projetos de loteamento como áreas verdes ou institucionais não poderão ter sua destinação, fim e objetivos originais alterados, exceto quando a alteração da destinação tiver como finalidade a regularização de:

a) loteamentos, cujas áreas verdes ou institucionais estejam total ou parcialmente ocupadas por núcleos habitacionais de interesse social, destinados à população de baixa renda e cuja situação esteja consolidada;

b) equipamentos públicos implantados com uso diverso da destinação, fim e objetivos originariamente previstos quando da aprovação do loteamento. (SÃO PAULO, 2007a, p. 1)

Desta forma, houve uma brecha na legislação máxima do Estado de São Paulo em relação à destinação de uso das áreas verdes, abrindo um precedente que fragiliza a legislação de proteção e preservação de áreas importantes na qualidade de vida urbana, que são as áreas verdes; assim como alertado, acima, por Pádua (2005) e AIPA (2005) em relação à Resolução CONAMA 369.

### **Condições singulares no Estado de São Paulo**

No Estado de São Paulo, não há uma lei específica que defina as APPs. Desta forma, devem ser observados o Código Florestal Brasileiro e as resoluções CONAMA para este fim (SÃO PAULO, 2009c).

Em relação ao gerenciamento das águas pluviais, a Lei Estadual n.º 12.526, de 2 de janeiro de 2007, estabeleceu normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais (SÃO PAULO, 2007b). Por meio desta lei, ficaram obrigados a implantar um sistema de captação e retenção de águas pluviais todos os lotes, edificados ou não, que possuam área impermeabilizada maior que 500 m<sup>2</sup> (quinhentos metros quadrados). No Apêndice 1 há um exemplo de cálculo do reservatório de acumulação nos moldes da Lei Estadual n.º 12.526/2007.

Quanto à sua implementação, esta lei não deixou dúvidas ao estabelecer, em seu Parágrafo Único, do Artigo 1 (primeiro) que:

Parágrafo único – O dispositivo no “caput” é condição para a obtenção das aprovações e licenças, de competência do Estado e das Regiões Metropolitanas, para os parcelamentos e desmembramentos do solo urbano, os projetos de habitação, as instalações e outros empreendimentos. (SÃO PAULO, 2007b, p. 1)

Porém, percebe-se na prática que, pelo menos na cidade de Campinas, a Lei Estadual n.º 12.526 não vem sendo aplicada. Isto é, não há qualquer orientação ou exigência de cumprimento da referida lei pelas Secretarias Municipais e respectivas Diretorias responsáveis pela aprovação de novos projetos na Prefeitura Municipal de Campinas, quer sejam de parcelamento do solo, quer sejam de edificações ou outras destinações de uso de lotes urbanos.

A Lei Estadual n.º 12.526, de 2 de janeiro de 2007, previa ainda que, num prazo de 90 (noventa) dias, deveria ser feita a adequação de todos os estabelecimentos já existentes.

Segundo Goldemberg e Barbosa (2004), um dos desafios atuais do Brasil, em particular do Estado de São Paulo, no que diz respeito à questão ambiental, consiste na legitimação das leis, ações e políticas ambientais, junto ao setor produtivo e à sociedade como um todo; e devem ser entendidos como instrumentos institucionais a serviço do bem coletivo, da preservação do meio ambiente e, conseqüentemente, da melhoria da qualidade de vida.

Em 2009, foi promulgada a Lei Estadual n.º 13.798, de 9 de novembro de 2009, que institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas – PEMC (SÃO PAULO, 2009b). É possível perceber, pelo menos no papel, um posicionamento de preocupação do Estado de São Paulo com a questão das mudanças climáticas e uma série de diretrizes para que sejam tomadas ações no âmbito estadual que diminuam os efeitos que contribuem para o aquecimento global e, conseqüentemente, para as mudanças climáticas.

Esta lei apresenta uma lista de definições bem abrangente. Os princípios por ela estabelecidos contemplam os anseios da comunidade científica quanto às iniciativas para a preservação ambiental e a adoção de novos hábitos com vistas a uma sociedade organizada de forma sustentável (GOLDEMBERG; BARBOSA, 2004). Dentre os princípios da Lei Estadual n.º

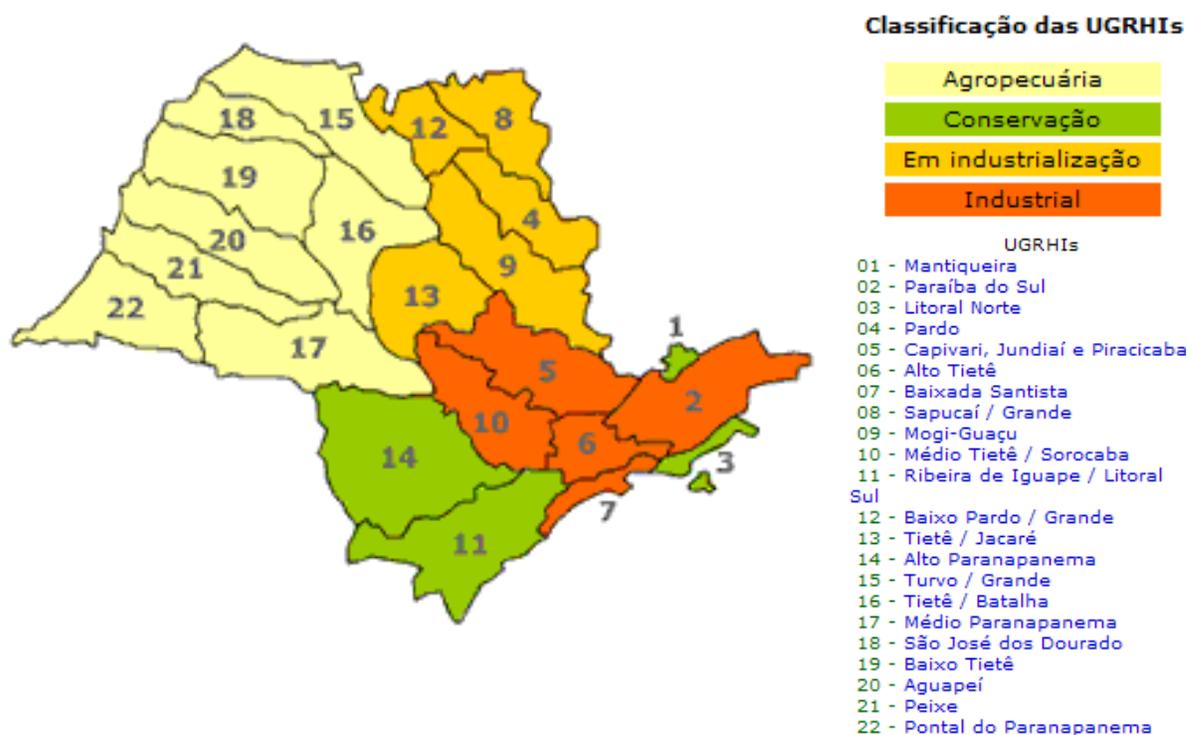
13.798, de 9 de novembro de 2009, destacam-se a busca de fontes de energia e formas de produção sustentáveis, bem como a redução das emissões de carbono, nos diversos setores da sociedade.

Destaca-se, por fim, no âmbito estadual, a publicação da Agenda 21<sup>17</sup> pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SÃO PAULO, 2002), por meio da qual o Estado de São Paulo firmou um compromisso com os princípios e doutrinas da Agenda 21. Nesta publicação, a Secretaria de Meio Ambiente ressalta a importância dos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH) na mediação de conflitos potenciais entre diferentes segmentos sociais em função da demanda de água e sua disponibilidade limitada. São apontadas as estruturas do Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SIGRH) em seus vários níveis, destacando-se, no Estado de São Paulo, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), 21 (vinte e um) CBH e 22 (vinte e duas) UGRHI (Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos) – ilustradas na Figura 2.1 - além de várias Agências de Bacias.

Note-se que, na Figura 2.1, as bacias e sub-bacias hidrográficas do estado de São Paulo estão divididas segundo o uso prioritário do solo. O uso do solo, segundo Porto e Porto (2008) e Rocha (1998), se reflete, diretamente, no conflito pelo uso da água. E, ainda segundo os primeiros autores, somente com a adoção da bacia hidrográfica como unidade básica de gerenciamento dos recursos hídricos é que se pode lidar, adequadamente, de forma sistêmica e integrada com os conflitos pelo uso da água, visando garantir, da melhor forma possível, os diversos tipos de uso, conforme preconiza a legislação estadual paulista.

---

<sup>17</sup> Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento realizada na cidade do Rio de Janeiro, de 03 a 14 de junho de 1992.



*Figura 2.1. Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo*  
(Fonte: CETESB, 2003)

### Legislação do município de Campinas concernente aos recursos hídricos

No âmbito da cidade de Campinas<sup>18</sup>, há de se destacar a Lei Municipal n.º 6.764 de 13 de novembro de 1.991, a qual “autoriza o executivo a observar, no município de Campinas, a legislação federal e estadual concernentes às ações de vigilância e fiscalização exercidas na promoção, proteção e recuperação da saúde e preservação do meio ambiente” (CAMPINAS, 1991, p. 1), regulamentada pelo Decreto n.º 10.816, de 15 de junho de 1992 (CAMPINAS, 1992), este último alterado pelo Decreto n.º 13.852, de 15 de fevereiro de 2002 (CAMPINAS, 2002). Por esta lei, além de assumir o compromisso explícito e formal com a legislação ambiental federal e estadual, o município estabeleceu as infrações e respectivas punições.

<sup>18</sup> Município onde se localiza a bacia hidrográfica do ribeirão Anhumas, ao qual se refere o escopo principal desta pesquisa.

Vale destacar, também, na legislação ambiental do município de Campinas, alguns cuidados com a preservação de áreas com significativa importância ambiental e ações que vêm ao encontro de iniciativas – mundialmente difundidas - para a diminuição dos efeitos que contribuem com o aquecimento global e, conseqüentemente, às mudanças climáticas. Em relação aos primeiros, destaca-se a criação, em 28 de maio de 1993, das áreas de proteção ambiental (APA) nos Distritos de Sousas e Joaquim Egídio, por meio do Decreto n.º 11.172 (CAMPINAS, 1993a). No *caput* do Decreto n.º 11.172, de 28 de maio de 1993, observa-se a importância percebida das áreas a serem preservadas:

CONSIDERANDO que a Mata Atlântica é uma das florestas tropicais que detém a maior diversidade de espécies de todo o mundo, por abrigar uma quantidade incalculável de seres vivos e espécies botânicas;

CONSIDERANDO que a Mata Atlântica está reduzida a apenas 4% de sua área original, sendo o ecossistema brasileiro mais ameaçado de extinção;

CONSIDERANDO que o Estado de São Paulo é um dos Estados brasileiros que compõem o Consórcio Mata Atlântica, com o objetivo de garantir a preservação dos remanescentes desse ecossistema e promover o desenvolvimento sustentado na região de sua ocorrência, respaldado pelo artigo 225 § 4º da Constituição Federal;

CONSIDERANDO que os Distritos de Sousas e Joaquim Egídio, do Município de Campinas, abrigam remanescentes da Mata Atlântica, além de outros importantes ecossistemas a ela associados;

CONSIDERANDO que referidos Distritos são trechos belos e ricos da Mata Atlântica da Região, caracterizados pela presença de formações montanhosas, grande diversidade de cobertura vegetal nativa e espécies exóticas de fauna e flora, destacando-se ainda nesse conjunto o rio Atibaia, o maior curso d'água que atravessa o Município de Campinas. (CAMPINAS, 1993a, p. 1)

Ainda que os limites destas áreas tenham sido alterados algumas vezes (CAMPINAS, 1993b; 2001) e que a própria legislação tenha sofrido algumas emendas (CAMPINAS, 1997; 2001; 2006), é inegável a importância e relevância de sua existência. Quanto às ações de combate ao aquecimento global e mudanças climáticas, destaca-se o Decreto Municipal n.º 16.773, de 18 de setembro de 2009 (CAMPINAS, 2009a), o qual regulamenta a Lei Municipal n.º 13.030, de 24 de

julho de 2007 (CAMPINAS, 2007), que dispõe sobre a obrigatoriedade da compensação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) pelos promotores de eventos realizados em áreas de domínio público, possibilitando a neutralização da emissão desses gases.

Destaca-se, ainda, a Lei Municipal n.º 13.658, de 17 de agosto de 2009 (CAMPINAS, 2009b), a qual autoriza o Município de Campinas a participar da constituição da Fundação Agência das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (Agência das Bacias PCJ); e, de certa maneira, entende-se que haja o reconhecimento implícito, pelo Poder Municipal, da Agenda 21, uma vez que a mesma está disponível em sua biblioteca jurídica, no sítio oficial da Prefeitura Municipal de Campinas, em <[www.campinas.sp.gov.br-bibjuri-agenda21.htm](http://www.campinas.sp.gov.br-bibjuri-agenda21.htm)>.

Por outro lado, há iniciativas concernentes ao gerenciamento dos recursos hídricos, como o Projeto de Lei (PL) n.º 129, de 8 de março de 2007 (CAMPINAS, 2008), aprovado na Câmara Municipal de Campinas em 19 de março de 2008, mas que foi vetado pelo Poder Executivo. Este projeto previa o uso de águas de chuva para usos não potáveis e havia, também, uma cláusula que permitia ao Poder Executivo a adoção de um instrumento de incentivo ao seu uso, conforme seu Artigo 5º (quinto):

Art. 5º - Fica o Executivo Municipal autorizado a conceder incentivo fiscal aos proprietários de imóveis já edificados que optarem pelo programa de que trata a presente lei e aos proprietários de novos imóveis em cujos projetos de construção, constar previsão de projeto de reuso de águas pluviais. (CAMPINAS, 2008, p. 1)

E o PL n.º 664, de 13 de setembro de 2007 (BENASSI, 2007), segundo o qual, as empresas de transporte público atuantes no município de Campinas deverão ter um sistema de reaproveitamento de água de lavagem de veículos para o mesmo fim.

Percebe-se, por fim, que não há leis específicas, no âmbito municipal, que complementem e ou suplementem as legislações federais e estaduais anteriormente citadas, notadamente, no que se refere aos cuidados diretos com os recursos hídricos, tais como margens preservadas, limites de intervenção, recomposição de matas ciliares etc. Desta forma, entende-se, implícita e explicitamente (conforme enunciado na Lei Municipal n.º 6.764, de 13 de novembro de 1.991), que o município de Campinas deve observar “a legislação federal e estadual concernentes às ações de vigilância e fiscalização exercidas na promoção, proteção e recuperação da saúde e preservação do meio ambiente” (CAMPINAS, 1991, p. 1).

### ***2.1.3 Facilidades e barreiras da legislação para a implantação de novos empreendimentos***

Segundo Quaglio (2007a), a base da legislação ambiental na maior parte do mundo nasceu nos EUA, na década de 1970. De uma forma geral, as leis são boas, porém nem sempre são cumpridas. Este fato ocorre tanto em países em desenvolvimento, quanto em países desenvolvidos<sup>19</sup>. Um dos principais fatores da não aplicação da lei nos países em desenvolvimento é a postura dos próprios governos que, em muitos casos, não aplicam as penalidades previstas em lei ao setor produtivo, “por privilegiar o crescimento econômico em detrimento da proteção ao meio ambiente” (QUAGLIO, 2007a, p. 315).

Vargas (2001) aponta, ainda, que a não aplicação da legislação ambiental pode se dar pela falta de legitimidade da própria lei, a qual é fruto, entre outros fatores, da ausência de participação dos diversos setores da sociedade que, por sua vez, é consequência da falta de divulgação e, conseqüentemente, desconhecimento das leis. Ou seja, a legitimação de uma determinada lei

---

<sup>19</sup> Os dados se referem a um estudo comparado de 11 países, membros do G-7 (Alemanha, Canadá, EUA, França, Inglaterra, Itália e Japão) e do Bric (Brasil, Rússia, Índia e China) (QUAGLIO, 2007a).

passa, obrigatoriamente, pela educação (CORTELLA, 2001) e pela sua ampla divulgação (RIBEIRO, 2001). E isto deve se dar por meio da comunicação com os diversos atores quer sejam envolvidos pelo processo de planejamento do empreendimento, quer sejam afetados por sua operação, ainda que indiretamente (ALIROL, 2001; VICTORINO, 2001).

Mesmo tendo em vista as diversas percepções que uma determinada lei pode ter em diferentes cenários, em função das particularidades culturais, sociais e econômicas de cada país ou região; pode-se concluir que a legislação ambiental brasileira é uma das mais avançadas do mundo (QUAGLIO, 2007a). O Brasil é um dos poucos países que garante, por lei, a participação da população na discussão dos projetos. Pela lei, no Brasil, qualquer empreendimento com potencial de promover alterações profundas no meio, quer seja pela sua magnitude, quer seja pela importância e ou fragilidade do meio, deve ser objeto de discussão com a sociedade durante o processo de aprovação. Além disso, há diversos incentivos fiscais aos investimentos que visem melhorias no manejo dos recursos ambientais nos mais diversos níveis e setores (QUAGLIO, 2007a; RIBEIRO; VARGAS, 2001).

Se, por um lado, os órgãos públicos são acusados de ineficientes, quer sejam na etapa de elaboração das leis, quer sejam nas etapas de aplicação; por outro lado, as empresas, em geral, levam mais tempo do que o necessário para a obtenção de licenças, “seja por falta de uma consultoria adequada ou por ainda não terem desenvolvido uma consciência socioambiental” (QUAGLIO, 2007b, p. 316). Em maio de 2004, respondendo a uma convocação da Câmara dos Deputados, o presidente do Ibama mostrou que a maioria das licenças não expedidas não se tratava de entraves ou atrasos dos órgãos licenciadores, mas, basicamente, incompetência dos próprios requerentes: algumas empresas apresentam estudos e relatórios de impacto ambiental mal feitos ou incompletos; outras deixam de cumprir as etapas posteriores às licenças prévias. E

há casos, ainda, que a licença já havia sido expedida, mas os empreendimentos não foram iniciados por problemas internos às empresas.

É fato que as agências ambientais brasileiras sofrem com problemas de falta de infra-estrutura, são mal aparelhadas e não possuem número suficiente de funcionários; mas isto não justifica os casos em que as empresas “se debatem por anos com os órgãos ambientais até concordarem em fazer seu Estudo de Impacto Ambiental (EIA)” (QUAGLIO, 2007b, p. 317), nem “as que ignoram a exigência do EIA, conseguem a inauguração do empreendimento graças a liminares na Justiça e, depois, tem a obra embargada” (QUAGLIO, 2007b, p. 317).

A despeito da visão dos empresários que, de acordo com Quaglio (2007b), consideram as agências ambientais muito rigorosas; o que se viu, nas últimas décadas, foi o acontecimento de grandes impactos ambientais em função, justamente, do descuido com a questão ambiental. Desta forma, a prevenção dos impactos ambientais precisa ser considerada desde a fase de planejamento dos empreendimentos, antes que danos irreversíveis venham a ser causados, como o aquecimento global; e a elaboração e apresentação do EIA-Rima é imprescindível para o licenciamento de qualquer empreendimento de grande impacto (HENNING, 1999; QUAGLIO, 2007b; RIBEIRO; VARGAS, 2001).

Outra característica a se destacar no processo de licenciamento ambiental é que ele pode envolver diversos órgãos, tais como o Iphan (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional), quando envolver sítios arqueológicos; a Funai (Fundação Nacional do Índio), se envolver terras indígenas; além de diversos órgãos estaduais e municipais (QUAGLIO, 2007b). No Estado de São Paulo, por exemplo, apesar do processo de licenciamento de um empreendimento imobiliário ser centralizado no GRAPROHAB (Grupo de Análise e Aprovação de Projetos Habitacionais do

Estado de São Paulo) a fim de torná-lo mais ágil, o mesmo envolve diversos órgãos, entre eles: Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SMA); Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE); Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais (DEPRN); e CETESB.

E além dos órgãos pelos quais, obrigatoriamente, um processo de licenciamento deve passar, ainda pode haver intervenção do Ministério Público (MP). De acordo com Quaglio (2007b), cerca de 70% (setenta por cento) das ações ambientais no Brasil em 2006 foram promovidas pelo MP Federal e pelos MPs estaduais. A ação dos MPs tem influência direta sobre os prazos estendidos na aprovação ou embargo dos empreendimentos. E, na maioria das vezes, ocorre em virtude de EIA-Rimas deficientes, envolvendo questões de planejamento que poderiam ser sanadas em poucos meses e acabam levando anos em disputas judiciais.

Outra falha comum por parte dos empreendedores, no planejamento das empresas em vista da obtenção do licenciamento ambiental, é o não cumprimento de todos os requisitos exigidos para a realização das consultas públicas, as quais precisam ser refeitas, acarretando em mais atrasos (QUAGLIO, 2007b).

Quaglio (2007c) cita, ainda, um problema recorrente no Brasil que também interfere diretamente nos prazos de licenciamento ambiental: o conflito de interesses oriundo de uma legislação extremamente detalhada e burocrática que acaba se tornando confusa por não estabelecer, precisamente, as competências entre os poderes públicos federal, estadual e municipal para fiscalizar e licenciar a área ambiental. E, na prática, muitas vezes, o empreendedor se depara com um impasse no processo de licenciamento em função de choque de interesses entre órgãos de níveis governamentais distintos.

As dificuldades para o licenciamento dos empreendimentos, quer sejam devidas à burocracia da legislação, ou à falta de estrutura dos órgãos ambientais, ou ainda, à ineficiência das empresas, acarretam atrasos, os quais interferem no cronograma financeiro estabelecido pelas empresas e, por fim, acabam por inviabilizar as projeções de retorno dos investimentos (QUAGLIO, 2007c).

Para aumentar a eficiência nos processos de gestão ambiental de uma forma integrada e complementar aos instrumentos já existentes, Ribeiro e Vargas (2001) propõe que sejam desenvolvidos novos instrumentos, voltados para a educação, a comunicação, o marketing e a negociação.

#### ***2.1.4 Gerenciamento integrado dos recursos hídricos***

O gerenciamento de recursos hídricos, no passado, conforme apontado por ANA (2002) e Zuffo (2011) era uma atividade exclusiva de engenheiros e burocratas, cujo objetivo principal era o cálculo de estruturas que garantissem determinada vazão, quer seja para contenção de enchentes ou para compensação de períodos de estiagem – no modelo burocrático; quer seja para a produção de energia, prioridade de uso no modelo econômico.

Com a expansão dos objetivos do gerenciamento para preocupações com questões como qualidade da água, taxas de infiltração, vazão média dos cursos d'água, drenagem natural, restauração<sup>20</sup> dos cursos d'água e mitigação à impermeabilização, o gerenciamento de recursos hídricos tem, agora, um grande número de atores, tais como: proprietários da terra, moradores, ONG's, monitores voluntários, planejadores ambientais, biólogos, geógrafos, geólogos, agrônomos, arquitetos paisagistas e, inclusive, engenheiros. A Tabela 2.1 ilustra a diferença entre

---

<sup>20</sup> Neste trabalho, considera-se o termo restauração como sendo a restituição de um ecossistema degradado.

os objetivos e os atores do gerenciamento de recursos hídricos no modo tradicional e do gerenciamento integrado no que diz respeito a objetivos e atores.

*Tabela 2.1. Diferença entre os objetivos e os atores das formas tradicional e integrada de gerenciamento dos recursos hídricos (GRH)*

	<b>GRH Tradicional</b>	<b>GRH Integrado</b>
<b>Objetivos</b>	Cálculo de estruturas de drenagem e ou barragens	Qualidade da água Proteção dos cursos d'água Drenagem natural Restauração dos cursos d'água Mitigação à impermeabilização
<b>Atores</b>	Engenheiros, exclusivamente	Toda a sociedade: proprietários da terra, moradores, ONG's, voluntários, planejadores, geógrafos, geólogos, biólogos, agrônomos, arquitetos, paisagistas, ambientalistas e engenheiros

### **Programas e diretrizes do gerenciamento de recursos hídricos**

As diretrizes do gerenciamento de recursos hídricos são concebidas para mitigar ou compensar impactos do desenvolvimento por meio de regulações no desenvolvimento da terra e práticas construtivas. Os impactos podem ser divididos em três problemas distintos: enchentes, qualidade das águas pluviais e erosão de canais. As primeiras diretrizes eram focadas em construções para o controle de enxurradas, erosão do solo e sedimentação. À medida que as questões relativas a precipitações pluviométricas se tornaram mais complexas, as diretrizes passaram a ser desenvolvidas para exigir dos empreendedores a garantia de critérios de pós-construção para quantidade e qualidade das águas de escoamento superficial, capacidade do canal, velocidades de erosão, recarga dos lençóis subterrâneos e melhorias dos canais naturais de drenagem. A Tabela 2.2 compara os efeitos, dentro e fora da bacia hidrográfica, entre o gerenciamento tradicional e a

abordagem de “baixo impacto”, a qual, segundo PGC-DEM (1999), só é possível por meio de um modelo de gerenciamento integrado e participativo.

Muitas cidades, nos EUA, têm estabelecido o uso de água de chuva como forma de incentivo, bem como fonte de recursos para o gerenciamento público das águas pluviais e preservação e restauração dos cursos d'água.

Em alguns países, tais como Alemanha, Canadá, Dinamarca, EUA, França e Holanda, já existe tratamento de água de chuva e os proprietários de imóveis são taxados segundo coleta e tratamento relacionados à área impermeabilizada ou à ausência de medidas mitigadoras. Esta taxa serve como forma de compensação aos governos municipais pelo custo dos serviços ou outros impactos resultantes do desenvolvimento (LOW-BEER; CORNEJO, 2011; SANTOS, 2002; Von SPERLING; TASSIN; VINÇON-LEITE, 2006).

### **Gerenciamento integrado de fontes difusas e pontuais de poluição**

Os EUA conquistaram grandes progressos na despoluição de seus cursos d'água até o ano 2000, porém, mesmo assim, cerca de 40% (quarenta por cento) de suas águas continuavam impróprias para a pesca ou banho. Estima-se que entre 60% (sessenta por cento) e 70% (setenta por cento) da poluição remanescente é oriunda de fontes difusas de poluição, as quais são carreadas pelas enxurradas (RANDOLPH, 2004).

*Tabela 2.2. Efeitos do gerenciamento tradicional e da abordagem de “baixo impacto”, dentro e fora da bacia hidrográfica*

<b>Parâmetro</b>	<b>Gerenciamento Tradicional</b>	<b>Abordagem de “Baixo Impacto”</b>
<b><i>Dentro da bacia</i></b>		
Cobertura impermeável	Incentivo no aumento da drenagem	Minimizada para reduzir impactos
Cobertura vegetal natural	Reduzida para aumentar eficiência da drenagem	Maximizada para manter a hidrologia natural (pré-ocupação)
Tempo de concentração	Reduzido como um subproduto da eficiência da drenagem	Maximizado e aumentado para se aproximar das condições naturais
Volume de enxurradas	Grande aumento não-controlado de enxurradas	Controlado para permanecer dentro das condições naturais
Vazões de pico	Controladas para uma chuva de período de retorno de 2 anos	Controladas para todas as chuvas nas condições naturais
Frequência de enxurradas	Aumentada, larga e especialmente, para chuvas de pequena intensidade (mais frequentes)	Controlada para as condições naturais em todas as chuvas
Duração das enxurradas	Diminuída, pois aumentará a eficiência da descarga	Controlado para permanecer dentro das condições naturais
Subprodutos das chuvas	Grande redução em todos os elementos	Manutenção das condições naturais
Recarga dos lençóis freáticos	Redução	Manutenção das condições naturais
<b><i>Fora da Bacia</i></b>		
Qualidade da água	Redução das cargas de poluentes, porém, controle limitado para eventos de chuva com vazões menores que as vazões de projeto	Melhoria na redução da carga de poluentes; controle total dos eventos de chuva com vazões menores que as vazões de projeto
Corpos receptores	Severos impactos documentados: erosão e degradação dos canais; sedimentação e deposição; redução das vazões normais; redução ou eliminação da sustentabilidade dos habitats.	Manutenção das condições naturais originais da ecologia dos cursos d’água
Enchentes à jusante	Aumentadas pelo aumento da eficiência de drenagem.	Controladas para as condições naturais originais.

(Adaptado de PGC-DEM, 1999)

Venturini (2007) analisou os efeitos da poluição difusa no córrego Proença, um dos principais afluentes do ribeirão Anhumas. Em seu estudo foram analisados dados referentes a dez (10) parâmetros: condutividade, temperatura, turbidez, pH, fósforo total, mercúrio, oxigênio dissolvido (OD), demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5,20</sub>) e carbono orgânico dissolvido (COD); sendo uma comparação direta entre uma análise após um período de sessenta e quatro (64) dias sem chuvas e outra análise após um evento de chuva que se deu após oitenta e três (83) dias de estiagem. O autor constatou piora significativa na qualidade da água do córrego Proença em relação a todos os parâmetros analisados, confirmando os efeitos danosos do carreamento de poluentes por enxurradas, a qual é uma fonte difusa de poluição.

Há muitos anos, nos EUA, a abordagem por carga diária máxima total (CDMT, ou TMDL, sigla em inglês para *total maximum daily load*) vem sendo reutilizada para o gerenciamento integrado de efluentes poluídos. O objetivo foi o de se estabelecer padrões de qualidade da água em todos os estados americanos. Porém, esta é uma técnica complexa e de difícil aplicação. O que se pôde perceber, na prática, é que o foco deve ser o ambiente aquático, o que inclui as áreas de várzeas (também chamadas de áreas úmidas) e as margens dos cursos d'água e não apenas a qualidade da água propriamente dita.

### **Restauração dos cursos d'água**

Novos esforços integrados para gerenciar os recursos hídricos e, mais precisamente, as águas pluviais, têm demonstrado que é possível estabilizar e até reduzir as vazões de pico, a poluição carregada por enxurradas e a erosão de canais, detendo o que parecia ser uma tendência irreversível na degradação de cursos d'água urbanos. Como resultado, o gerenciamento efetivo

das águas pluviais tem reforçado a viabilidade e a integridade de cursos d'água naturais e reduzido pressões por alterações destrutivas. Em muitos locais, estes esforços têm sido complementados com projetos de restauração dos cursos d'água em áreas urbanas. Estes projetos têm sido implementados, nos EUA, por grupos voluntários. Em algumas cidades, até mesmo córregos canalizados têm sido descobertos e restaurados para as condições naturais e têm se tornado valiosos componentes de corredores verdes urbanos.

### ***2.1.5 Medidas de gerenciamento de águas pluviais***

As medidas do gerenciamento de águas pluviais visam à redução das vazões de pico, ao controle da poluição carregada por enxurradas e ao aumento das taxas de infiltração. Estas medidas protegem e reforçam as propriedades naturais dos cursos d'água e suas margens de redução de eventos de enchentes e erosão e de aumento da vazão média e melhora na qualidade da água.

Estas medidas podem ser agrupadas em três categorias: planejamento, projeto e gerenciamento do uso da terra; redução das fontes poluentes; e, controle e tratamento de águas pluviais.

#### **Planejamento, projeto e gerenciamento do uso da terra**

Um melhor planejamento, projeto e gerenciamento do uso da terra reduzem os impactos por meio da preservação das condições naturais. Por exemplo, limitando a impermeabilização, mantendo as áreas úmidas, faixas vegetadas que funcionam como filtros naturais e faseando as atividades no tempo e espaço. Em áreas agrícolas, especificamente, o uso eficiente de cercas possibilita o manejo de pastagens, evitando a sobrecarga do rebanho sobre o solo e permitindo a recuperação da terra, reduzindo o escoamento superficial, a erosão e a sedimentação, além de manter o rebanho afastado das margens dos cursos d'água.

No desenvolvimento de baixo impacto de novas áreas urbanas, práticas de gerenciamento integrado (PGI) de minimização e conservação incluem medidas de preservação da vegetação, corte de árvores apenas na área estritamente necessária, uso de vias mais estreitas e pavimentos permeáveis, entre outras.

### **Proteção de margens de lagos**

Segundo Cappiella e Schueler (2001 *apud* RANDOLPH, 2004), lagos são ecossistemas extremamente sensíveis e os impactos devidos a usos intensivos em suas margens podem causar danos irreversíveis em sua ecologia e, conseqüentemente, nos valores de propriedade. Os autores listam as seguintes considerações iniciais na proteção de lagos:

- As margens atraem as pressões de ocupação;
- A qualidade da água altamente sensível à quantidade de fósforo;
- A preservação dos limites naturais é ponto crítico para proteção de valores estéticos, ecológicos e de propriedade;
- A mata ciliar é muito importante para os peixes e vida selvagem;
- Existência de grande pressão para modificar e desmatar suas margens para realçar vistas e instalar estruturas;
- Recreação aquática é um uso primário e uma preocupação do gerenciamento;
- Sistemas sépticos são proeminentes e, frequentemente, causam sérios problemas na qualidade da água;
- Associações do “lago” podem ser efetivas para a educação e reforço da proteção;

- Devem ser estabelecidas diretrizes para as condições particulares do lago e metas de qualidade da água.

Cappiella e Schueler (2001 *apud* RANDOLPH, 2004) defendem que as seguintes condições devem ser atendidas em projetos de ocupação de margens de lagos:

1. Lote mínimo de 8.000 m<sup>2</sup> (oito mil metros quadrados);
2. Impermeabilização máxima de 12% (doze por cento) da área do lote;
3. Preservação mínima de 50% (cinquenta por cento) da área do lote com mata nativa;
4. Preservação de uma faixa de 30 (trinta) metros de mata ciliar;
5. Permissão de uma única trilha de acesso ao lago com largura máxima de 1,8 m (um metro e oitenta centímetros);
6. Permissão de poda das copas das árvores em um corredor de vista para o lago;
7. Distância mínima de 45 (quarenta e cinco) metros para instalação de fossas;
8. Direcionamento de águas de telhados e enxurradas para áreas de biorretenção;
9. Vias de Acesso em: cascalho.

### **Redução das fontes de poluição**

Segundo Braga *et al.* (2005) e Tucci e Silveira (2001), a remoção de poluentes na fonte, antes que os mesmos sejam carreados pelas enxurradas previne a poluição por fontes difusas, as quais, segundo os primeiros autores, são as mais difíceis de se combater.

Em áreas urbanas, o controle pode ser feito por meio de programas educativos, coleta seletiva, diretrizes para o controle de dejetos de animais domésticos e programas comunitários de limpeza de margens de cursos d'água e rodovias.

Em áreas não servidas por redes coletoras de esgoto, nem ETEs, são recomendadas algumas técnicas de tratamento do esgoto primário, tais como fossas sépticas, valas de infiltração e sumidouros (JORDÃO; PESSÔA, 1995; Von SPERLING, 1996a, 1996b).

### **Práticas de gerenciamento de águas pluviais**

Planejar o uso da terra e prevenir fontes de poluição são passos importantes no controle de enxurradas e fontes difusas de poluição, porém, não são suficientes para se atingir os objetivos do gerenciamento das águas pluviais, especialmente em áreas urbanas ou em fase de urbanização. Dessa forma, outras medidas devem ser tomadas a fim de providenciar a detenção e a infiltração por meio da própria paisagem existente ou de sistemas de bioengenharia, cuidadosamente projetados, que imitam a natureza, tais como:

- **Biorretenção:** áreas baixas (pequenas depressões) vegetadas que detêm e filtram as enxurradas, possibilitando alguma infiltração;
- **Lagoas pluviais:** lagoas úmidas ou secas que detêm e armazenam enxurradas propiciando lento escoamento;
- **Áreas úmidas artificiais:** detêm e tratam biologicamente enxurradas;
- **Medidas de filtragem:** sistemas de filtros de areia;
- **Medidas de infiltração (drenos):** valetas escavadas ou drenos que promovem a infiltração de enxurradas;
- **Canais enterrados e abertos:** escoam, lentamente, as enxurradas para áreas pré-determinadas.

A eficácia na prática do gerenciamento urbano de águas pluviais depende da escolha e do dimensionamento da medida mais adequada (BRAGA *et al.*, 2005; TUCCI; SILVEIRA, 2001).

## **Princípios e processos de preservação e restauração de cursos d'água e suas margens**

As matas ciliares são zonas de transição entre os cursos d'água e “terras altas” e têm a função de filtrar as enxurradas provenientes das terras altas, promover a estabilização de encostas, manter o nível da água em períodos de seca e de corredores de habitats para a vida selvagem. Os habitats são definidos como lóticos – associados a águas correntes, tais como rios e córregos, ou lênticos – relacionados a águas estacionárias, como lagos.

Segundo FISRWG (1998), o âmago do processo de restauração de cursos d'água está no projeto e seleção das alternativas. E as medidas de restauração se relacionam com quatro componentes principais: o canal natural (curso d'água), o habitat dentro do curso d'água, as encostas (barrancos) e o habitat ciliar.

De uma forma geral, os processos podem se utilizar de métodos naturais (por exemplo: revegetação), indiretos (por exemplo: barragens) ou estruturais (por exemplo: muros de contenção, pavimentos drenantes etc.).

No processo de restauração de cursos d'água se deve (FISRWG, 1998):

- Trabalhar dentro do contexto da paisagem da bacia hidrográfica;
- Envolver uma equipe interdisciplinar;
- Desenvolver metas claras, atingíveis e mensuráveis;
- Usar exemplos dentro da própria bacia hidrográfica;
- Visar a preservação e proteção dos recursos (agir antes que a restauração seja necessária);
- Restaurar a integridade ecológica, as estruturas e funções naturais;
- Projetar para auto-sustentabilidade por meio de restauração passiva, correções naturais e bioengenharia;

- Monitorar e adaptar em que locais serão necessárias alterações e antecipar futuras mudanças.

A restauração de cursos d'água deve ter uma abordagem no âmbito da bacia hidrográfica e abranger além do curso d'água e da zona de transição (mata ciliar), até as fontes de poluição das terras altas da bacia, envolvendo as seguintes técnicas:

- **Técnicas de atuação diretamente nos cursos d'água:** reconfiguração do canal e realinhamento para a restauração geométrica, meandros, sinuosidade, composição do substrato, complexidade estrutural, reareação, estabilidade das encostas dos cursos d'água;
- **Técnicas de atuação na mata ciliar:** restabelecimento do dossel vegetativo, aumento da largura do corredor, cercas restritivas;
- **Técnicas de atuação nas terras altas da bacia hidrográfica:** controle de fontes difusas de poluentes, superfícies impermeabilizadas e práticas de gerenciamento de águas pluviais.

## **2.2 Informações Básicas no Manejo dos Recursos Hídricos**

O diagnóstico ambiental da terra envolve uma reunião de mapeamentos do meio natural e fatores socioeconômicos que tem relação com o uso da terra (RIBEIRO; VARGAS, 2001). Essas informações podem ser apresentadas em mapas de papel ou digitais por meio de um conjunto de informações processadas no SIG. As análises de desenvolvimento da terra são a combinação das informações do inventário para produzir o mapa de desenvolvimento de um uso específico ou um determinado número de usos (KENT; KLOSTERMAN, 2000). O inventário ambiental da terra tem se tornado rotina para o planejamento do uso da terra. Os principais objetivos do diagnóstico

são fornecer as informações para os mapas de uso da terra; demonstrar as áreas que merecem mais atenção dos planejadores e proprietários de terras; fornecer base de dados para estudos de impacto ambiental e para entrada de dados para o SIG e para as análises de desenvolvimento. Os estudos auxiliam na determinação do nível de impacto que a população humana está causando no meio, baseado na capacidade de suporte do meio ambiente.

Os diagnósticos, tipicamente, são mapas com informações espaciais, as quais variam para cada estudo. Os mapas incluem, geralmente, informações do solo, condições geológicas e limitações, declividade e elevação, bacia hidrográfica e áreas com potencial para enchentes, vegetação e habitat e outros fatores ambientais. Esses dados, disponíveis no diagnóstico, primeiramente, são utilizados como fontes de avaliação (Figura 2.2) e há uma série de métodos que possibilitam sua combinação para análises e interpretações (Figura 2.3).

As externalidades negativas que o meio sofre estão totalmente relacionadas com o crescimento da população e tecnologia por ela desenvolvida. Ou seja, as externalidades negativas não dependem somente da população, mas também do nível de riqueza desta (SANTOS, CALDEYRO, 2007; THOMAZIELLO, 2007).

Uma das maiores ferramentas de planejamento do governo é a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA). Instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, de grande importância para a gestão institucional de planos, programas e projetos, nas esferas federal, estaduais e municipais. Avaliação de impacto ambiental é o método de análise do ambiente mais usado no mundo (HENNING, 1999). Apesar das suas limitações ele tem sido uma consistente fonte de informação ambiental para importantes tomadas de decisões.

Porém, na prática, conforme apontado por Ribeiro e Vargas (2001) entre outros, os métodos e ou processos tradicionais de tomada de decisão não têm sido verdadeiramente eficientes e ainda há muitas barreiras à efetiva implantação das decisões adotadas.

Em resumo, faltam instrumentos que tornem as decisões mais legítimas e, portanto, que contemple as percepções dos diversos atores e que promova, em última instância, o comprometimento de todos com a decisão tomada.

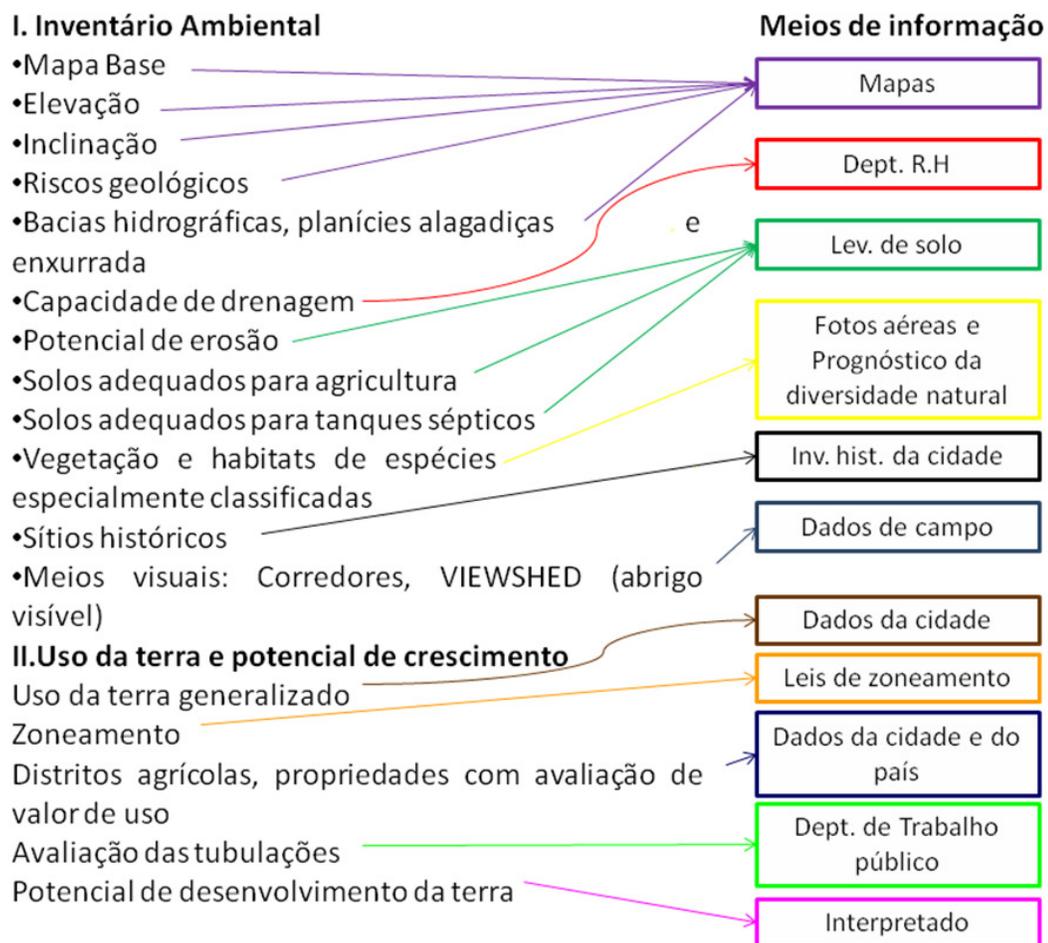


Figura 2.2. Relação do diagnóstico ambiental com os meios de informação (Adaptado de PAYÈS, 2010)

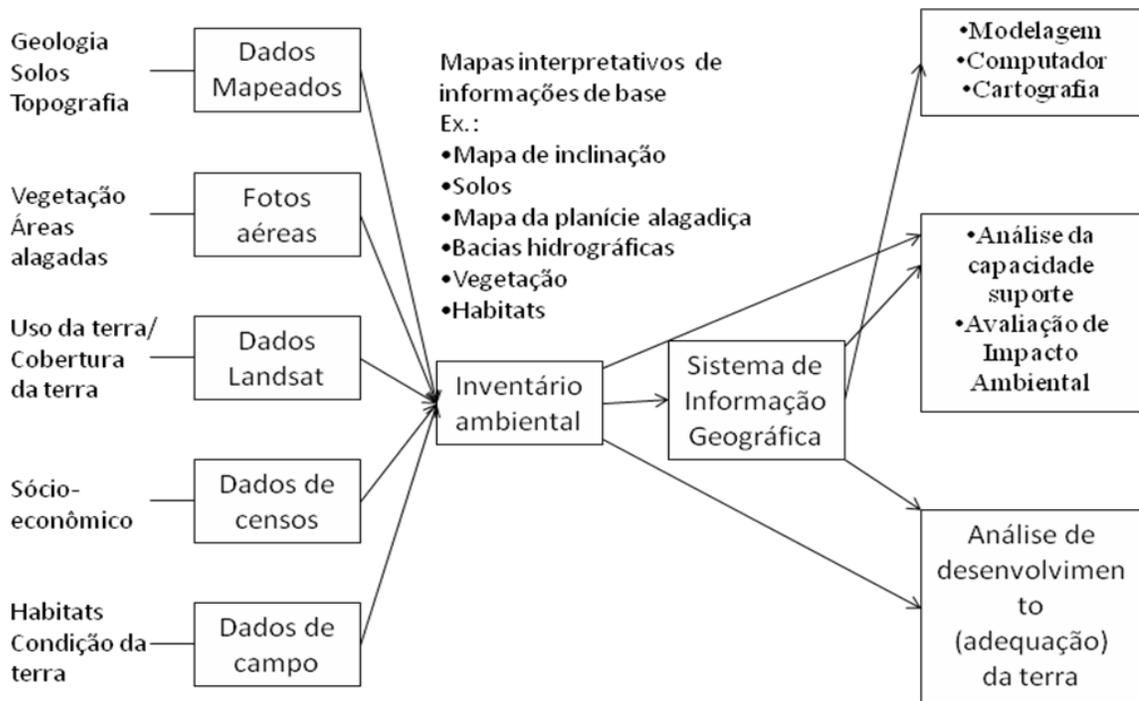


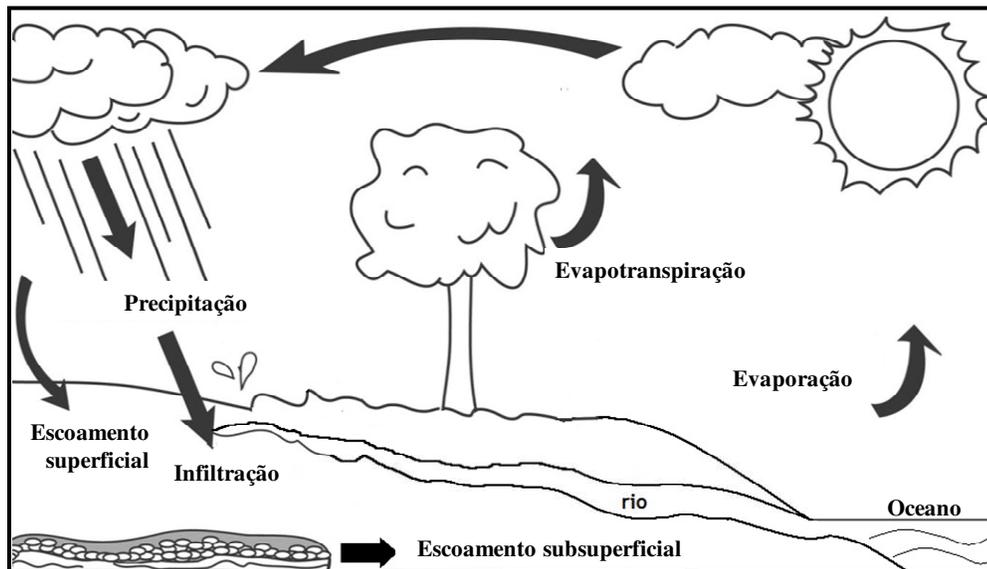
Figura 2.3. Potencial de relação dos métodos de análise ambiental da terra (Adaptado de TERRA, 2010)

### 2.2.1 O ciclo hidrológico

A ação humana tem grande influência sobre o ciclo hidrológico ou “ciclo da água”, o qual é intimamente relacionado à terra. Os efeitos das ações resultantes do uso da terra têm consequências sobre os cursos d’água, tanto em relação à qualidade da água, quanto à integridade dos cursos d’água (PORTO; PORTO, 2008; ZUFFO, 2008).

Em resumo, conforme Coelho Netto e Avelar (2007), a água que evapora dos continentes e oceanos retorna à terra na forma de chuva ou neve. A água precipitada que não retorna diretamente à atmosfera na forma de evaporação ou transpiração das plantas tem dois destinos principais: parte dela infiltra no solo, propiciando o aumento e a manutenção da umidade do solo, como também contribui para a recarga de aquíferos subterrâneos que, por sua vez, alimentarão os

cursos d'água subterrâneos e superficiais, e; parte escoo pela superfície, contribuindo as vazões dos cursos d'água superficiais (lagos e rios), por meio de enxurradas. A Figura 2.4 ilustra o ciclo hidrológico.



*Figura 2.4. O ciclo da água ou ciclo hidrológico*

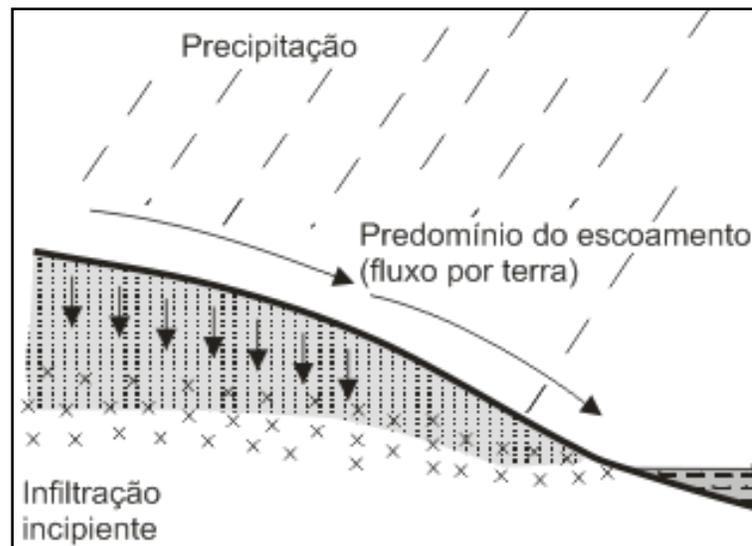
As águas superficiais e subterrâneas existentes são importantes fontes para o suprimento futuro de água. As enxurradas determinam as vazões de pico (ou “vazões de cheia”). E o fluxo proveniente dos lençóis subterrâneos determina a vazão de base (ou “vazão normal entre cheias”).

O uso da terra em áreas de escoamento superficial de bacias hidrográficas e de recarga de aquíferos tem um efeito significante na qualidade e viabilidade dos recursos hídricos. A urbanização traz, por exemplo, grandes problemas de drenagem, enchentes e erosão, devido às altas taxas de impermeabilização do solo, as quais diminuem drasticamente a capacidade de infiltração do solo e, conseqüentemente, provocam o aumento do escoamento superficial (enxurradas) (TUCCI, 1997; ZUFFO, 2007).

Além disso, as enxurradas carregam poluentes de fontes difusas, os quais, atualmente, superam as fontes pontuais (por exemplo, esgotos domésticos e industriais) (U.S. EPA, 2002).

### O equilíbrio do ciclo hidrológico

A taxa de escoamento superficial é dada pela diferença entre a intensidade de precipitação e a capacidade de infiltração do solo, a qual depende da textura e mistura do solo e da cobertura vegetal, considerando que a saturação do terreno e a evapotranspiração sejam desprezíveis. A Figura 2.5 ilustra a relação entre a intensidade de precipitação, a capacidade de infiltração e a taxa de escoamento superficial. A topografia determina a drenagem superficial, a qual é delineada pelas bacias de drenagem, também chamadas de bacias hidrográficas. Todo tipo de solo se torna saturado para uma dada chuva; e toda intensidade de precipitação acima da capacidade de infiltração do solo se transformará em escoamento superficial (enxurrada). Sempre que a intensidade de precipitação for maior que a capacidade de infiltração, haverá o predomínio de escoamento superficial (enxurrada).



*Figura 2.5. Capacidade de infiltração do solo é menor que a intensidade de precipitação: predomínio de escoamento superficial*  
(Fonte: CASSETI, [2005])

### **2.2.2 Hidrologia de bacias hidrográficas**

O processo de formação dos cursos d'água é resultante da ação de milhares ou milhões de anos. Porém, as atividades antrópicas podem modificar as características de uma Bacia Hidrográfica em poucas décadas ou mesmo, alguns anos (LIMA *et al.*, 2007; SANTOS; CALDEYRO, 2007). Segundo Ferreira (1998), as atividades antrópicas são responsáveis pelo aquecimento global, o qual, por sua vez, afeta o ciclo hidrológico.

De qualquer forma, pode-se estimar, com certo grau de certeza, o comportamento do ciclo hidrológico em uma determinada bacia hidrográfica, por meio do estudo de seus dados históricos. Nos EUA, por exemplo, há dados históricos de precipitações pluviométricas de mais de 150 (cento e cinquenta) anos (NWS, 2002; USWB, 1961).

Os dados de precipitação são analisados em termos de frequência de chuvas de diferentes durações e intensidades. A partir destes dados, é possível elaborar uma equação de chuva para a área em análise. Em alguns casos é possível obter um ábaco que indica a intensidade de chuva em função de sua duração e de um determinado período de retorno (frequência provável de ocorrer a chuva) para um determinado local, como por exemplo, uma cidade ou uma determinada região da cidade.

A delimitação de uma bacia hidrográfica se dá pelos seus limites superiores (divisores de água) e pelo “ponto de saída” (exutório) (TUCCI, 1997; ZUFFO, 2008). Um método para identificar os limites de uma bacia hidrográfica é apresentado no Anexo 1.

## Efeitos do uso da terra sobre as vazões de pico

Um hidrograma mostra, ao longo do tempo, as características do fluxo em determinado curso d'água em um ponto específico para uma dada precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica (TUCCI, 1997; ZUFFO, 2008).

A precipitação é dada em um histograma, conforme demonstrado na Figura 2.6. Nota-se que, após a urbanização de parte de uma bacia hidrográfica, ocorre o aumento da vazão de pico, com seu efeito potencializado pela diminuição do tempo de retardamento, que é o tempo que leva para ocorrer a vazão de pico desde o início da precipitação.

A resposta do hidrograma devida à precipitação e à vazão depende das características da bacia hidrográfica, principalmente, cobertura do solo, declividade e comprimento do canal.

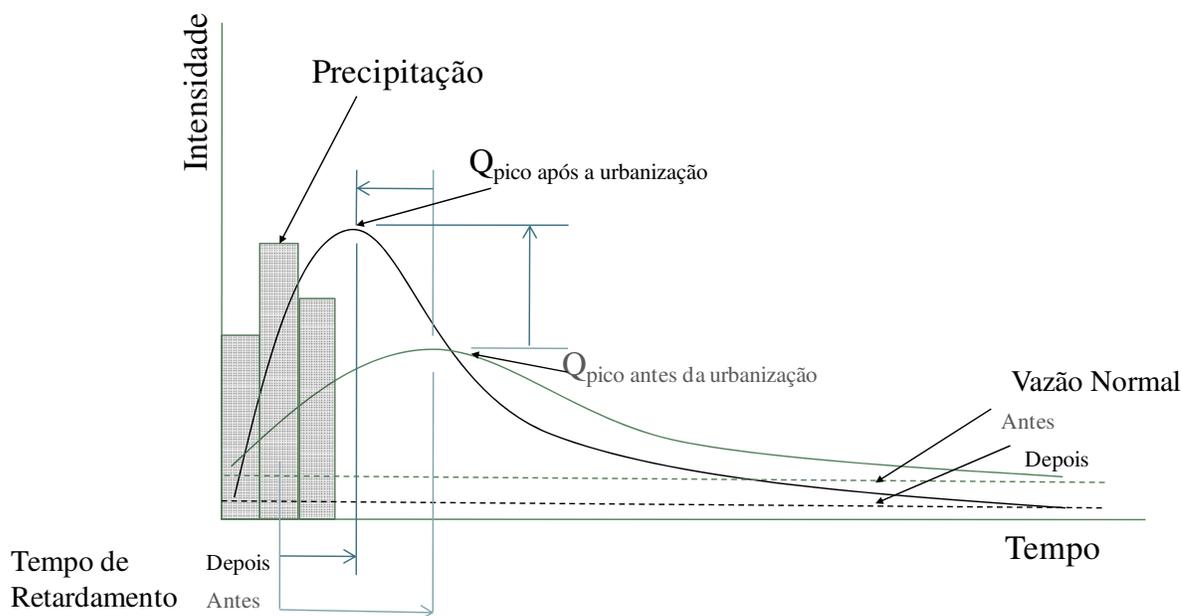


Figura 2.6. A tendência dos cursos d'água em moldar sua calha por meio de processos de erosão e deposição

Os processos de urbanização, inicialmente, reduzem a quantidade de água que infiltra no solo (devido à impermeabilização), aumentam o escoamento superficial e, conseqüentemente, reduzem o tempo de concentração da bacia, gerando hidrogramas com picos cada vez mais pronunciados e que ocorrem em tempos cada vez menores.

Como infiltra menos água, passa a haver menos contribuição de águas subterrâneas à vazão de base (ou seja, vazão entre chuvas ou vazão entre cheias), especialmente em períodos de estiagem. O resultado é que os cursos d'água escoam com volume e velocidade muito maiores nos períodos de chuvas e, frequentemente, mais secos entre os períodos de chuvas.

Assim, os danos ao ciclo hidrológico causados pela urbanização são:

1. Aumento de vazão, o que exacerba os efeitos de enchentes à jusante;
2. Enxurradas urbanas que carregam poluição presente na água, afetando a qualidade da água dos corpos receptores – quanto maior a vazão do escoamento urbano, mais poluentes ele carrega;
3. Redução da infiltração, o que reduz o estoque de águas subterrâneas e, conseqüentemente, reduz a vazão dos cursos d'água nas estações secas;
4. Destruição (direta ou indireta) dos cursos d'água e pequenos riachos.

A Figura 2.7 ilustra o processo de ocupação próximo à área de inundação (várzea) de um curso d'água, que tem seus limites ampliados devido aos processos de impermeabilização e suas conseqüências acima descritas.

A Tabela 2.3 apresenta as mudanças causadas no ciclo hidrológico pela impermeabilização associada aos processos de urbanização.

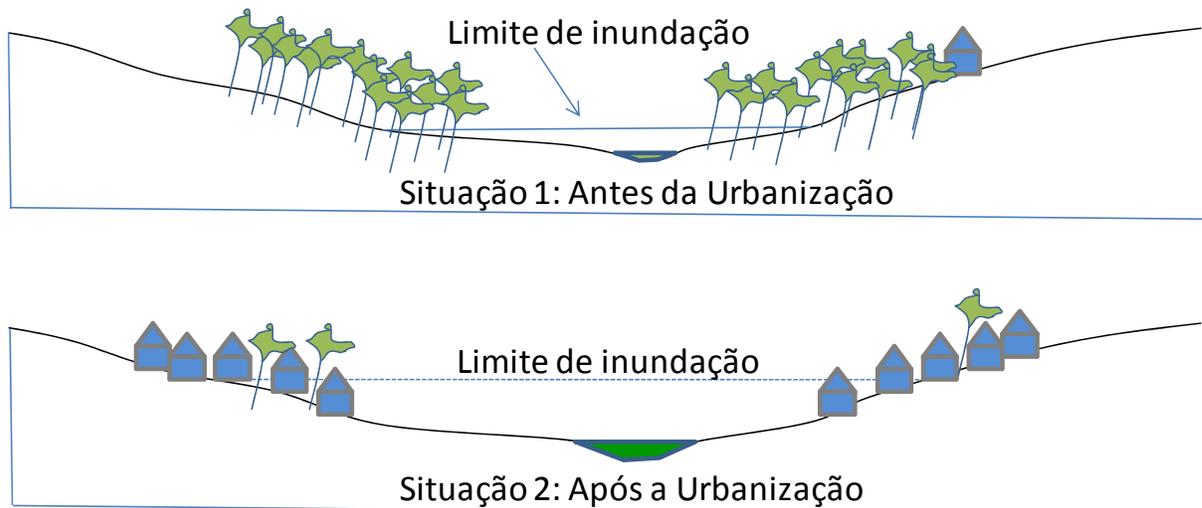


Figura 2.7. Mudanças na hidrologia de uma bacia hidrográfica como resultado da urbanização e impermeabilização

Planejar e projetar sistemas de drenagem e gerenciar os efeitos do uso da terra requer a habilidade de prever fluxos de escoamento superficial (enxurradas) oriundos de eventos de precipitação (chuvas) e, ainda, avaliar a capacidade dos canais de escoamento e cursos d'água em suportar a vazão das águas pluviais e projetar medidas mitigatórias para reduzir as vazões de pico.

Tabela 2.3. Mudanças do ciclo hidrológico devido à impermeabilização associada à urbanização

Uso da Terra / Cobertura	Impermeabilização (%)	Evapotranspiração (%)	Infiltração (%)	Enxurrada (%)
Cobertura Natural	0	40	50	10
Residencial de Baixa Densidade	10-20	35	42	23
Residencial Urbana	35-50	35	35	30
Centro Urbano	75-100	30	15	55

(Fonte: U.S. EPA, 1993 *apud* RANDOLPH, 2004, p. 375)

## Metodologia para cálculo das vazões de pico

Os métodos de cálculo das vazões de pico consideram, basicamente, três variáveis:

- $C$ : coeficiente de escoamento;
- $I_{t,T}$ : intensidade média da chuva para uma duração  $t$  e um tempo de retorno  $T$ ;
- $A$ : área da bacia hidrográfica.

O coeficiente de escoamento  $C$  é uma grandeza adimensional e, sobretudo, função do uso do solo. Pode-se dizer que esta é a principal variável influenciada pelas atividades humanas (uso e ocupação do solo). Quanto maior a área impermeabilizada, maiores serão os valores típicos adotados para o coeficiente de escoamento  $C$ . Este fator é, comumente, potencializado em áreas urbanas (TUCCI, 1997).

A intensidade da precipitação pode ser obtida, diretamente, por meio de equações de chuvas intensas para uma determinada duração do evento, em função do tempo de concentração da bacia e segundo o tempo de retorno adotado em projeto e sua unidade usual é dada em milímetros por hora (mm/h). Esta variável, apesar de parecer depender apenas de condições naturais, pode ser influenciada pelas atividades antrópicas.

Batista (2008) e Pinheiro (2007) afirmam que precipitações frontais e orográficas, resultantes da condensação ocasionada pela elevação de massas de ar quente, são de longa duração, abrangem grandes áreas e, geralmente, apresentam intensidades baixas ou moderadas. Ambos os autores afirmam, ainda, que as precipitações convectivas são causadas pelo aquecimento das camadas mais baixas da atmosfera, resultante da temperatura diferenciada da superfície; e são, geralmente,

de curta duração e grande intensidade. Zuffo (2008) ressalta que as precipitações convectivas são típicas de áreas urbanizadas.

Zuffo (2004) demonstra como os eventos de chuva podem variar ao longo do tempo, quer seja para grandes áreas de abrangência – neste caso, influenciados por ações em grande escala como, por exemplo, o aquecimento global; quer seja para situações bem localizadas – percebidas, principalmente, em eventos de chuvas convectivas, cujas frequência e intensidade têm forte influência da elevação local de temperatura provocada por processos de intensa urbanização.

E, por fim, determina-se a área da bacia hidrográfica, a qual é, geralmente, tomada em hectares (ha) ou quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>).

Dentre os métodos usuais, o método racional é um dos mais conhecidos e antigos modelos para o cálculo da vazão de pico à saída de uma bacia hidrográfica. Ele foi desenvolvido por um jovem engenheiro irlandês, Thomas Mulvany, em 1852 (DOOGE, 1974). Aplica-se a pequenas bacias hidrográficas, ou seja, as que atendam a alguns critérios específicos, tais como (GENOVEZ, 2008; PONCE, 1989; WIESNES, 1984):

- Pode-se assumir a distribuição uniforme da precipitação, no tempo e no espaço;
- A duração da precipitação, usualmente, excede o tempo de concentração da bacia;
- Há predomínio de escoamento superficial, como é o caso em áreas urbanizadas;
- Efeitos de armazenamento superficial, durante o escoamento, são desprezíveis.

### ***2.2.3 Solos, topografia e uso da terra***

O solo é um recurso natural fundamental da terra, ele determina a vegetação e o desenvolvimento, define o uso da terra em função de suas características de resistência, estabilidade, drenabilidade, erodibilidade, potencial agrícola etc. (PAYÈS, 2010; SANTOS, 2004; TERRA, 2010). Portanto, é de extrema importância estudá-lo para entendermos a paisagem.

O solo tem um papel primordial em ciclos biogeoquímicos, pois nele há um ecossistema complexo que envolve plantas, resíduos orgânicos, uma série de nível trófico de bactérias, algas, fungos, protozoários, nematóides (minhocas), artrópodes e animais maiores (por exemplo, ratos e capivaras).

O solo é formado por processos físicos, químicos e biológicos. Os processos físicos e químicos atuam nas rochas produzindo minerais de granulações finas, já os biológicos atuam no processo de decomposição do material orgânico de plantas e animais.

No sistema solo se encontram atributos observados na descrição morfológica de seu perfil, como a textura, estrutura, cor, consistência, porosidade, entre outros (ERICKSON, 1994; RANDOLPH, 2004).

A textura do solo ocorre segundo a composição granulométrica das partículas que o compõe, pois o solo é uma mistura de diferentes tamanhos de partículas que são definidas de acordo com o tamanho destas. A textura determina praticamente todas as demais propriedades do solo, pois ela é um fator determinante das propriedades de retenção e capacidade de armazenamento de água, distribuição de poros e, conseqüentemente, das propriedades de condução de água e gases e suas trocas com a atmosfera e plantas. Ela determina, também, a estrutura do solo (diferentes

interações elétricas), propriedades de resistência à penetração de raízes e a implementos de movimentação da mecânica do solo e propriedades térmicas, tais como capacidade calorífica e condutibilidade térmica.

A estrutura é um fator de grande importância, principalmente nos processos de retenção e transferências que ocorrem no sistema, como trocas gasosas, retenção e movimento da água e calor, penetração de raízes, aeração, disponibilidade de nutrientes, além de ser identificador do estado de degradação dos solos. A compactação do solo é devido à sua estrutura e, portanto, é importante para a construção de rodovias, prédios, casas, entre outros.

O solo possui diversas colorações que indicam os tipos de materiais presentes nele, o conteúdo orgânico e as flutuações estacionais de água. Por exemplo, a coloração avermelhada significa aumento na concentração de ferro oxidado; o preto (cor escura), o aumento de matéria orgânica; solo manchado com cores escuras (malhado) representa flutuação na superfície do lençol freático e drenagem pobre e pode indicar estações secas. A presença de matéria orgânica é um indício de fertilidade do solo que é medida por análises químicas dos nutrientes das plantas.

A consistência do solo se refere à aderência e à coesão do solo. Descreve o quanto úmido ou seco está o solo, quanto mais úmido maior a plasticidade do solo, ou seja, maior o poder de ser manipulado. Há várias formas de consistência, com o solo seco (dureza ou tenacidade), solo úmido (friabilidade) e solo molhado (plasticidade e pegajosidade).

Essa relação de umidade e consistência do solo também está relacionada com a porosidade do solo, que é a percentagem total do volume do solo não ocupado por suas partículas e é indicado pela capacidade de conter a água. Quanto maior a espessura do solo, maior o volume dele e, por consequência, maior a quantidade de água que ele pode armazenar.

A permeabilidade do solo pode ser medida pela facilidade que os gases ou líquidos têm de passarem através de um dado volume do solo. A medição da permeabilidade se dá por meio da medição da distância que a água percola em uma hora; e a percolação é o tempo real que a água leva para atravessar um percurso de uma polegada.

A drenagem (capacidade de percolação) do solo depende da sua permeabilidade e da profundidade da superfície do lençol freático. Quanto mais profundo, mais compacto será o solo. E a compactação do solo impede a drenagem, uma vez que diminui os espaços entre as partículas. A drenagem do solo, por sua vez, desempenha um papel importante para as construções de edificações e rodovias e para o uso da terra como na produção agrícola, infiltração de esgotos e outros produtos contaminantes.

#### ***2.2.4 Efeitos do uso da terra na qualidade da água***

Além dos efeitos da quantidade de escoamento superficial, o uso da terra também tem efeitos na qualidade da água, pois, conforme já mencionado, o escoamento superficial carrega inúmeros poluentes (oriundos de fontes difusas) para os corpos receptores (TUCCI, 2000; VENTURINI, 2003).

Segundo Braga *et al.* (2005), as formas de poluição difusas, ou “não pontuais”, são as mais difíceis de combater. E ainda, segundo o autor, a forma mais comum de despoluição dos cursos d’água nas cidades se dá por meio de tratamentos de esgoto – doméstico e industrial, o que tende a conter uma parcela da poluição pontual; por outro lado, em terras agrícolas, a forma mais comum de despoluição: por redução da erosão, que tende a conter a poluição difusa.

No Anexo 2 estão ilustrados os principais parâmetros de qualidade da água segundo a Portaria n.º 1.469 do Ministério da Saúde, de 29 de dezembro de 2000, que estabelece as Normas de potabilidade para consumo humano (BRASIL, 2001b).

A classificação dos cursos d'água, bem como o enquadramento para o lançamento de efluentes, é determinada pela Resolução CONAMA n.º 357 (CONAMA, 2005b).

A Tabela 2.4 apresenta uma visão geral sobre as práticas de uso do solo que causam poluição dos corpos d'água por carreamento superficial (enxurradas), suas consequências e as possibilidades de controle.

### **Enxurradas urbanas e o efeito da primeira descarga de chuva**

Os poluentes de enxurradas urbanas são carreados em maiores concentrações durante a primeira descarga dos eventos de chuva, também chamado de efeito da “primeira descarga” (*first flush*, em inglês). Pesquisas de monitoramento e modelamento do início dos anos 70 (setenta) estabeleceram um método simples na tentativa de controlar a poluição carreada pelas chuvas.

Acreditava-se, inicialmente, que os primeiros milímetros de chuva carreavam 90% (noventa por cento) dos poluentes (em SST – sólidos suspensos totais). Estudos de campo, porém, mostraram que este raciocínio só era válido para áreas com menos de 30% (trinta por cento) de suas superfícies impermeáveis e que para áreas com maior grau de impermeabilização, as enxurradas carreavam menor concentração de poluentes. Por exemplo, para uma área com 50% (cinquenta por cento) de superfície impermeável, os primeiros milímetros de chuva carregam cerca de 75% (setenta e cinco por cento) do SST; para áreas com 70% (setenta por cento) de impermeabilização, 53% (cinquenta e três por cento) do SST (CHANG; PARRISH; SOUER, 1990 *apud* RANDOLPH, 2004).

Tabela 2.4. Principais fontes difusas carregadas por enxurradas urbanas, consequências e formas de controle

Prática	Resultado	Consequência	Controle
Construção	Erosão	Sedimentação; transporte de poluentes	Projeto do canteiro; construção em fases; cobertura vegetal; linhas de filtro; controle de enxurradas
Impermeabilização	Mais enxurradas	Transporte de poluentes; enchentes	Práticas de gerenciamento de águas de chuva
Uso excessivo de fertilizante	Poluição por nutrientes	Crescimento de algas	Controle dos lançamentos nos cursos d'água; educação
Uso excessivo de pesticidas	Poluição tóxica	Cumulativos na cadeia alimentar	Controle dos lançamentos nos cursos d'água; educação
Resíduos de veículos	Poluição por óleo	Toxicidade	Aspiração de ruas

A partir de então, Schueler (1987 *apud* RANDOLPH, 2004) propôs um método para se calcular o volume necessário para capturar e tratar 90% (noventa por cento) da carga anual de poluentes de águas pluviais com base na superfície impermeável conforme mostrado no Anexo 3<sup>21</sup>.

### **Influência da impermeabilização do solo na integridade dos cursos d'água**

A Figura 2.8 mostra a relação entre a impermeabilização e a integridade dos cursos d'água, a qual, segundo Schueler (2000), é afetada a partir de 10% (dez por cento) de impermeabilização e cujo uso torna-se não-sustentável quando os níveis de impermeabilização ultrapassam 25% (vinte e cinco por cento). Ou seja, segundo o autor, de uma forma geral, um curso d'água é capaz de absorver os impactos dos efeitos de impermeabilização do solo de até 10% (dez por cento) de sua bacia hidrográfica, por meio de sua capacidade de autodepuração. Entre 10% (dez por cento) e 25% (vinte e cinco por cento) de impermeabilização da bacia hidrográfica, segundo o mesmo

<sup>21</sup> No Apêndice 2 há um exemplo de cálculo do método proposto por Schueler (1987 *apud* RANDOLPH, 2004).

autor, seria possível restabelecer as condições originais de qualidade do curso d'água. Isto poderia ser feito por meio de ações mitigadoras ou compensatórias, tais como obras de contenção e criação de áreas úmidas (alagáveis), às margens dos cursos d'água, à montante dos pontos de descarga das águas pluviais (escoamento superficial) oriundas da impermeabilização. Estas áreas úmidas têm a função de filtrar impurezas, além da própria função de contenção do acréscimo de escoamento superficial. E, finalmente, o autor conclui que para bacias hidrográficas com percentuais de impermeabilização do solo acima de 25% (vinte e cinco por cento) da área da bacia não é possível restabelecer as condições originais de qualidade dos cursos d'água, nem mesmo com ações mitigadoras ou compensatórias.

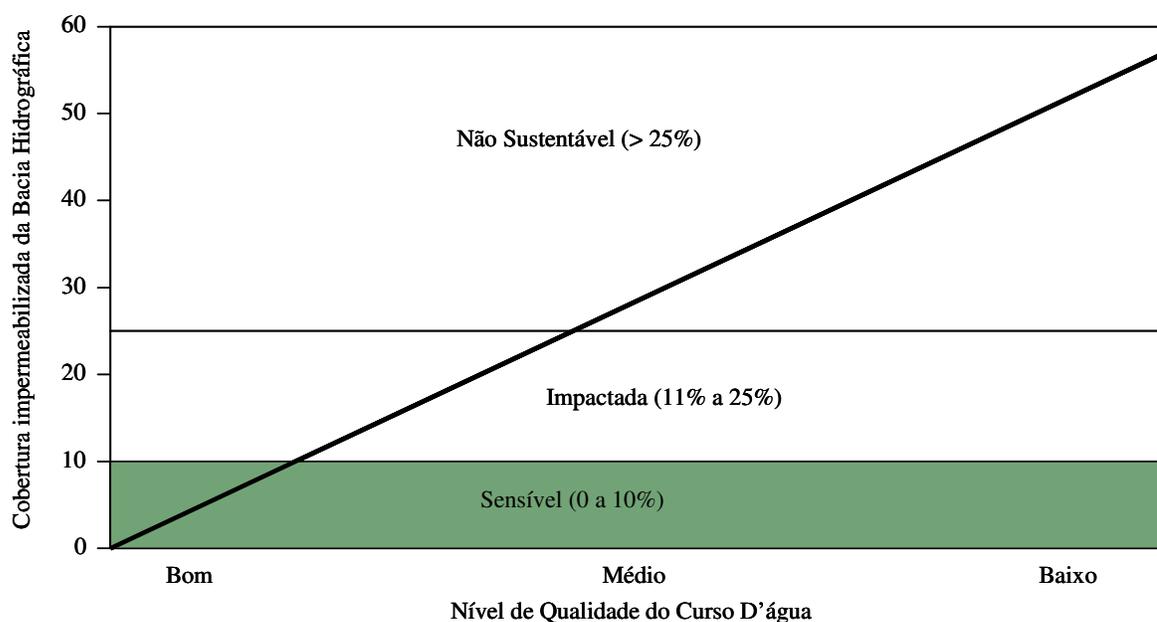


Figura 2.8. Nível de qualidade do curso d'água em função da impermeabilização do solo (Fonte: SCHUELER, 2000)

Na bibliografia, não é comum encontrar a relação da qualidade dos cursos em função da impermeabilização do solo. A relação mais comumente encontrada é da qualidade dos cursos d'água em função da densidade demográfica. Porém, há uma relação direta entre a

impermeabilização do solo e a densidade demográfica (BOLLMANN, 2003). Campana e Tucci (1994 *apud* BOLLMANN, 2003) apresentam uma relação entre o percentual de impermeabilização do solo e a densidade demográfica, o qual pôde ser comprovado por Bollmann (2003), conforme mostrado na Figura 2.9.

A partir do trabalho de Bollmann (2003), percebe-se, ainda, que o percentual de área impermeabilizada que provoca impacto na qualidade dos cursos d'água, além de sua capacidade de autodepuração, é de 5% (cinco por cento) da área da bacia, ou seja, ainda menor do que percentual apontado por Schueler (2000), conforme foi ilustrado na Figura 2.8. Assim sendo, é possível inferir que há a necessidade de ações mitigadoras ou compensatórias aos efeitos da impermeabilização do solo desde, praticamente, o início da ocupação de uma bacia hidrográfica.

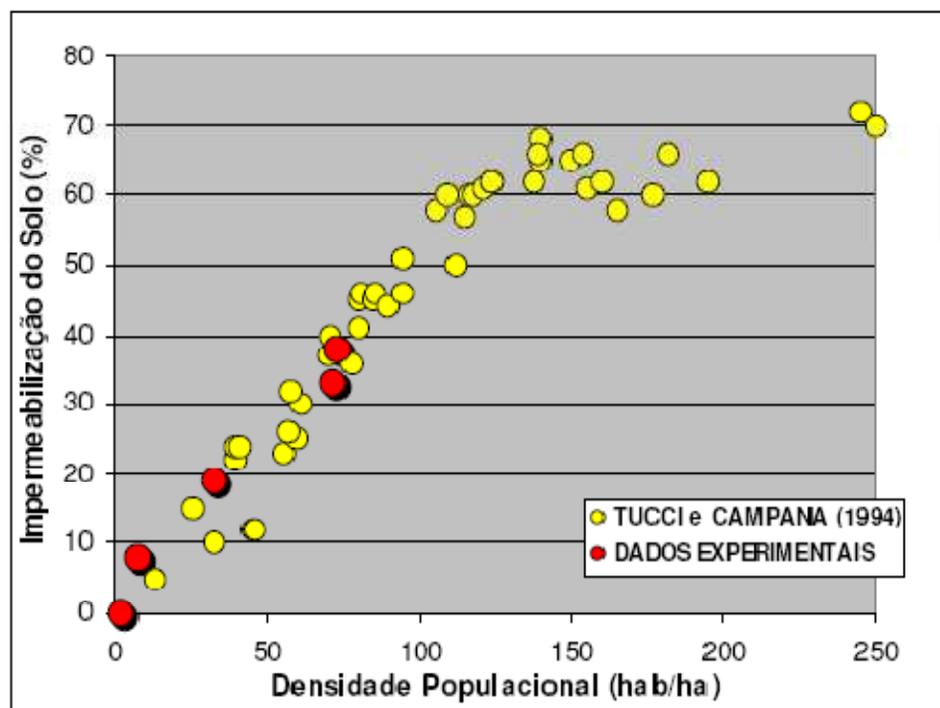


Figura 2.9. *Influência da Densidade Populacional na Impermeabilização do solo na Área de Drenagem de Bacias Hidrográficas*  
(Fonte: BOLLMANN, 2003, p. 127)

### **2.2.5 Presença de árvores no meio urbano**

As áreas verdes no meio urbano trazem inúmeros benefícios para a população. Dentre eles podemos citar: o aumento do valor das propriedades; a diminuição dos custos energéticos, o melhoramento da qualidade do ar e da água; a diminuição das águas de enxurradas; a diminuição da erosão; a criação de habitats para a vida silvestre; promoção de dignidade humana; recreação; saúde e bem estar; diminuição dos níveis de barulho por meio da criação de zonas de amortecimento; diminuição da temperatura; melhora da qualidade do ar; aumento da umidade do ar. Este último benefício pode ser observado, significativamente, mesmo quando se trata de árvores isoladas (ABREU, 2008).

Os principais externalidades negativas relativas ao desmatamento que afetam os recursos hídricos, inclusive em áreas urbanas, referem-se às erosões, aos assoreamentos e às inundações, sendo estas últimas potencializadas pelas duas primeiras (MAFFRA; MAZZOLA, 2007).

### **2.3 Planejamento dos Recursos Hídricos**

O contexto relativo ao planejamento dos recursos hídricos envolve, conforme apontado no início deste capítulo, uma vasta gama de informações geológicas, hidrológicas e ecológicas, as quais são aplicadas para entender e informar os planejadores e tomadores de decisões sobre as condições existentes e as opções de ações possíveis (RIBEIRO; VARGAS, 2001; HIRSCHMAN; RANDOLPH; FLYNN, 1992 *apud* RANDOLPH, 2004).

O uso efetivo das fontes-chave de dados geoespaciais, bem como o entendimento da importância de dados e informações no planejamento, é o papel do planejador no auxílio aos decisores nas questões ambientais relativas ao uso da terra (RIBEIRO; VARGAS, 2001).

Erickson (1994) e Randolph (2004) indicam que o planejamento do uso da terra, a partir dos processos naturais, deve ser iniciado pelo estudo do solo, pois ele é quem determina várias condições do ambiente natural e antrópico, tais como a decomposição de matéria orgânica, ciclos biogeoquímicos, biologia superficial e subterrânea, vegetação inerente, tipo de habitat, potencial agrícola, suporte às construções (entre outras estruturas). E as alterações nas características do solo afetam o equilíbrio do ciclo hidrológico, conforme mostrado na Seção 2.2.

A partir do entendimento da situação real, com base em indicadores e padrões de qualidade pré-determinados e do estabelecimento de metas que representem uma condição desejável, pode-se compreender a magnitude das consequências de determinadas ações e monitorar as mudanças (ERICKSON, 1994). E, ainda, propor e implantar ações e medidas mitigadoras e ou compensatórias de externalidades negativas identificadas (RIBEIRO; VARGAS, 2001).

Segundo Ribeiro e Vargas (2001), para um bom entendimento da situação real e definição de indicadores e padrões de qualidade ambiental urbana, devem ser identificados e pré-definidos o ecossistema urbano e a qualidade urbana.

O ecossistema urbano pode ser definido como um “sistema complexo cujos elementos e funções estão estreitamente correlacionados” (RIBEIRO; VARGAS, 2001, p. 15). E se caracteriza por transformar energia (por exemplo, trabalho, capital etc.) e materiais (por exemplo, madeira, ferro, informação etc.) em produtos e em resíduos. Ou seja, sempre há uma correlação entre o meio ambiente e o ambiente construído, em que o primeiro é “humanizado”<sup>22</sup> pelas inovações “culturais”<sup>23</sup>, marca da criatividade humana (REGALES; LÓPEZ, 1997).

---

<sup>22</sup> O termo “humanizado” tem o sentido de antropizado.

<sup>23</sup> O termo “culturais” se refere às crenças, hábitos e costumes de uma sociedade e está intimamente relacionado com o seu desenvolvimento tecnológico.

Cutter (1985) sugere que sejam utilizados indicadores sociais, ambientais e perceptivos para avaliar a qualidade de vida em relação a um determinado lugar. E ressalta que mesmo os indicadores ambientais e sociais são influenciados pelas percepções das pessoas que tenham relação com o lugar. Desta forma, a percepção da qualidade do lugar, quer seja ambiental, social ou econômica, é influenciada pela história, evolução sócio-econômica e cultural de sua população.

### ***2.3.1 Externalidades negativas no solo em áreas urbanizadas***

As áreas urbanizadas sofrem problemas de externalidades negativas na qualidade dos solos tais como a compactação do solo, que provoca sua impermeabilização, devido ao aumento da densidade de pessoas, de veículos e de construções; a movimentação de terra, que afeta a drenagem e a aeração, elimina a camada superficial do solo e aumenta a erosão; o despejo de esgotos, principalmente, domésticos; contaminação por produtos químicos; e, até mesmo, uso de pesticidas e fertilizantes em excesso (USDA, 1986).

No processo de planejamento, deve-se levar em consideração a topografia, redes de drenagem, tipos de solos e vegetação natural, pois são considerados elementos chaves para definir o nível de erosão e para planejar o controle da sedimentação ou propor medidas mitigadoras, tais como para prevenir a compactação excessiva do solo que, conforme já indicado anteriormente compromete a sua capacidade de drenagem.

## **Impermeabilização do solo**

Os processos de movimentação solo e impermeabilização da sua superfície provocam o aumento da temperatura do solo e alteração na drenagem, interrompem as trocas gasosas, provocam erosão do solo e sedimentação de rios.

A erosão do solo pode ser dada por vários fatores, como por exemplo, pelo gotejamento de água, pelo escoamento superficial torrencial ou pelo aumento do volume e velocidade de água de um rio que provocará o aprofundamento deste. Os dois últimos eventos são devidos, principalmente, a volumes intensos dos escoamentos provocados pelas chuvas intensas. A declividade do relevo também é um fator de grande importância para o uso da terra e afeta, diretamente, os processos de erosão do solo.

## **Esgotos**

O esgoto doméstico é um importante veículo de contaminação dos solos e, conseqüentemente, dos cursos d'água via contaminação do lençol freático.

Segundo a Associação Brasileira de Água e Energia no Brasil, 47 (quarenta e sete) milhões de pessoas não têm água de qualidade e 36 (trinta e seis) milhões dos moradores da área urbana sofrem com a falta de rede de esgoto ou fossa séptica. Além disso, 65% (sessenta e cinco por cento) dos esgotos coletados não recebem tratamento, sendo despejados “*in natura*” nos rios e no mar (ABAE, [200-]).

### 2.3.2 *Drenagem urbana*

“Drenagem é o termo dado ao sistema natural ou artificial condutor de água pluvial ou subterrânea para fora de uma determinada área” (ZUFFO, 2007, p. 108).

Conforme já descrito, os processos de urbanização interferem sobre os sistemas naturais de drenagem, principalmente, pelo desmatamento e pela impermeabilização do solo. Além disso, formação de canais artificiais e construção de reservatórios, entre outros, também interferem nos sistemas naturais de drenagem.

Os sistemas de drenagem construídos pelo homem têm a função de afastar rapidamente as águas pluviais das áreas urbanas. Estes sistemas, constituídos de ruas, sarjetas, bocas-de-lobo, poços de visita e galerias (tubulações), compõem a micro drenagem; e direcionam as águas para os cursos d’água e fundos de vale, os quais compõem, comumente, a macro drenagem (ZUFFO, 2007).

O sistema de macro drenagem urbana – córregos, riachos, ribeirões e rios urbanos – é impactado pelo excesso de água, provocando erosões em suas margens, assoreamento de seus leitos e, conseqüentemente, enchentes. O que ocorre, na prática, é que os sistemas artificiais provocam maiores volumes e velocidades de escoamento das águas de chuva, fazendo com que seus efeitos sejam potencializados em relação às áreas compostas de sistemas naturais de drenagem (TUCCI; SILVEIRA, 2001; ZUFFO, 2007).

Zuffo (2007) aponta que o erro comum no manejo da drenagem urbana é focar a solução dos problemas nas conseqüências e não nas suas causas. Desta forma, a solução comumente adotada é a de revestimento dos canais e retificação dos cursos d’água. O raciocínio por trás desta ação é o de “afastar o problema”: a água. Porém, revestir os canais e ou retificar os cursos d’água aumenta a velocidade de fluxo e, conseqüentemente, o volume escoado e transfere o problema

para jusante. E, ainda pior, potencializado em relação à situação da área de intervenção. Isto, quando não se agrava o problema na própria área de intervenção, pois o aumento da velocidade de escoamento pode, por exemplo, danificar o próprio revestimento executado nos canais.

Outro problema que se observa, atualmente, é que as variáveis aplicadas nos métodos de dimensionamento dos sistemas de drenagem urbana podem estar defasadas, em função de alterações significativas no comportamento das condicionantes naturais, tais como a frequência e a intensidade os eventos de precipitação, conforme apontado por Zuffo (2004).

Mantovani e Santos (2007) e Zuffo (2007) defendem a adoção de medidas mais sistêmicas e integradas que considerem soluções elaboradas a partir do entendimento dos processos em toda bacia hidrográfica e que não fique restrita, apenas, aos pontos específicos de intervenção.

Randolph (2004) e Zuffo (2007) apontam uma mudança de paradigma em relação às questões de drenagem urbana concernentes à diminuição de enchentes. Ambos os autores destacam a abordagem atual que considera a necessidade de se aumentar o tempo de percurso das águas pluviais e não mais acelerá-las. Algumas técnicas implicam em diminuir a impermeabilização do solo urbanizado (como, por exemplo, com o uso de pavimentos drenantes). E a adoção de leis que impliquem na obrigatoriedade de implantação de dispositivos que compensem e ou mitiguem as áreas impermeabilizadas, tais como descrito na Subseção 2.1.2.

Defende-se, por fim, que seja adotado um modelo de ocupação urbana que compreenda uma relação harmônica com as características naturais no âmbito das bacias hidrográficas (THOMAZIELLO, 2007); levando em consideração os cursos d'água, seus meandros, as matas ciliares, as áreas alagadas e “maiores espaços verdes entre os edifícios e ações de engenharia urbana preocupadas com a manutenção dos ciclos naturais” (ZUFFO, 2007, p. 121).

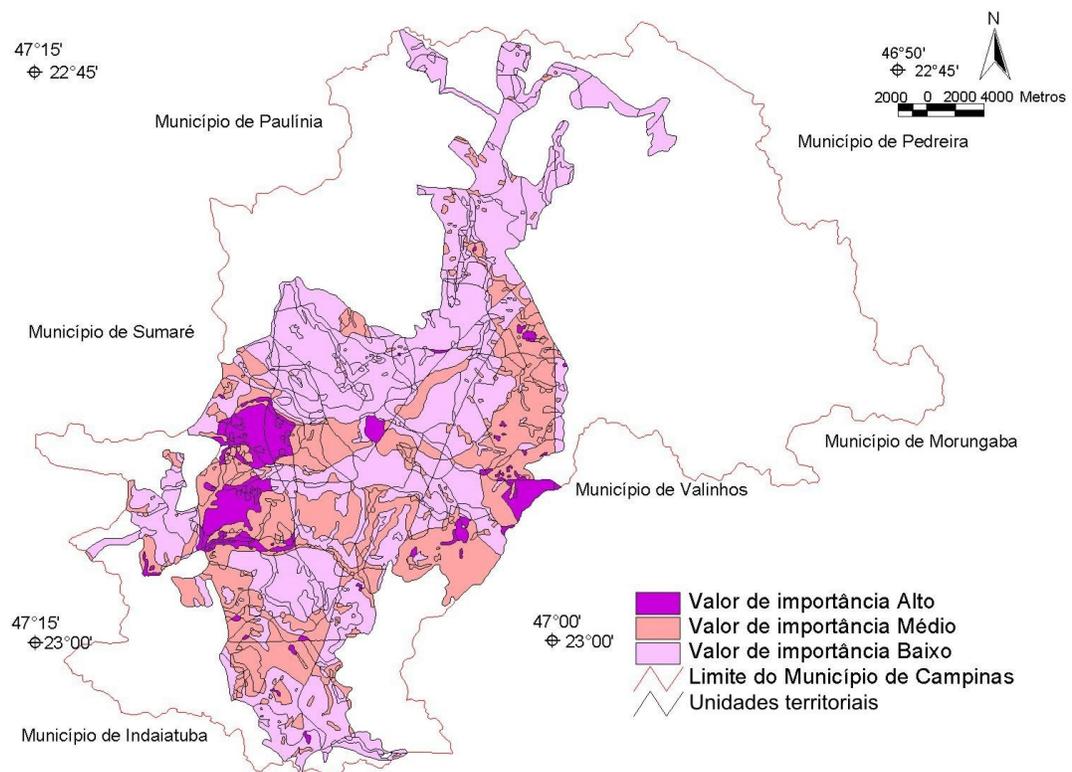
### ***2.3.3 Preservação e proteção de árvores no meio urbano***

Tendo em vista os benefícios das áreas verdes urbanas no âmbito social e ambiental, Morero, Santos e Fidalgo (2007) desenvolveram o trabalho no qual foram selecionados indicadores que garantissem a proposição de alternativas de conservação da biodiversidade, o desenvolvimento de programas de educação ambiental e a possibilidade de recreação, definindo assim um ordenamento territorial, por meio de análise espacial do município de Campinas. Os indicadores foram ponderados, espacializados e integrados, resultando, em uma primeira etapa, em dois mapas de síntese: o primeiro, indicando as áreas prioritárias para a implantação de áreas verdes de acordo com os elementos antrópicos; e o segundo, as áreas prioritárias de acordo com os elementos naturais. A integração dos dois mapas gerados resultou no mapa de áreas prioritárias à implantação de áreas verdes. A Figura 2.10 apresenta o mapa das 26 (vinte e seis) áreas prioritárias à implantação de áreas verdes no território do distrito sede do município de Campinas (MORERO; SANTOS; FIDALGO, 2007).

Para garantir a proteção e a preservação de árvores no meio urbano é importante organizar territorialmente as atividades humanas, de forma a evitar os impactos sobre as árvores e sobre a terra, levar em consideração as utilidades do subsolo, adaptar a pavimentação, proteger as raízes das árvores contra zonas de distúrbios, manter as árvores antes, durante e depois das construções, atentando para sua fertilização, umidade e aeração e, por último, promover ações de restauração, quando for o caso (MORERO; SANTOS; FIDALGO, 2007; RANDOLPH, 2004).

Uma estratégia de manejo das áreas verdes urbanas inclui um primeiro passo de identificação e contextualização do problema, e avaliação das informações disponíveis. Em um segundo momento, devem ser estabelecidos as metas e os objetivos do trabalho que será desenvolvido, tendo em vista as necessidades já identificadas. De uma maneira geral, podemos enumerar os

objetivos típicos de programas de manejo de áreas verdes urbanas, como a estabilização e manutenção da máxima cobertura de árvores, com a preocupação da máxima diversidade e variação da idade da flora, criar e manter corredores verdes, ruas arborizadas. Uma terceira etapa constitui em como conseguir atingir as metas traçadas. Essa etapa deve contar com ferramentas de manejo, programas de assistência e incentivo e promover a educação ambiental, de modo a situar os cidadãos como agentes de conservação (RANDOLPH, 2004).



*Figura 2.10. Vinte e seis áreas prioritárias à implantação de áreas verdes no território do distrito sede do município de Campinas*  
(Fonte: MORERO; SANTOS; FIDALGO, 2007)

#### ***2.3.4 Manejo de áreas úmidas***

Segundo o Ministério de Ciência e Tecnologia (BRASIL, 2008), áreas úmidas são as várzeas, planícies inundáveis como, mangues, pântanos, charcos, turfas e corpos de água, naturais ou artificiais, salobra ou salgada, incluindo estuários, planícies costeiras inundáveis, ilhas e áreas marinhas costeiras. Constituem um ecossistema extremamente rico em biodiversidade gerando o desenvolvimento de inúmeras atividades humanas como, por exemplo, a pesca, atividades madeireiras e a criação de animais.

A preocupação com devastação destes ecossistemas levou diversos países do mundo a promover uma convenção mundial sobre as áreas úmidas, na qual foi ratificada e aprovada a Convenção de Ramsar, em 1971, no Irã. Os países membros da Convenção de Ramsar se comprometem a preservar as características ecológicas das áreas úmidas de importância internacional e a planejar o uso sustentável das demais áreas úmidas em seus territórios (THE RAMSAR CONVENTION, [199-?]).

Segundo USDA (2001), as áreas úmidas são definidas como áreas em que a saturação da água é o fator dominante, determinando a natureza do desenvolvimento do solo e os tipos de comunidades de plantas e animais que vivem no solo e na sua superfície. Essas áreas podem ser definidas como aquelas em que são saturadas ou inundadas pelas águas superficiais ou subterrâneas com frequência e duração suficiente para suportar a prevalência da vegetação adaptada ao solo saturado, e devido a essa particularidade as áreas úmidas se distinguem dos demais ecossistemas vegetativos. Suas características hidrológicas, como a duração, fluxo, quantidade e frequência de reposição de águas são os elementos que primariamente determinam o solo e a vegetação associada. Os solos saturados se tornam anaeróbicos à medida que a água retira o oxigênio dos espaços entre as partículas do solo, o que muda a estrutura e as características químicas do solo.

Sendo assim, fazem parte da categoria de áreas úmidas com baixas cotas altimétricas as áreas úmidas marinhas que se localizam na interface da plataforma continental com as águas das oscilações das marés, como por exemplo, os recifes e corpos de água de assoalhos rochosos.

Fazem parte da categoria de áreas úmidas contíguas às áreas da categoria anterior os estuários, que recebem influência das águas das marés por meio de canais parcialmente obstruídos, e recebendo também água doce provinda do escoamento superficial das chuvas. São característicos os manguezais, que apresentam uma área submergida ou saturada com vegetação típica de manguezal, branco, vermelho ou preto, e os pântanos salobros e salinos, apresentando vegetação aquática e gramíneas e juncos tolerantes ao sal.

E fazem parte da categoria de áreas úmidas contíguas às margens dos rios, lagoas e seus afluentes primários os habitats ribeirinhos, lacustres<sup>24</sup> e palustres<sup>25</sup>, incluindo os pântanos de água doce e as áreas úmidas intermitentemente (cobertas de águas intermitentemente, com árvores ou arbustos e ciprestes), com formações vegetais de árvores, arbustos, plantas emergentes persistentes, líquens e musgos e outras.

Segundo o artigo 2º (segundo) do Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2001a), são consideradas áreas de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural situadas ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais; e nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues.

Devido ao fato das áreas úmidas existirem na interface entre terra e água, elas são usadas tanto pelos animais de terra seca como por animais de terras alagadas. Muitos invertebrados, peixes,

---

<sup>24</sup> **lacustre** (la-cus-tre). adj. Que vive nas águas ou à margem de um lago: planta lacustre (SOARES, 1993).

<sup>25</sup> **palustre** (pa-lus-tre). adj. Que vive em áreas de terras costeiras sujeitas às marés inundadas perenemente por uma mistura de água doce (salobra) e salgada (SEGALLA, 2008).

répteis e anfíbios dependem do ciclo de água dessas áreas para sobreviver e completar seu ciclo de vida.

Historicamente as áreas úmidas têm sido consideradas como terras pouco aproveitáveis, e que deveriam ser drenadas a fim de se tornarem mais proveitosas, o que teve como consequência a extinção e degradação de muitas áreas naturalmente alagáveis. Entretanto, essas áreas apresentam uma importância indiscutível para a vida silvestre e para os sistemas naturais, e também para o homem. As áreas úmidas frequentemente se comportam como armazenamento natural de água, liberando-a lentamente. Dessa forma, essas áreas contribuem para a diminuição dos danos causados pelo fluxo intenso do escoamento superficial. Além disso, essas áreas acabam dissipando o potencial erosivo do solo.

Essas áreas também promovem a melhoria da qualidade de águas, por meio da interceptação de poluentes da água de percolação, restos orgânicos e outros sedimentos. Elas apresentam muita infiltração e, por isso, são importantes fontes de recarga dos aquíferos. Oferecem uma pesca farta e estão entre os ecossistemas naturais mais produtivos da Terra. Possuem uma grande diversidade de espécies, porém muitas delas ameaçadas de extinção. E, por fim, essas áreas apresentam alto potencial de educação ambiental e recreação.

### **Degradação e formas de proteção das áreas úmidas**

As formas mais frequentes de degradação dessas áreas são: a alteração do nível de água, seja removendo a água por drenagem ou bombeamento, escavação, dragagem, barragens, ou mesmo criando barreiras ao fluxo normal como, por exemplo, a construção de estradas. Outros impactos são decorrentes do isolamento das áreas úmidas das áreas adjacentes, alteração da concentração de nutrientes, introdução de toxinas (agrotóxicos, pesticidas), trânsito de animais domésticos,

introdução de espécies exóticas, ou mesmo a perturbação feita diretamente pelo, das espécies dessas áreas.

Segundo USDI (2000), fazem parte de uma estratégia eficiente para proteger as áreas úmidas:

1. Evitar os impactos,
2. Minimizar os impactos
3. Mitigar e compensar impactos inevitáveis por meio de:
  - a. Restauração de áreas úmidas degradadas
  - b. Reforço às áreas úmidas já existentes
  - c. Criação de novas áreas úmidas.

A restauração significa o retornar o mais próximo possível das condições originais da área alagável. O reforço significa melhorar uma ou mais funções desempenhada pela área alagável. A criação significa converter uma área que não é alagável em uma que passa a ser.

O método passivo para renovar as funções ecológicas consiste em remover os fatores causadores de degradação e deixar a natureza fazer o trabalho da restauração. Entretanto, a abordagem ativa pode ser necessária se os métodos passivos não forem suficientes para restaurar o sistema natural.

Os métodos ativos envolvem o controle direto dos processos das áreas úmidas no caso da área estar muito degradada, ou no caso da criação de uma nova área, e no caso da maioria dos reforços.

### **Programas de proteção às áreas úmidas locais**

Existem muitas iniciativas de proteção para as áreas úmidas; sendo, a maior parte delas, financiada pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e realizada pelo Ministério do Meio Ambiente do Brasil (MMA), juntamente com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e as autoridades ambientais dos estados participantes.

Os programas financiados pelo BID prevêm o estímulo dos moradores da região e organizações da sociedade civil a participar das atividades de proteção ambiental, já que a qualidade do meio ambiente é, em última instância, uma função da demanda e depende das pessoas enquanto indivíduos e as empresas concordarem voluntariamente com as leis ambientais e adotarem práticas sustentáveis.

Propõe-se a seguinte sequência de ações para uma boa implementação de um programa de proteção a áreas úmidas (USDI, 2000):

1. Definir metas e objetivos. Porque proteger as áreas úmidas?
2. Inventariar e priorizar os recursos. O que nós queremos? (Rever os mapas existentes, fotos aéreas, investigações de campo);
3. Identificar métodos de proteção (o que nós deveremos fazer? Notar os regulamentos, restrições e permissões legais);
4. Providenciar fundos de programa suficientes;
5. Providenciar o envolvimento adequado do Estado. (Qual é o principal público interessado e o que ele quer?);
6. Implementar o programa e monitorar os resultados.

### *2.3.5 Planejamento sistêmico, integrado e participativo dos recursos hídricos*

**“Nenhuma política, ato legal, plano, programa ou medida efetivamente se estabelece se não houver consenso e aceitação pela maior parte da população.”**

(SANTOS; THOMAZIELLO; WEILL, 2007, p. 174)

Para haver o uso efetivo das boas práticas, técnicas e medidas ilustradas nesta Seção, deve haver uma mudança de paradigma na relação entre os diversos atores e as questões relativas ao gerenciamento dos recursos hídricos. Mudança esta que já foi considerada na legislação em seus mais diversos níveis e abrangências no Brasil, conforme já abordado na Seção 2.1.

Thomaziello (2007) defende que a qualidade ambiental nos processos de ocupação e interferências dos usos humanos somente será alcançada quando estes (processos) forem considerados em harmonia com os arranjos e funções imprescindíveis das dinâmicas naturais.

Entende-se que a mudança de paradigma passa, necessariamente, pela adoção de novos modelos de planejamento e gerenciamento, uma vez que, conforme apontado por Ribeiro e Vargas (2001), as estruturas tradicionais não são adequadas para atender a esta mudança.

Apesar da legislação já estar adequada, as estruturas tradicionais, que concebem, avaliam, aprovam, implantam e fiscalizam novos empreendimentos, ainda possuem os vícios dos modelos passados (burocrático e econômico) (ZUFFO, 2011). E, por outro lado, os próprios limites de intervenção estabelecidos por lei não são suficientes para proteger de forma eficiente os cursos d'água, se não houver uma ação sistêmica e integrada em toda a bacia (MANTOVANI; SANTOS, 2007).

Há que se adotar novas ferramentas de planejamento e gestão, de tal forma a se adequar ao paradigma almejado, qual seja: sistêmico, integrado e participativo.

Santos, Thomaziello e Weill (2007) alegam que o grande desafio está na etapa de tomada de decisão. As autoras defendem que não há uma decisão única e verdadeira para um determinado problema quando se trata de questões que envolvam múltiplos critérios, tais como as questões ambientais e, analogamente, aquelas relativas ao gerenciamento dos recursos hídricos. E, além disso, que uma “verdade” para um determinado caso pode não o ser para outro. E afirmam que, para se desenvolver um bom processo de tomada de decisão em situações complexas, típicas quando se envolvem múltiplos critérios, deve-se compor um quadro de avaliação considerando instrumentos técnicos, sociais<sup>26</sup>, legais e de políticas públicas.

Santos, Thomaziello e Weill (2007) apontam, também, que para haver participação deva haver uma preparação prévia, a qual prescinde de educação e comunicação e, acima de tudo, respeito entre os diversos atores.

Propõe-se, nesta pesquisa, que a abordagem MCDA possa ser uma ferramenta consistente para se conquistar, na prática, esta almejada mudança de paradigma.

---

<sup>26</sup> Percebeu-se, por meio da Revisão Bibliográfica durante a elaboração deste trabalho, que não há publicações acadêmicas que estabeleçam relações entre empreendimentos (nos mais diversos setores) e índices (ou indicadores) sociais. Desta forma, buscou-se adaptar parâmetros do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), consolidados para políticas públicas, para o contexto em análise, por meio da percepção e experiência do pesquisador e dos atores-especialistas que participaram da conferência de decisão, descrita no Capítulo 4 – Subseção 4.3.3.



### **3 MÉTODOS MULTICRITÉRIO DE AUXÍLIO À DECISÃO: UMA FERRAMENTA DE GESTÃO SISTÊMICA, INTEGRADA E PARTICIPATIVA**

Segundo Ribeiro e Vargas (2001), uma das principais barreiras comumente encontradas nos instrumentos tradicionais de gestão ambiental urbana é o desconhecimento generalizado sobre o problema, gerando imobilismo ou “obstacularização” às ações necessárias. Este desconhecimento pode ser em relação aos objetivos desejados, às formas de ação para se atingir os objetivos ou à relação entre os meios e os fins pretendidos. É o mesmo problema recorrente nas mais diversas situações de tomada de decisão (KEENEY, 1992) e nos contextos de gerenciamento de recursos hídricos, nos quais se incluem questões de parcelamento de solo, a realidade não é diferente.

Neste capítulo, pretende-se apresentar o estado da arte em relação às metodologias multicritério de auxílio à decisão e, mais especificamente, sua aplicação no gerenciamento dos recursos hídricos. Entende-se que a análise MCDA deva ser aplicada na etapa de planejamento, apresentando-se, principalmente, como uma ferramenta de planejamento, o qual é, conforme apontado no Capítulo 2, uma ferramenta de gerenciamento.

#### **3.1 Mudança de Paradigma na Tomada de Decisões sobre Questões de Parcelamento do Solo**

Para introduzir este novo conceito será feita, primeiramente, uma breve contextualização para o escopo desta pesquisa.

### *3.1.1 A ausência de ferramentas adequadas no processo de tomada de decisão em empreendimentos imobiliários horizontais*

O mundo atual de economia globalizada é marcado pelo aumento da competitividade entre as empresas visando atender às necessidades de clientes cada vez mais exigentes. E, no setor da construção, no qual empreendimentos de parcelamento do solo estão inseridos, não é diferente. Não há uma constância de mercado e, dificilmente, consegue-se ter uma produção em série e mesmo assim, quando ocorre, é por tempo limitado. Desta maneira, o gerenciamento de um empreendimento deste setor não é algo trivial (FANTINATTI, 2008).

Este ambiente de constante competitividade exige que as organizações tenham estruturas flexíveis e adaptáveis, o que não é propiciado pelas estruturas tradicionais criada para a produção em massa de produtos simples; pois um empreendimento de construção civil, principalmente no subsetor de habitação, possui uma série de atores envolvidos, tornando-o muito mais complexo (FANTINATTI, 2005).

E, justamente, por ser complexo é que requer muito mais cuidado e investimento. Porém, o que ocorre, na prática, é que os empresários do setor são os que menos investem em ciência e tecnologia no Brasil e sequer aparecem nas estatísticas de P&D<sup>27</sup> da ANPEI (2004).

As empresas que atuam no subsetor da construção imobiliário horizontal ou não dispõem, simplesmente, de qualquer ferramenta de gestão, ou utilizam, no máximo, ferramentas tradicionais, mais utilizadas por contadores do que por engenheiros, trabalhando com pouquíssimos indicadores, sendo, todos eles, estritamente financeiros e econômicos (KIENZLE; LABRIOLA, 1996; MEREDITH; MANTEL JR, 1989).

---

<sup>27</sup> P&D é a sigla para “Pesquisa e Desenvolvimento”.

É reconhecida, pelo menos no meio acadêmico, a ineficiência, ineficácia e insuficiência de cenários que se podem conseguir com os métodos tradicionais de tomada de decisão baseados apenas em índices econômicos e financeiros. Eles se baseiam, geralmente, no Valor Presente Líquido (VPL) ou, no máximo, na Taxa Interna de Retorno (TIR), sem considerar, muitas vezes, sequer a capacidade de endividamento do empreendedor (YOSHIMURA; GRANJA, 2005). Ainda segundo os autores, mesmo técnicas um pouco mais elaboradas, tais como análise por árvore de decisões, também são alvos de críticas. As abordagens tradicionais não conseguem expressar as questões subjetivas inerentes a um problema complexo de múltiplos critérios (ENSSLIN; MONTIBELLER NETO; NORONHA, 2001).

Além disso, Santos, Thomaziello e Weill (2007) e Weill e Pires Neto (2007) afirmam que as decisões baseadas em apenas parte do problema, geralmente, resultam em ações pouco efetivas ou, pior ainda, ilegítimas (RIBEIRO; VARGAS, 2001).

Os autores acima citados afirmam, entre outros, ser de fundamental importância a mudança de paradigma no processo de decisão sobre problemas que envolvam questões ambientais e sociais; de tal forma a levar em consideração, também, estas dimensões (ambiental e social) e, inclusive, seus aspectos subjetivos.

### ***3.1.2 A expansão imobiliária no Brasil e as transformações ambientais***

No Brasil, vem sendo observada, na última década, uma expansão do setor imobiliário jamais vista, ultrapassando, inclusive, a média de crescimento anual da economia do país. E, notadamente, no setor de construção imobiliária horizontal esta explosão de crescimento pode ser percebida pela entrada neste mercado de empresas de porte nacional, as quais, antes, concentravam todo seu investimento na construção vertical (YOSHIMURA; GRANJA, 2005).

Neste mesmo período, tem-se observado a ocorrência da potencialização de grandes transformações ambientais (macro e micro), relacionadas às mudanças climáticas e ao aquecimento global (FERREIRA, 1998; ZUFFO, 2004).

Acredita-se que as empresas de construção civil necessitem incorporar, às suas estratégias, a visão de que é necessário criar novos projetos de empreendimentos que levem em consideração as mudanças climáticas que vêm ocorrendo de tal forma a contemplar aspectos relacionados a tais mudanças como, por exemplo, a elevação da temperatura, a intensificação de chuvas etc. E, inclusive, saber estimar como e quanto seus empreendimentos contribuem para essas mudanças.

Esta é uma decisão que se faz necessária não apenas para atender às expectativas de uma camada mais esclarecida da população – clientes em potencial – com vistas de garantir a sobrevivência da empresa; mas sim, mais ainda, pela própria necessidade de sobrevivência do planeta. Porém, na prática, são raras as iniciativas de desenvolvimento ou avaliação de empreendimentos de parcelamento do solo que contemplem parâmetros de sustentabilidade.

O subsetor da construção imobiliária horizontal necessita, ainda mais, desta tomada de decisão rumo à incorporação de parâmetros de sustentabilidade devido à sua característica histórica (cultural) de muito pouco investimento em técnicas e ferramentas de gestão (FANTINATTI, 2005) e investimentos, praticamente, inexistentes em pesquisa e desenvolvimento (ANPEI, 2004).

Acredita-se, por fim, que um papel preponderante visando à educação e à efetiva participação dos diversos atores nos processos de parcelamento do solo seja, ainda, do poder público e, mais ainda, do poder público municipal por sua relação mais próxima a estes atores.

A questão que se coloca, mais uma vez, no escopo desta pesquisa é **“como integrar o planejamento e a tomada de decisão em processos de parcelamento do solo, almejando sustentabilidade ambiental, social e econômica, levando em consideração os conflitos de interesses dos diversos atores?”**

### **3.2 Métodos Multicritério de Auxílio à Decisão**

Métodos tradicionais de resolução de problemas, que procuram enquadrar os problemas em categorias, focam a escolha de alternativas e a busca de uma solução ótima, baseando-se, exclusivamente, nas regras da racionalidade, desconsiderando a subjetividade dos atores envolvidos no processo decisório (KEENEY, 1992; ENSSLIN; MONTIBELLER NETO; NORONHA, 2001). Eles não são capazes de lidar com situações complexas, as quais requerem decisão importante e são caracterizadas por: incertezas (caminho, objetivos, alternativas, atores etc.); conflito de valores e objetivos; diferenças nas relações de poder; múltiplos critérios de avaliação (geralmente obscuros no início); infinita quantidade de informações (qualitativas e quantitativas), geralmente, incompletas; e exigem soluções criativas e, até mesmo, inéditas.

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

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

Para situações complexas, é indispensável a incorporação dos aspectos subjetivos, explicitando-os e quantificando-os. Devem ser levados em consideração tanto os fatores qualitativos (fortemente influenciados pela percepção dos atores<sup>28</sup>), quanto os fatores quantitativos (custos, características físicas) inerentes ao problema. As alternativas devem ser analisadas em função de suas repercussões nos objetivos estabelecidos. A decisão tomada deve considerar as percepções de todos os decisores. E, segundo Bana e Costa, De Corte e Vansnick (2004), Ensslin, Montibeller Neto e Noronha (2001) e Keeney (1992), a análise MCDA, devido ao seu paradigma construtivista, incorpora todos esses aspectos.

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

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

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

---

<sup>28</sup> Destaca-se a visão holística do problema, conforme descrito na seção 1.1.

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

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

No processo de escolha, desenvolvimento e avaliação de questões de desenvolvimento sustentável acredita-se que, adotando o paradigma construtivista (BELTON; STEWART, 2001; ROY, 1993), a metodologia mais robusta e atual seja a análise MCDA. Nesse paradigma, o processo de apoio à tomada de decisão permite ao decisor, ou decisores, aperfeiçoar o conhecimento sobre o problema que está sendo analisado, permitindo que sejam adotadas decisões mais acertadas. Isso é possível porque é considerado o conhecimento subjetivo do decisor no processo. Por meio de métodos que auxiliam na estruturação do problema, tais como mapa cognitivo, é possível identificar os valores (objetivos fundamentais) explícitos e, também, os que estavam ocultos e os que não haviam sido considerados pelos decisores (SIMÃO, 2005), ou seja, o conhecimento implícito (FANTINATTI, 2008).

Conforme será exemplificado na Subseção 4.3.3, por meio do desenvolvimento de um protótipo de indicadores de sustentabilidade para empreendimentos de parcelamento do solo, acredita-se que o uso desta metodologia para a identificação, hierarquização e tomada de decisão é a que proporciona, hoje, resultados mais próximos da realidade na avaliação de empreendimentos e, ainda, que promove o real comprometimento dos atores envolvidos. Uma vez que, conforme já afirmado, não é aceitável, de forma alguma, um empreendimento qualquer que não carregue em seu portfólio conceitos e respectivos parâmetros mensuráveis de sustentabilidade.

O projeto e implantação de um empreendimento imobiliário horizontal que considere as preservações ambientais, sociais e culturais da região a que ele se destina fazem com que o desenvolvimento sustentável seja uma premissa necessária para qualquer empreendimento. Este é um aspecto crucial para a prosperidade do próprio setor, conforme exemplificado por Simão (2005).

Entretanto, ainda segundo Simão (2005), situações em que não são avaliados componentes de desenvolvimento sustentável resultam na implantação de unidades com fraca observância em termos ambientais e sociais. Por outro lado, não se pode deixar de considerar que todo e qualquer empreendimento prescindia de parâmetros de sustentabilidade econômica, uma vez que os investidores precisam de processos rápidos de tomada de decisão, quer seja em investimentos de pequeno e médio porte em áreas sem restrições ou em investimentos de grande porte e em áreas bastante restritas.

De acordo com Silva (2007), indicadores de sustentabilidade devem descrever os seus impactos ambientais, econômicos e sociais para projetistas, proprietários, usuários, gestores, desenvolvedores de políticas públicas e demais atores envolvidos em um empreendimento da

construção civil. Tais indicadores precisam capturar tendências, suficientemente críveis, de tal forma a orientar os decisores<sup>29</sup> para o desenvolvimento e o monitoramento de políticas e estratégias. E, ainda, deve ser definida uma metodologia consensual e uma estrutura de organização de indicadores.

Os indicadores, conforme será descrito adiante, podem ser definidos como os objetivos fundamentais ou, simplesmente, critérios, a partir dos quais devem ser desenvolvidos os subcritérios<sup>30</sup> (ENSSLIN; MONTIBELLER NETO; NORONHA, 2001). Para o desenvolvimento dos critérios e subcritérios, Simão (2005) sugere duas questões principais:

- Em uma situação “a priori”, qual o critério que deve ser aplicado para a avaliação do investimento, considerando a realização de um empreendimento sustentável?
- Que tipo de modelo de decisão é mais adequado ao processo de avaliação?

Propõe-se, na Subseção 4.3.3, um modelo de estruturação para avaliação multicritério de empreendimentos imobiliários multifamiliares horizontais baseado em critérios ambientais, sociais e econômicos.

### **3.3 Conceitos Fundamentais da Abordagem MCDA**

Conforme apontado por Keeney (1992) e Ensslin, Montibeller Neto e Noronha (2001), a estruturação de um problema consiste em aumentar o conhecimento em relação ao mesmo. É

---

<sup>29</sup> Neste trabalho, em vez de “tomador de decisão”, será adotado o termo “decisor” que, de acordo com Aulete (1964 *apud* ENSSLIN; MONTIBELLER NETO; NORONHA, 2001), diz respeito àquela pessoa responsável por tomar uma decisão.

<sup>30</sup> Os subcritérios foram primeiramente descritos por Keeney (1992) como objetivos em níveis mais baixos para um objetivo em nível mais alto.

necessário, em um primeiro momento, definir quais são os objetivos fundamentais<sup>31</sup> e, por meio de raciocínio lógico, identificar os mecanismos que permitirão alcançá-los.

Nota-se, portanto, que o objeto principal na abordagem MCDA é a estruturação do problema.

### ***3.3.1 Estruturação dos critérios***

No processo de avaliação multicritério das alternativas, os objetivos fundamentais, citados acima, são denominados critérios. Cada critério deve ser analisado individualmente a partir dos valores dos atores do processo decisório. Bana e Costa e Sanchez-Lopez (2009) indicam que os critérios devam ser definidos por atores que possuam bom conhecimento sobre o problema, e afirmam que, geralmente, estes atores podem ser os decisores ou um grupo de especialistas. E, ainda, os critérios devem refletir os objetivos estratégicos e direcionar as ações para os atender.

Na etapa de elaboração da lista de critérios, Keeney (1992) aponta que devem ser identificados os candidatos a objetivos fundamentais, os quais devem ser, necessariamente, oriundos de um mapeamento cognitivo a partir dos valores dos decisores; e, então, deve-se proceder a uma verificação em relação ao cumprimento de nove requisitos para que os candidatos a objetivos fundamentais possam ser, de fato, aceitos como critérios de avaliação.

Para proceder com a análise dos critérios devem ser identificados os elementos primários de avaliação (EPAs) (BANA e COSTA, 1992; ENSSLIN; MONTIBELLER NETO; NORONHA, 2001), os quais são constituídos de objetivos, metas, valores, ações, opções e alternativas. Segundo Keeney (1992), deve-se estimular a criatividade, pois quanto maior o número de EPAs,

---

<sup>31</sup> Os objetivos fundamentais podem ser encontrados com outras nomenclaturas, tais como: “pontos de vista fundamentais” (BANA e COSTA; De CORTE; VANSNICK, 2005) ou “EPA - Elementos Primários de Avaliação” (ENSSLIN; MONTIBELLER NETO; NORONHA, 2001); manter-se-á, neste trabalho, as grafias originais.

melhor sucedida será a tarefa de seleção de critérios e, conseqüentemente, dos indicadores mais adequados.

Cada EPA identificado define um conceito e, portanto devem-se inserir verbos que remetam a uma ação. Uma forma de auxiliar neste processo é, segundo Ensslin, Montibeller Neto e Noronha (2001), utilizando duas perguntas:

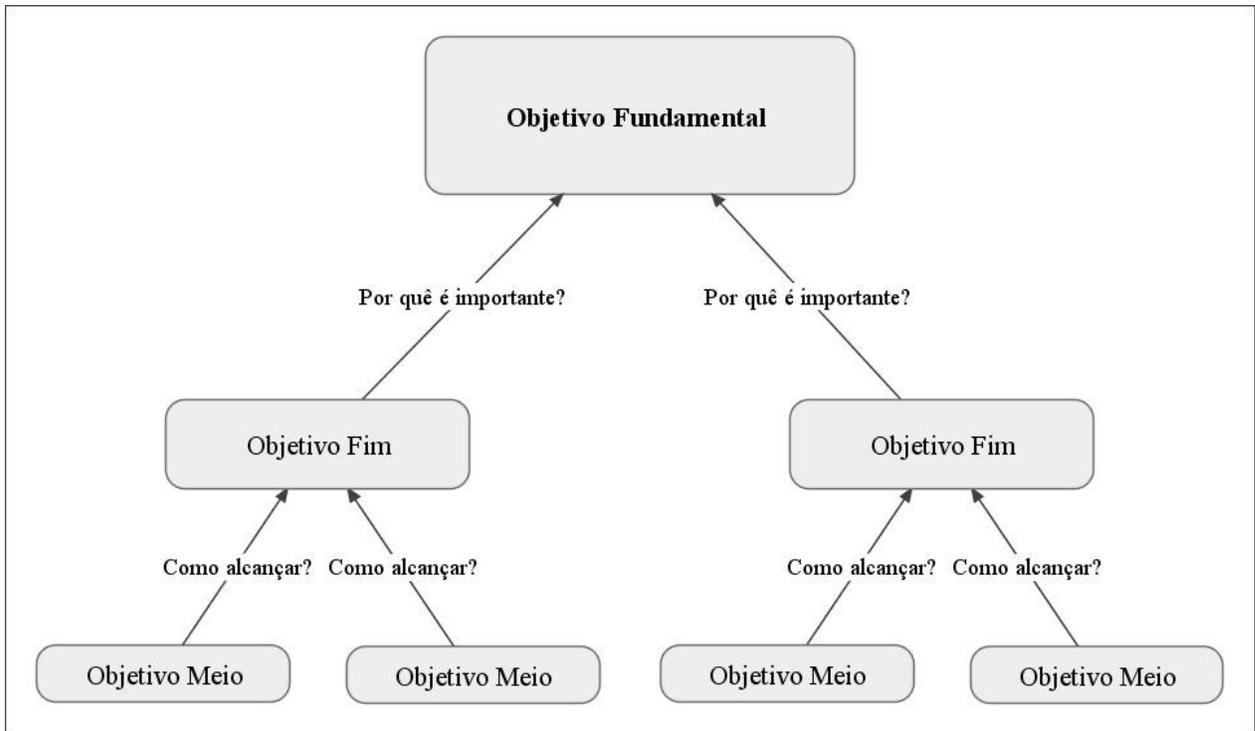
1. Por quê esse conceito (objetivo) é importante, ou seja, quais são os fins desejados?
2. Como ele (objetivo) pode ser alcançado, isto é, quais são os meios disponíveis?

Tendo sido identificados os EPAs, deve-se direcionar o processo decisório sempre com o raciocínio focado no valor. O que pode ser feito por meio de mapas cognitivos (conforme apontado por KEENEY, 1992), os quais auxiliam na identificação dos critérios mais adequados.

A Figura 3.1 ilustra a estrutura básica do mapeamento cognitivo para se definir os objetivos fundamentais, os objetivos fins (essenciais) e os objetivos meios (formas de atingir os objetivos fins) (ENSSLIN; MONTIBELLER NETO; NORONHA, 2001).

A estrutura do mapeamento cognitivo pode se distribuir por várias ramificações e em diversos níveis hierárquicos (MONTIBELLER NETO, 2000 *apud* FRANCO, 2001).

Ensslin, Montibeller Neto e Noronha (2001) apontam que, no processo de mapeamento cognitivo, devem ser identificados “*clusters*”, os quais definem objetivos e critérios relacionados um mesmo objetivo fundamental; e, ainda, em cada “*cluster*”, devem ser identificados “ramos” relacionados com um mesmo “objetivo fim”. E os “objetivos meio” dos níveis mais elementares em cada ramo serão os critérios em que as alternativas serão, de fato, avaliadas.



*Figura 3.1. Estrutura básica do mapeamento cognitivo.*

As subjetividades devem ser explicitadas ao máximo. Pois apenas desta forma é que se poderão definir os critérios que refletirão, adequadamente, os objetivos estratégicos dos decisores, de tal forma a possibilitar a delimitação das ações que levarão a estes objetivos (MONTIBELLER, 2007).

Os critérios devem atender, obrigatoriamente, os nove requisitos apontados por Keeney (1992):

- **Essenciais:** deve levar em conta os aspectos de fundamental importância segundo o sistema de valores dos decisores;
- **Controláveis:** deve representar um aspecto que seja influenciado apenas pelas ações potenciais;
- **Completo:** o conjunto de objetivos fundamentais deve incluir todos os aspectos considerados com fundamentais pelos decisores;

- **Mensuráveis:** permite especificar, com a menor dúvida possível, a performance das ações potenciais, segundo os aspectos considerados fundamentais pelos decisores;
- **Operacionais:** possibilita coletar as informações requeridas sobre a performance das ações potenciais, dentro do tempo disponível e com esforço viável;
- **Isolável:** permite a análise de um aspecto fundamental de forma independente com relação aos demais aspectos do conjunto;
- **Não redundante:** o conjunto de objetivos fundamentais não deve levar em conta o mesmo aspecto mais de uma vez;
- **Conciso:** o número de aspectos considerados pelo conjunto de objetivos fundamentais deve ser o mínimo necessário para modelar, de forma adequada, o problema segundo a visão dos decisores;
- **Compreensível:** deve ter o seu significado claro para os decisores, permitindo a geração e comunicação de idéias.

Uma vez os critérios estabelecidos, cada um deve ter uma descrição. Os descritores<sup>32</sup> de um critério auxiliam na compreensão do que os decisores estão considerando, tornam os objetivos inteligíveis, permitem a geração de ações de aperfeiçoamento, possibilitam a mensuração do desempenho de ações de um critério e auxiliam na construção de um modelo global de avaliação.

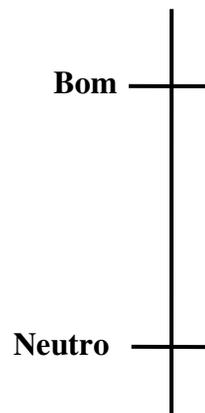
### **Avaliação dos níveis de desempenho de cada critério**

Tendo sido definidos os critérios de avaliação e seus respectivos descritores, devem ser estabelecidas as funções de valores para cada um dos critérios, pelas quais poderão ser avaliados (mensurados) os desempenhos das alternativas.

---

<sup>32</sup> Os descritores são denominados, também, de subcritérios por Ensslin, Montibeller Neto e Noronha (2001).

Bana e Costa, De Corte e Vansnick (2004, 2005) defendem a adoção de escalas semânticas para o estabelecimento das funções de valor, independentemente se os critérios sejam de natureza qualitativa ou quantitativa; pois, a partir de uma escala semântica, o processo de captura dos valores cognitivos dos decisores e ou especialistas é mais bem conduzido e, portanto, bem traduzido para uma escala cardinal. Os autores propõem, então, da mesma forma que é proposto por Keeney (1992), que sejam estabelecidos dois (2) níveis de desempenho para cada critério: um nível “Neutro”, o qual corresponde a o desempenho mínimo aceitável para qualquer alternativa, dentro do contexto decisório em análise; e um nível “Bom”, o qual corresponde ao desempenho desejável para qualquer alternativa dentro do contexto decisório em análise, conforme ilustrado na Figura 3.2.



*Figura 3.2. Ilustração da escala padronizada para todos os critérios*

Depois, devem ser estabelecidos demais níveis de desempenho, os quais podem, inclusive, estar abaixo do nível “Neutro” ou acima do nível “Bom” e, não apenas entre eles. Isto é, o nível “Neutro” não é, necessariamente, o menor nível possível; da mesma forma, o nível “Bom” não corresponde ao nível máximo alcançável.

E, por fim, a partir da análise das preferências estabelecidas, é que se estabelecem os valores para os demais níveis de desempenho em cada critério.

### ***3.3.2 Avaliação e ponderação dos critérios***

Keeney (1992) afirma que a ponderação entre os critérios de avaliação (definição dos pesos) deve ser estabelecida a partir da comparação dos critérios – dois a dois – dentro do contexto decisório.

Bana e Costa e Sanchez-Lopez (2009) apresentam um exemplo prático para a definição de pesos entre os critérios proposta por Keeney (1992), pelo qual devem ser montados cenários de avaliação, partindo-se de um cenário base, no qual todos os critérios sejam considerados com desempenho no nível “Neutro”. Este exemplo foi desenvolvido com auxílio do método MACBETH, de Bana e Costa, De Corte e Vansnick (2004, 2005).

A proposta de Keeney (1992) indica que, a partir do cenário base, devem ser criados novos cenários, nos quais se varie cada critério, um a um, para o nível “Bom” de desempenho. Daí, os decisores e ou especialistas deverão explicitar, na mesma escala semântica descrita pelo método que estiver sendo usado, os graus de preferência entre os diversos cenários (2 a 2); sendo que cada cenário representa a preferência do decisor ou especialista ou, ainda, conjunto de decisores e ou especialistas em relação aos respectivos critérios.

Para a conversão das escalas semânticas em escalas numéricas, Bana e Costa, De Corte e Vansnick (2004, 2005) propõem que para o cenário base (nível “Neutro”) seja estabelecido com o

valor zero (0) e que o valor cem (100) seja estabelecido para um cenário em que todos os critérios sejam considerados com desempenho no nível “Bom”<sup>33</sup>.

### 3.3.3 Avaliação das alternativas

Keeney (1992) e Zuffo (1998) afirmam que há vários modelos matemáticos de avaliação de alternativas, sendo que os mais usados são os modelos aditivos e multiplicativos.

A partir da definição dos critérios, bem como suas respectivas funções de valor e pesos relativos, é possível proceder a avaliação das possíveis alternativas.

O processo de avaliação das alternativas se dá, praticamente, da mesma maneira em qualquer método: aplica-se um modelo matemático de avaliação das alternativas, como por exemplo, o modelo aditivo do método CP (*Compromisse Programming*) ou o modelo multiplicativo do método CGT (*Cooperative Games Theory*).

Keeney (1992) ressalta que deve ser tomado o cuidado de usar o modelo matemático adequado para o contexto decisório. O autor afirma que o modelo aditivo tem, por exemplo, certas restrições de aplicação em relação ao modelo multiplicativo. Esta opinião é compartilhada, por exemplo, por Zuffo e Genovez (2006).

Keeney (1992), Ensslin, Montibeller Neto e Noronha (2001) afirmam que, mais do que escolher entre alternativas pré-selecionadas, a abordagem MCDA permite aos decisores criar novas alternativas mais adequadas à solução do problema em análise; uma vez que é uma metodologia construtivista, em que é possível emergir soluções a partir dos valores dos decisores.

---

<sup>33</sup> Ver o método MACBETH (Subseção 3.4.6).

## **Análise de sensibilidade**

No processo de avaliação das alternativas, Keeney (1992) sugere que sejam feitas análises de sensibilidade para verificar a robustez da estruturação dos critérios e do modelo matemático aplicado.

Ensslin, Montibeller Neto e Noronha (2001) sugerem que se altere os pesos dos critérios de maior peso, em dez por cento (10%) para mais e para menos, para verificar se ocorre alguma inversão na ordem das alternativas, o que poderia indicar fragilidade quer seja na estruturação dos critérios, quer seja no modelo matemático escolhido.

### **3.4 Métodos Usuais de Análise MCDA**

De acordo com Figueira, Greco e Ehrgott (2005) e Zuffo (1998), os métodos multicritério de auxílio à decisão são divididos, basicamente, em quatro (4) grandes grupos:

1. Métodos baseados na programação matemática (MOLP, sigla em inglês para *Multiobjective Linear Programming*), dos quais se destacam: a Programação por Compromisso (CP, sigla em inglês para *Compromisse Programming*) (ZELENY, 1973); e, a Teoria dos Jogos Cooperativos (CGT, sigla em inglês para *Cooperative Games Theory*) (NASH, 1951 *apud* JUNQUEIRA, 2005; SZIDAROVSKY; DUCKSTEIN; BOGARDI, 1980 *apud* GERSHON; DUCKSTEIN, 1983);
2. Métodos baseados nas Teorias do Valor e da Utilidade Multiatributo (MAUT, sigla em inglês para *Multiattribute Utility Theory*), dos quais se destacam: o AHP (sigla em inglês para *Analytic Hierarch Process*) (SAATY, 1977, 1980); e, o MACBETH (sigla em inglês para *Measuring Attractiveness by a Categorical Evaluation Technique*) (BANA e COSTA; De CORTE; VANSNICK, 2004, 2005);

3. Métodos baseados nas Relações de Preferências, dos quais se destacam: o ELECTRE (sigla, em francês para *Elimination et Choix Traduisant la Réalité*) (BENAYOUN; ROY; SUSSMAN, 1966 *apud* ZUFFO *et al.*, 2002; FIGUEIRA; MOUSSEAU; ROY, 2005); e, o PROMETHEE (sigla em inglês para *Preference Ranking Organization Methods for Enrichment Evaluations*) (BRANS; MARESCHAL, 2005);

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

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

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

A seguir, serão descritos, sucintamente, os principais métodos acima listados.

### 3.4.1 O método da programação por compromisso (CP)

O método CP (ZELENY, 1973) é um método que busca identificar soluções não-dominantes, que estão mais próximas a uma solução ideal, por meio de um procedimento de medida de distância. É um método bastante utilizado e pode ser classificado dentro das características da família de métodos que busca a otimização da função “distância da solução ideal” (SOUZA; CORDEIRO NETTO; LOPES JÚNIOR, 2001).

De acordo com Zuffo *et al.* (2002), o método CP está baseado no Teorema de Pitágoras; mais precisamente, no conceito da distância métrica entre dois pontos cujas coordenadas são conhecidas; e procura minimizar a distância de todos os possíveis pontos próximos a um “Ponto Ideal” escolhido pelo decisor.

A solução ideal é definida como sendo o vetor dos melhores valores alcançados em cada critério, na matriz de avaliação. Esta maximização da função objetivo e é representada pela Equação 3.01.

$$f_i^* = \text{Max}f_i(x) \quad (3.01)$$

O vetor  $f^*$ , cujos elementos são todos máximos, é chamado de vetor ideal e é dado pela Equação 3.02.

$$f^* = (f_1^*, f_2^*, \dots, f_n^*) \quad (3.02)$$

E, também, é determinado um vetor com os piores valores, que é utilizado para indicar a distância relativa da alternativa à solução mais desfavorável ( $f_w$ ).

Uma vez que a solução ideal é, praticamente, impossível de ser conquistada, mede-se a distância das soluções possíveis a partir da solução ideal. Esta distância é obtida pela família métrica “ $l_s$ ”, definida pela Equação 3.03.

$$l_s = \sqrt[s]{\left(\sum_{i=1}^n \alpha_i^s \left| \frac{f_i^* - f_i(x)}{f_i^* - f_{i,w}} \right|^s\right)} \quad (3.03)$$

em que  $\alpha_i$  é o peso atribuído a cada critério pelo decisor, subjetivamente, ou derivado de alguma estrutura de preferência;  $f_{i,w}$  é o pior valor (desempenho) obtido por cada critério;  $f_i(x)$  é o desempenho da alternativa “x” em relação ao  $i$ ésimo critério, e;  $S$  reflete a importância que o decisor atribui aos desvios máximos, podendo variar de um (1) a infinito ( $\infty$ ).

Percebe-se que, na verdade, há dois esquemas de pesos; sendo que o parâmetro “ $\alpha_i$ ” reflete a importância do critério  $i$ ; e, o parâmetro “ $S$ ” reflete a importância que o decisor atribui aos desvios máximos.

No caso de  $S = 1$ , todos os desvios são considerados proporcionalmente às suas magnitudes. Quanto maior o valor de  $S$ , os desvios de maior magnitude têm maior influência sobre o resultado. E, no caso de  $S = \infty$ , o maior desvio será o único considerado (GERSHON; DUCKSTEIN, 1983).

Segundo Zuffo *et al.* (2002), quando as alternativas de solução estão discretizadas e cada um dos critérios está representado na matriz de avaliação (*payoff*), este método pode ser aplicado e se calculam as distâncias das alternativas para a solução ideal, apontando-se a solução de melhor compromisso como aquela que apresentar a menor distância.

### 3.4.2 O método da teoria dos jogos cooperativos (CGT)

Segundo Gershon e Duckstein (1983), o método CGT, ao contrário do método CP, ao invés de procurar a menor distância do “Ponto Ideal”, busca a maior distância geométrica de um nível mínimo estabelecido como “*status quo*”.

Ainda segundo Gershon e Duckstein (1983), o método CGT, desenvolvido por Szidarovsky, Duckstein e Bogardi (1980 *apud* GERSHON; DUCKSTEIN, 1983), foi uma generalização para “n” jogadores, a partir da teoria dos jogos cooperativos para duas pessoas, desenvolvido por Nash (NASH, 1951 *apud* JUNQUEIRA, 2005).

“A teoria dos jogos, em geral, é um estudo matemático de resolução de conflitos” (ZUFFO *et al.*, 2002, p. 85).

A teoria dos jogos cooperativos permite aos participantes se comunicarem e formarem relações de concordâncias (acordos). O resultado destes acordos resulta em uma matriz de avaliação (*payoff*), cuja função de distância é dada pela Equação 3.04.

$$l_S(x) = \prod_{i=1}^n |f_i(x) - f_i^*|^{\alpha_i} \quad (3.04)$$

em que  $\alpha_i$  é o peso do  $i_{ésimo}$  critério;  $f_i^*$  é desempenho do  $i_{ésimo}$  critério do ponto “*status quo*”, e;  $f_i(x)$  é o desempenho da alternativa “x” em relação ao  $i_{ésimo}$  critério.

De acordo com Zuffo *et al.* (2002), o método CGT conta com sete axiomas que definem uma solução cooperativa. Os autores afirmam que o método evidencia que há uma única solução “ótima”, a qual é obtida por meio de um caminho único, usando a programação não-linear.

Gershon e Dukstein (1983) apontam que o método CGT tem a vantagem de indicar outras soluções viáveis, além da solução “ótima”, devido à composição de algoritmos de programação não-linear.

Zuffo *et al.* (2002) apontam que o método CGT considera que os objetivos trabalham em cooperação em vez de competirem entre si, o que possibilita indicar uma solução “satisfatória”.

### 3.4.3 O método analítico hierárquico (AHP)

O método AHP é um dos métodos multicritério mais difundido e utilizado, atualmente, em todo o mundo (SILVA; FEITOSA, 2007). Por meio deste método é possível selecionar, ordenar e avaliar, subjetivamente, alternativas com um ou mais objetivos (ZUFFO *et al.*, 2002).

O método AHP (SAATY, 1977, 1980) estabelece a comparação par-a-par das alternativas, ao invés de avaliar todas ao mesmo tempo. Os critérios (objetivos) são determinados e comparados entre si, preferencialmente, por uma equipe multidisciplinar. Definidos os critérios de avaliação, deve ser montada uma matriz de comparação A (n x n), em que cada elemento  $a_{ij}$ , na diagonal superior, indica o grau de superioridade do critério i sobre o critério j, conforme indicado na Equação 3.05. Sendo que, na diagonal inferior, cada elemento  $a_{ji}$  indica o inverso da preferência do critério i sobre o critério j, conforme indicado na Equação 3.06.

$$a_{ij} = \frac{\alpha_i}{\alpha_j} \quad (3.05)$$

em que  $\alpha_i$  é o peso do  $i^{\text{ésimo}}$  critério, e;  $\alpha_j$  é o peso do  $j^{\text{ésimo}}$  critério.

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad (3.06)$$

Saaty (1977, 1980) afirma que a mente humana é, em geral, capaz de distinguir sete níveis diferentes, variando dois níveis - para mais ou para menos – conforme sua capacidade cognitiva; e propõe, então, que as matrizes de avaliação sejam de 5 x 5 a 9 x 9.

Na Tabela 3.1 é apresentada uma representação da matriz de comparação do método AHP.

*Tabela 3.1. Matriz de comparação de critérios do AHP*

Matriz A	Critério 1	Critério 2	(...)	Critério n
Critério 1	1	$a_{12}$	(...)	$a_{1n}$
Critério 2	$a_{21}$	1	(...)	$a_{2n}$
(...)	(...)	(...)	1	(...)
Critério n	$a_{n1}$	$a_{n2}$	(...)	1

(adaptado de ZUFFO, 1998)

De acordo com Saaty (1977, 1980), os pesos dos critérios são estabelecidos por uma escala semântica.

Saaty (1977, 1980) estabeleceu uma escala semântica por refletir a maneira pela qual a mente humana estabelece as relações (conceitos e estrutura) em um problema complexo. De acordo com o autor, a mente humana, quando se depara com um problema complexo, com um grande número de variáveis – controláveis ou não, naturalmente, os organiza em grupos, segundo propriedades comuns, isto é, quando o ser humano identifica alguma coisa complexa, decompõe sua complexidade; quando descobre relações, as sintetiza. Este é o processo fundamental da percepção: decomposição e síntese (OROFINO, 1996).

A principal característica do método AHP é, segundo Orofino (1996), sua capacidade de analisar um problema de tomada de decisão que contemple muitas variáveis, por meio da construção de níveis hierárquicos; em que o problema é decomposto em fatores e estes decompostos em níveis mais detalhados de fatores e assim por diante até um determinado nível; e são organizados hierarquicamente em inúmeros níveis em que os objetivos finais devem estar no topo, seguidos de seus objetivos em níveis inferiores, das forças limitadoras dos decisores, dos objetivos dos decisores e dos vários resultados possíveis: os cenários.

O método AHP permite estruturar hierarquicamente qualquer problema complexo, com múltiplos critérios, com múltiplos decisores e em múltiplos períodos. É um processo flexível, baseado na lógica e que usa, ao mesmo tempo, a intuição (SCHMIDT, 1995).

São três, basicamente, as etapas do método AHP: a estruturação (hierarquização); a definição dos pesos (preferências), e; a elaboração da matriz de avaliação.

De acordo com Schmidt (1995), na etapa de hierarquização devem ser considerados os detalhes relevantes para representar o problema, de tal modo que se incluam todos os elementos importantes para a avaliação e, ainda, permitir a alteração destes, se necessário; deve-se considerar o contexto do problema; devem-se identificar as ações e particularidades que contribuam para a solução, e; devem-se identificar os atores e decisores relativos ao problema em análise.

Os julgamentos ou definição dos pesos, dados na forma de comparação par-a-par, são feitos a partir da escala semântica (SAATY, 1977, 1980), a qual é traduzida para uma escala numérica, tal como apresentado na Tabela 3.2.

Os resultados numéricos obtidos a partir dos julgamentos semânticos (pesos) são colocados na matriz quadrada  $A$  ( $n \times n$ ). E, ainda pode haver julgamentos semânticos intermediários, isto é, classificados entre os níveis de preferência descritos na Tabela 3.2, correspondendo, assim, aos valores 2, 4, 6 e 8, respectivamente (SAATY, 1977, 1980).

*Tabela 3.2. A escala semântica de Saaty e sua correspondência numérica*

Escala Semântica	Correspondência numérica
De igual importância	1
De pequena importância sobre o segundo	3
De grande importância sobre o segundo	5
De importância muito grande sobre o segundo	7
De importância absoluta sobre o segundo	9

A partir dos resultados inseridos na matriz de avaliação, encontram-se os autovetores e autovalores. O autovetor dá a ordem de prioridade e o autovalor é a medida de consistência do julgamento. Para  $n$  critérios, haverá  $n$  autovalores e respectivos autovetores (MALINOWSKI, 2006).

Para matrizes de elementos positivos, haverá maior autovalor positivo e seu autovetor, de acordo com Saaty (1977, 1980), será o vetor dos pesos dos critérios ( $W$ ). Este vetor será obtido por meio da Equações 3.07 e 3.08.

$$A.W = \lambda.W \quad (3.07)$$

$$(A - \lambda.I) = 0 \quad (3.08)$$

Sendo  $\lambda$  o autovalor da matriz  $A$ , uma vez que  $W$  é o autovetor correspondente à matriz identidade ( $I$ ).

Saaty (1977, 1980) afirma que a consistência cardinal só será alcançada se  $n - 1$  dos autovalores forem iguais a zero e se o maior autovalor for igual a  $n$ . Se os julgamentos forem inconsistentes, o maior autovalor irá se tornar maior que  $n$ , aumentando as inconsistências (em número e dimensão).

De acordo com Schmidt (1995) e Zuffo (1998), para se determinar o grau de consistência da matriz de avaliação, deve-se determinar a razão de consistência ( $RC$ ), a qual é determinada pela relação entre o índice de consistência ( $IC$ ) e um índice randômico ( $IR$ ), conforme demonstrado na Equação 3.09.

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (3.09)$$

A razão de consistência ( $RC$ ) deve ser menor 0,10 (10%). Esta razão permite avaliar o grau de violação da proporcionalidade e transitividade dos julgamentos dos atores. Quando o grau de consistência é pobre, é necessário obter mais informação nas comparações dos critérios. Tal ação envolve coletar informação a partir de uma nova rodada de julgamentos (SAATY, 1977, 1980).

O índice de consistência ( $IC$ ) é calculado segundo a Equação 3.10.

$$IC = \frac{(\lambda_{m\acute{a}x} - n)}{(n-1)} \quad (3.10)$$

em que  $\lambda_{m\acute{a}x}$  é o maior autovalor encontrado e  $n$  é o número de critérios.

Segundo Zuffo *et al.* (2002), quanto mais próximo de zero for o valor de IC, maior será a consistência da matriz de avaliação (A). E, para um IC pequeno, o respectivo autovetor será a solução procurada.

Por fim, o índice randômico (IR) é tabelado em função do número de critérios ( $n$ ), conforme apontado na Tabela 3.3.

*Tabela 3.3. Valor de IR para análise de consistência do método AHP*

N	IR
2	0,00
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,51

(adaptado de ZUFFO, 1998)

Apesar de o método AHP ser bastante difundido (SILVA; FEITOSA, 2007; ZUFFO *et al.*, 2002), ele não é uma unanimidade.

Belton (1986) critica, por exemplo, sua ambigüidade em relação aos critérios de formação dos pesos e à subjetividade das escalas para medidas dos valores.

Fabretti *et al.* (2011) criticam o uso equivocado do método AHP por um grande número de usuários (pesquisadores e consultores) que, ao invés de fazerem uso da escala semântica proposta por Saaty, utilizam-se, diretamente, de sua correspondência numérica, potencializando o erro apontado por Belton (1986).

Bana e Costa e Vansnick (2008) criticam o método AHP por não respeitar, sequer, as condições matemáticas dos axiomas ou a condição de cardinalidade explicitadas pelo próprio método.

#### **3.4.4 O método de escolha e eliminação hierárquica (ELECTRE I e II)**

Os métodos (ou ferramentas) pertencentes à família dos métodos baseados nas relações hierárquicas (ou relações de preferência) são muito utilizados na escola europeia, pois possibilitam a adoção de critérios de diferentes naturezas, como por exemplo, quantitativos e qualitativos, booleanos ou nominais, etc. São métodos consagrados em problemas que envolvam recursos hídricos e o meio ambiente (ZUFFO, 1998; ZUFFO *et al.*, 2002).

O método ELECTRE, primeiro apresentado por Benayoun, Roy e Sussman (1966 *apud* ZUFFO *et al.*, 2002) foi desenvolvido por Roy (1968 *apud* ZUFFO *et al.*, 2002) com a finalidade de escolher as alternativas que são preferidas pela maioria dos critérios e que não causem qualquer descontentamento inaceitável para qualquer um dos critérios analisados. O método passou a ser chamado de ELECTRE I e é um método de eliminação seqüencial.

O método ELECTRE I compreende três conceitos metodológicos: concordância, discordância e valores limites.

Os pesos atribuídos pelo(s) decisor(es) para os  $I$  critérios e para todas as  $K$  alternativas são definidos como  $\alpha_i$ . Assume-se que estes pesos não mudarão durante o desenvolvimento do

método. Pode-se afirmar que a concordância entre quaisquer duas alternativas  $i$  e  $j$  será a medida do número do critério para o qual a ação  $i$  é preferida à ação  $j$  ( $i P j$ ) ou a ação  $i$  é igual à ação  $j$  ( $i = j$ ).

Pode-se representar o índice de concordância -  $c(i, j)$  - definindo-se  $I$  como um conjunto de  $m$  critérios, e subdividindo-o em três subconjuntos distintos:

- $I^+ = I^+(i, j) - \{m \in I: i > j\}$ , em que  $i$  é preferível a  $j$ ;
- $I^= = I^=(i, j) - \{m \in I: i = j\}$ , em que  $i$  é equivalente a  $j$ ; e
- $I^- = I^-(i, j) - \{m \in I: i < j\}$ , em que  $j$  é preferível a  $i$ .

A partir da definição dos subconjuntos, são determinadas as medidas dos pesos ( $W_s$ ) dos critérios, obtendo-se: a medida dos pesos de preferência positiva ( $W^+$ ), dada pela Equação 3.11; a medida dos pesos de igual preferência ( $W^=$ ), dada pela Equação 3.12; e, a medida dos pesos de preferência negativa ( $W^-$ ), dada pela Equação 3.13.

$$W^+ = \sum_{i \in I^+} (\alpha_i) \quad (3.11)$$

$$W^= = \sum_{i \in I^=} (\alpha_i) \quad (3.12)$$

$$W^- = \sum_{i \in I^-} (\alpha_i) \quad (3.13)$$

A partir das medidas dos pesos, é possível determinar o índice de concordância  $c(i, j)$ , definido pela Equação 3.14.

$$c(i, j) = \frac{W^+ + \frac{1}{\text{fator}} W^-}{W^+ + W^- + W^+} \quad (3.14)$$

em que o “*fator*” indica a relevância arbitrada pelo decisor para as medidas dos pesos de igual preferência ( $W^-$ ). Ele pode assumir os valores 1 (um) ou 2 (dois), indicando serem, respectivamente, de mesma relevância ou metade da relevância das medidas dos pesos de preferência positiva ( $W^+$ ).

O conceito de discordância é complementar ao de concordância e representa o “desconforto” experimentado na escolha da alternativa  $i$  sobre a alternativa  $j$ . Para a determinação da matriz de discordância, torna-se necessário definir, primeiramente, uma escala de intervalos comuns a cada critério, visto que, cada critério pode ter diferentes escalas.

A escala será utilizada para comparar o “desconforto” causado entre o pior e o melhor valor de um determinado critério para uma determinada alternativa. O índice de discordância  $d(i, j)$  é representado pela Equação 3.15.

$$d(i, j) = \max_{m \in I} \frac{[z(j, m) - z(i, m)]}{R^*} \quad (3.15)$$

em que  $z(j, m)$  é a avaliação da alternativa  $j$  segundo a escala numérica para o critério  $m$ ;  $z(i, m)$  é a avaliação da alternativa  $i$  segundo a escala numérica para o critério  $m$ ; e,  $R^*$  é o maior valor das escalas numéricas de todos os critérios.

A condição de concordância e a condição de discordância são utilizadas para definir uma relação hierárquica ( $R$ ). A relação hierárquica ( $R$ ) é definida ao estabelecer os valores limites ( $p, q$ ) dados pelo decisor, variando entre zero e um, tal que a alternativa  $i$  é preferível a alternativa  $j$  se, e somente se,  $c(i, j) > p$  e  $d(i, j) < q$ .

De acordo com Goicoechea, Hasen e Duckstein (1982), o decisor deve escolher dois pares ( $p$  e  $q$ ) que representem, respectivamente, uma estrutura de preferência “forte” e outra “fraca”. Esses dois pares geram dois gráficos distintos: o gráfico da preferência forte (GF) e o de preferência fraca (Gf); nos quais cada nó representa uma alternativa. A Figura 3.3 representa uma estruturação gráfica de preferência entre alternativas, extraída do método ELECTRE I (GOICOECHEA; HASEN; DUCKSTEIN, 1982).

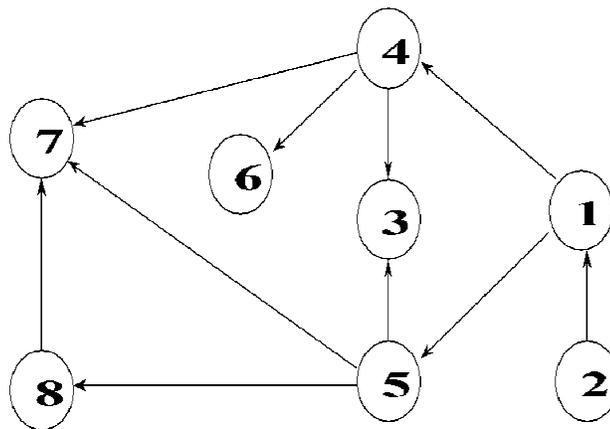


Figura 3.3. Representação de gráfica de estrutura de preferência gerada pelo método ELECTRE I. (Fonte: ZUFFO, 1998).

Segundo Zuffo (1998), após a construção do gráfico o passo seguinte é a determinação do *Kernel* (parte mais importante do gráfico). Ainda, de acordo com o autor, os nós contidos no *Kernel* representam aquelas alternativas que são preferidas sobre as relações básicas de ordenação; nenhuma alternativa *Kernel* domina outra alternativa também pertencente ao conjunto *Kernel*; cada sistema fora do *Kernel* é dominado pelo menos por um sistema *Kernel*; e, os sistemas fora do *Kernel* são eliminados para efeito de considerações futuras.

O método ELECTRE II foi desenvolvido por Roy e Bertier (1971, 1973 *apud* ZUFFO *et al.*, 2002) e é uma extensão do primeiro método. Os dados de entrada para o método ELECTRE II

são os dois gráficos produzidos pelo método ELECTRE I, representando uma estrutura de preferência forte e outra fraca.

De acordo com Zuffo (1998), o método ELECTRE II estabelece uma ordenação completa sobre um conjunto de alternativas, o qual deve atender:

- O teste da concordância, em que a medida da concordância está acima de um nível mínimo de aceitabilidade;
- O teste da discordância, em que a medida da discordância está abaixo de um nível máximo tolerável de discordância.

E, segundo Goicoechea, Hasen e Duckstein (1982), as definições de concordância e discordância do método ELECTRE II diferem daquelas apresentadas para o método ELECTRE I. O índice de concordância válido para o método ELECTRE II é dado pela Equação 3.16.

$$c(i, j) = \frac{W^+ + W^=}{W^+ + W^= + W^-} (i, j) \quad (3.16)$$

Por definição, o índice de concordância deve estar compreendido entre 0 e 1 (ZUFFO *et al.*, 2002).

O procedimento de ordenação do método ELECTRE II é formado por dois estágios distintos. No primeiro estágio, definem-se as classificações progressiva e regressiva; e, no segundo estágio, obtêm-se a classificação final, por meio da média das duas classificações anteriores.

No primeiro estágio, a classificação progressiva [ $v'(k)$ ] é obtida reduzindo os circuitos de GF e determinando o conjunto “B” das ações que não estão fortemente preferidas por qualquer outra ação; dentro deste conjunto, os circuitos de Gf são reduzidos e determina-se o conjunto “A<sub>1</sub>” de ações que estão fracamente preferidas por qualquer outra ação de “B”. O conjunto “A<sub>1</sub>” é a

primeira classe da ordenação e o procedimento é iniciado novamente para o conjunto remanescente, até completar a pré-ordenação.

No segundo estágio, a classificação regressiva  $[v''(k)]$  é constituída de forma análoga à primeira, mas se inicia com a classe das piores ações (aquelas que não possuem outra ação preferida) e vai subindo na escala até as melhores ações.

As duas pré-ordenações obtidas, de acordo com Zuffo (1998), são próximas, mas, geralmente, não são as mesmas. E segundo Zuffo *et al.* (2002), o decisor pode escolher a média entre as duas, a qual é dada pela Equação 3.17.

$$\bar{m}(k) = \frac{v' + v''}{2}, \forall k \in K \quad (3.17)$$

No caso de as duas pré-ordenações serem muito divergentes, o problema pode estar mal estruturado e deve ser redefinido para proceder à reaplicação do método.

### ***3.4.5 O método de organização do ranking de preferências (PROMETHEE I e II)***

Os métodos da série PROMETHEE pertencem à família de métodos hierárquicos que consistem em melhorar a ordem de dominância, por meio de comparações par-a-par (ZUFFO, 1998). E são compostos de três fases distintas:

- Construção de critérios generalizados;
- Determinação de uma relação de hierarquização entre os critérios;
- Avaliação dessa relação para propiciar uma resposta ao problema, analisando o conjunto de alternativas ( $A$ ).

Da mesma forma que o método ELECTRE, o método PROMETHEE estabelece uma estrutura de preferência entre alternativas discretas (ZUFFO, 1998; ZUFFO *et al.*, 2002).

O método PROMETHEE prescinde de informações adicionais:

- Entre critérios - representada por pesos ( $\alpha_i$ ), os quais indicam a importância relativa entre os critérios. Os pesos são assumidos positivos e o maior peso de um critério, entre os demais, indica a maior importância deste critério em relação aos outros critérios. A soma dos pesos deve ser, sempre, igual a 1.
- Internamente aos critérios – nas comparações par-a-par das alternativas, devem-se observar as diferenças entre os valores de um mesmo critério para as diferentes alternativas. Esses desvios indicam, por menor que possam ser, uma preferência do decisor para a melhor alternativa. Um maior o desvio indicará uma maior a preferência. As preferências devem assumir números reais compreendidos entre 0 e 1.

Para cada critério  $I$ , o decisor tem em mente a função  $f_i(k)$ , representada na Equação 3.18.

$$P_i(a, b) = P_i[d_i(a, b)], \forall a, b \in A \quad (3.18)$$

em que  $d_i(a, b) = f_i(a) - f_i(b)$ ; e,  $0 \leq P_i(a, b) \leq 1$ .

No caso do critério ser maximizado, dada a preferência de  $a$  sobre  $b$ , observa-se a diferença entre  $a$  e  $b$  segundo o critério  $i$ . Esta diferença pode ser expressa por uma função de preferência, conforme indicado na Equação 3.19.

$$P_i(a, b) = f_i[d_i(a, b)], \forall a, b \in A \quad (3.19)$$

No caso do critério ser minimizado, a diferença observada entre  $a$  e  $b$  pode ser representada pela função de preferência dada pela Equação 3.20.

$$P_j(a, b) = P_j[-d_i(a, b)], \forall a, b \in A \quad (3.20)$$

O par  $\{f_j(\cdot), P_j(\cdot, \cdot)\}$  é denominado critério generalizado associado ao critério  $f_j(\cdot)$ . No Anexo 4, apresentam-se as seis (6) possíveis funções representativas dos critérios generalizados, apontadas por Brans e Mareschal (2005).

Na aplicação do método PROMETHEE, devem-se definir os índices agregados de preferência e os fluxos de hierarquização.

Os índices agregados de preferência são dados pela Equação 3.21.

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^m P_j(a, b)\alpha_j, \forall a, b \in A \quad (3.21)$$

em que  $\pi(a, b)$  expressa como e com que grau  $a$  é preferível a  $b$  sobre todos os critérios e  $\pi(b, a)$  expressa como  $b$  é preferível a  $a$ . De acordo com Zuffo (1998) tem-se  $\pi(a, b)$  e  $\pi(b, a)$ , usualmente, positivos, e com as seguintes propriedades:

- $\pi(b, a) = 0$ ; e,  $0 \leq \pi(a, b) \leq 1$ ;  $\forall a, b \in A$ .

A partir das avaliações  $\pi(a, b)$  e  $\pi(b, a)$ , para todos os pares de alternativas  $a, b \in A$ , é possível elaborar um gráfico de ordenação dos valores das preferências sobre  $A$ , conforme ilustrado na Figura 3.4.

Por meio do método PROMETHEE, devem-se estabelecer os fluxos de importância entre as alternativas.

Os fluxos de importância refletem como uma alternativa supera (fluxo positivo) ou é superada (fluxo negativo) em relação às demais alternativas. E são definidos, respectivamente, pelas Equações 3.22 e 3.23.

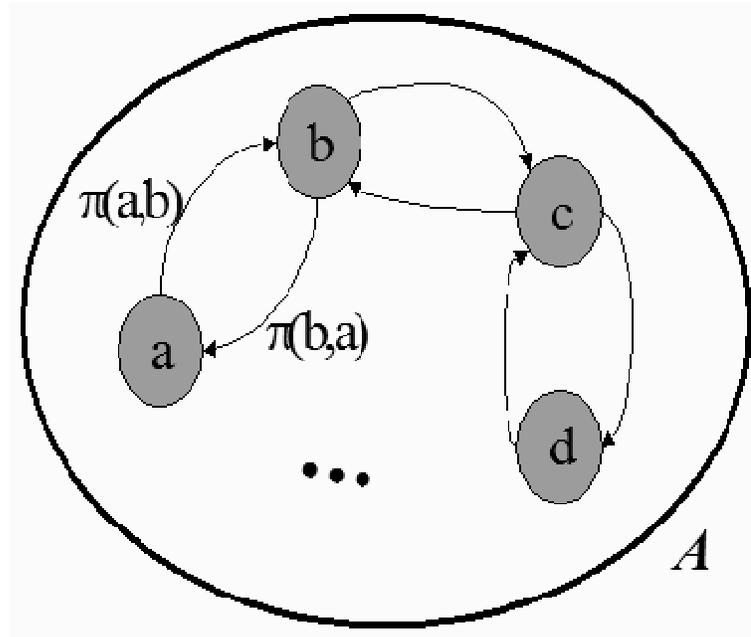


Figura 3.4. Gráfico de ordenação das preferências do método PROMETHEE. (Fonte: ZUFFO, 1998).

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x) \quad (3.22)$$

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a) \quad (3.23)$$

Desta forma, tanto o maior fluxo positivo, quanto o menor fluxo negativo definem a melhor alternativa ( $a$ ) em relação às  $(n - 1)$  alternativas restantes.

O método PROMETHEE promove, em sua concepção original, uma ordenação parcial entre as alternativas (ZUFFO, 1998). O método PROMETHEE II, de acordo com Zuffo *et al.* (2002), promove uma ordenação completa a partir do balanço entre os fluxos de importância, para cada alternativa ( $a \in A$ ). O fluxo de importância líquido de cada alternativa é dado pela Equação 3.24.

$$\emptyset(a) = \emptyset^+(a) - \emptyset^-(a) \quad (3.24)$$

Na ordenação completa do método PROMETHEE II, de acordo com Zuffo *et al.* (2002), todas as alternativas devem ser comparáveis. Assim sendo, as alternativas que não podem ser comparadas não devem permanecer na avaliação.

A ordenação completa do método PROMETHEE II é definida pelos seguintes axiomas:

- $a P^{\text{II}} b$  se  $\emptyset(a) > \emptyset(b)$ ; e,
- $a I^{\text{II}} b$  se  $\emptyset(a) = \emptyset(b)$ .

Ainda segundo Zuffo *et al.* (2002), “a informação resultante é mais contestável, visto que uma parte considerável das informações perdem-se pois consideram-se as diferenças” (ZUFFO *et al.*, 2002, p. 90).

### **3.4.6 O método de medida de atratividade por avaliação categórica (MACBETH)**

O método MACBETH difere dos demais por considerar, na fase de estruturação do problema, os conceitos do pensamento focado nos valores (KEENEY, 1992).

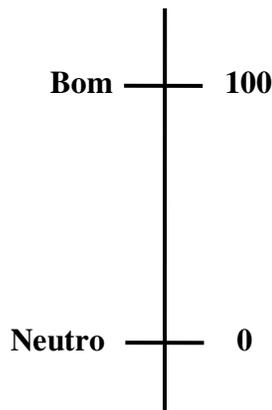
Desta maneira, por meio do método MACBETH (BANA e COSTA; De CORTE; VANSNICK, 2004, 2005), deve-se, primeiro, estabelecer os valores do decisor, ou grupo de decisores; a partir dos quais será feita a análise do problema a ser resolvido.

Para todos os critérios, após terem sido definidos por meio de mapeamentos cognitivos do(s) decisor(es) e ou especialistas, devem-se estabelecer os descritores, os quais indicarão as funções de valor de cada critério.

Assim como definido por Keeney (1992), devem-se estabelecer os níveis de desempenho<sup>34</sup> “neutro” e “bom” para cada critério. E, a partir destes, definir outros níveis de desempenho para que se possa proceder as avaliações semânticas que indicarão as funções de valor de cada critério.

Para a conversão da escala semântica em uma escala numérica, Bana e Costa, De Corte e Vansnick (2004, 2005) propõem que se estabeleça o valor zero (0) para o nível “Neutro” e o valor cem (100) para o nível “Bom” para todos os critérios.

A Figura 3.5 ilustra os níveis “Neutro” e “Bom” na escala proposta por Bana e Costa, De Corte e Vansnick (2004, 2005).



*Figura 3.5. Escala numérica para os níveis “Neutro” e “Bom” do MACBETH.*  
(Adaptado de ENSSLIN; MONTIBELLER NETO; NORONHA, 2001).

Bana e Costa, De Corte e Vansnick (2004, 2005) propõem, ainda, que não devem ser estabelecidos valores diretos para os demais níveis de desempenho em cada critério; mas, sim, estabelecer preferências semânticas dos decisores e ou especialistas entre os diversos níveis de desempenho.

---

<sup>34</sup> Ver descrição na subseção 3.3.1

Bana e Costa, De Corte e Vansnick (2004, 2005) defendem que, de acordo com as “teorias das preferências”, o processo cognitivo não contempla escalas numéricas; ao contrário, segundo os autores, o cérebro humano trabalha com escalas semânticas, tais como “ótimo”, “bom”, “igual”, “ruim”, “péssimo” etc. E propõem uma escala semântica de sete (7) níveis de preferência:

- Extrema;
- Muito forte;
- Forte;
- Moderada;
- Fraca;
- Muito fraca;
- Nula.

E, por fim, a partir da análise das preferências estabelecidas, respeitando-se às seguintes condições matemáticas é que se estabelecem os valores ( $v_{(i)}$ ) para os demais níveis de desempenho em cada critério:

- $v_{(a)} > v_{(b)}$ , se, e somente se, ‘a’ é mais atrativa que ‘b’ (a P b);
- $v_{(a)} = v_{(e)}$ , se, e somente se, ‘a’ é indiferente a ‘e’ (a I e);
- $v_{(a)} - v_{(b)} > v_{(c)} - v_{(d)}$ , se, e somente se, a diferença de atratividade entre ‘a’ e ‘b’ é maior que a diferença de atratividade entre ‘c’ e ‘d’.

Bana e Costa, De Corte e Vansnick (2004, 2005) propõem que, baseado no pensamento focado nos valores (KEENEY, 1992), depois de estabelecida a ordinalidade<sup>35</sup> entre os critérios de

---

<sup>35</sup> A ordinalidade representa a ordem de importância, isto é, qual critério é o mais importante (primeiro) e, assim por diante, até o critério de menor importância (último).

avaliação, deve ser estabelecida a cardinalidade<sup>36</sup> entre eles. Sendo que a cardinalidade deverá ser estabelecida a partir da comparação dos critérios – dois a dois – dentro do contexto decisório.

O método MACBETH usa a mesma escala semântica para a ponderação dos pesos entre os critérios, estabelecendo cenários fictícios, nos quais se estabelecem alternativas com níveis de desempenho “Neutro” e “Bom” em critérios conjuntos (2 a 2). E se verifica o grau de preferência do decisor, ou grupo de decisores, em relação ao cenário de desempenho “Neutro”, a partir de outros dois cenários, cada um com desempenho “Bom” em apenas um dos critérios; permanecendo o outro critério no nível “Neutro”. Os graus de preferência de um ou outro cenário indicarão qual o critério mais importante segundo os valores dos decisores e, ainda, qual o valor destas preferências, de acordo com as condições matemáticas acima descritas.

### **Exemplo de cálculo de valores de desempenho do método MACBETH**

Apresenta-se, a seguir, um exemplo de cálculo dos valores de desempenho a partir das propriedades matemáticas do método MACBETH (BANA e COSTA; De CORTE; VANSNICK, 2004, 2005):

Considere um conjunto de níveis de desempenho - ou critérios (A, B, C e D) - cujos julgamentos de preferências cardinais são dados conforme ilustrados nas Figuras 3.6 e 3.7

---

<sup>36</sup> A cardinalidade representa a diferença de valor entre os critérios em uma escala padronizada e não, simplesmente, quanto cada critério vale mais que outro – o quociente - que é o “erro crítico mais comum” apontado por Keeney (1992, p. 147).

Critérios	A	B	C	D
A	NULA	MODER.	FORTE	EXTREMA
B		NULA	MODER.	<b>M.FORTE</b>
C			NULA	FORTE
D				NULA

Figura 3.6. Matriz de julgamentos de preferências entre os critérios.

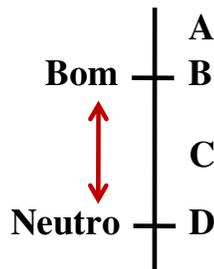


Figura 3.7. Representação gráfica da cardinalidade entre os critérios

Algebricamente:

$$\text{I. } v(A) - v(B) = v(B) - v(C)$$

$$\text{II. } v(A) - v(C) = v(C) - v(D)$$

$$\text{III. } v(B) = 100$$

$$\text{IV. } v(D) = 0$$

Assim temos:

$$\text{V. } \text{I} + \text{III: } v(A) - 100 = 100 - v(C)$$

$$\text{VI. } \text{II} + \text{IV: } v(A) - v(C) = v(C) - 0 \Rightarrow v(A) = 2.v(C)$$

Aplicando VI em V:

$$2.v(C) - 100 = 100 - v(C) \Rightarrow 3.v(C) = 200 \Rightarrow v(C) = 66,67 \text{ e } v(A) = 133,33$$

E o “termômetro” dos valores de desempenho entre os critérios pode ser representado pela Figura 3.8.

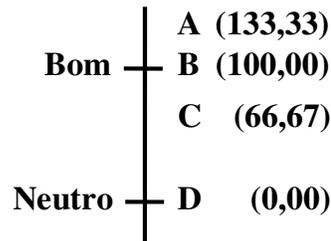


Figura 3.8. Representação gráfica dos níveis de desempenho (ou pesos entre critérios) no método MACBETH

### Avaliação das alternativas no método MACBETH

A partir, primeiro, da definição dos critérios e seus respectivos níveis de desempenho; e, segundo, da definição dos pesos de todos os critérios, pode-se proceder à avaliação e hierarquização das alternativas.

O método MACBETH pressupõe o uso de uma função aditiva, conforme indicado na Equação 3.25.

$$V(a) = \sum_{i=1}^n v(a)_i * \alpha_i \quad (3.25)$$

em que  $V(a)$  é o valor de desempenho total ponderado da alternativa  $a$ ;  $v(a)$  é o valor desempenho da alternativa  $a$  no critério  $i$ ; e,  $\alpha_i$  é o peso do critério  $i$ .

### **3.5 Considerações Finais sobre a Metodologia MCDA**

Keeney (1992), corroborado por Ensslin, Montibeller Neto e Noronha (2001) e Bana e Costa, De Corte e Vansnick (2004), afirma que, para a aplicação eficiente das metodologias multicritério de apoio à decisão (MCDA), deve-se garantir a atuação dos decisores durante toda a estruturação dos problemas. Deve-se definir, claramente, a escala de preferência desse grupo, o que é um dos principais pilares na resolução dos problemas pelo paradigma construtivista, inerente à metodologia MCDA.

Keeney (1992), Ensslin, Montibeller Neto e Noronha (2001) e Bana e Costa, De Corte e Vansnick (2004), entre outros, afirmam que a fase de estruturação dos critérios de avaliação das alternativas é a fase mais importante e decisiva para o sucesso da metodologia multicritério.

Zuffo e Genovez (2006) empregaram, comparativamente, os métodos multicritério CP e CGT. Os autores concluem que, para utilização de modelos multicritério na elaboração de índices ambientais, o método CGT apresenta melhor desempenho sendo, portanto, recomendado.

A diferença básica entre o método CP e o método CGT é que o primeiro usa um modelo aditivo de agregação, enquanto que o segundo utiliza um modelo multiplicativo, ou seja, uma avaliação ponderada de desempenho das alternativas. Esta avaliação é feita a partir da análise de desempenho de cada alternativa nos diversos critérios, considerando, na ponderação, os respectivos pesos de cada critério.

Segundo Keeney (1992), o uso de um modelo aditivo prescinde que os critérios sejam independentes não apenas em relação à análise de desempenho – isto é, o desempenho de qualquer alternativa em um determinado critério não pode ser influenciado pelo seu desempenho em qualquer outro critério - mas, também, em relação às consequências do desempenho; ou seja,

um desempenho positivo em um determinado critério deveria poder ser aproveitável (consequência) no contexto decisório, independentemente do desempenho em qualquer outro critério. E isto não é possível, por exemplo, no contexto do IQA (Índice de Qualidade da Água), em que um desempenho ruim em um único critério afeta as consequências de todo o conjunto de critérios, independentemente do desempenho nos demais critérios. Por isso, conforme apontado por Zuffo e Genovez (2006) e, baseado nos princípios do pensamento focado nos valores para MCDA, desenvolvidos por Keeney (1992), os modelos multiplicativos, como o método CGT, podem ser mais recomendados para problemas relativos a questões ambientais e de recursos hídricos do que os modelos aditivos, como o método CP ou o método MACBETH, dependendo do contexto de análise.

Bana e Costa e Vansnick (2008) apontam e criticam as inconsistências do método AHP (SAATY, 1977, 1980).

Belton (1986) critica a escala adotada por Saaty (1977), afirmando que sua pequena margem de variação implica em valores subjetivos, isto é, não traduz com clareza os valores cognitivos dos decisores.

Fabretti *et al.* (2011) criticam o uso (equivocado) de escalas cardinais em vez de escalas semânticas, inclusive em métodos que prescindem de uma escala semântica, como o AHP.

Zuffo *et al.* (2002) apresentam uma revisão detalhada de diferentes modelos multicritério aplicando-os no planejamento reabilitação e conservação do sistema produtor de água potável da bacia do Baixo Cotia – RMSP<sup>37</sup>. Segundo os autores, o enfoque multicritério possibilitou

---

<sup>37</sup> Região Metropolitana de São Paulo.

incorporar ao modelo proposto, aspectos sociais, econômicos, técnicos e ambientais nos vinte parâmetros considerados.

Bana e Costa e Sanchez-Lopez (2009) afirmam que a abordagem construtivista – ou seja, MCDA - é a única capaz de agregar, adequadamente, os aspectos subjetivos de temas transversais, tais como ambientais e sociais, aos contextos de decisão.

Keeney (1992) afirma que as metodologias tradicionais erram ao focar a solução dos problemas na escolha de alternativas pré-definidas, e defende que para uma solução mais legítima, eficiente e duradoura, o foco deva estar nos valores dos decisores. E, depois de estabelecer os critérios de avaliação, a partir dos valores dos decisores, deve-se escolher a melhor alternativa ou, até mesmo, criar uma alternativa que melhor se adequar ao contexto decisório.

Keeney (1992) e Bana e Costa, De Corte e Vansnick (2004, 2005) criticam, também, o uso equivocado de escalas cardinais em vez de escalas semânticas, uma vez que as primeiras não são capazes de traduzir, corretamente, o processo cognitivo do pensamento humano.

E, por fim, Keeney (1992) afirma que o erro crítico mais comum é o de estabelecer pesos para os critérios sem considerar a independência entre eles e suas variações devidas às possíveis alterações no contexto decisório. Este “erro crítico mais comum” (KEENEY, 1992, p. 147), presente constantemente nas metodologias tradicionais apresenta-se na forma da pergunta “quanto um critério vale mais do que outro?”.



## 4 METODOLOGIA

Nas Seções 1.4 e 1.5 estão descritos, respectivamente, o delineamento do processo de pesquisa e a sua estrutura de apresentação. Neste capítulo, será apresentada a metodologia desenvolvida, principalmente, na forma de pesquisa-ação<sup>38</sup>.

### 4.1 Apresentação

De acordo com Gil (2002), a classificação das pesquisas está baseada em dois grandes critérios:

- Com base nos seus objetivos gerais, o que permite estabelecer um marco teórico possibilitando uma aproximação conceitual;
- Com base nos procedimentos técnicos utilizados, o que permite estabelecer um delineamento da pesquisa considerando o ambiente, bem como as formas de controle das variáveis envolvidas.

#### 4.1.1 Identificação do problema

Conforme descrito na Seção 1.3, tem-se como objetivo responder à seguinte questão: **“como integrar o planejamento e a tomada de decisão em processos de parcelamento do solo, almejando sustentabilidade ambiental, social e econômica, levando em consideração os conflitos de interesses dos diversos atores?”**.

### 4.2 Estratégia de Pesquisa

Conforme afirmado, acima, foi adotada a estratégia de pesquisa-ação

---

<sup>38</sup> Os conceitos da estratégia de pesquisa-ação estão apresentados na Subseção 4.2.1.

Segundo Collis e Hussey (2005), os trabalhos científicos têm como base de classificação quatro critérios (Tabela 4.1):

- **Objetivo:** refere-se ao motivo pelo qual a pesquisa esta sendo realizada e pode ser classificada em exploratória, na qual há pouco ou nenhum estudo prévio em que se possa buscar informação; descritiva, em que se descreve o comportamento de fenômenos; analítica, em que o pesquisador vai além da descrição do fenômeno e tenta entender os fenômenos; e, preditiva, em que se oferece uma predição da probabilidade de uma situação semelhante acontecer em outro lugar, prevendo-se a partir da análise dos fenômenos;
- **Processo:** é a maneira como serão analisados e coletados os dados da pesquisa, podendo classificá-la em quantitativa, quando os dados coletados e analisados são numéricos e testes estatísticos são aplicáveis; e, qualitativa, que se refere a examinar e refletir as percepções dos acontecimentos;
- **Lógica:** indica se a pesquisa parte do mais geral para o mais específico ou do mais específico para o mais geral, podendo ser classificada em dedutiva, quando os dados dos casos particulares são deduzidos a partir de inferências gerais; ou indutiva, em que inferências gerais são induzidas a partir de caso particulares; e,
- **Resultado:** indicando se a pesquisa visa a resolução de um problema específico ou dar uma contribuição geral ao conhecimento podendo ser classificada em aplicada, quando é possível aplicar suas descobertas a um problema existente; e básica, quando ela é conduzida para aumentar nosso entendimento de questões gerais.

Esta pesquisa, com base em seu objetivo principal, poder-se-ia dizer que tem um caráter exploratório, uma vez que se propõe estudar e conhecer uma forma de integração dos processos de planejamento, gerenciamento e tomada de decisão em projetos de urbanização, visando à

mitigação ou compensação, de forma sustentável, das externalidades negativas oriundas do processo de parcelamento do solo. Porém, com base em sua hipótese, poder-se-ia dizer que esta pesquisa também tem um caráter preditivo, uma vez que já se prevê um resultado positivo (soluções viáveis de serem implantadas de forma efetiva e sistemática) por meio de uma metodologia integrada de apoio à decisão com a participação de diversos atores.

Segundo os critérios de Collis e Hussey (2005), esta pesquisa é classificada como qualitativa<sup>39</sup>, uma vez que se baseia na percepção e reflexão dos acontecimentos, sem que haja dados suficientes para que um tratamento estatístico possa ser aplicado.

Pela lógica utilizada na pesquisa, pode-se classificar a mesma como indutiva, pois, inicialmente, serão estudados casos particulares e, posteriormente, induzir-se-ão inferências gerais, ou seja, a partir dos casos específicos será gerado um modelo padrão para o estabelecimento de processos integrados de decisão.

E, finalmente, em relação aos resultados esperados e os obtidos pode-se classificar esta pesquisa como aplicada, sendo que suas descobertas podem ser extrapoladas e aplicadas a várias outras situações de tomada de decisões.

*Tabela 4.1. Classificação dos principais tipos de pesquisa*

<b>Critérios</b>	<b>Classificação da Pesquisa</b>
Objetivo	Exploratória, Descritiva, Analítica ou Preditiva
Processo	Quantitativa ou Qualitativa
Lógica	Dedutiva ou Indutiva
Resultado	Aplicada ou Básica

(Adaptado de COLLIS; HUSSEY, 2005, p. 23)

<sup>39</sup> Sabe-se que a definição de “pesquisa qualitativa” não é consensual; porém, não é objeto deste trabalho desenvolver uma discussão sobre este conceito. Apenas será aplicada a definição de Collis e Hussey (2005).

#### **4.2.1 Breve discussão a respeito da estratégia de pesquisa-ação**

“(…) um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.” (THIOLLENT, 1997, p.16)

Fellows e Liu (2005) e Thiollent (1997) afirmam que se existe a participação dos pesquisadores no estudo, então se trata de pesquisa-ação. Dick (1994 *apud* COSTA, 2003) e Collis e Hussey (2005) afirmam que os objetivos da pesquisa-ação são de proporcionar mudanças a alguma comunidade ou organização, além de aumentar o entendimento sobre o objeto de pesquisa. E, de acordo com Lewin (1946), a pesquisa-ação é uma estratégia que visa, ativamente e intencionalmente, desencadear uma mudança em um sistema social.

Collis e Hussey (2005) apontam a pesquisa-ação e o estudo de caso como metodologias adequadas para pesquisas fenomenológicas; e, mais especificamente, para pesquisas cujo foco seja resolução de problemas do mundo real que se adote a pesquisa-ação como estratégia de pesquisa. Sendo a pesquisa-ação um tipo de pesquisa aplicada, em que pesquisador e pesquisa fazem parte da mudança contínua em que o mundo social está inserido. Yin (2005), por sua vez, define estudo de caso como uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real. Nota-se, aqui, a semelhança entre estas duas estratégias de pesquisa. E, infere-se que as condições básicas para adoção da estratégia de pesquisa de estudo de caso apontadas por Yin (2005), também poderiam ser factíveis para a adoção da estratégia de pesquisa-ação. Estas condições básicas são:

- a) Tipo de questão de pesquisa: visam, geralmente, responder questões do tipo “como” (estudos descritivos) e “por quê” (estudos exploratórios);

- b) O controle do pesquisador sobre os eventos comportamentais efetivos: pouco ou nenhum;
- c) O grau de conhecimento que se tem sobre o assunto, isto é, se o foco da pesquisa é direcionado a fenômenos históricos ou contemporâneos.

E, de acordo com Thiollent (1997), a pesquisa-ação pode ser aplicada basicamente em três contextos:

- a) Um ator social homogêneo realiza seus objetivos práticos, tendo suficiente autonomia e controle da pesquisa;
- b) A pesquisa é realizada dentro de uma organização;
- c) A pesquisa é organizada em um meio aberto, por exemplo, uma comunidade ou um bairro.

Uma crítica freqüente a estas estratégias de pesquisa é que as conclusões não podem ser generalizadas (LAVILLE; DIONNE, 1999; YIN, 2005). Por outro lado, considerando que a pesquisa-ação se trata de pesquisa aplicada, Booth, Colomb e Williams (2000) afirmam que este tipo de pesquisa se propõe a resolver o problema de certa área de ignorância, mas que tem consequências tangíveis para todo mundo. O pesquisador, portanto, deve sempre ter um cuidado minucioso para escolher casos típicos, representativos, a partir dos quais possa extrapolar do particular para o geral; pois não há ganho inútil sobre as relações humanas cujos destaques, mesmo que particulares, aumentam a compreensão do todo (LAVILLE; DIONNE, 1999).

Para preservar o caráter científico de uma pesquisa-ação, deve existir a colaboração entre o pesquisador e os participantes representativos da situação ou do problema, de modo a se evitar interpretações errôneas quanto ao caráter científico da pesquisa (COLLIS, HUSSEY, 2005); pois, a crítica mais comum à estratégia de pesquisa ação é que ela é, muitas vezes, considerada

prestação de serviços (GRANJA, 2009). Para se evitar isto, os objetivos da pesquisa têm de estar bem definidos desde o começo, mesmo que possam ser alterados no decorrer da pesquisa, assim como a forma da pesquisa conduzida, principalmente, em relação aos dados a serem coletados, ao controle desses dados e à análise dos resultados (THIOLLENT, 1997). Deve-se dar especial atenção à metodologia de pesquisa, a qual deve ser cuidadosamente explicada e justificada, pois esta tem a maior importância do que a ação que se quer implementar (GRANJA, 2009).

A pesquisa-ação costuma ir sendo desenvolvida por si só; portanto, a literatura relevante poderá ser redirecionada conforme a pesquisa evolui (GRANJA, 2009).

Ainda segundo Granja (2009), uma pesquisa-ação pode ser caracterizada como: cíclica, pois tem a tendência de recorrência de passos similares; participativa, pois prescinde do envolvimento dos participantes no processo de pesquisa; qualitativa, pois muitas vezes lida mais com a “linguagem” do que com números; e, reflexiva, pois exige reflexão crítica ao longo do processo e os resultados são componentes de cada ciclo.

Existe um ciclo essencial em toda pesquisa-ação: Planejamento – Ação – Avaliação – Reflexão (P-A-A-R), no qual Planejamento refere-se à análise inicial, assim como ao plano de ações para resolver o problema; Ação refere-se às ações a serem levadas a prática; a Avaliação é feita com base nos resultados da ação; e, no fim, é feita uma Reflexão das ações e da avaliação (SAMANIEGO G., 2007).

De acordo com Granja (2009), os ciclos de reflexão são fundamentais, sendo que a contribuição original<sup>40</sup> da pesquisa surge destas reflexões. E sugere os seguintes passos no desenvolvimento de uma pesquisa-ação:

- Programar uma mudança: planejar as ações com o grupo; daí, o pesquisador se distancia para refletir sobre o que foi planejado; após a ação, é feita nova reunião para comparar o que foi alcançado e com quais resultados;
- Na reflexão após a ação, o grupo avalia os métodos utilizados e tudo que é relevante;
- Ao final de cada ciclo, o pesquisador reflete sobre o estudo: como o grupo planejou; agiu; observou; e, refletiu.

Nota-se, por fim, que este ciclo sugerido por Granja (2009) é bastante semelhante ao ciclo de ação da metodologia MCDA, o qual pode ser percebido, por exemplo, no trabalho desenvolvido por Thomaz (2002).

#### ***4.2.2 Fontes de evidências, coleta e análise de dados***

Na Figura 4.1 é apresentado o esquema geral das fontes de evidências, técnicas de pesquisa e coleta de dados que se pretende utilizar.

A técnica de pesquisa principal é a de observação participante, por meio da percepção do próprio pesquisador, que deverá fazer anotações das idéias, sugestões, ações, obstáculos, conflitos de interesse e todas as demais características pertinentes ao processo decisório que se pretende estudar.

Pode-se, também, utilizar outras 2 (duas) técnicas de pesquisa a saber:

---

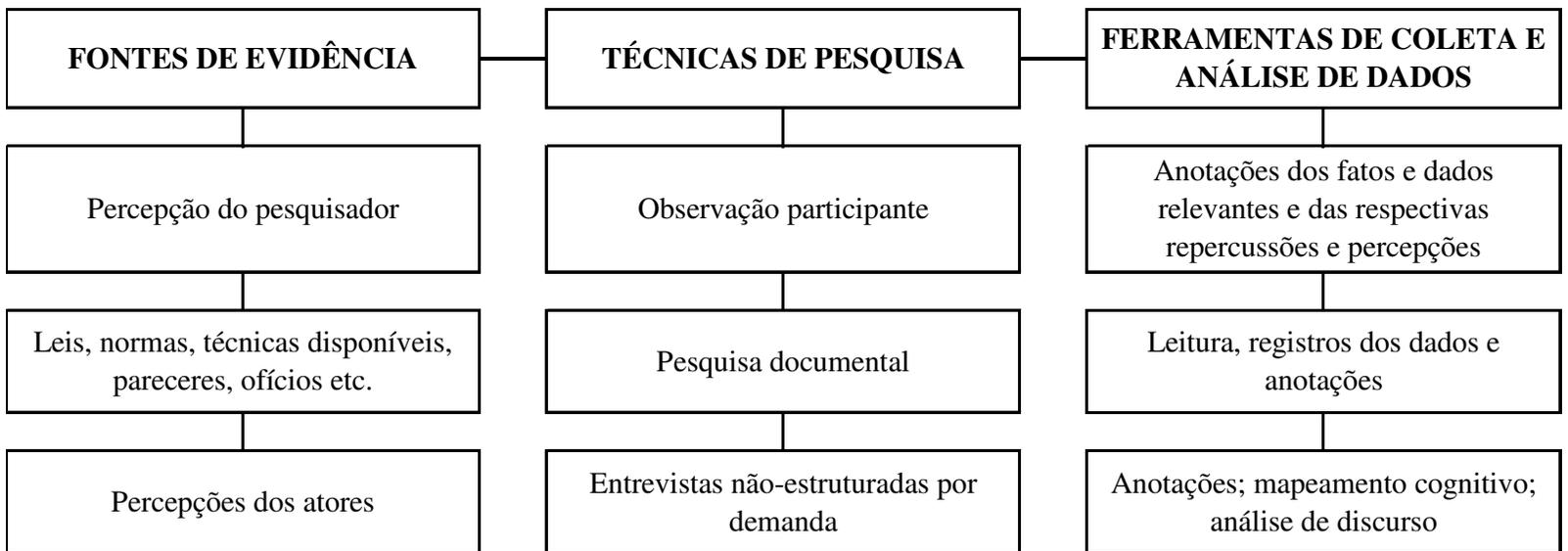
<sup>40</sup> A contribuição original é o aspecto mais importante na avaliação do trabalho (GRANJA, 2009).

- Pesquisa documental;
- Entrevistas (estruturadas ou não) por demanda (para refinar a interpretação do pesquisador quanto às percepções individuais dos atores).

Quanto às ferramentas de coleta e análise de dados, respectivamente, relativas às técnicas de pesquisa acima listadas, poderão ser utilizados:

- Anotações de fatos e dados relevantes e das respectivas repercussões e percepções;
- Leitura e registro de dados;
- Mapeamento cognitivo e análise de discurso.

Figura 4.1. Fontes de evidência, técnicas e ferramentas de pesquisa



### **4.3 Delineamento da Pesquisa**

Nesta seção se apresenta o delineamento da estratégia de pesquisa, o qual está sintetizado na Figura 4.7.

#### ***4.3.1 Delimitação do escopo da pesquisa***

A delimitação do escopo definido no contexto principal desta pesquisa se restringe, a princípio, à bacia do ribeirão Anhumas (150,112 km<sup>2</sup>), afluente da bacia do rio Atibaia, que, juntamente com o rio Jaguari dão origem ao rio Piracicaba, um dos constituintes do sistema PCJ (rios Piracicaba, Capivari e Jundiá), o qual corresponde à unidade de gerenciamento dos recursos hídricos nº 5 (UGRHI-5).

A Figura 4.2 ilustra a bacia do ribeirão Anhumas localizada na área de abrangência do PCJ.

Na Figura 4.3 é possível visualizar a área da bacia do ribeirão Anhumas, localizada no município de Campinas.

A Figura 4.4 ilustra a bacia do ribeirão Anhumas e suas sub-bacias, assim identificadas:

1. Alto Anhumas;
2. Córrego do Mato Dentro;
3. Médio Anhumas;
4. Córrego São Quirino;
5. Baixo-Médio Anhumas;
6. Ribeirão Monte D'este;
7. Ribeirão das Pedras;
8. Baixo Anhumas.

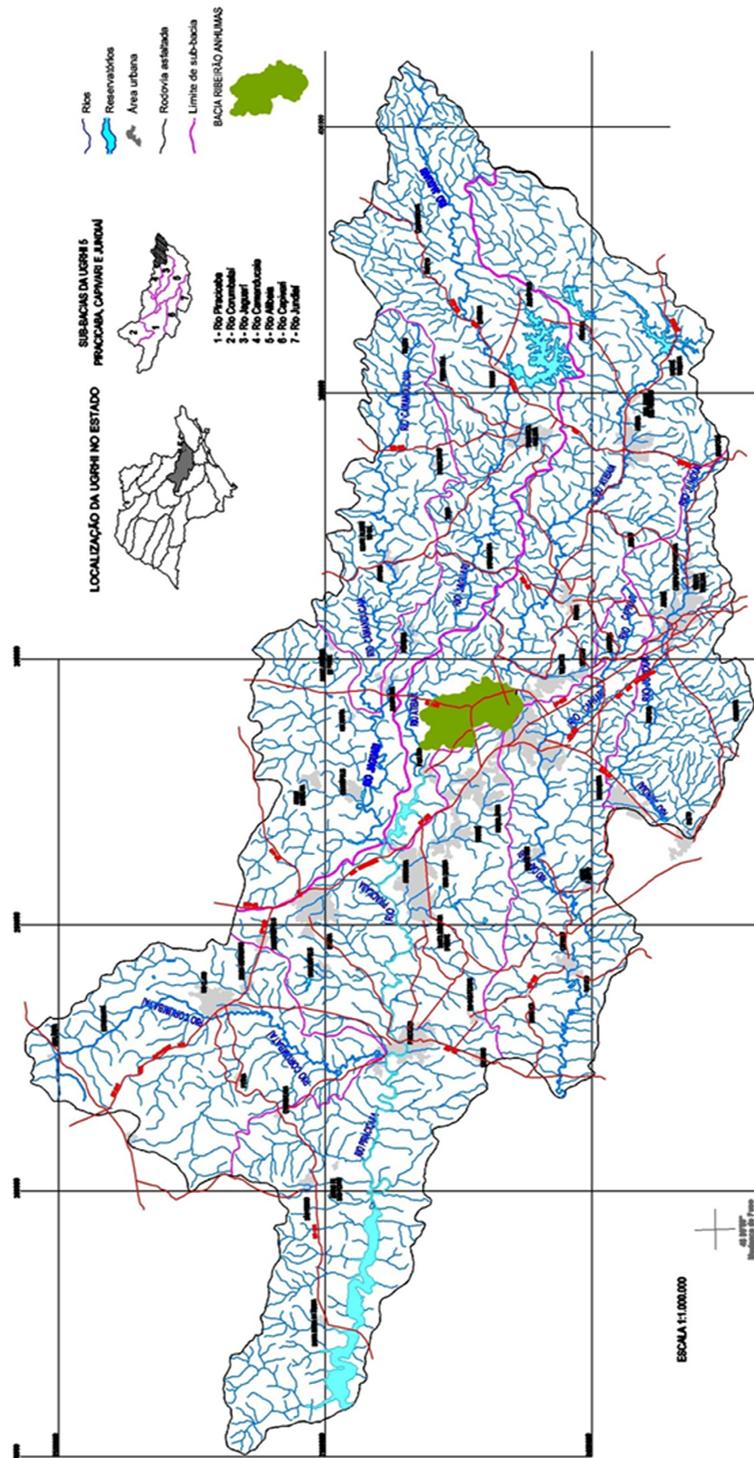


Figura 4.2. Mapa com a bacia do ribeirão Anhumas em relação às bacias do PCJ (adaptado de TORRES *et al.*, 2006)



Figura 4.3. Mapa com a bacia do ribeirão Anhumas em relação ao município de Campinas (adaptado de DAGNINO, 2007)

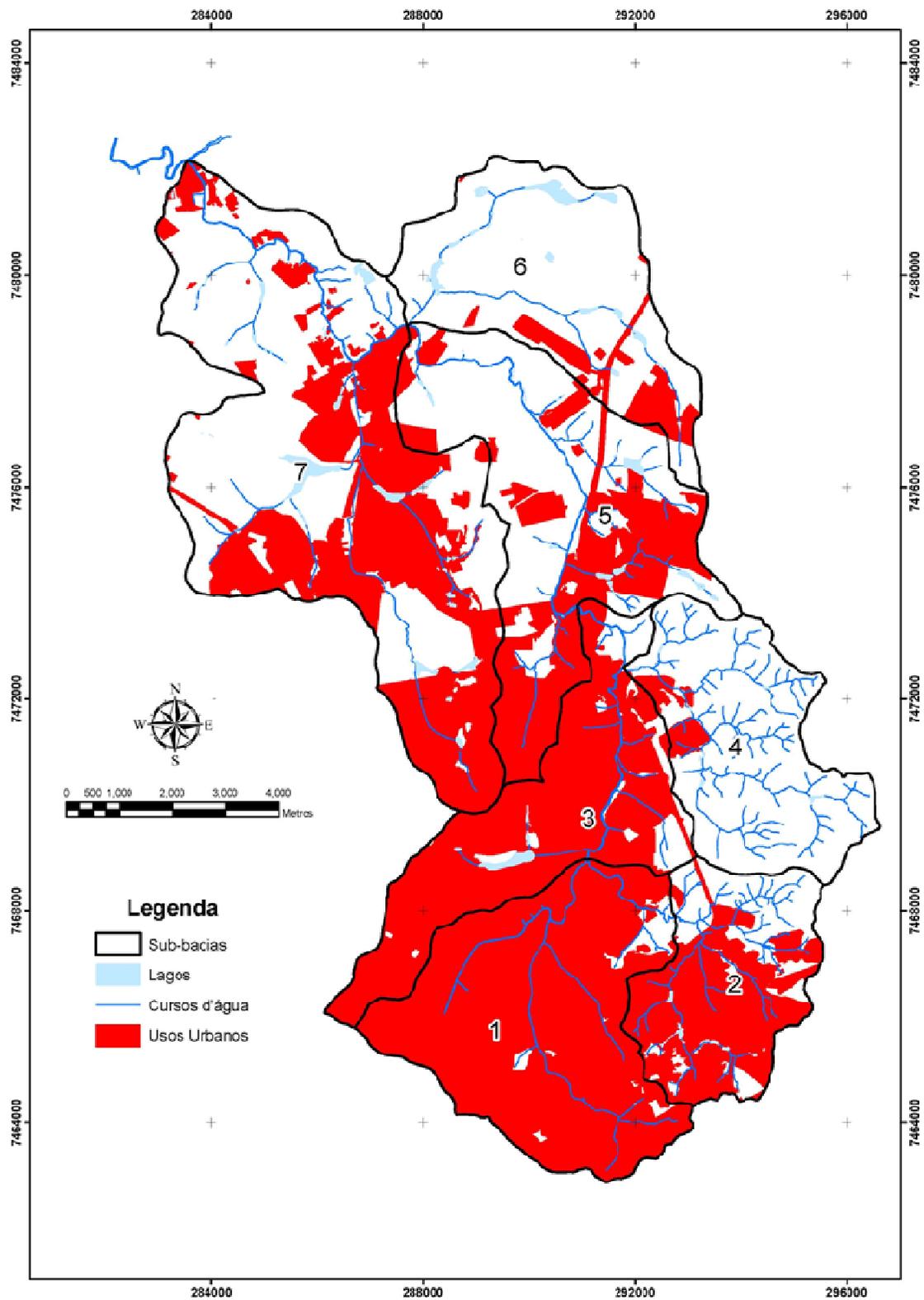


Figura 4.4. Mapa ilustrativo da bacia do ribeirão Anhumas e seus afluentes (adaptado de TORRES *et al.*, 2006)

Foram feitos dois estudos-piloto, sendo o primeiro deles, porém, na bacia do rio Capivari. Desde o início dos estudos, pôde-se inferir que os resultados desta pesquisa, apesar de seu contexto particular, poderiam ser extrapolados para outras situações de tomada de decisão, conforme indicações a respeito desta possibilidade em relação à estratégia de pesquisa adotada feitas por Booth, Colomb e Williams (2000) e Laville e Dionne (1999). Para questões de parcelamento do solo, portanto, espera-se que os resultados não sejam válidos apenas para empreendimentos voltados às classes B, B<sup>+</sup> e A; mas, também, para empreendimentos voltados às demais classes sociais, mediante adequações de atores, critérios e cenários.

Nesta pesquisa, pode-se considerar que, apesar de serem classificados como estudos-piloto, estes estudos, em conjunto, permitem classificar esta etapa da pesquisa como um estudo de casos múltiplos. “A utilização de múltiplos casos proporciona evidências inseridas em diferentes contextos, concorrendo para a elaboração de uma pesquisa de melhor qualidade.” (GIL, 2002, p. 139).

Desta forma, entende-se que, apesar de estar restrita a área de aplicação do estudo (bacia hidrográfica do ribeirão Anhumas), esta pesquisa tem uma abrangência ilimitada em função dos meios pelos quais se pretende alcançar os resultados desejados, e se infere que, pressupostamente, poderiam ser aplicados, também, em quaisquer outros locais e, até mesmo, em outros contextos.

A Figura 4.5 exemplifica a delimitação da fundamentação teórica desta pesquisa. Nota-se, resumidamente, que o problema de pesquisa parte da crise ambiental, a qual, por sua vez, tem suas origens na melhora das condições de vida da população mundial com o advento das inovações tecnológicas pós-Revolução Industrial, em meados do século XIX. Este fato propiciou

uma brusca queda das taxas de mortalidade, ocasionando, desde então, o aumento exponencial da população mundial, com o qual se seguiram aumentos também exponenciais de demanda por recursos naturais (principalmente, energia e alimentos) e de geração de resíduos das mais diversas ordens, ou seja, poluição.

No contexto particular dos processos de urbanização e, mais notadamente, parcelamento do solo, estes dois efeitos nocivos ao meio ambiente (demanda por recursos e poluição) são percebidos, respectivamente e principalmente, na demanda por espaço e na impermeabilização do solo. Sendo, este último, um dos principais responsáveis pela degradação da qualidade dos cursos d'água oriunda dos processos de urbanização (parcelamento e uso do solo).

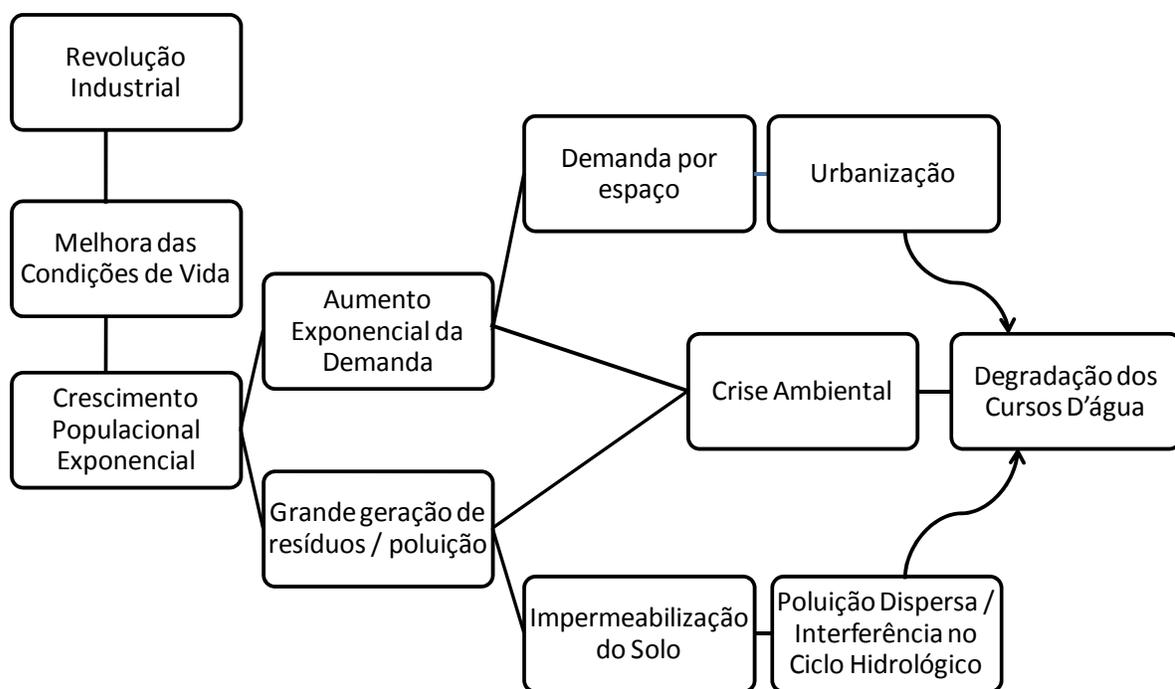


Figura 4.5. Delineamento da fundamentação teórica de pesquisa

A Figura 4.6 ilustra o delineamento da metodologia de pesquisa, a qual parte da hipótese inicial de que alternativas técnicas existem, satisfatoriamente, o problema é a forma como as alternativas são implementadas ou, no pior caso, nem chegam a ser implementadas por falhas no processo decisório. A falta de comprometimento dos atores em virtude de um processo de tomada de decisão, de uma forma geral, não participativo, sem divulgação suficiente e sem conscientização, muitas vezes, por falta de conhecimento do problema ou parte dele.

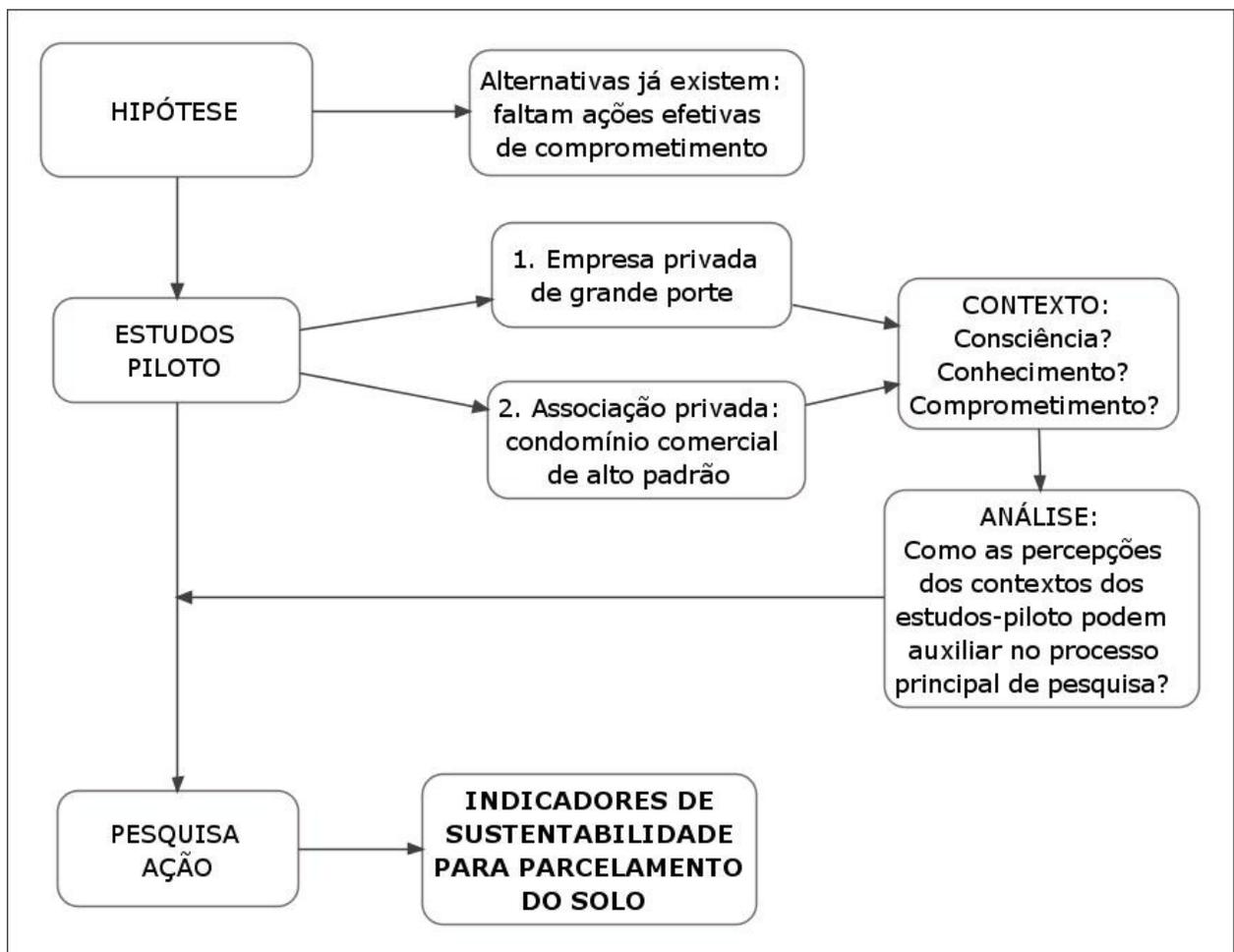


Figura 4.6. Delineamento da metodologia de pesquisa

### 4.3.2 Estudos-piloto

Nesta etapa, foram identificadas algumas oportunidades de verificação das condições básicas para o desenvolvimento da pesquisa. Foram realizados dois estudos-piloto, nos quais estava inserida a questão de impermeabilização do solo. O papel do pesquisador, nestes casos, com maior ou menor grau de influência, em função da percepção dos decisores, foi o de propor a adoção de medidas mitigadoras dos efeitos da impermeabilização a partir de técnicas existentes.

#### **Primeiro estudo-piloto**

No primeiro estudo-piloto, em uma fábrica de uma grande<sup>41</sup> empresa multinacional, na região de Campinas, em uma sub-bacia do rio Capivari, identificou-se uma obra em andamento com área impermeável de cerca de 6.000 m<sup>2</sup> (seis mil metros quadrados), além de grande área disponível para expansão da empresa, a qual está em constante ampliação. A fábrica está localizada em um terreno de um milhão de metros quadrados.

Foi feito um primeiro contato com os engenheiros responsáveis, por parte da empresa multinacional, para avaliar os quesitos de caracterização do contexto, elencados no delineamento da metodologia (Figura 4.6): consciência, conhecimento e comprometimento<sup>42</sup>. Isto se deu em duas reuniões, com espaçamento de uma semana entre elas; sendo que a primeira contou com a participação do gerente (engenheiro civil) responsável pela administração das instalações e expansões (novas construções) e um engenheiro civil (que responde diretamente para o gerente), responsável pelo acompanhamento *in loco* das obras; na segunda reunião, além dos dois, também

---

<sup>41</sup> Segundo SEBRAE-SP e SINDUSCON-SP (2000), as empresas da construção civil, no estado de São Paulo, classificam-se em Micro com até 19 funcionários; Pequenas, até 99 funcionários; e Médias, até 499 funcionários.

<sup>42</sup> Não foi percebida a necessidade de se estabelecer diversos níveis para os quesitos de contextualização, tais como nível alto, médio ou baixo. Apenas foram registradas as percepções (objetivas ou subjetivas) do pesquisador quanto a uma reação positiva ou negativa para a caracterização de cada quesito.

participou outro engenheiro civil, diretor da empresa terceirizada responsável pela manutenção de toda a fábrica, inclusive áreas e instalações externas aos edifícios.

Após a verificação da existência da norma da própria multinacional que exige a execução de caixa de retenção e infiltração e, ainda, que as diretrizes para o dimensionamento desta caixa resultam em volumes, praticamente, idênticos aos da Lei Estadual n.º 12.526, foi proposta a busca de uma solução ainda menos impactante ao meio-ambiente. E, também, que esta nova etapa do processo fosse discutida e decidida com a participação de representantes de todos os atores (empresas) envolvidos no processo.

Assim, marcou-se uma primeira reunião para o processo de tomada de decisão a respeito da nova solução a ser adotada para os dispositivos de retenção e infiltração de águas pluviais da referida fábrica. Esta reunião ocorreu menos de um mês após a primeira, citada anteriormente.

Participaram da primeira reunião para decisão sobre a nova solução, representantes de todas as empresas envolvidas na obra: da multinacional, o engenheiro responsável pelo acompanhamento das obras; da empresa de manutenção: o próprio diretor, que também era o responsável direto pela manutenção na fábrica, em tempo integral; da construtora: o diretor da empresa (engenheiro civil); da instaladora: o diretor (engenheiro eletricista); da gerenciadora: toda equipe, composta de três engenheiros civis e um estagiário de engenharia civil.

Na primeira reunião surgiram três (3) alternativas: manter a solução de projeto, ou seja, uma caixa de retenção e infiltração enterrada, executada em concreto armado; ou, executar uma pequena lagoa de retenção e infiltração; ou, ainda, executar uma canaleta em grama (vala de infiltração a céu aberto). E, obteve-se o consenso de que as duas últimas alternativas seriam de

menor impacto do que a solução original, vindo ao encontro do objetivo inicial e motivo de realização da própria reunião.

Marcou-se uma segunda reunião para daí uma semana e ficou estabelecido que fosse adotada a solução de menor custo; apesar de haver um consenso que a canaleta em grama seria de menor impacto que a lagoa de infiltração, uma vez que, de acordo com cálculos preliminares das dimensões de ambas, promoveria uma maior superfície de contato de infiltração que a lagoa, considerando o mesmo volume de retenção, além de ocupar menor área edificável. O engenheiro da construtora ficou responsável por apresentar os custos das duas soluções, os quais seriam compostos sob a supervisão e aval da gerenciadora.

Os resultados deste primeiro estudo-piloto estão apresentados no próximo capítulo.

O primeiro estudo-piloto foi desenvolvido de novembro de 2008 a fevereiro de 2009. No Apêndice 3, estão apresentados os custos e detalhes deste caso.

### **Segundo estudo-piloto**

No segundo estudo-piloto, em um condomínio comercial, localizado em um loteamento fechado de médio-alto padrão na cidade de Campinas, na bacia do córrego Anhumas, identificou-se outra oportunidade para verificação das três condições básicas, apresentando o problema da impermeabilização do solo e a existência da Lei Estadual n.º 12.526, de 2 de janeiro de 2007, como uma alternativa ao problema.

Em princípio, esta pareceu mais uma boa oportunidade de estudo, uma vez que o condomínio já dispõe de normas próprias de uso e ocupação do solo, das quais consta a exigência de área mínima permeável de 20% (vinte por cento) da área do lote a ser edificado.

Este segundo estudo-piloto acabou gerando mais quatro oportunidades de análise, com quatro proprietários de lotes, sendo um deles com lote já edificado e ocupado, outro com o edifício em construção, e os outros dois com projetos em fase de aprovação.

Desta forma, este estudo foi subdividido em cinco unidades de análise: a própria associação (unidade de análise 1); e os quatro proprietários (aqui denominadas unidades de análise 2, 3, 4 e 5, respectivamente). Ele foi desenvolvido de janeiro de 2009 a setembro de 2009.

Os resultados das percepções relativas aos quesitos de conhecimento, consciência e comprometimento estão apresentadas no próximo capítulo, na Subseção 5.1.2.

#### ***4.3.3 Delineamento e descrição do estudo principal***

Buscou-se, neste trabalho, a elaboração de um protótipo que auxilie na resposta à questão de pesquisa estabelecida a Seção 1.3, qual seja, **“como integrar o planejamento e a tomada de decisão em processos de parcelamento do solo, almejando sustentabilidade ambiental, social e econômica, levando em consideração os conflitos de interesses dos diversos atores?”**.

Conforme já evidenciado no Capítulo 3, adotou-se o paradigma construtivista por meio da abordagem MCDA.

A pesquisa-ação foi desenvolvida em duas fases, sendo que a primeira fase foi de estruturação e proposta inicial dos indicadores; e, a segunda e decisiva fase, a de revisão e validação dos indicadores, desenvolvimento das funções de valor de cada indicador e seus respectivos pesos.

#### **1ª Fase: Estruturação inicial dos indicadores**

Na fase de estruturação inicial dos indicadores, na aplicação principal desta pesquisa, o próprio pesquisador - em função de sua experiência como consultor de gerenciamento (viabilidade,

planejamento, projeto, implantação e operação) de empreendimentos urbanos de parcelamento do solo (loteamentos e condomínios) - tomou o papel de especialista no trabalho de estruturação do problema para o desenvolvimento da proposta inicial de indicadores de sustentabilidade – ambiental, social e econômica – para empreendimentos de parcelamento do solo voltado às classes B, B<sup>+</sup> e A.

Metodologia: O estudo, realizado na forma de pesquisa-ação<sup>43</sup>, contou, em sua primeira fase de estruturação dos indicadores, com a experiência do pesquisador no desenvolvimento de empreendimentos imobiliários horizontais de médio alto a alto padrão (loteamentos fechados); contando, em seu currículo, com a participação da conceituação, projeto e implantação de mais de 25 (vinte e cinco) empreendimentos em todo território nacional, de 1993 até 2007, desde o Rio Grande do Sul até o Maranhão, passando por Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Bahia, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e toda região Sul e Sudeste.

O pesquisador buscou reunir, ainda que implicitamente, valores culturais de abrangência significativa dos diversos atores envolvidos em um processo de parcelamento e uso do solo em parcela significativa do território nacional; tendo participado diretamente nos estudos de viabilidade, planejamento, desenvolvimento e aprovação dos empreendimentos nos diversos órgãos competentes (com especial atenção aos licenciamentos ambientais), acompanhamento da implantação e, inclusive, da operação dos empreendimentos.

Outro pesquisador do LADSEA tomou, nesta primeira fase, o papel de facilitador.

Foram feitas entrevistas para definição dos objetivos estratégicos e os critérios envolvidos, tomando como ponto de partida a necessidade de desenvolver indicadores de sustentabilidade

---

<sup>43</sup> Os conceitos da estratégia de pesquisa-ação estão apresentados na Subseção 4.2.1.

para empreendimentos horizontais multifamiliares, ou seja, loteamentos e condomínios horizontais.

Dentro da estratégia estabelecida, de pesquisa-ação, a cada entrevista, os resultados da entrevista anterior eram avaliados e revisados com o intuito de se refinar o modelo que se pretendia elaborar. E, a cada entrevista, foi feito um mapa cognitivo (HIROTA, 2001; MONTIBELLER NETO, 1996, 2000 *apud* FRANCO, 2001), baseado nos valores deste decisor no intuito de definir critérios (objetivos fundamentais) a partir de objetivos estratégicos predefinidos. O delineamento da pesquisa-ação está exemplificado na Figura 4.7.

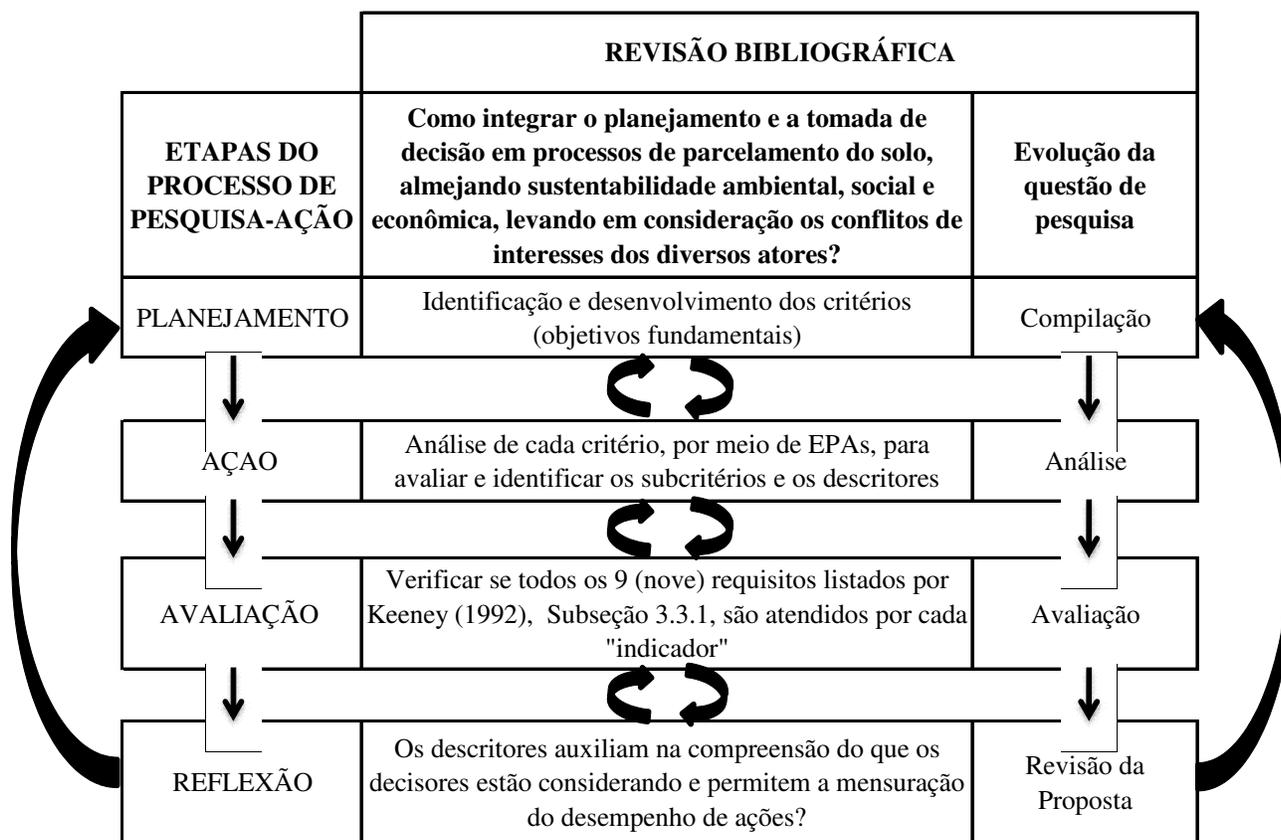


Figura 4.7. Delineamento do processo de pesquisa

Desenvolvimento: Os critérios foram então desenvolvidos a partir da experiência e dos valores do entrevistado. Da análise de cada critério, por meio de EPAs, pôde-se avaliar a necessidade de se identificar subcritérios - tantos quantos fossem necessários - para que se chegasse a um nível em que todos os nove requisitos (KEENEY, 1992) listados na Subseção 3.3.1 fossem atendidos. Neste ponto, tem-se identificado um “Indicador” propriamente dito. O processo de identificação e definição dos indicadores ambientais, por exemplo, levou cerca de quatro meses, com entrevistas e reuniões de reavaliação regulares a cada duas semanas.

Este é um processo bastante dinâmico, o que significa que os indicadores já definidos poderiam e foram, de fato, revisados a cada nova entrevista.

Os indicadores econômicos iniciais foram extraídos da experiência do pesquisador e de consultas a empreendedores do ramo da construção civil.

Os indicadores sociais, por sua vez, além da experiência do pesquisador, resultaram em adaptações de indicadores consolidados de pesquisas de maior abrangência do IBGE.

Assim sendo, os objetivos estratégicos foram divididos, em um primeiro momento, em:

1. Definição de indicadores de sustentabilidade para a fase de implantação:

1.1 Indicadores Ambientais;

1.2 Indicadores Sociais;

1.3 Indicadores Econômicos;

2. Definição de indicadores de sustentabilidade para a fase de operação:

2.1 Indicadores Ambientais;

2.2 Indicadores Sociais;

## 2.3 Indicadores Econômicos.

E os critérios foram, neste primeiro momento, estabelecidos obedecendo à divisão dos objetivos estratégicos acima:

### 1. Fase de implantação (obra):

#### 1.1 Indicadores Ambientais:

1.1.1 Consumo de energia;

1.1.2 Consumo de matéria-prima;

1.1.3 Emissão e destinação de resíduos (sólidos, emissões atmosféricas);

1.1.4 Degradação direta do meio ambiente;

#### 1.2 Indicadores Sociais:

1.2.1 Condições de trabalho;

1.2.2 Política de parcerias;

1.2.3 Relação com a comunidade (comunicação e participação);

#### 1.3 Indicadores Econômicos:

1.3.1 VPL;

1.3.2 TIR;

1.3.3 Exposição máxima ao risco;

### 2. Fase de operação:

#### 2.1 Indicadores Ambientais:

- 2.1.1 Variação térmica produzida ou projetada (prevista);
- 2.1.2 Interferência no ciclo hidrológico;
- 2.1.3 Emissão e destinação de poluentes (sólidos, efluentes e emissões atmosféricas);
- 2.1.4 Intervenção permanente em áreas protegidas e ou preservadas;
- 2.2 Indicadores Sociais:
  - 2.2.1 Condições de trabalho;
  - 2.2.2 Política de parcerias;
  - 2.2.3 Relação com a comunidade (comunicação e participação);
- 2.3 Indicadores Econômicos:
  - 2.3.1 Custo fixo de operação;
  - 2.3.2 Custo estimado de investimentos.

Porém, durante o desenvolvimento dos descritores ambientais, percebeu-se que haveria redundância entre descritores para a fase de implantação (obras) e para a fase de operação. Desta forma, os indicadores (subcritérios) e respectivos descritores foram redefinidos para todo o ciclo de vida do empreendimento, independentemente de suas fases.

Subcritérios (Indicadores): Apresenta-se, a seguir, um exemplo do processo de identificação de um indicador.

Como exemplo, tomou-se o critério 1.1.3 “Emissão e destinação de resíduos (sólidos, emissões atmosféricas)”. De imediato, percebe-se que este não é um critério isolável e, portanto, é necessária sua subdivisão. Assim, a primeira subdivisão que se faz é:

1.1.3.a Emissão e destinação de resíduos sólidos.

1.1.3.b Emissões atmosféricas.

Tomou-se, então, o item “b”, acima, emissões atmosféricas, o qual não é conciso. E foi necessário identificar o que é essencial, controlável e mensurável em “emissões atmosféricas”. E, a partir dos valores do entrevistado, concluiu-se que há apenas um elemento com estas características, que é a emissão de gás carbônico (CO<sub>2</sub>).

Assim foi identificado um indicador ambiental para a fase de implantação que é a quantidade de CO<sub>2</sub> emitido, o qual foi definido em toneladas por ano.

Pode-se observar e desenvolver, ainda, qual a melhor maneira de se usar um indicador. Neste caso, pode-se optar em medir a emissão de CO<sub>2</sub> por unidade imobiliária ou, por exemplo, por unidade de área do empreendimento. Mas esta é uma decisão a ser tomada caso a caso no momento de avaliação de um determinado empreendimento. O que se pretende, portanto, é que esta estruturação seja ao mesmo tempo robusta, de tal forma a conter indicadores significativos e representativos, e flexível, capaz de se adequar ao contexto específico em que cada empreendimento estiver inserido.

Os objetivos fim propostos pelo pesquisador e seus respectivos critérios (objetivos meio), relativos, respectivamente, aos objetivos estratégicos de sustentabilidade ambiental, social e econômica estão descritos a seguir (seus respectivos mapas cognitivos estão apresentados no Apêndice 4). Os descritores de todos os indicadores validados na proposta final estão apresentados no próximo capítulo (“Resultados”), incluindo os mapas cognitivos finais.

Conforme descrito por Ensslin, Montibeller Neto e Noronha (2001), em um processo de mapeamento cognitivo, os valores do decisor devem ser alocados por “clusters” e, dentro de cada “cluster”, por linhas de argumentação (L.A.).

Notam-se, na proposta de indicadores elaborada pelo pesquisador, os seguintes “clusters” e respectivas L.A. em cada dimensão (ambiental, social e econômica):

#### *Indicadores de sustentabilidade ambiental*

- Racionalização do consumo de:
  - Energia;
  - Materiais;
- Emissões e destinação de:
  - CO<sub>2</sub>;
  - Efluentes sanitários;
  - Ruído;
  - Calor – por percentual de áreas verdes;
  - Calor – por pavimentos e telhados;
- Degradação direta do meio ambiente:
  - Alterações do ciclo hidrológico: compensação por uso de água de chuva;
  - Alterações do ciclo hidrológico: mitigação da impermeabilização;
  - Intervenção em APP;
  - Intervenções em áreas alagadas;
  - Projeto em áreas de risco de alagamento;
  - Projeto em áreas de risco de erosão;

### *Indicadores de sustentabilidade social*

- Influência sobre comunidades existentes:
  - Trabalho e renda;
  - Infraestrutura viária;
  - Infraestrutura de serviços: escolas;
  - Infraestrutura de serviços: creches, postos de saúde, comércio etc.;
  - Segurança (percepção interna e externa);
  - Integração com comunidades existentes;
- Relações de trabalho direto:
  - Condições de trabalho na fase de implantação;
  - Condições de trabalho na fase de operação;
  - Política de parcerias na fase de implantação;
  - Política de parcerias na fase de operação;

### *Indicadores de sustentabilidade econômica*

- Taxa interna de retorno (TIR);
- Percentual da capacidade de endividamento comprometida;
- Custos fixos de operação (percentual dos custos fixos da empresa empreendedora em relação aos custos totais de implantação);
- Custo de operação por metro quadrado de unidade habitacional (lote).

## **2ª Fase: Revisão e validação dos indicadores propostos, definição das funções de valor e dos pesos relativos entre eles**

Para o desenvolvimento desta fase de pesquisa, buscou-se identificar e reunir atores representativos<sup>44</sup> no processo de análise e aprovação de loteamentos e condomínios (representantes de órgãos públicos e de empresas empreendedoras, consultores e projetistas do ramo), bem como de comunidades organizada (tais como líderes comunitários, representantes de comunidades afetadas por processos existentes). Buscou-se, inclusive, viabilizar a participação do MP neste processo, bem como de um representante do poder legislativo (Câmara Municipal de Campinas).

Imaginou-se, desta forma, a importância de contar com a participação de atores representativos dos diversos pontos de vista (áreas do conhecimento) envolvidos em um empreendimento de parcelamento do solo.

Da área técnica, foi convidada uma engenheira civil que atua na elaboração de projetos complementares (infraestrutura) para loteamentos.

Da visão urbanística, foi convidada uma arquiteta – doutora pela USP – ex-secretária de urbanismo da Prefeitura Municipal de Campinas.

Da área ambiental, foi convidada uma engenheira agrônoma, renomada consultora de meio ambiente das regiões de Campinas e Jundiaí – ex-secretária de meio ambiente na cidade de Itatiba, vizinha a Campinas.

---

<sup>44</sup> Bana e Costa (2006) e Thomaz (2002) indicam que os atores representativos, para serem convidados a participar de uma conferência de decisão, devem possuir duas características básicas: ter conhecimento sobre o problema - Bana e Costa e Sanchez-Lopez (2009) os denominam “especialistas” – e; ter capacidade demonstrada de saber ouvir, saber ceder e buscar o consenso.

Da área empresarial, foi convidado um empreendedor do ramo da construção civil, atuante, também, na área de loteamentos na cidade de Campinas.

Da visão de operação, foi convidado um ex-chefe do setor de aprovação de projetos do Departamento de Uso e Ocupação do Solo da Prefeitura Municipal de Campinas (DUOS/PMC).

Buscando integrar a percepção de comunidades atingidas por processos de uso do solo, foi convidado um líder comunitário com experiência significativa de mobilização para atenuar externalidades negativas que ocorriam no bairro em que moram (eventos de cheia), oriundas de ocupações à jusante na mesma bacia (uma sub-bacia do ribeirão Anhumas).

E, ainda, para buscar uma integração com outras esferas de poder, foram convidados a participar: um promotor de justiça do Ministério Público Federal, ligado às questões ambientais ou urbanísticas; e um vereador da cidade de Campinas, autor de dois projetos de lei no contexto do uso de água de chuva.

Cada ator – representativo para o processo de planejamento do parcelamento (uso e ocupação) do solo – foi contatado previamente e foi agendada uma entrevista com o propósito de promover o nivelamento prévio do conhecimento entre eles. Nos Apêndices 5 e 6, respectivamente, apresentam-se o modelo da carta convite enviada a cada ator convidado a participar da conferência de decisão e; o modelo da “declaração de participação” solicitada a cada um deles.

As entrevistas foram individuais. Cada entrevista durou pouco mais de duas horas. A primeira ocorreu dez dias antes da realização da conferência de decisão; e, a última ocorreu dois dias antes da realização da conferência de decisão.

Após a identificação, contato, explanação da proposta e a conquista do compromisso de cada decisor, o passo seguinte foi o de viabilização da conferência de decisão com a participação de todos.

Três dos atores convidados, infelizmente, não puderam participar da conferência de decisão: o ex-chefe do setor de aprovações de projetos do DUOS/PMC; o promotor de justiça; e, o vereador. Todos alegaram ter outros compromissos pré-agendados.

### **Conferência de decisão**

Segundo Thomaz (2002), a conferência de decisão é o momento em que todos os decisores, juntos, estruturam o problema e elencam as possíveis alternativas, ajuda a modelar melhor o problema para solucionar questões fundamentais, levando em consideração os diferentes posicionamentos dos decisores. E afirma que a metodologia MCDA promove um entendimento compartilhado do problema, propiciando um propósito comum entre os decisores, viabilizando, desta maneira, a recomendação para a ação. Destacando que, segundo Ensslin, Montibeller Neto e Noronha (2001), a metodologia MCDA não determina o ato de decidir, mas apenas apóia a decisão. Sendo que o apoio à decisão é um processo evolutivo e não pode ser definido em função de um único momento.

Thomaz (2002) afirma, ainda, que uma das vantagens da técnica de conferência de decisão, em relação à técnica Delphi, é que a primeira propicia o comprometimento dos atores envolvidos com as recomendações para a ação, enquanto que a segunda não garante o comprometimento dos especialistas consultados.

Bana e Costa (2006) sugere que, em uma conferência de decisão, o facilitador tenha, pelo menos, um auxiliar. Sugere, ainda, que sejam usados dois projetores de multimídia (uma tela para cada),

sendo um para a condução do processo de estruturação e avaliação dos critérios e alternativas: elaboração dos mapas cognitivos, desenvolvimento dos descritores e respectivas funções de valor, definição dos pesos entre os critérios, avaliação de desempenho das alternativas; e outro para apresentação de dados, informações e fatos inerentes ao problema – a fim de se garantir o nivelamento do conhecimento entre os atores. Além disso, o autor propõe, também, o uso de um bloco para reuniões (*flip-chart* - FC) para a anotação de informações, esquemas, comparações e demais questões importantes para o processo, de tal maneira que fique visível a todos os participantes.

Para a fase de identificação dos critérios - fase em que, conforme descrito por Keeney (1992), todos<sup>45</sup> os valores dos decisores devem ser explicitados – Bana e Costa (2006) propõe o uso de blocos de notas pessoais (*post-it*). Ambos os autores, corroborados por Thomaz (2002) afirmam que, em um processo de decisão em grupo, os atores devem ser estimulados a escrever seus valores antes de verbalizá-los, para que não haja influência de um ator sobre outro.

Devido à limitação de recursos e pessoas<sup>46</sup> para a operacionalização da conferência de decisão, foi adotada a seguinte estratégia:

- O projetor multimídia (DS, sigla em inglês para *Data-Show*) ficou com a função de apoiar a função principal do processo, qual seja, a de estruturação e avaliação. Assim, foram projetados os mapas cognitivos, os quais foram elaborados por meio do programa de livre acesso *Visual Understanding Environment*<sup>47</sup> (VUE); e, definidos os critérios, foram

---

<sup>45</sup> Keeney (1992) afirma que todo o pensamento deve ser explicitado e, portanto, os decisores devem, num primeiro momento, anotar: escrever tudo – absolutamente, tudo - o que lhes vêm à mente.

<sup>46</sup> Dispunha-se de apenas um projetor multimídia e não seria possível contar com um “auxiliar”.

<sup>47</sup> Disponível em <http://vue.tufts.edu/download/index.cfm>.

projetados os descritores, níveis de desempenho, matrizes de julgamentos e respectivas funções de valor – tudo por meio do programa M-MACBETH<sup>®48</sup>;

- Para agilizar o processo de condução da conferência de decisão (acatando uma sugestão recebida no exame de qualificação), foi fornecido, a cada participante, um “Portfólio” contendo as informações relevantes: mapas cognitivos iniciais; os descritores sugeridos para os critérios pré-identificados; e, as matrizes de julgamentos do M-MACBETH<sup>®</sup>. O “Portfólio” entregue a cada participante está apresentado no Apêndice 4.

Por outro lado, foi possível fornecer blocos de notas pessoais (*post-it*) aos participantes e, também, foi disponibilizado um bloco para reuniões (*flip-chart*) – ambos os “utensílios” se mostraram imprescindíveis durante a conferência de decisão. O primeiro, conforme citado acima, para garantir a explicitação dos valores de todos os participantes. O segundo serviu tanto para a apresentação de informações factuais, quanto para elucidação de dúvidas na fase de estabelecer os pesos entre os critérios.

A Figura 4.8 ilustra os participantes no café de recepção da conferência de decisão. Este momento foi propiciado para que se começasse a criar um clima amistoso e “confortável” entre os participantes.

A Figura 4.9 ilustra a sala onde foi realizada a conferência de decisão; os detalhes do leiaute montado para a conferência de decisão estão na Figura 4.10. As Figuras 4.11 a 4.15 ilustram as pastas com os “Portfólios<sup>49</sup>” entregues a cada um dos participantes, além de uma caneta esferográfica azul, um lápis, uma caneta marca-texto e um bloco de notas pessoais (*post-it*). Foi fornecido, ainda, para o grupo, um apontador e uma borracha. Bana e Costa (1993a, 1993b, 2006)

---

<sup>48</sup> Disponível em <http://www.bana-consulting.pt/site/PT/software.html>.

<sup>49</sup> Para a montagem dos “Portfólios”, foram escolhidas pastas na cor azul, especificamente, a cor do DRH.

e Thomaz (2002) indicam que a forma de distribuição (o leiaute) dos participantes, bem como o lugar específico de cada um devem ser decididos, previamente, pelo facilitador a fim de criar um canal fluente de informações e interação entre todos.

Desta maneira, buscou-se, em primeiro lugar colocar as duas ex-secretárias municipais no centro do grupo (posições 4 e 5 da Figura 4.10). Em função das respectivas experiências e bagagens teóricas mais abrangentes, concebeu-se que ambas poderiam auxiliar todo o grupo no entendimento de questões específicas de meio ambiente e urbanismo.

Por outro lado, buscou-se colocar em posições separadas, o empreendedor e a engenheira projetista, uma vez que são marido e mulher, evitando-se, desta maneira, uma eventual influência de um sobre o outro na explicitação dos respectivos valores (posições 3 e 6 da Figura 4.10).

E, por fim, o representante da comunidade foi alocado ao lado do facilitador (posição 1 da Figura 4.10) para agilizar na elucidação de eventuais dúvidas durante o processo (posição 2 da Figura 4.10).



*Figura 4.8. Café de recepção dos atores*



*Figura 4.9. Sala da conferência de decisão*

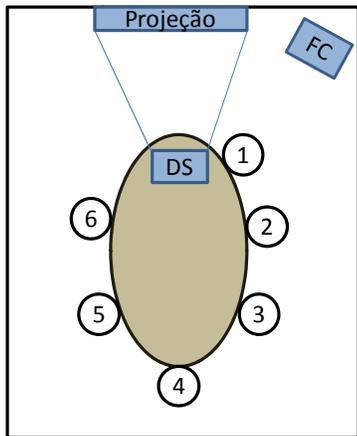


Figura 4.10. Leiaute da sala da conferência de decisão



Figura 4.11. Portfólio na posição 2



Figura 4.12. Portfólio na posição 3



Figura 4.13. Portfólio na posição 4



Figura 4.14. Portfólio na posição 5



Figura 4.15. Portfólio na posição 6

A conferência de decisão cujo início estava marcado para às nove horas da manhã, teve seu início às dez horas. A primeira etapa – de avaliação, adequação e validação dos indicadores, por meio dos mapas cognitivos, tomou cerca de três (3) horas, terminando perto das treze horas (uma hora da tarde). O resultado desta fase (mapas cognitivos finais e respectivos indicadores) está apresentado no próximo capítulo (“Resultados”).

A Figura 4.16 ilustra o facilitador auxiliando o grupo na elaboração dos mapas cognitivos congregados. Os valores explicitados (escritos nos *post-it*) são discutidos em grupo e servem de base para a adequação dos mapas cognitivos em cada dimensão (ambiental, social e econômica). Note, no canto inferior direito do *flip-chart* (Figura 4.16), que este “utensílio” foi imprescindível, conforme afirmado acima, para o esclarecimento de alguns conceitos importantes para o nivelamento do conhecimento entre os atores. Outro uso fundamental do *flip-chart* foi na elucidação de dúvidas, principalmente, durante a definição dos pesos entre os critérios, conforme ilustrado nas Figuras 4.17 e 4.18.



Figura 4.16. Facilitador auxiliando na identificação de critérios a partir dos valores do grupo

Concluídos os trabalhos de definição dos indicadores, o facilitador (pesquisador) propôs que os participantes fossem almoçar e retomassem os trabalhos na parte da tarde. Proposta esta, imediatamente aceita por todos e assim se procedeu.

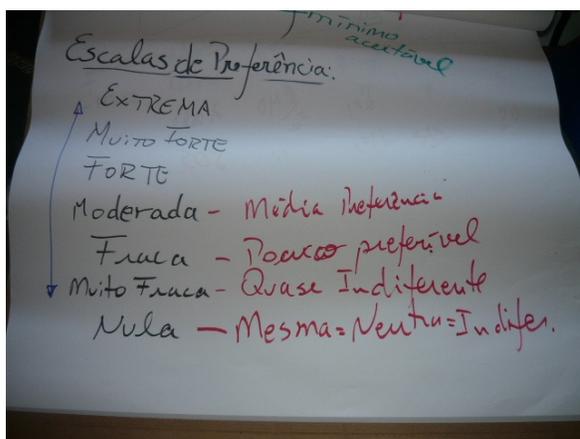


Figura 4.17. Elucidação da escala de preferências semânticas do M-MACBETH®

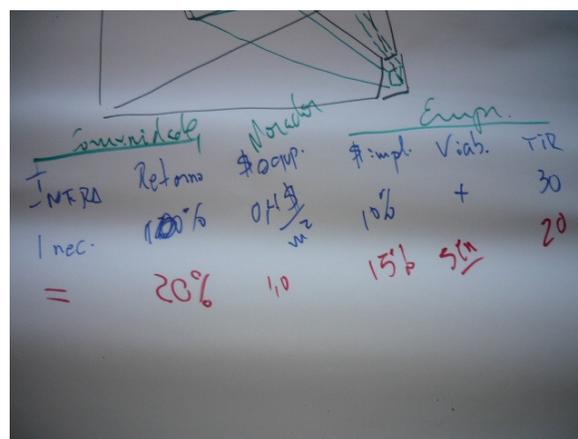


Figura 4.18. Elucidação das comparações para se estabelecer as cardinalidades entre critérios

A segunda etapa, de avaliação dos indicadores – definição dos descritores de desempenho, respectivos níveis “NEUTRO” (mínimo aceitável) e “BOM” (desejável) – e dos pesos entre os indicadores teve seu início às catorze horas e vinte minutos (duas e vinte da tarde) e tomou quase sete horas, terminando às vinte e uma horas (nove horas da noite).

Como a previsão inicial de término era às dezessete horas (cinco horas da tarde), quando chegou à hora combinada o facilitador perguntou aos participantes se eles desejavam parar e retomar no dia seguinte ou seguir até o final.

Ficou estabelecido, por consenso, que os trabalhos prosseguiriam até as vinte horas, se necessário e que, caso não fosse possível fazer a avaliação dos cenários na presença de todos, eles

estabeleceriam as diretrizes<sup>50</sup> de avaliação e caberia ao pesquisador proceder com as avaliações com base nos critérios, funções de valor e pesos estabelecidos na conferência de decisão.

E assim foi feito.

Os cenários de avaliação são:

- “NEUTRO”: todos os critérios com valor de desempenho igual a 0 (zero);
- “Atual”: em função dos mapas do IAC (Instituto Agrônomo de Campinas) (TORRES *et al.*, 2006) para o ano de 2006;
- “Terra arrasada”: considerando 100% (cem por cento) da bacia ocupada sem que sejam tomadas quaisquer ações mitigadoras ou compensatórias das externalidades negativas;
- “BOM”: todos os critérios com valor de desempenho igual a 100 (cem).

As diretrizes de avaliação dos cenários propostos estão apresentadas na Tabela 4.2. Estas diretrizes foram estabelecidas a partir dos mapas de caracterização da bacia produzidos pelo projeto Anhumas, do IAC (TORRES *et al.*, 2006), conforme descrito a seguir.

### **Mapas de caracterização da bacia do ribeirão Anhumas**

Os mapas de caracterização da bacia do ribeirão Anhumas (TORRES *et al.*, 2006) usados para a definição das diretrizes dos cenários de avaliação estão apresentados nas Figuras 4.19 a 4.26.

Comparando os mapas de relevo (Figura 4.19) e os mapas de evolução da ocupação de 1907 a 2005 (Figura 4.20) e de ocupação do solo em 2006 (Figura 4.21), percebe-se, inicialmente, que a ocupação do solo se dá, preponderantemente, na parte alta da bacia do ribeirão Anhumas.

---

<sup>50</sup> Em função de a avaliação dos cenários ter sido proposta (e aceita) para uma visão geral da bacia – e não de um empreendimento específico – o grupo concluiu que não seria necessário elaborar os mapas relativos aos cenários, bastariam as diretrizes de avaliação.

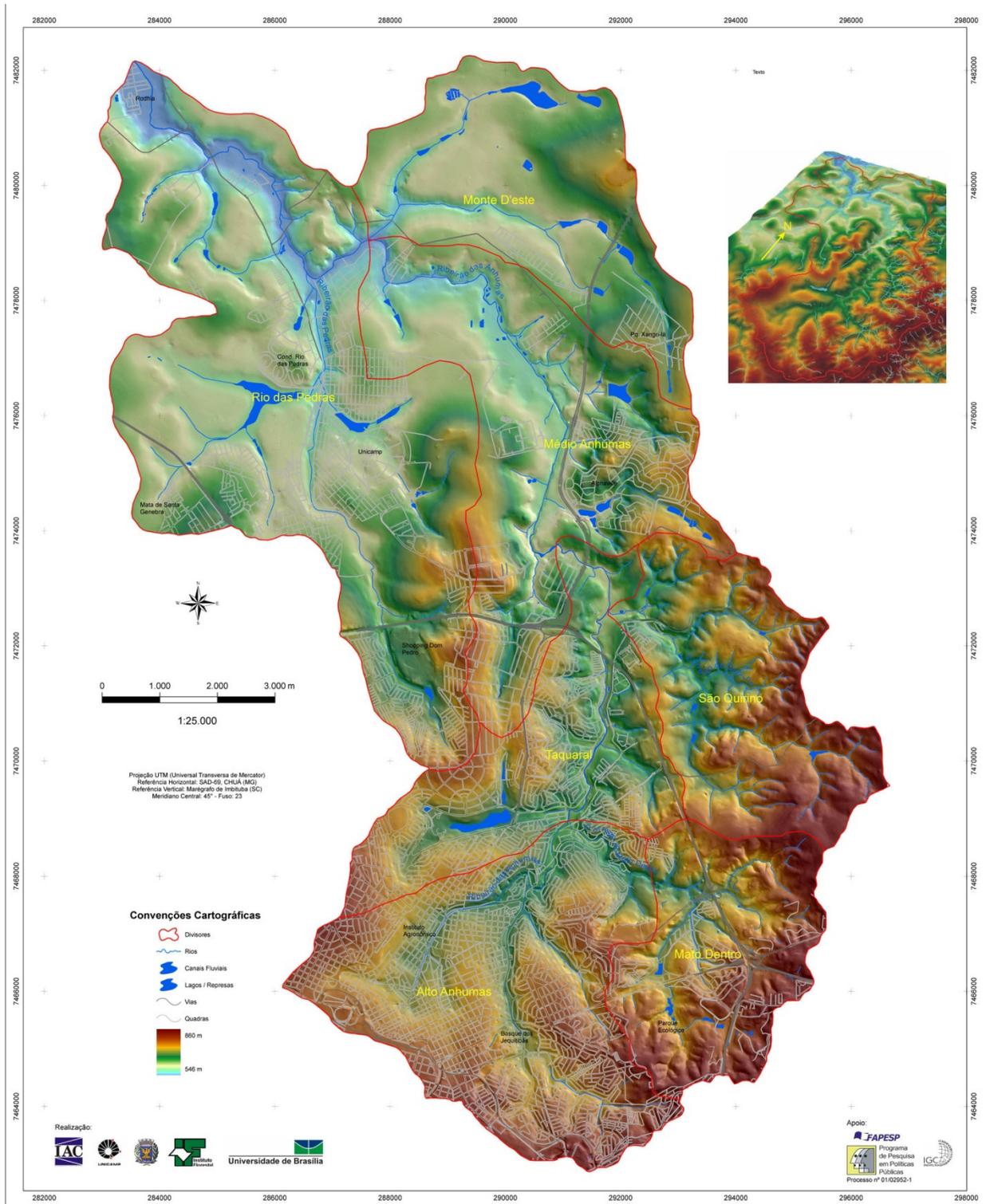


Figura 4.19. Relevo da bacia do ribeirão Anhumas (Fonte: TORRES et al., 2006)

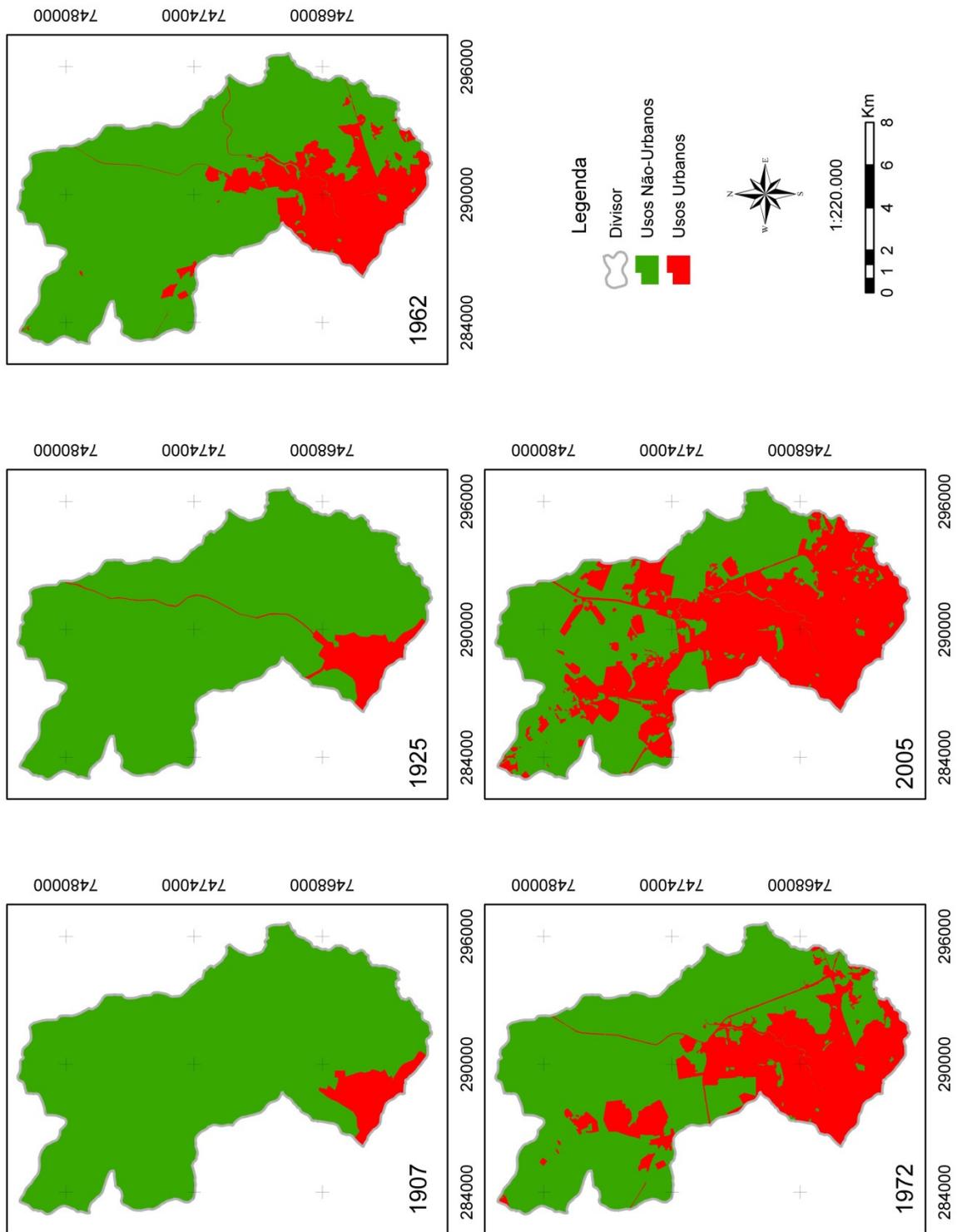


Figura 4.20. Evolução da ocupação urbana na bacia do ribeirão Anhumas – 1907 a 2005  
(Fonte: TORRES *et al.*, 2006)

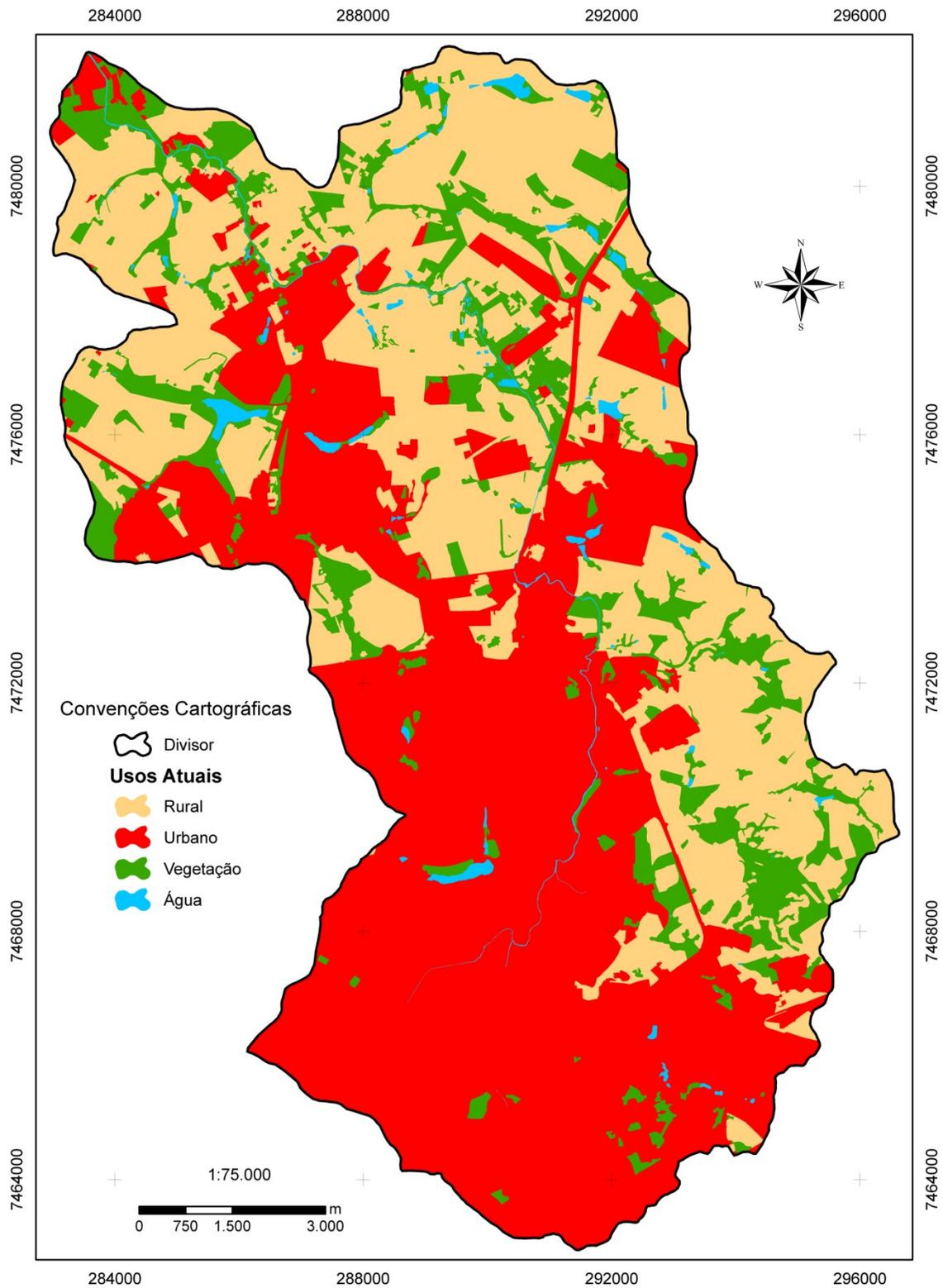


Figura 4.21. Usos da bacia do ribeirão Anhumas em 2006  
(Fonte: TORRES et al., 2006)

As Figuras 4.22 a 4.26 apresentam os mapas de riscos ambientais e sociais “atuais” (TORRES *et al.*, 2006) na bacia do ribeirão Anhumas.

A Figura 4.22 aponta os riscos sociais, os quais envolvem desde risco de atropelamento – ocupações próximas a rodovias; riscos de conflitos em ocupações irregulares; riscos de ordem de segurança pública (roubos, furtos, assaltos, estupros etc.); em que, estes últimos, representam, inclusive, riscos de conflitos devidos à intolerância entre diferentes classes sociais.

A comparação entre as Figuras 4.23 (áreas de APP da bacia do ribeirão Anhumas) e 4.24 (mapa de ocupação em APPs na bacia do ribeirão Anhumas) aponta para um indicador de ocupação em APP que resulta em 100% de ocupação em APP em relação à ocupação da bacia. Isto é, a bacia do córrego Anhumas, em 2006, possuía cerca de 50% de sua área total ocupada e o mesmo percentual (50%) de ocupação em APPs.

A Figura 4.25 apresenta o mapa de risco ambiental em relação à água, o qual inclui desde riscos de contaminação dos cursos d’água até riscos de inundação em áreas urbanizadas, como, por exemplo, a parte baixa do córrego São Quirino, afluente do ribeirão Anhumas, onde se localiza o bairro Parque Imperador<sup>51</sup>.

E, finalmente, a Figura 4.26 representa o mapa de riscos de erosão na bacia do ribeirão Anhumas. Em comparação com o mapa da Figura 4.21, percebe-se que há ocupação em áreas de alto risco de erosão, na porção central da bacia. Nota-se, atualmente, forte tendência de ocupação da parte leste da bacia, de alto risco de erosão. Aliás, fato que já está ocorrendo: há vários loteamentos fechados e condomínios em execução e aprovação na Prefeitura Municipal de Campinas.

---

<sup>51</sup> O bairro Parque Imperador foi vítima de uma enchente em fevereiro de 2003, em que, praticamente, todas as casas ficaram totalmente submersas, provocando, inclusive, a morte de uma família inteira dentro de sua casa.

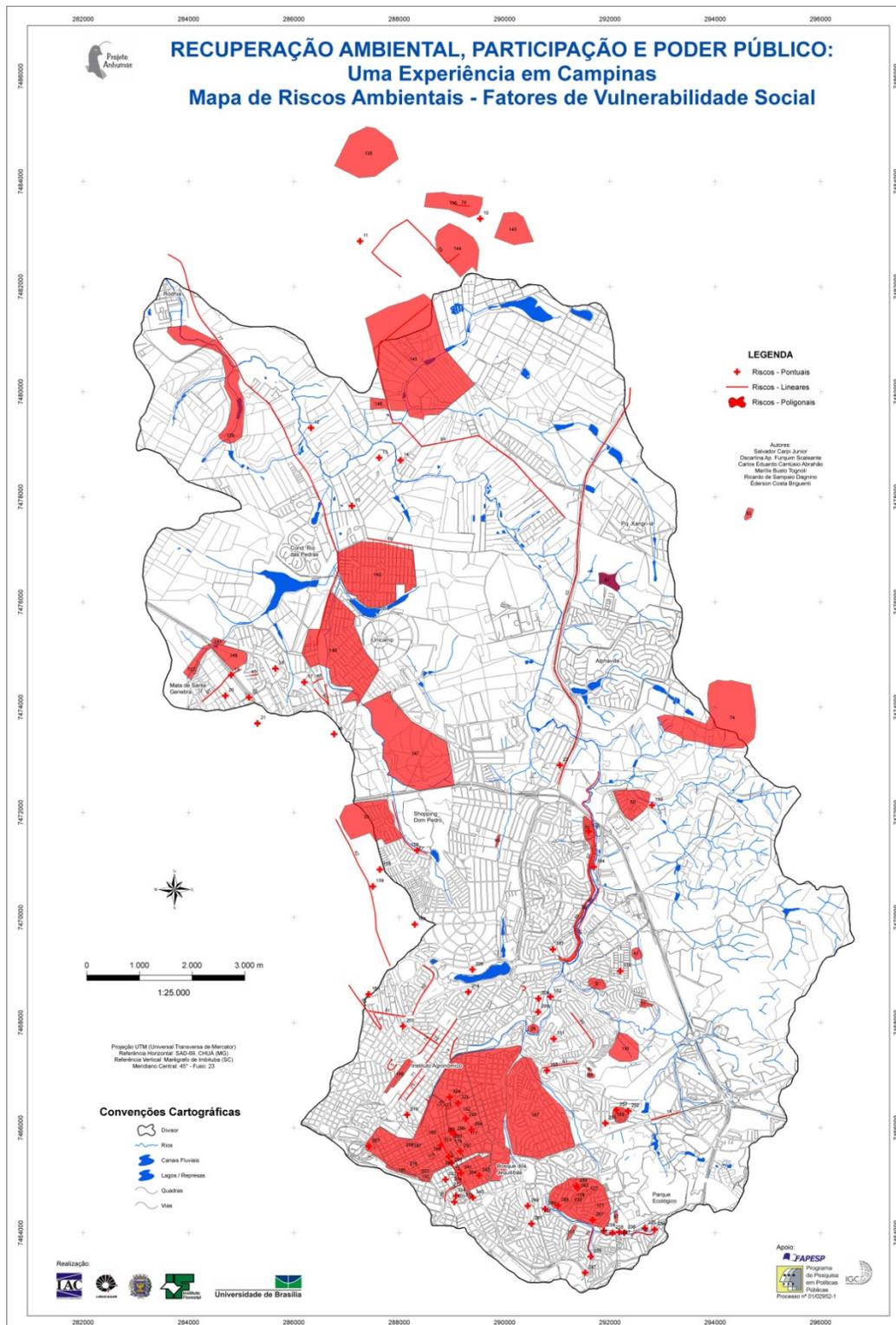


Figura 4.22. Riscos sociais da bacia do ribeirão Anhumas em 2006  
(Fonte: TORRES et al., 2006)

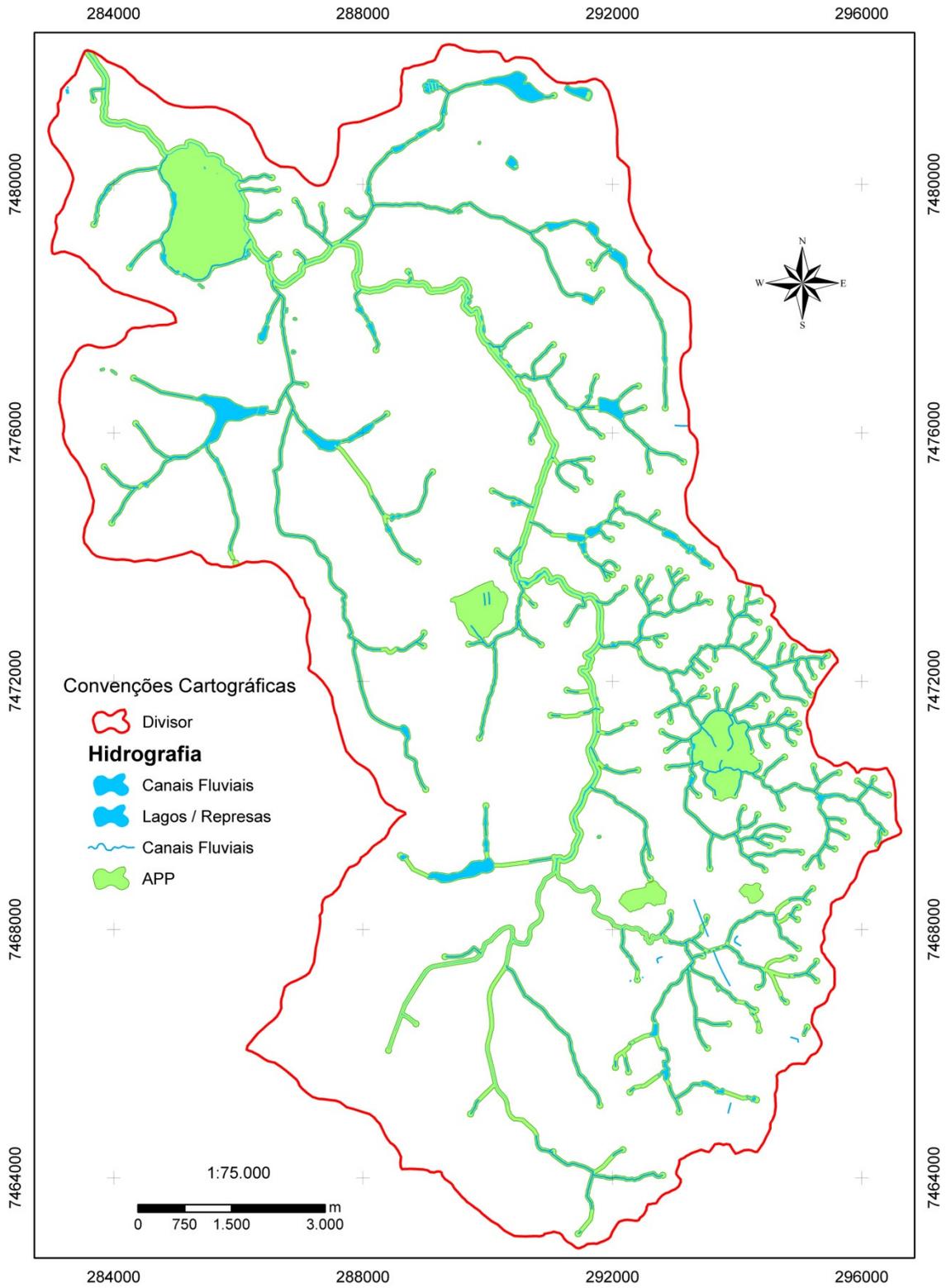


Figura 4.23. APPs da bacia do ribeirão Anhumas  
(Fonte: TORRES *et al.*, 2006)

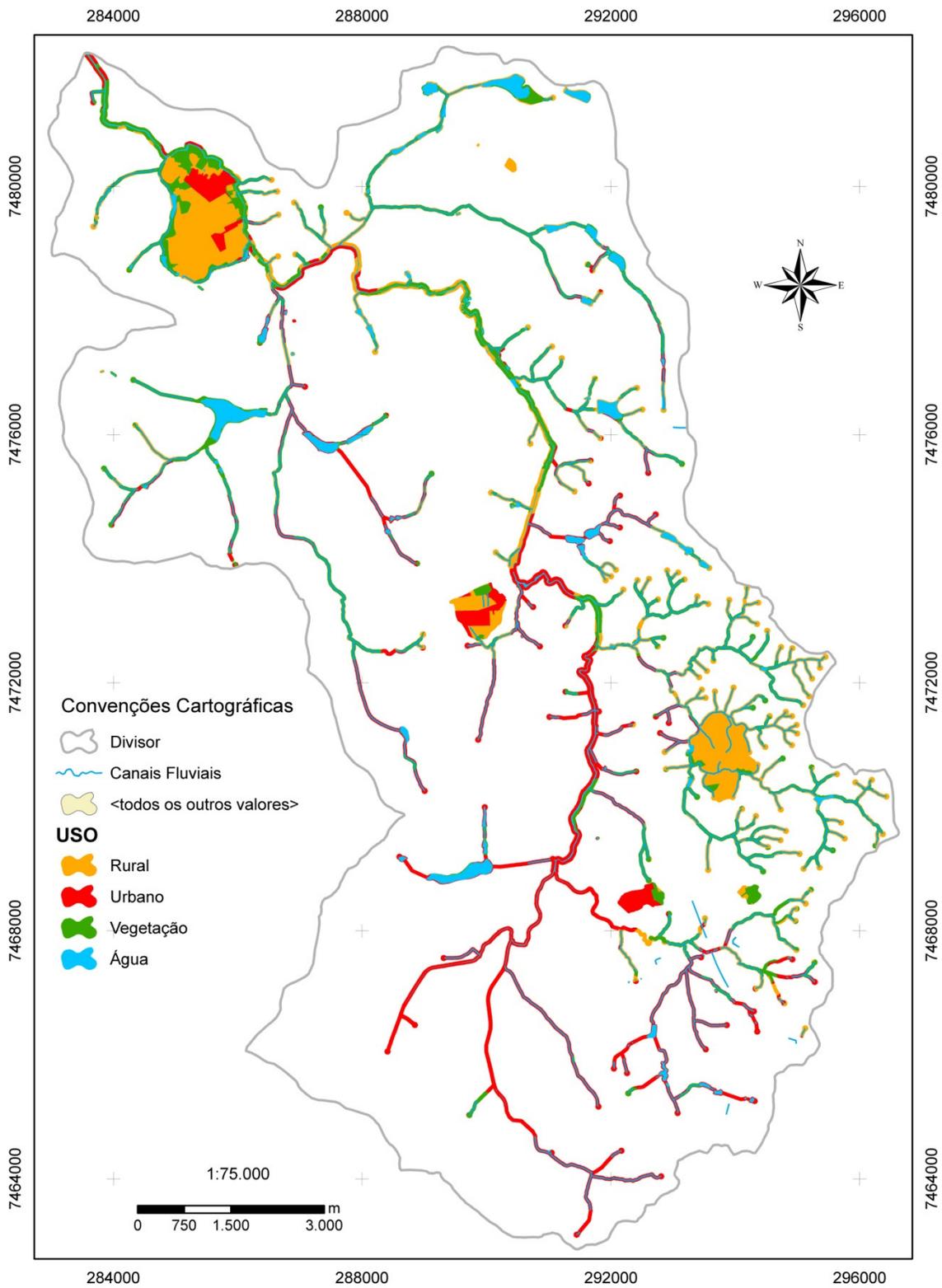


Figura 4.24. Ocupação em APPs da bacia do ribeirão Anhumas em 2006  
(Fonte: TORRES et al., 2006)

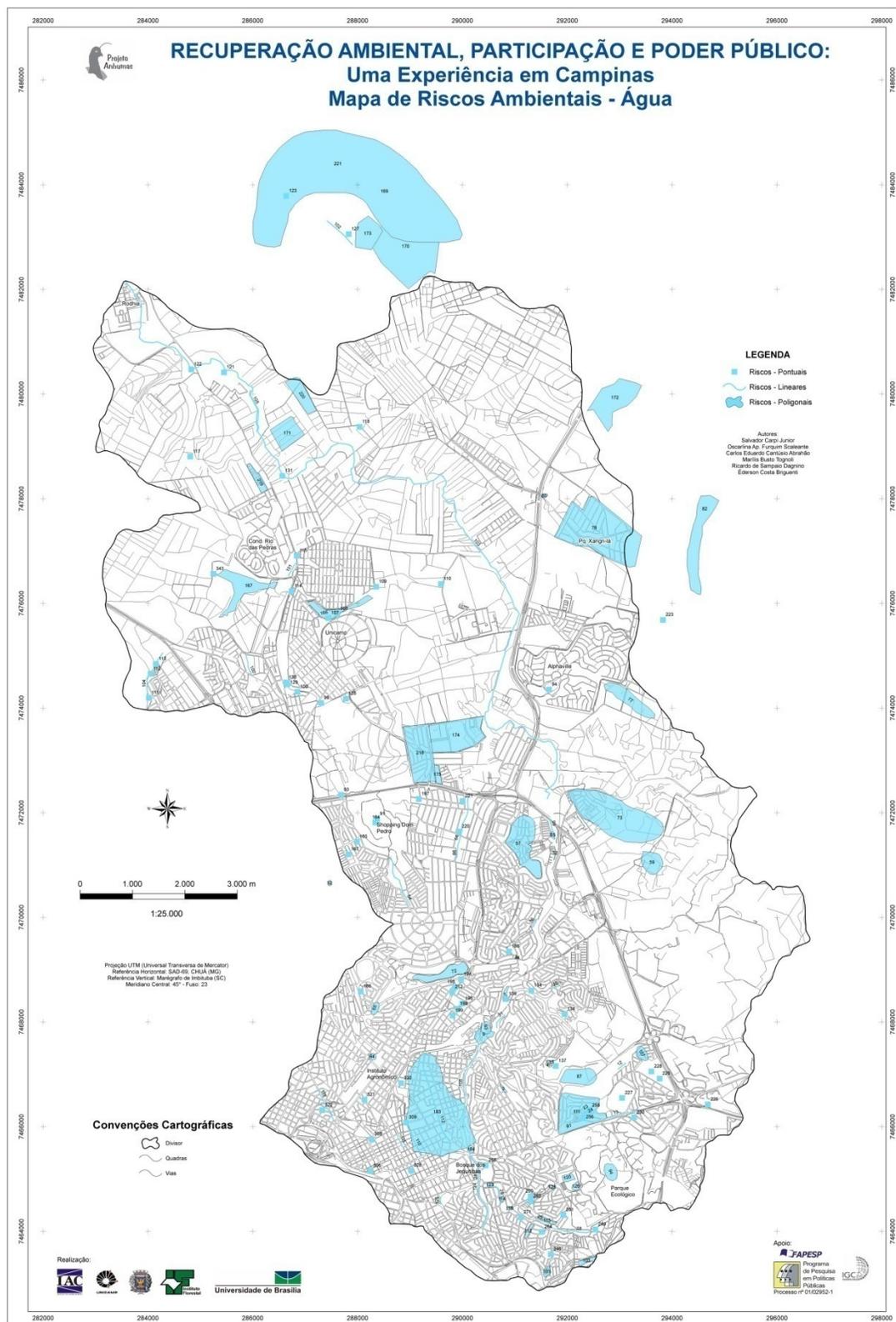


Figura 4.25. Riscos ambientais na bacia do ribeirão Anhumas (inclui risco de inundação)  
(Fonte: TORRES et al., 2006)

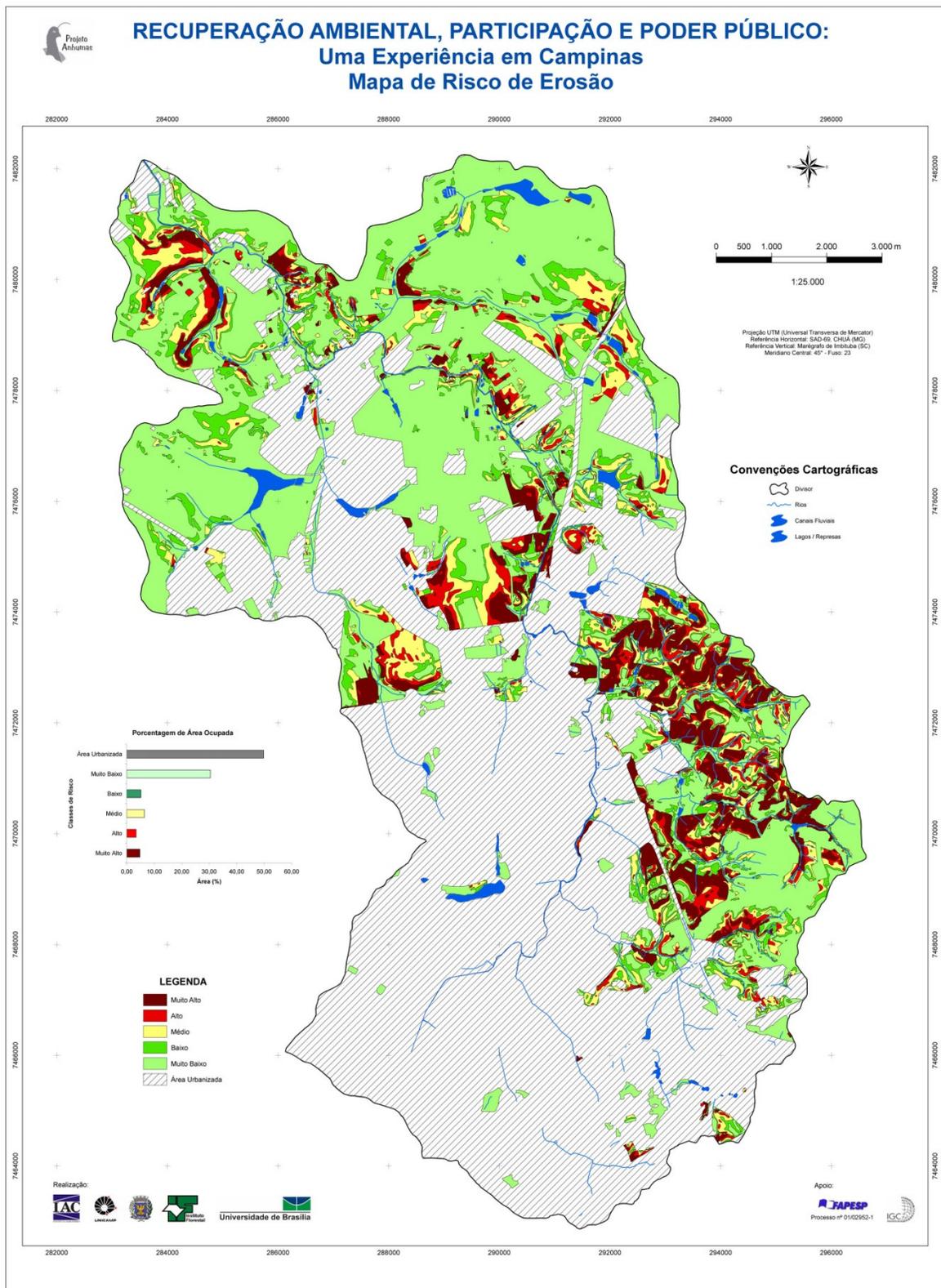


Figura 4.26. Risco de erosão na bacia do ribeirão Anhumas (Fonte: TORRES et al., 2006)

## Avaliação dos cenários de ocupação da bacia do ribeirão Anhumas

Uma vez definidos os indicadores, os níveis de desempenho e respectivos valores (funções de desempenho), os pesos dos critérios, os cenários de avaliação e as diretrizes de cada cenário (Tabela 4.2), pôde-se proceder à avaliação dos cenários.

Tabela 4.2. Diretrizes de avaliação para cenários de ocupação da bacia do ribeirão Anhumas

CRITÉRIOS	Diretrizes de avaliação
Em	Programas de racionalização para o restante da bacia
Rec	Programas de racionalização para o restante da bacia
Pav	Pelo menos pavimento alternativo no restante da bacia - situação atual não identificada
AV	Implementação dos 20% (NEUTRO) nos 50% restantes da bacia (atual = 3,67%)
Alag	Nível BOM parar o restante da bacia - ATUAL = ocupação em áreas de alto risco
Imp	Nível BOM parar o restante da bacia - situação atual não identificada - TERRA ARRASADA = ZERO
Agua	Nível BOM parar o restante da bacia - situação atual não identificada - TERRA ARRASADA = ZERO
Corr	Nível BOM parar o restante da bacia - ATUAL = 0
Eros	Nível BOM parar o restante da bacia - ATUAL = ocupação em áreas de alto risco
APP	Nível BOM em pelo menos 50% do restante da bacia - ATUAL = 50% / TERRA ARRASADA = 90%
Viab	<b>NÃO HÁ INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS PARAR AVALIAR OS CENÁRIOS</b>
TIR	<b>NÃO HÁ INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS PARAR AVALIAR OS CENÁRIOS</b>
Ret\$	<b>NÃO HÁ INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS PARAR AVALIAR OS CENÁRIOS</b>
Infra	Nível BOM parar o restante da bacia - ATUAL = uma necessidade suprida na subbacia do córrego São Quirino
\$Op	Nível BOM parar o restante da bacia - ATUAL = estimado em 18%
\$Fix	Nível BOM parar o restante da bacia - ATUAL = estimado em R\$ 1,00 / m <sup>2</sup> - TERRA ARRASADA = projetado R\$ 1,40
Seg	<b>NÃO HÁ INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS PARAR AVALIAR OS CENÁRIOS</b>
Trab	<b>NÃO HÁ INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS PARAR AVALIAR OS CENÁRIOS</b>
Cap	Nível BOM parar o restante da bacia - ATUAL = 0
Int	Nível BOM parar o restante da bacia - ATUAL / TERRA ARRASADA = Políticas claras de segregação
EPC	Nível BOM parar o restante da bacia - ATUAL = 0
Tr-I	<b>NÃO HÁ INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS PARAR AVALIAR OS CENÁRIOS</b>
Tr-O	<b>NÃO HÁ INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS PARAR AVALIAR OS CENÁRIOS</b>
Par-I	<b>NÃO HÁ INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS PARAR AVALIAR OS CENÁRIOS</b>
Par-O	<b>NÃO HÁ INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS PARAR AVALIAR OS CENÁRIOS</b>

Os cenários, em função das diretrizes apontadas (Tabela 4.2), foram avaliados por quatro métodos diferentes (CGT, CP, ELECTRE II e PROMETHEE II), por meio do programa MCDAFEC; além da função aditiva do M-MACBETH<sup>®</sup>, a qual foi adaptada a uma planilha do Microsoft Excel<sup>®</sup>, uma vez que não se identificou, no programa, a ponderação dos indicadores por “clusters”, nem dos objetivos fim e dos objetivos estratégicos, separadamente.

Desta forma, a inserção dos dados no programa M-MACBETH<sup>®</sup> foi feita por partes, gerando um arquivo para ponderar os critérios em cada “cluster”, um arquivo para ponderar os “clusters”

(objetivos fim) em cada dimensão de sustentabilidade (objetivos estratégicos) e, por fim, um arquivo para a ponderação entre os objetivos estratégicos (ambiental, social e econômico).

Os valores foram inseridos, também, no programa MCDA-FEC, desenvolvido por ZUFFO (1998), do qual se extraiu as avaliações pelos métodos CP, CGT, ELECTRE II e PROMETHEE II.

Optou-se, por fim, por não aplicar o método AHP neste trabalho pelo fato de que não faria sentido usar os pesos e valores resultantes da conferência de decisão, uma vez que o uso deste método pressupõe uma definição da cardinalidade entre os critérios, conforme apontado por Bana e Costa e Vansnick (2008), distinta da que foi usada na condução deste trabalho.

Pretendia-se fazer, também, por meio da matemática *Fuzzy*, uma análise considerando as diferenças dos valores (preferências) individuais. Para tanto, foi solicitado aos atores que anotassem, nos respectivos “Portfólios”, suas preferências na avaliação dos níveis de desempenho dos critérios e, também, dos pesos. Esta foi, também, uma sugestão (recebida e acatada) do Exame de Qualificação de Doutorado; porém, no decorrer da conferência de decisão, o próprio grupo decidiu que seria necessário “abortar” o procedimento de anotar as preferências nos “Portfólios”, pois percebeu que isto estava tornando o processo muito moroso e, desta forma, não seria possível terminar a avaliação dos critérios dentro do prazo estabelecido.

Os resultados dos descritores dos indicadores, seus pesos relativos, bem como das avaliações dos cenários nos cinco métodos aplicados estão apresentados no próximo capítulo (“Resultados”).

### **Percepção dos atores sobre a abordagem MCDA**

Ao final dos trabalhos foi solicitado a cada um dos atores que respondessem a um questionário sobre a impressão de cada um a respeito da abordagem MCDA. O questionário proposto está

apresentado no Apêndice 7. As respostas dos atores participantes da conferência de decisão estão no próximo capítulo (“Resultados”).

## **5 RESULTADOS**

Neste capítulo, apresentam-se os resultados dos Estudos-Piloto e, principalmente, da Conferência de Decisão para definição dos indicadores de sustentabilidade em parcelamento do solo.

Na primeira seção são apresentados os resultados e percepções oriundos dos Estudos-Piloto.

Na segunda seção são apresentados os indicadores de sustentabilidade nas três dimensões – ambiental, social e econômica – bem como os respectivos mapas cognitivos congregados e os pesos relativos de cada índice e ou indicador em seus respectivos níveis; além das funções de valor de cada indicador, suas bases de comparação e matrizes de julgamentos.

Na terceira seção são apresentados os resultados referentes às avaliações dos três cenários de ocupação da bacia do ribeirão Anhumas nos cinco métodos propostos.

E, na quarta seção são apresentadas as percepções dos atores, participantes da conferência de decisão, sobre a abordagem MCDA.

### **5.1 Resultados dos Estudos-Piloto**

#### **5.1.1 Primeiro estudo-piloto**

Após as análises das alternativas, conforme descrito na Subseção 4.3.2, na segunda reunião do processo de decisão sobre a solução a ser adotada, verificou-se que a execução da canaleta em grama seria a de menor custo e foi a solução adotada.

A partir daí, foi contratado um consultor para desenvolver o projeto, em comum acordo com a construtora e a gerenciadora. Duas semanas depois o projeto foi apresentado aos representantes da multinacional que liberaram sua execução em menos de uma semana; sendo que sua

implantação se deu cerca de 2 (dois) meses depois da liberação para execução, pouco menos de um mês antes do término da construção principal.

Apresentam-se, a seguir, as percepções resultantes do primeiro estudo-piloto.

Consciência: pôde-se constatar, neste caso, uma resposta positiva ao quesito consciência, pois a empresa já possui, há alguns anos, norma que exige a implementação de dispositivos no coletor final de drenagem de novas obras de tal maneira a proporcionar a infiltração da água de chuva.

Conhecimento: não havia conhecimento, por exemplo, da Lei Estadual n.º 12.526, de 31 de janeiro de 2007, a qual obriga a implantação de caixas de retenção de águas pluviais para construções acima de 500 m<sup>2</sup> (quinhentos metros quadrados); apesar de usar, basicamente a mesma solução em função de uma norma interna da empresa.

Comprometimento: desde o primeiro contato, percebeu-se que os representantes da empresa estavam comprometidos com a questão, qual seja, de mitigar os efeitos da impermeabilização do solo no ciclo hidrológico.

### ***5.1.2 Segundo estudo-piloto***

Quanto aos quesitos: consciência, conhecimento e comprometimento, será demonstrado, a seguir, que em nenhuma das unidades de análise do segundo estudo-piloto havia o conhecimento sobre a existência da Lei Estadual n.º 12.526/2007; por outro lado, ao menos no discurso, a maioria dos atores afirmou ter consciência sobre o problema; porém, quando se analisa o comprometimento, a situação fica bem dividida e em alguns casos não houve ação prática, motivados, principalmente, por assimetria de informações entre os atores do processo decisório (unidade de análise 1), ou por falta de consciência e conflito de interesse do decisor (unidade de análise 5).

### *Unidade de análise 1*

Foi feito um primeiro contato, pessoalmente, com o profissional responsável pela aprovação de projetos e fiscalização de obras no condomínio na sede da associação. Neste encontro foi mostrada ao responsável (engenheiro civil) a Lei Estadual n.º 12.526. Apesar de não ser de seu conhecimento prévio, pôde-se perceber que ele considerou, imediatamente, ser muito importante a sua aplicação e sugeriu uma reunião com os diretores da associação para levar adiante esta proposta (de aplicação da Lei Estadual n.º 12.526 na análise e aprovação dos projetos de edificação do condomínio).

Assim, foi marcada uma reunião com o diretor de manutenção e segurança, ao qual o departamento técnico (responsável pela aprovação de projetos e fiscalização de obras) estava vinculado pelo organograma da associação.

A reunião ocorreu cerca de 10 (dez) dias após o primeiro contato. O diretor (engenheiro civil), da mesma forma que o engenheiro responsável do departamento técnico, desconhecia a referida lei, mas, também considerou de suma importância a sua aplicação. Ele explicou que, ainda que fosse uma legislação estadual e, que em seu entendimento, bastava pô-la em prática, como não é uma legislação seguida pela Prefeitura Municipal de Campinas, poderia ter problemas de aceitação à aplicação da mesma pelos diversos proprietários de lotes do condomínio. E explicou que conduziria o processo pelos trâmites formais da associação, qual seja, aprovação da proposta, primeiramente, pela diretoria (composta de três membros); daí, a proposta é levada ao conselho deliberativo (composto de doze membros); e, finalmente, caso o conselho aprove a proposta, mas defina que a mesma deve ser votada em assembléia geral de associados, assim deveria ser feito

(apesar de que o próprio conselho teria prerrogativas, neste caso, de deliberar sobre a questão sem a necessidade de passar pela assembléia geral de associados).

A reunião da diretoria ocorreu na semana seguinte à reunião com o diretor de manutenção e segurança. Os três membros que compõem a diretoria, Presidente (Físico), Diretor Financeiro (Engenheiro Civil) e Diretor de Manutenção e Segurança (Engenheiro Civil), estavam presentes. O diretor de manutenção e segurança apresentou a Lei Estadual n.º 12.526 aos demais diretores e defendeu a importância de sua aplicação. Coube ao pesquisador auxiliar no aumento da compreensão do ciclo hidrológico e como os processos de impermeabilização do solo interferem neste ciclo, bem como suas consequências.

Os demais diretores também desconheciam a lei, sendo que o presidente da associação teve a mesma reação do diretor de manutenção e do engenheiro responsável pelo departamento técnico da associação, qual seja, de assimilar, imediatamente, a importância e necessidade de sua aplicação. O diretor financeiro, por sua vez, afirmou temer que a aplicação da lei pudesse criar um clima de insatisfação entre os demais associados (proprietários dos lotes no condomínio). De qualquer maneira, ficou estabelecido que a proposta fosse encaminhada para apreciação do conselho deliberativo.

Em função dos trâmites formais, estabelecidos nos estatutos da associação, a reunião do conselho deliberativo foi agendada para um mês após a reunião de diretoria. Os estatutos determinam, ainda, um quórum mínimo de 4 (quatro) conselheiros para que a reunião do conselho e, conseqüentemente, suas decisões tenham legitimidade; e os membros da diretoria não podem fazer parte do conselho deliberativo.

No dia da reunião do conselho (da qual o pesquisador participou apenas como observador), compareceram, além do presidente da associação e do diretor de manutenção e segurança, o presidente do conselho deliberativo (Arquiteto), o vice-presidente (Empresário) e mais 3 (três) conselheiros (um Engenheiro Mecânico, um Advogado e um profissional liberal do ramo de seguros). A reunião do conselho foi secretariada pelo gerente da associação (Arquiteto). O presidente do conselho solicitou aos diretores presentes que expusessem a proposta da diretoria. O diretor de manutenção e segurança explicou o teor da lei, defendendo, não a importância, mas a obrigatoriedade, em seu entendimento, de sua aplicação. Daí foi aberta a palavra para manifestação dos presentes. O primeiro a falar foi o gerente da associação, o qual defendeu que, em seu entendimento, a associação só tinha a obrigação de aplicar suas próprias normas e, mais, que as leis estaduais eram de obrigação do Estado, assim como as leis municipais (em seu entendimento) seriam de obrigação, apenas, do poder público municipal. O presidente do conselho, por sua vez, afirmou que, apesar de considerar a lei de grande importância ambiental, a associação não estava obrigada a aplicá-la porque a mesma ainda não havia sido regulamentada. O vice-presidente, por outro lado, manifestou-se contrário tanto à manifestação do gerente, afirmando que as leis devem ser obedecidas e cumpridas por todos aqueles que estejam em um nível hierárquico inferior, assim, em sua compreensão, tanto o poder público municipal, quanto a associação deveriam seguir e aplicar as leis estaduais, quanto a associação deveria seguir e aplicar as leis municipais; quanto à manifestação do presidente do conselho, defendendo que a lei deveria ser aplicada desde a data de sua publicação. Houve um breve momento de troca de percepções entre os presentes até que o conselheiro que é Advogado disse concordar com o presidente da associação. Neste momento fez-se uma pausa para que o gerente redigisse a ata<sup>52</sup> da

---

<sup>52</sup> O pesquisador teve acesso à ata apenas para consulta e confirmações de suas anotações - para tornar o relato fiel

reunião. Ao retorno dos trabalhos o gerente leu o que havia sido discutido até então; e, finalmente, decidiu-se que, em função da argumentação do presidente do conselho ter sido corroborada por um advogado (um dos demais conselheiros), a lei não seria aplicada naquele condomínio enquanto não fosse regulamentada e que a questão não precisava ser submetida à aprovação da assembléia geral de associados.

### *Unidade de análise 2*

O contexto desta unidade de análise é a de um edifício de 3 (três) pavimentos, com cerca de 700 m<sup>2</sup> (setecentos metros quadrados) de área total construída, cujo proprietário é um empresário do ramo de *fast-food*, sendo que o imóvel já estava alugado e em operação. Coube ao pesquisador explicar ao proprietário a existência e o propósito da lei. Mais uma vez, houve compreensão e aceitação imediata da lei. O proprietário disse que tinha sim interesse em executar a caixa de retenção e infiltração em seu imóvel, porém argumentou que precisaria falar, primeiro, com o inquilino (uma empresa provada do ramo bancário). Cerca de 2 (duas) semanas após a primeira conversa, o proprietário entrou em contato com o pesquisador, afirmando que a empresa locatária<sup>53</sup> de seu imóvel concordava que a obra fosse feita e solicitou auxílio no dimensionamento da caixa de retenção e infiltração para seu imóvel. A execução da mesma se deu cerca de 2 (dois) meses contados desde o primeiro contato. Os detalhes técnicos, bem como os custos da caixa estão apresentados no Apêndice 8.

---

aos acontecimentos registrados; porém não foi fornecida cópia por motivos administrativos, uma vez que o pesquisador não é membro da Associação.

<sup>53</sup> A empresa locatária já possui algumas ações de sustentabilidade implantadas, tais como a coleta seletiva de resíduos sólidos. E, segundo informações do proprietário, a proposta de execução da caixa de retenção e infiltração foi aceita e apoiada de imediato.

### *Unidade de análise 3*

O contexto desta unidade de análise é a de um edifício em construção, de 2 (dois) pavimentos, com cerca de 1.100 m<sup>2</sup> (um mil e cem metros quadrados) de área total construída, cujo proprietário é um empresário, sendo que a obra estava entrando na fase de acabamento. Foi feito um contato por telefone com o proprietário, o qual disse que todo e qualquer assunto pertinente à edificação deveria ser tratado com o engenheiro civil responsável pela sua execução, o qual, segundo o proprietário, teria plenos poderes de decisão. Na semana seguinte ao contato com o proprietário do imóvel, pôde-se conversar, também por telefone, com o engenheiro responsável pela execução do edifício e foi agendada uma reunião para o dia seguinte com o propósito de o pesquisador apresentar o problema e a proposta de aplicação prática de uma solução mitigadora do mesmo (conforme a Lei Estadual n.º 12.526).

No dia seguinte, novamente, houve aceitação imediata, por parte do engenheiro responsável pela execução do edifício, o qual, apesar de também desconhecer a existência da lei (da mesma forma que todos os atores entrevistados em todas as unidades de análise deste segundo estudo-piloto), mostrou-se, decididamente, consciente quanto aos efeitos dos processos de impermeabilização do solo sobre o ciclo hidrológico e, particularmente, em relação ao aumento das vazões máximas de cheia. O engenheiro confirmou a informação passada pelo proprietário de que ele (engenheiro) tinha plenos poderes de decisão sobre o que deveria e, conseqüentemente, seria executado. Porém, fazendo uns cálculos preliminares a partir da fórmula indicada na lei, afirmou que não teria espaço disponível para a implantação da caixa de retenção e infiltração nos moldes da Lei Estadual n.º 12.526. Mas disse que, em algumas semanas, adotaria uma solução alternativa.

Passadas pouco mais de 2 (duas) semanas, ele apresentou a solução que seria adotada para aquele edifício: a execução de vários drenos verticais com capacidade (volume) equivalente à que teria a caixa de retenção e infiltração dimensionada nos moldes da Lei Estadual n.º 12.526.

Os detalhes técnicos e custos dessa solução estão apresentados no Apêndice 8.

#### *Unidade de análise 4*

O contexto desta unidade de análise é a de um edifício de 3 (três) pavimentos, com cerca de 900 m<sup>2</sup> (novecentos metros quadrados) de área total construída, cujo proprietário é um empresário do ramo imobiliário, sendo que o projeto da edificação já havia sido aprovado pela associação e estava em fase final de aprovação na Prefeitura Municipal de Campinas. Coube, mais uma vez, ao pesquisador explicar ao proprietário a existência e o propósito da lei. Neste caso, não houve uma aceitação imediata, o proprietário afirmou compreender a importância daquela ação, porém havia um conflito de interesse: ele considerava que a execução da caixa de retenção e infiltração teria uma influência negativa nos custos da obra. De qualquer forma, não decidiu de imediato pela não execução da caixa e solicitou ao pesquisador que expusesse o problema aos arquitetos responsáveis pela elaboração do projeto e execução do edifício.

No intervalo de um mês, desde a conversa com esse proprietário, foram feitas 2 (duas) reuniões com os 2 (dois) arquitetos responsáveis pelo projeto e pela obra do edifício, sendo que a primeira delas contou com a participação do proprietário. Na primeira reunião, por meio de cálculos preliminares das dimensões da caixa (em função da área impermeável do projeto) e de seu provável custo de execução, demonstrou-se que ela significaria menos de 0,3% (zero vírgula três por cento) do custo total da obra. Com base nesta informação, o proprietário autorizou os

arquitetos a incluir a solução no projeto e, na segunda reunião, eles apresentaram ao pesquisador os detalhes da solução a ser implantada.

Os detalhes e custos dessa caixa estão apresentados no Apêndice 8.

#### *Unidade de análise 5*

O contexto desta unidade de análise é a de um edifício de 3 (três) pavimentos, com cerca de 900 m<sup>2</sup> (novecentos metros quadrados) de área total construída, cujo proprietário é um empresário do ramo financeiro, sendo que o projeto do edifício estava em fase inicial de análise pelo departamento técnico da associação. Coube, novamente, ao pesquisador explicar ao proprietário a existência e o propósito da lei. Foram feitos dois contatos telefônicos com o proprietário na tentativa de expor o problema e sensibilizá-lo para a adoção de uma solução mitigadora. Porém, o proprietário mostrou-se irredutível em sua posição de que não poderia aumentar os custos da obra. Em ambos os contatos, não se percebeu qualquer afirmação, por parte do proprietário, que indicasse sua consciência sobre o problema (nem mesmo após a explanação do mesmo pelo pesquisador). Todo o tempo, ele apenas se manifestou (contrariamente) sobre os custos adicionais que a execução da caixa acarretaria em sua obra.

No Apêndice 8 está apresentada uma simulação dos prováveis custos de execução da caixa de retenção e infiltração para esta unidade de análise e (assim como para as demais unidades) a proporção destes custos em relação ao custo total de implantação do respectivo edifício.

### ***5.1.3 Considerações a respeito dos estudos-piloto fundamentais para o encaminhamento do estudo principal***

Ao final da análise dos resultados dos estudos-piloto, pôde-se constatar a importância, não apenas da consciência e do comprometimento dos atores que participam, ativamente, do processo decisório; mas, também, do nivelamento do conhecimento. Enterprise LSE (2008), Philips (1982, 1984 *apud* CUNHA; THOMAZ; MOURA, [2009]) e Philips e Bana e Costa (2007) apontam, entre outros, para a necessidade de se eliminar a assimetria de conhecimento entre os atores antes de se iniciar qualquer processo de estruturação e análise multicritério. Em outras palavras, conforme indicado por Thomaz (2002), é imprescindível promover o “nivelamento do conhecimento”, o que compreende em propiciar a todos os atores envolvidos, diretamente, no processo as mesmas informações (fatos) relevantes para sua compreensão, estruturação e avaliação.

A Tabela 5.1 ilustra as constatações oriundas dos estudos-piloto e seus desdobramentos para a condução da pesquisa-ação<sup>54</sup> – principal etapa de pesquisa.

---

<sup>54</sup> Os conceitos da estratégia de pesquisa-ação estão apresentados na Subseção 4.2.1.

Tabela 5.1. Constatações dos estudos-piloto e os possíveis desdobramentos na fase principal de pesquisa-ação

ETAPA	UNIDADES DE ANÁLISE	CONTEXTO	RESULTADO	
ESTUDOS-PILOTO	1. EMPRESA PRIVADA DE GRANDE PORTE	Consciência: SIM Conhecimento: SIM Comprometimento: SIM	POSITIVO	
	2. ASSOCIAÇÃO PRIVADA: CONDOMÍNIO COMERCIAL ALTO PADRÃO	2.1 ASSOCIAÇÃO DE PROPRIETÁRIOS (CONDÔMINOS)	Consciência: SIM Conhecimento: <b>NÃO</b> Comprometimento: <b>NÃO</b>	<b>NEGATIVO</b>
		2.2 PROPRIETÁRIO 1	Consciência: SIM Conhecimento: <b>NÃO</b> Comprometimento: SIM	POSITIVO
		2.3 PROPRIETÁRIO 2	Consciência: SIM Conhecimento: <b>NÃO</b> Comprometimento: SIM	POSITIVO
		2.4 PROPRIETÁRIO 3	Consciência: SIM Conhecimento: <b>NÃO</b> Comprometimento: SIM	POSITIVO
		2.5 PROPRIETÁRIO 4	Consciência: <b>NÃO</b> Conhecimento: <b>NÃO</b> Comprometimento: <b>NÃO</b>	<b>NEGATIVO</b>
PESQUISA-AÇÃO	GRUPO DE ATORES REPRESENTATIVOS	SE	Consciência: SIM Conhecimento: SIM / <b>NÃO</b> Comprometimento: SIM	POSITIVO
		OU	<b>FALTA DE CONSCIÊNCIA OU DE COMPROMETIMENTO</b>	<b>NEGATIVO</b>

## 5.2 Estruturação, Avaliação e Pesos dos Critérios

Apresentam-se, a seguir, os resultados da Conferência de Decisão sobre os indicadores de sustentabilidade (ambiental, social e econômica) para projetos de parcelamento do solo no contexto específico de empreendimentos de classe B, B<sup>+</sup> e A.

Optou-se por não editar as páginas (isto é, não otimizar os espaços em branco) para que o leitor possa acompanhar todos os resultados na sequência imediata de suas respectivas descrições.

### 5.2.1 Pesos dos Objetivos Estratégicos

A Figura 5.1 mostra a árvore de decisão em nível estratégico.

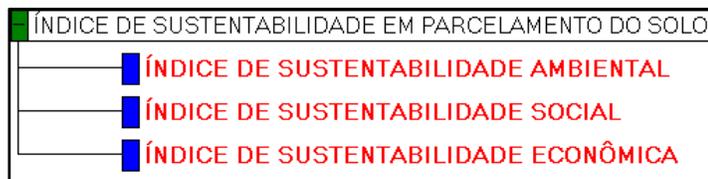


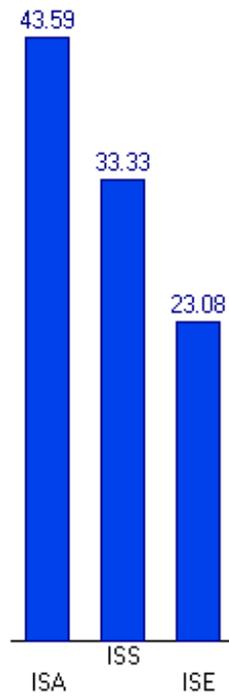
Figura 5.1. Árvore dos índices de sustentabilidade (objetivos estratégicos)

A ponderação dos índices gerais (objetivos estratégicos) de sustentabilidade ambiental (ISA), social (ISS) e econômica (ISE) foi feita por meio da matriz de julgamentos indicada na Figura 5.2.

	[ ISA ]	[ ISS ]	[ ISE ]	[ tudo inf. ]
[ ISA ]	nula	forte	mt. forte	extrema
[ ISS ]		nula	fort-mfort	extrema
[ ISE ]			nula	extrema
[ tudo inf. ]				nula

Figura 5.2. Matriz de julgamentos para definição de pesos dos índices de sustentabilidade (objetivos estratégicos)

Os pesos dos índices estão indicados na Figura 5.3.



*Figura 5.3. Pesos dos índices de sustentabilidade (objetivos estratégicos)*

### **5.2.2 Índice de sustentabilidade ambiental**

A Figura 5.4 ilustra o mapa cognitivo congregado dos especialistas relativo aos critérios (indicadores) de sustentabilidade ambiental adequados ao contexto.

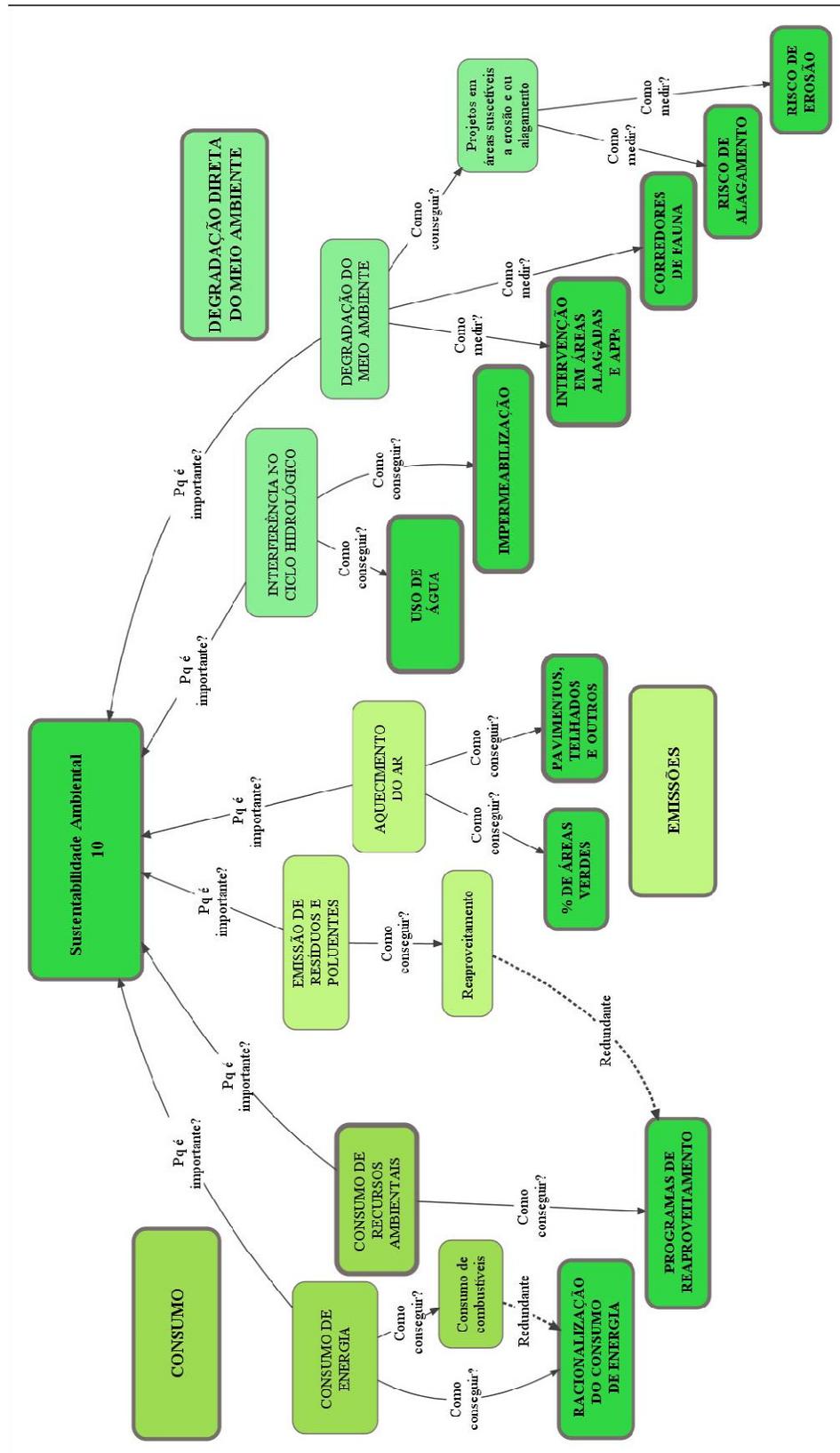


Figura 5.4. Mapa cognitivo congregado de sustentabilidade ambiental

Destaca-se, neste mapa, a percepção do grupo sobre a importância do recurso hídrico como elemento principal de sustentabilidade. Esta percepção gerou, inclusive, um indicador (critério) específico para o uso da água.

Na Figura 5.5, estão indicados os objetivos fim do mapa cognitivo apresentado na Figura 5.4. O termo “intervenção” na Figura 5.5 indica o mesmo objetivo fim que aparece como “degradação” na Figura 5.4. Este objetivo fim está abreviado como “IDEGR” nas Figuras 5.6 e 5.7.

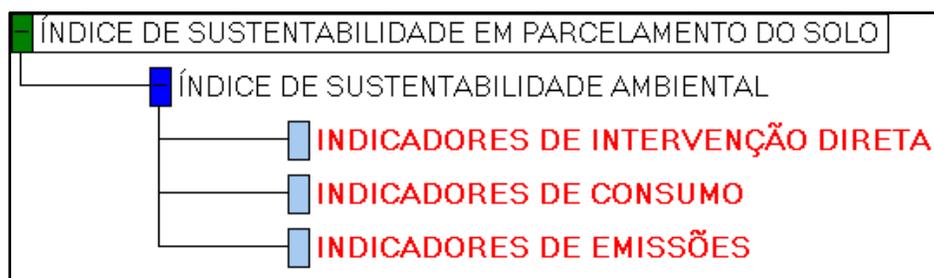


Figura 5.5. *Árvore de índices de sustentabilidade ambiental (objetivos fim)*

A ponderação dos índices de sustentabilidade ambiental (objetivos fim) foi feita por meio da matriz de julgamentos indicada na Figura 5.6. Os objetivos fim de “consumo” e “emissões” estão abreviados, respectivamente, como “ICONS” e “IEMISSÃO” nas Figuras 5.6 e 5.7

	[ IDEGR ]	[ ICONS ]	[ IEMISSÃO ]	[ tudo inf. ]
[ IDEGR ]	nula	extrema	extrema	extrema
[ ICONS ]		nula	nula	extrema
[ IEMISSÃO ]		nula	nula	extrema
[ tudo inf. ]				nula

Figura 5.6. *Matriz de julgamento para definição dos pesos relativos dos índices de sustentabilidade ambiental (objetivos fim)*

Os pesos dos índices de sustentabilidade ambiental estão indicados na Figura 5.7.

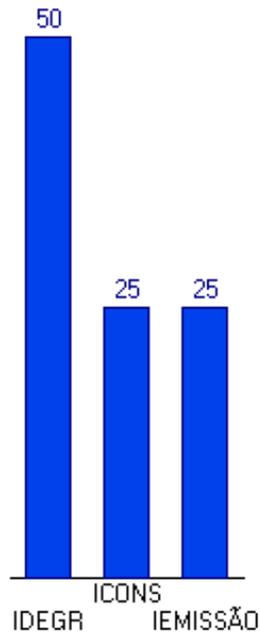


Figura 5.7. Pesos dos índices de sustentabilidade ambiental (objetivos fim)

### 5.2.3 Indicadores de sustentabilidade ambiental

#### Intervenção (degradação) direta

A Figura 5.8 apresenta os indicadores (objetivos meio) relativos ao índice de sustentabilidade ambiental “intervenção direta” (também indicado como “degradação direta” ou, simplesmente, “degradação”).

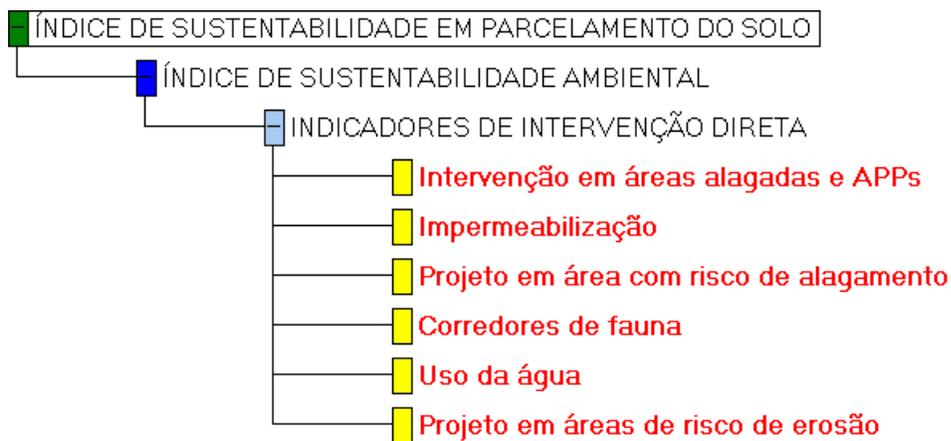


Figura 5.8. Árvore de indicadores de intervenção direta (objetivos meio)

Os indicadores de intervenção direta (degradação) estão indicados nas Figuras 5.9 e 5.10 como as seguintes abreviações:

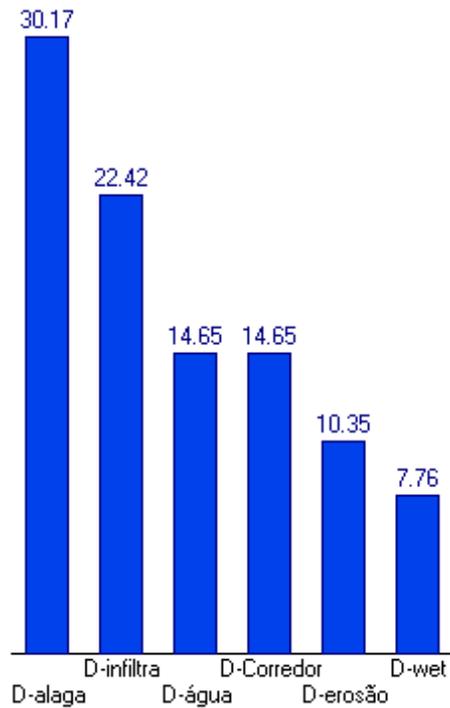
- Intervenções em áreas alagadas e APPs: “D-wet”;
- Impermeabilização: “D-infiltra”;
- Projeto em área com risco de alagamento: D-alaga”;
- Corredores de fauna: “D-corredor”;
- Uso da água: “D-água”, e;
- Projeto em áreas de risco de erosão: “D-erosão”.

A ponderação dos indicadores de intervenção direta (objetivos meio) foi feita por meio da matriz de julgamentos indicada na Figura 5.9.

	[ D-alaga ]	[ D-infiltra ]	[ D-água ]	[ D-Corredor ]	[ D-erosão ]	[ D-wet ]	[ tudo inf. ]
[ D-alaga ]	nula	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema
[ D-infiltra ]		nula	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema
[ D-água ]			nula	nula	fort-mfort	mt. forte	extrema
[ D-Corredor ]			nula	nula	mt. forte	mt. forte	extrema
[ D-erosão ]					nula	moderada	extrema
[ D-wet ]						nula	extrema
[ tudo inf. ]							nula

*Figura 5.9. Matriz de julgamento para definição dos pesos relativos dos indicadores de intervenção direta (degradação) (objetivos meio)*

Os pesos dos indicadores de intervenção direta (degradação) estão indicados na Figura 5.10.



*Figura 5.10. Pesos dos indicadores de intervenção direta (degradação) para a sustentabilidade ambiental*

O indicador de “intervenção em áreas alagadas e APPs” teve a base de comparação desenvolvida, para definição dos valores de desempenho, em função do percentual de áreas alagadas e APPs com intervenção.

Os valores de referência, níveis “NEUTRO” e “BOM, foram definidos, respectivamente, como 10% (dez por cento) e 0% (zero por cento).

A Figura 5.11 mostra a matriz de julgamentos, da qual se extraiu os valores de desempenho para o indicador “intervenção em áreas alagadas e APPs” na escala padronizada.

	0	10	20	30
0	nula	extrema	extrema	extrema
10		nula	extrema	extrema
20			nula	extrema
30				nula

Figura 5.11. Matriz de julgamento para definição dos valores de desempenho do indicador “intervenção em áreas alagadas e APPs”

A Figura 5.12 apresenta o gráfico representativo da função de valor extraída da matriz de julgamentos ilustrada na Figura 5.11.

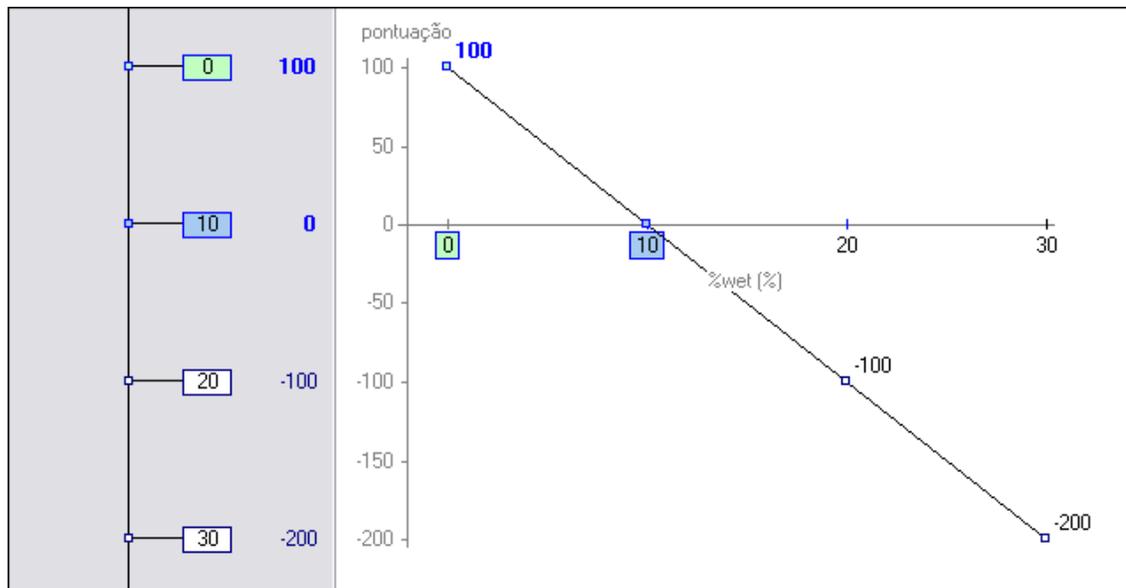


Figura 5.12. Função de valor para o indicador de “intervenção em áreas alagadas e APPs”

O indicador de “impermeabilização” teve a base de comparação desenvolvida, para definição dos valores de desempenho, em função do percentual de mitigação do volume de escoamento superficial provocado, diretamente, pela impermeabilização do solo. Para propiciar a infiltração de águas pluviais a fim de se manter as vazões de base, por meio da recarga das águas subterrâneas e, também, se evitar eventos de cheias (inundações)

Os valores de referência, níveis “NEUTRO” e “BOM, foram definidos, respectivamente, como 50% (cinquenta por cento) e 100% (cem por cento) de mitigação da impermeabilização resultante do empreendimento.

A Figura 5.13 mostra a matriz de julgamentos, da qual se extraiu os valores de desempenho para o indicador “impermeabilização” na escala padronizada.

	100	80	65	50	35	20	0
100	nula	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema
80		nula	forte	mt. forte	extrema	extrema	extrema
65			nula	forte	extrema	extrema	extrema
50				nula	forte	extrema	extrema
35					nula	forte	extrema
20						nula	extrema
0							nula

Figura 5.13. Matriz de julgamento para definição dos valores de desempenho do indicador “impermeabilização”

A Figura 5.14 apresenta o gráfico representativo da função de valor extraída da matriz de julgamentos ilustrada na Figura 5.13.

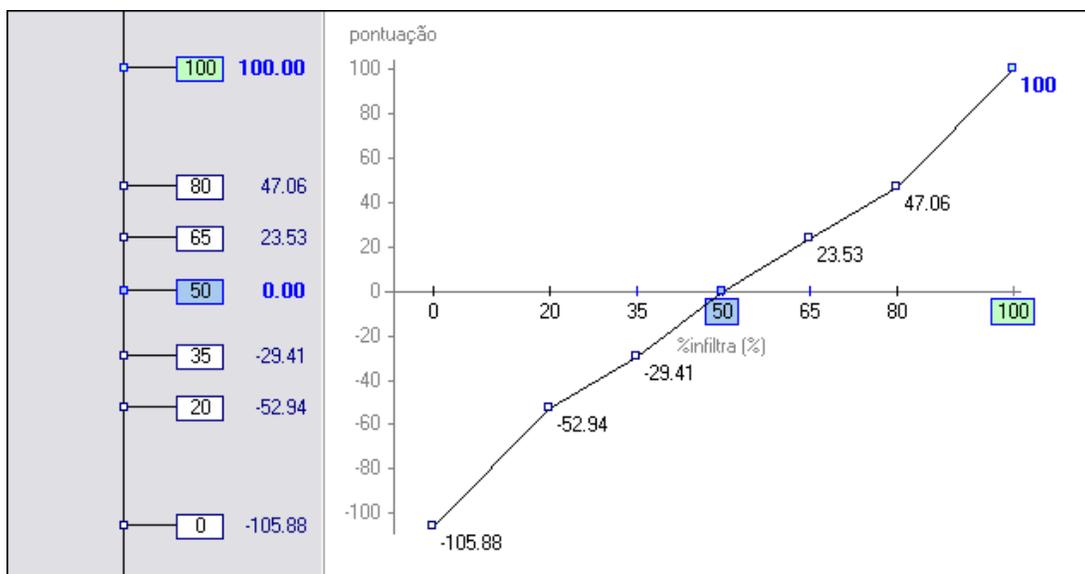


Figura 5.14. Função de valor para o indicador de “impermeabilização”

O indicador “projeto em área com risco de alagamento” teve a base de comparação desenvolvida, para definição dos valores de desempenho, conforme apresentado na Tabela 5.2.

*Tabela 5.2. Descritores do indicador “projeto em área com risco de alagamento”*

<b>Abreviação</b>	<b>Descritores de desempenho</b>	<b>Níveis de referência</b>
risco-alaga-nulo	Projeto em área sem risco de alagamento	BOM
risco-alaga-baixo	Projeto em área com baixo risco de alagamento e obras de contenção	NEUTRO
risco-alaga-bx-sem	Projeto em área com baixo risco de alagamento sem obras de contenção	
risco-alaga-med-sem	Projeto em área de médio risco de alagamento sem obras de contenção	
risco-alaga--med-com	Projeto em área com médio risco de alagamento e obras de contenção	
risco-alaga-alto	Projeto em áreas de alto risco de alagamento	

A ponderação dos níveis de desempenho do indicador “projeto em área com risco de alagamento” foi feita por meio da matriz de julgamentos indicada na Figura 5.15.

	risco-alaga-nulo	risco-alaga-baixo	risco-alaga-med-com	risco-alaga-bx-sem	risco-alaga-med-sem	risco-alaga-alto
risco-alaga-nulo	nula	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema
risco-alaga-baixo		nula	extrema	extrema	extrema	extrema
risco-alaga-med-com			nula	nula	extrema	extrema
risco-alaga-bx-sem			nula	nula	extrema	extrema
risco-alaga-med-sem					nula	extrema
risco-alaga-alto						nula

Figura 5.15. Matriz de julgamento para definição dos valores de desempenho do indicador “projeto em área com risco de alagamento”

A função de valor resultante (também denominada de “termômetro” por BANA e COSTA; De DORTE; VANSNICK, 2005) para o indicador “projeto em área com risco de alagamento” está indicada na Figura 5.16.

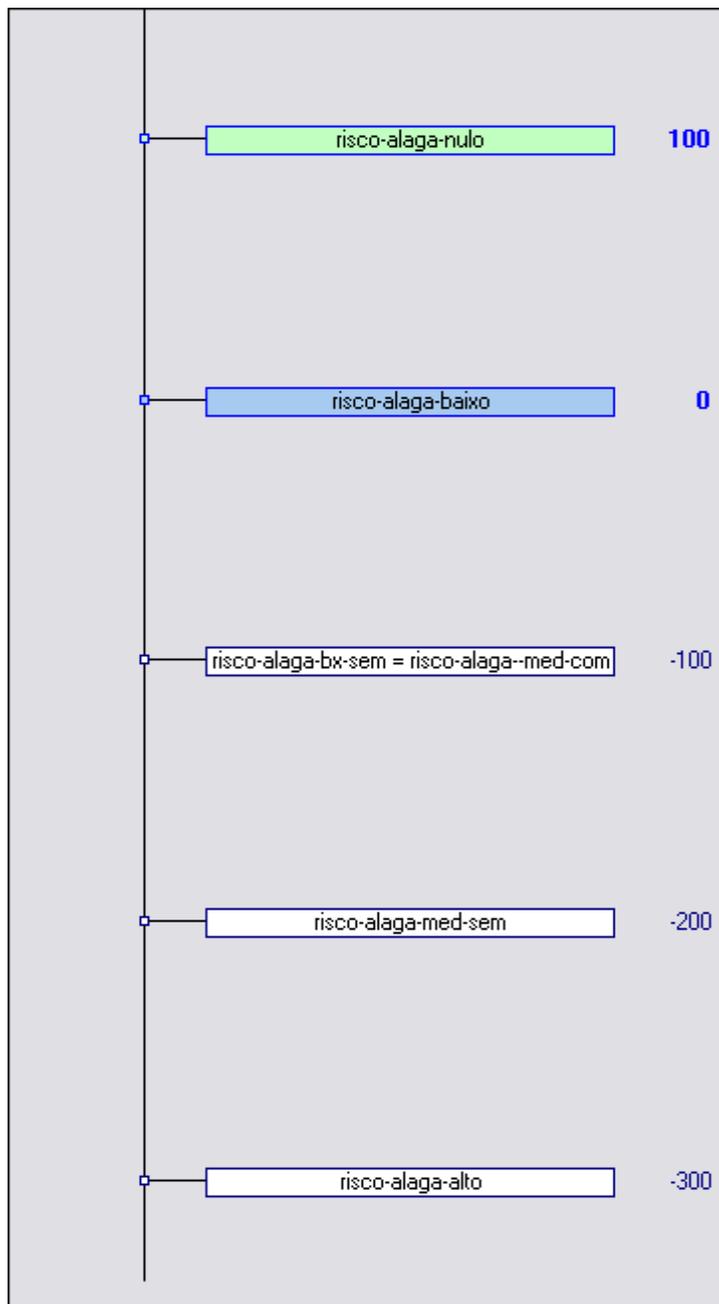


Figura 5.16. Função de valor para o indicador “projeto em área com risco de alagamento”

O indicador “corredor de fauna” teve uma base de comparação binária: ter ou não ter corredor de fauna; em que “ter corredor de fauna ligando todos os fragmentos” indica o nível “BOM”, e; “não ter corredor de fauna” indica o nível “NEUTRO”.

Desta forma, a matriz de julgamento e a função de valor para o indicador “corredor de fauna” são dadas, respectivamente, pelas Figuras 5.17 e 5.18.

	Corr-100%	Corr-zero
Corr-100%	nula	positiva
Corr-zero		nula

Figura 5.17. Matriz de julgamento para definição dos valores de desempenho do indicador “corredor de fauna”



Figura 5.18. Função de valor para o indicador “corredor de fauna”

O indicador “uso da água” teve a base de comparação desenvolvida, para definição dos valores de desempenho, conforme apresentado na Tabela 5.3.

*Tabela 5.3. Descritores do indicador “uso da água”*

<b>Abreviação</b>	<b>Descritores de desempenho</b>	<b>Níveis de referência</b>
Água-2fases	Programas de otimização nas 2 fases	BOM
Água-opera	Programa de otimização na operação	
Água-implanta	Programa de otimização na implantação	
Nulo	Sem programa de otimização do uso de água	NEUTRO

A ponderação dos níveis de desempenho do indicador “uso da água” foi feita por meio da matriz de julgamentos indicada na Figura 5.19.

	Água-2fases	Água-opera	Água-implanta	Nulo
Água-2fases	nula	forte	mt. forte	extrema
Água-opera		nula	mt. forte	extrema
Água-implanta			nula	extrema
Nulo				nula

*Figura 5.19. Matriz de julgamento para definição dos valores de desempenho do indicador “uso da água”*

A função de valor resultante para o indicador de “uso da água” está indicada na Figura 5.20.

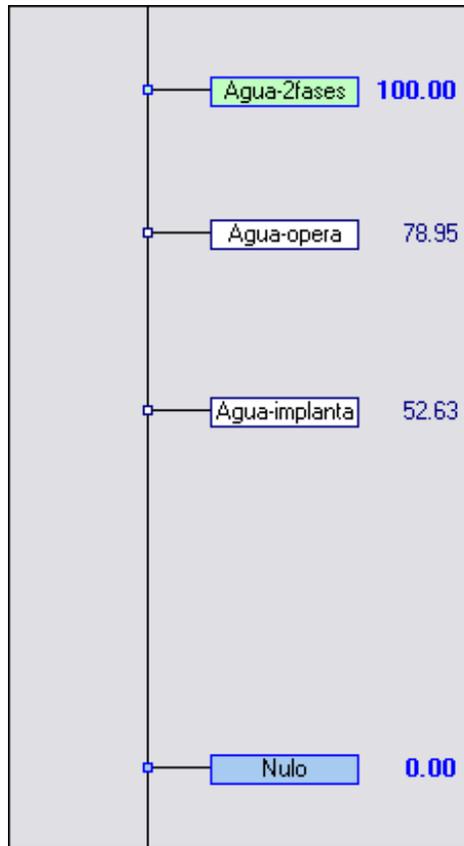


Figura 5.20. Função de valor para o indicador “uso de água”

O indicador “projeto em áreas de risco de erosão” teve a base de comparação desenvolvida, para definição dos valores de desempenho, conforme apresentado na Tabela 5.4.

Tabela 5.4. Descritores do indicador “projeto em áreas de risco de erosão”

Abreviação	Descritores de desempenho	Níveis de referência
risco-ero-mto-baixo	Projeto em área de baixíssimo risco de erosão com controle	BOM
risco-ero-baixo	Projeto em área de baixo risco de erosão com controle	NEUTRO
risco-ero-médio	Projeto em área de médio risco de erosão com controle	
risco-ero-alto	Projeto em área de alto risco de erosão com controle	
risco-ero-mto-alto	Projeto em área de risco altíssimo de erosão com controle	
sem controle	Projeto sem medidas de controle	

A ponderação dos níveis de desempenho do indicador “projeto em área de risco de erosão” foi feita por meio da matriz de julgamentos indicada na Figura 5.21.

	risco-ero-nto-baixo	risco-ero-médio	risco-ero-alto	risco-ero-nto-alto	sem controle
risco-ero-nto-baixo	nula	mt. forte	extrema	extrema	extrema
risco-ero-baixo	nula	mt. forte	extrema	extrema	extrema
risco-ero-médio		nula	mt. forte	extrema	extrema
risco-ero-alto			nula	mt. forte	extrema
risco-ero-nto-alto				nula	extrema
sem controle					nula

Figura 5.21. Matriz de julgamento para definição dos valores de desempenho do indicador “projeto em áreas de risco de erosão”

A função de valor resultante para o indicador “projeto em área de risco de erosão” está indicada na Figura 5.22.

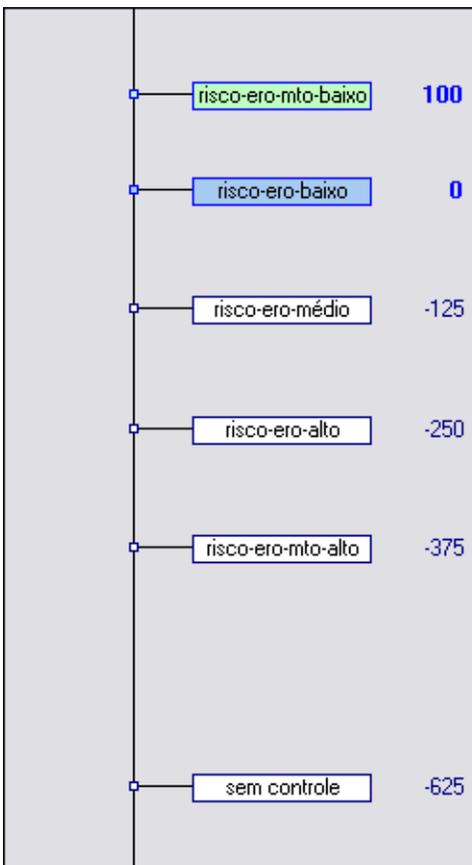


Figura 5.22. Função de valor para o indicador “projeto em áreas de risco de erosão”

### Consumo

A Figura 5.23 apresenta os indicadores (objetivos meio) relativos ao índice de sustentabilidade ambiental “consumo”.

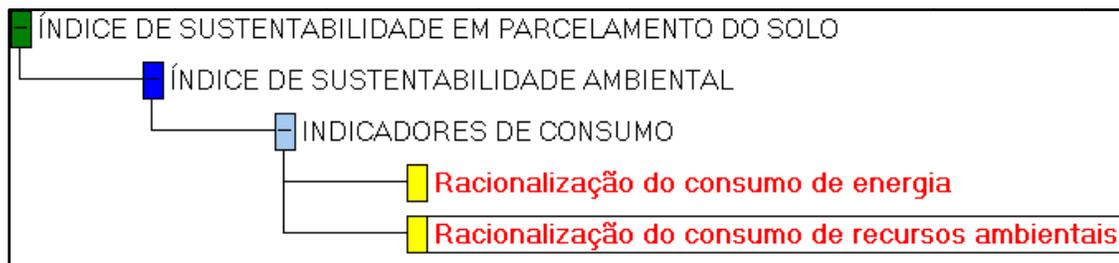


Figura 5.23. Árvore de indicadores de consumo (objetivos meio)

A ponderação dos indicadores de consumo (objetivos meio) foi feita por meio da matriz de julgamentos indicada na Figura 5.24, na qual o indicador “racionalização do consumo de energia” está abreviado como “C-ener” e o indicador “racionalização do consumo de recursos ambientais” está abreviado como “C-mat”.

	[ C-mat ]	[ C-ener ]	[ tudo inf. ]
[ C-mat ]	nula	nula	extrema
[ C-ener ]	nula	nula	extrema
[ tudo inf. ]			nula

Figura 5.24. Matriz de julgamento para definição dos pesos relativos dos indicadores de consumo (objetivos meio)

Os pesos dos indicadores de consumo estão indicados na Figura 5.25.

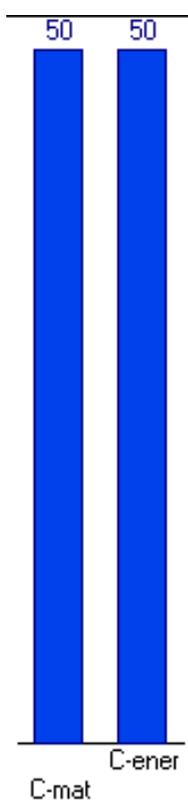


Figura 5.25. Pesos dos indicadores de consumo para a sustentabilidade ambiental

O indicador “racionalização do consumo de energia” teve a base de comparação desenvolvida, para definição dos valores de desempenho, conforme indicada na Tabela 5.5.

*Tabela 5.5. Descritores do indicador “racionalização do consumo de energia”*

<b>Abreviação</b>	<b>Descritores de desempenho</b>	<b>Níveis de referência</b>
progr-2fases	Possui programas em ambas as fases	BOM
prog-opera	Possui programas de racionalização na fase de operação	
progr-implanta	Possui programa de racionalização apenas na implantação	
Nulo	Não possui programas de racionalização de energia	NEUTRO

A ponderação dos níveis de desempenho do indicador “racionalização do consumo de energia” foi feita por meio da matriz de julgamentos indicada na Figura 5.26.

	progr-2fases	prog-opera	progr-implanta	nulo
progr-2fases	nula	forte	mt. forte	extrema
prog-opera		nula	mt. forte	extrema
progr-implanta			nula	mfort-extr
nulo				nula

*Figura 5.26. Matriz de julgamento para definição dos valores de desempenho do indicador “racionalização do consumo de energia”*

A função de valor resultante para o indicador “racionalização do consumo de energia” está indicada na Figura 5.27.

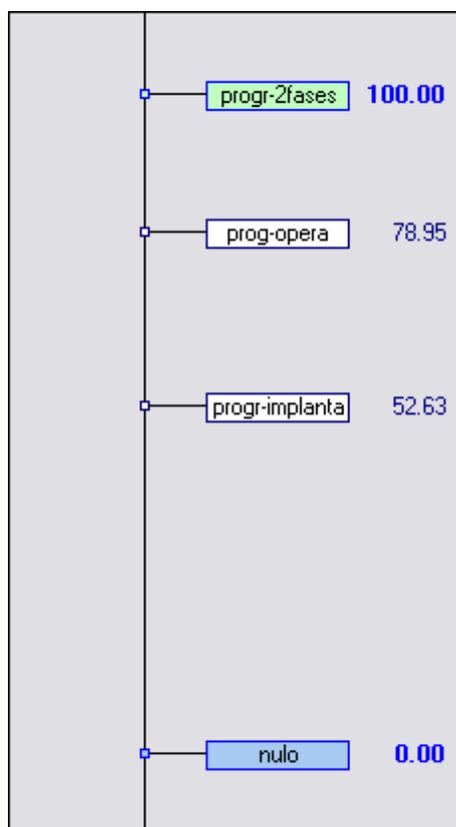


Figura 5.27. Função de valor para o indicador “racionalização do consumo de energia”

O indicador de racionalização do consumo de recursos ambientais teve a base de comparação desenvolvida, para definição dos valores de desempenho, conforme indicada na Tabela 5.6.

Tabela 5.6. Descritores do indicador “racionalização do consumo de recursos ambientais”

Abreviação	Descritores de desempenho	Níveis de referência
Recicla-2fases	Ambos os programas	BOM
Progr-recicla-opera	Programa de reciclagem na operação	
Progr-reapr-implanta	Possui programa de reaproveitamento (5R) na fase de implantação	
Nulo	Não possui qualquer programa de reaproveitamento de materiais	NEUTRO

A ponderação dos níveis de desempenho do indicador “racionalização do consumo de recursos ambientais” foi feita por meio da matriz de julgamentos indicada na Figura 5.28.

	Recicla-2fases	Progr-recicla-opera	Progr-reapr-implanta	Nulo
Recicla-2fases	nula	mt. forte	mt. forte	extrema
Progr-recicla-opera		nula	mt. forte	extrema
Progr-reapr-implanta			nula	extrema
Nulo				nula

Figura 5.28. Matriz de julgamento para definição dos valores de desempenho do indicador “racionalização do consumo de recursos ambientais”

A função de valor resultante para o indicador “racionalização do consumo de recursos ambientais” está indicada na Figura 5.29.

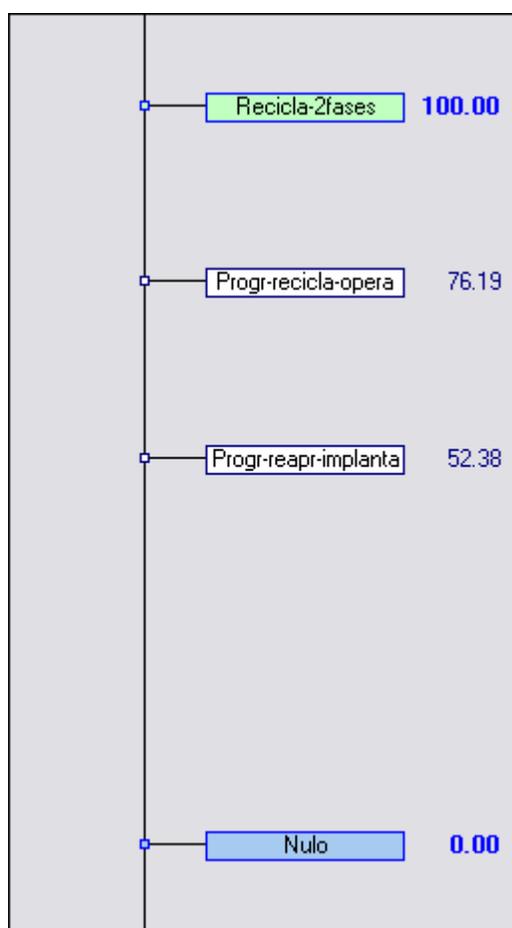


Figura 5.29. Função de valor para o indicador “racionalização do consumo de recursos ambientais”

## Emissões

A Figura 5.30 apresenta os indicadores (objetivos meio) relativos ao índice de sustentabilidade ambiental “emissões”.

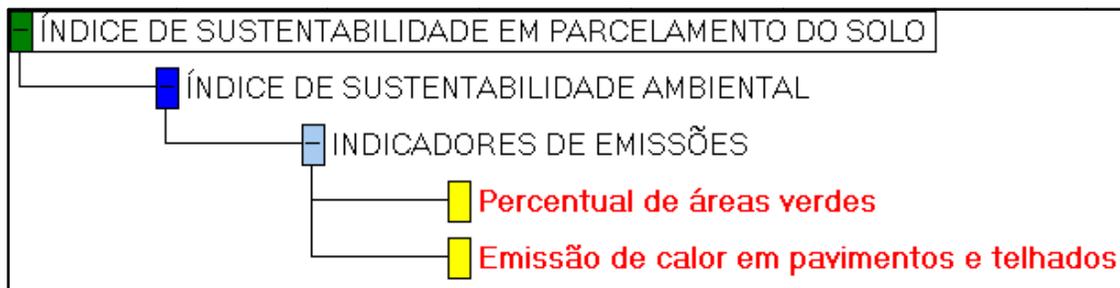


Figura 5.30. Árvore de indicadores de emissões (objetivos meio)

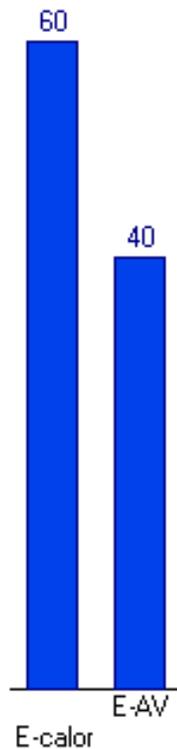
A ponderação dos indicadores de consumo (objetivos meio) foi feita por meio da matriz de julgamentos indicada na Figura 5.31.

Nas Figuras 5.31 e 5.32, o indicador “percentual de áreas verdes” aparece abreviado como “E-AV” e o indicador de “emissão de calor em pavimentos e telhados” está indicado como “E-calor”.

	[ E-calor ]	[ E-AV ]	[ tudo inf. ]
[ E-calor ]	nula	moderada	extrema
[ E-AV ]		nula	extrema
[ tudo inf. ]			nula

Figura 5.31. Matriz de julgamento para definição dos pesos relativos dos indicadores de emissão (objetivos meio)

Os pesos dos indicadores de emissões estão indicados na Figura 5.32.



*Figura 5.32. Pesos dos indicadores de emissões para a sustentabilidade ambiental*

Para o indicador “percentual de áreas verdes” foram definidos, como base de comparação, valores percentuais de área verde em relação à área total do empreendimento.

Os valores de referências foram, respectivamente, 20% (vinte por cento) para o nível “NEUTRO” e 40% (quarenta por cento) para o nível “BOM”.

A Figura 5.33 ilustra a matriz de julgamentos para definição da função de valor para o indicador “percentual de áreas verdes”.

	80	70	60	50	40	35	25	20
80	nula	forte	mt. forte	mt. forte	extrema	extrema	extrema	extrema
70		nula	forte	mt. forte	mt. forte	extrema	extrema	extrema
60			nula	forte	mt. forte	mt. forte	extrema	extrema
50				nula	forte	mt. forte	extrema	extrema
40					nula	forte	mt. forte	extrema
35						nula	forte	mt. forte
25							nula	forte
20								nula

Figura 5.33. Matriz de julgamento para definição dos valores de desempenho do indicador “percentual de áreas verdes”

A Figura 5.34 apresenta a função de valor resultante para o indicador “percentual de áreas verdes”.

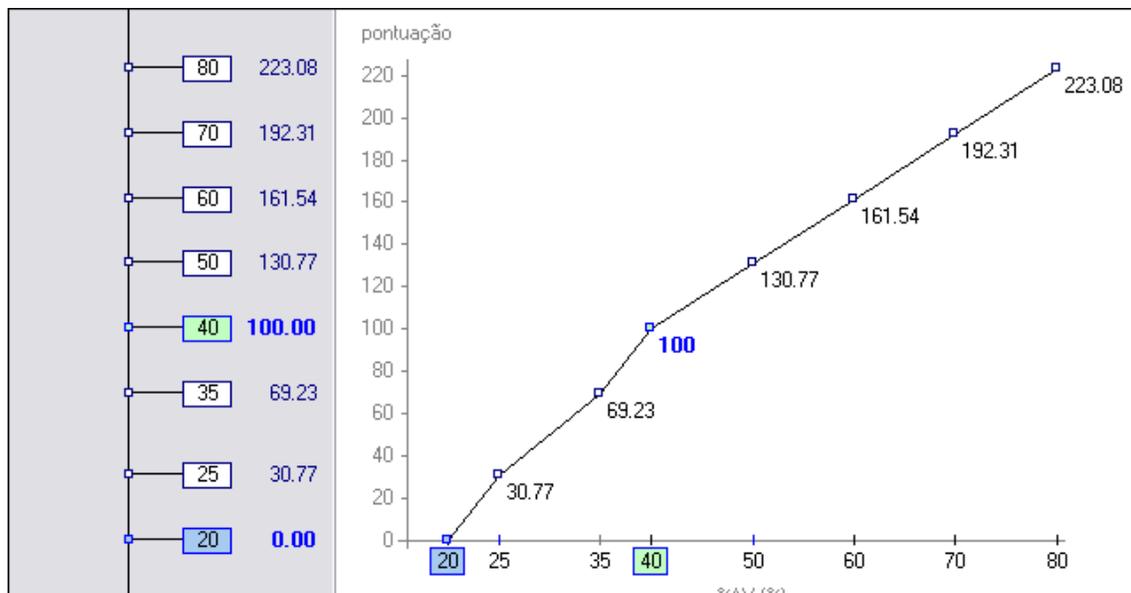


Figura 5.34. Função de valor para o indicador “percentual de áreas verdes”

O indicador “emissão de calor em pavimentos e telhados” teve a base de comparação desenvolvida, para definição dos valores de desempenho, conforme indicada na Tabela 5.7.

*Tabela 5.7. Descritores do indicador “emissão de calor em pavimentos e telhados”*

<b>Abreviação</b>	<b>Descritores de desempenho</b>	<b>Níveis de referência</b>
E-3fatores	Em 3 fatores	
E-pav+telha	Pavimentos e telhados de menor emissão de calor em relação ao convencional	BOM
E-Pav+outros	Pavimentos + outros	
E-pav	Pavimentos alternativos ao asfalto (menor emissão de calor)	
E-telha+outros	Em telhados e outros	
E-telha	Telhados de menor emissão de calor (ex. telhado verde)	
E-outro	Outras alternativas de menor emissão (paredes, passeios etc.)	
Nulo	Pavimento asfáltico e telhados convencionais	NEUTRO

A ponderação dos níveis de desempenho do indicador “emissão de calor em pavimentos e telhados” foi feita por meio da matriz de julgamentos indicada na Figura 5.35.

	E-3fatores	E-pav+telha	E-Pav+outros	E-pav	E-telha+outros	E-telha	E-outro	Nulo
E-3fatores	nula	moderada	forte	mt. forte	mt. forte	extrema	extrema	extrema
E-pav+telha		nula	moderada	forte	mt. forte	mt. forte	extrema	extrema
E-Pav+outros			nula	forte	mt. forte	mt. forte	extrema	extrema
E-pav				nula	forte	mt. forte	extrema	extrema
E-telha+outros					nula	mod-foit	mt. forte	extrema
E-telha						nula	forte	extrema
E-outro							nula	forte
Nulo								nula

Figura 5.35. Matriz de julgamento para definição dos valores de desempenho do indicador “emissão de calor em pavimentos e telhados”

A Figura 5.36 apresenta a função de valor resultante para o indicador “emissão de calor em pavimentos e telhados”.

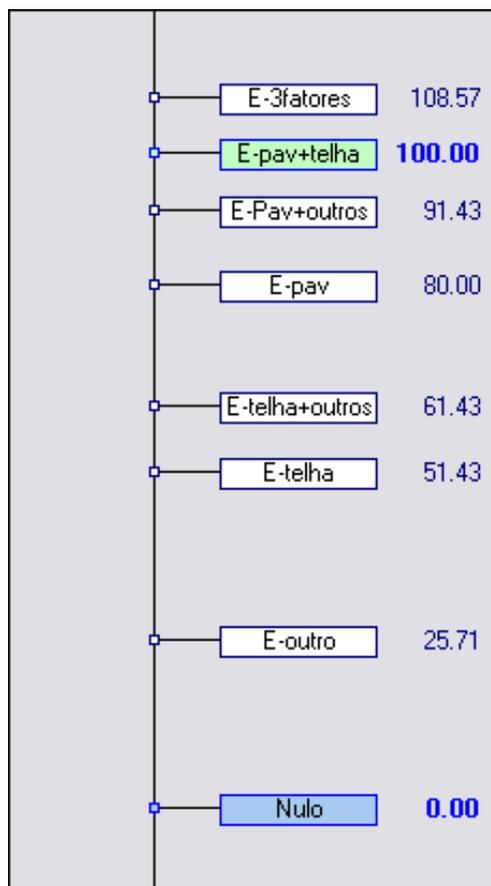


Figura 5.36. Função de valor para o indicador “emissão de calor em pavimentos e telhados”

#### 5.2.4 Índices de sustentabilidade social

A Figura 5.37 ilustra o mapa cognitivo congregado dos especialistas relativo aos critérios (indicadores) de sustentabilidade social adequados ao contexto.

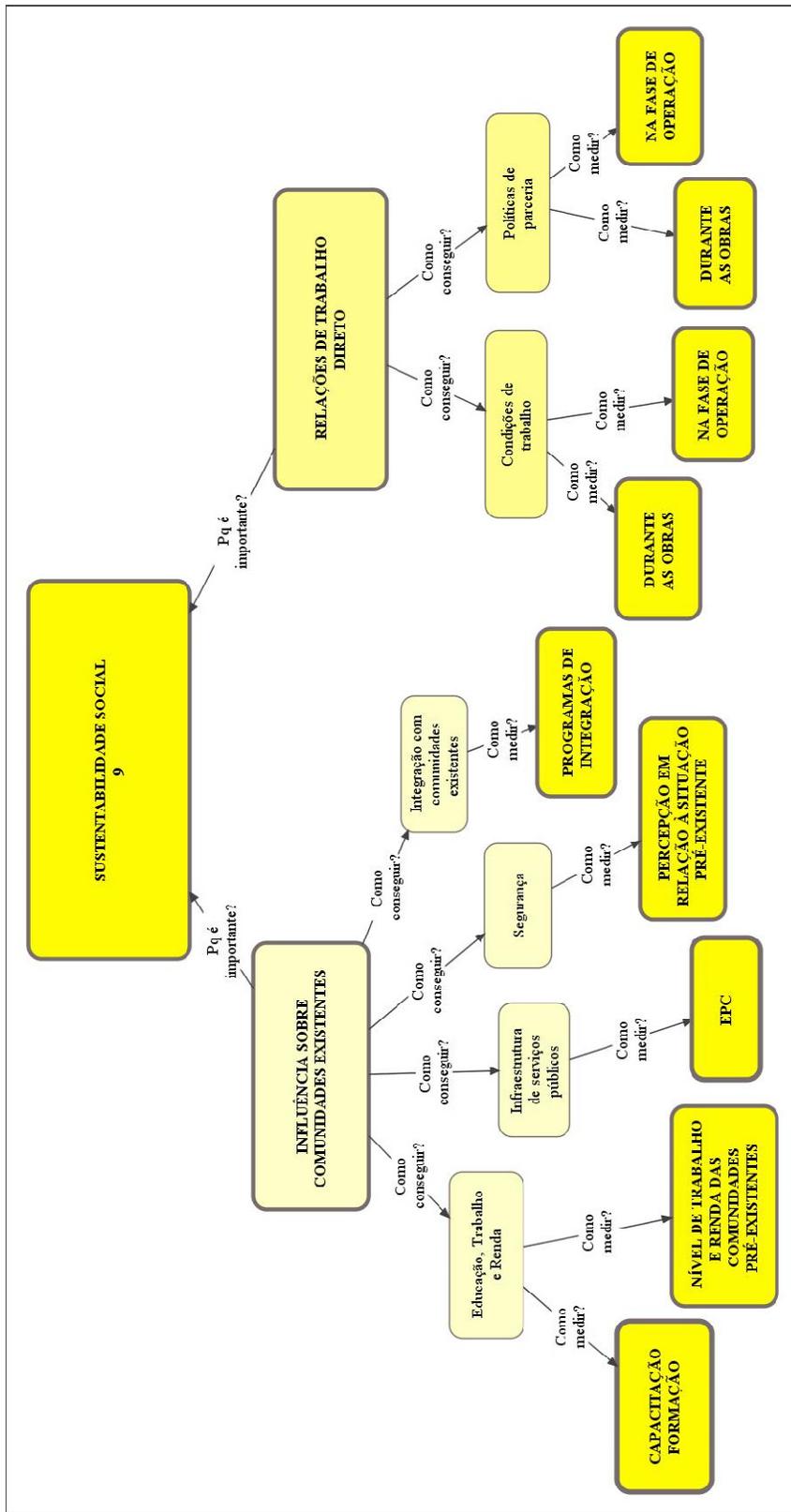


Figura 5.37. Mapa cognitivo congregado de sustentabilidade social

Na Figura 5.38, estão indicados os objetivos fim do mapa cognitivo apresentado na Figura 5.39.

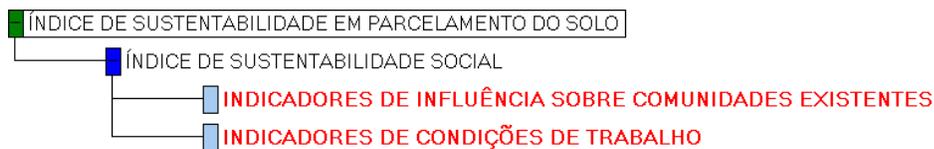


Figura 5.38. *Árvore de índices de sustentabilidade ambiental (objetivos fim)*

A ponderação dos índices de sustentabilidade social (objetivos fim) foi feita por meio da matriz de julgamentos indicada na Figura 5.39. Os objetivos fim de “influência sobre comunidades existentes” e “condições de trabalho” estão abreviados, respectivamente, como “INFLUI” e “ITRAB” nas Figuras 5.39 e 5.40.

	[ ITRAB ]	[ INFLUI ]	[ tudo inf. ]
[ ITRAB ]	nula	mt. forte	extrema
[ INFLUI ]		nula	extrema
[ tudo inf. ]			nula

Figura 5.39. *Matriz de julgamento para definição dos pesos relativos dos índices de sustentabilidade social (objetivos fim)*

Os pesos dos índices de sustentabilidade social estão indicados na Figura 5.40.

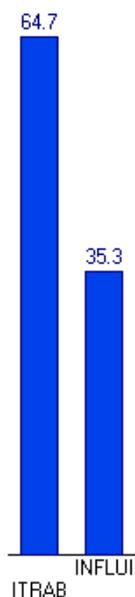


Figura 5.40. *Pesos dos índices de sustentabilidade social (objetivos fim)*

### 5.2.5 Indicadores de sustentabilidade social

#### Influência sobre comunidades existentes

A Figura 5.41 apresenta os indicadores (objetivos meio) relativos ao índice de sustentabilidade social “influência sobre comunidades existentes”.

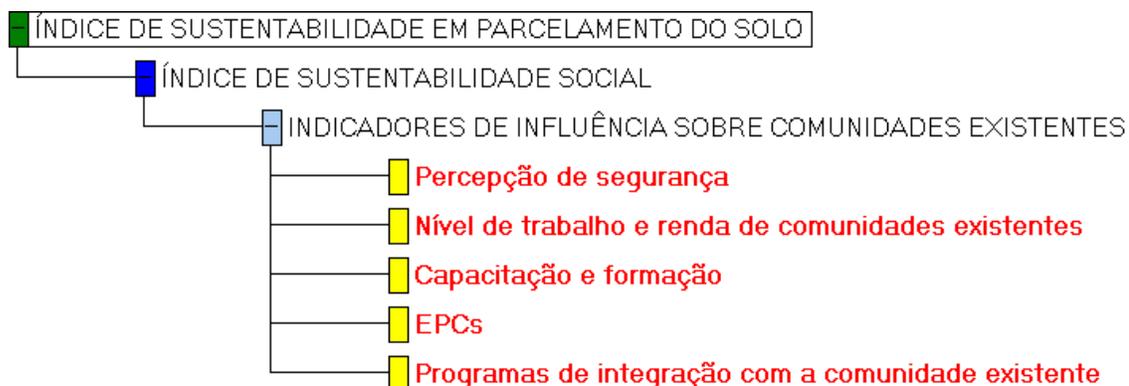


Figura 5.41. Árvore de indicadores de influência sobre comunidades existentes (objetivos meio)

A ponderação dos indicadores de influência sobre comunidades existentes (objetivos meio) foi feita por meio da matriz de julgamentos indicada na Figura 5.42.

Nas Figuras 5.42 e 5.43, os indicadores sociais relativos à “influência sobre comunidades existentes” aparecem abreviados como:

- Percepção de segurança: “S-seg”;
- Nível de trabalho e renda de comunidades existentes: “S-trab”;
- Capacitação e formação: “S-capacita”;
- EPCs: “S-epc”;
- Programas de integração com a comunidade existente: “S-integra”.

Na Figura 5.42 está representada a matriz de julgamentos para definição dos pesos relativos dos indicadores (objetivos meio) de sustentabilidade social que compõem o índice “influência sobre comunidades existentes”.

	[ S-seg ]	[ S-trab ]	[ S-capacita ]	[ S-integra ]	[ S-epc ]	[ tudo inf. ]
[ S-seg ]	nula	forte	mt. forte	mt. forte	extrema	extrema
[ S-trab ]		nula	forte	mt. forte	extrema	extrema
[ S-capacita ]			nula	forte	mt. forte	extrema
[ S-integra ]				nula	mt. forte	extrema
[ S-epc ]					nula	extrema
[ tudo inf. ]						nula

Figura 5.42. Matriz de julgamento para definição dos pesos dos indicadores de sustentabilidade social de “influência sobre comunidades existentes”

Na Figura 5.43 são apresentados os pesos resultantes da matriz de julgamentos da Figura 5.42.

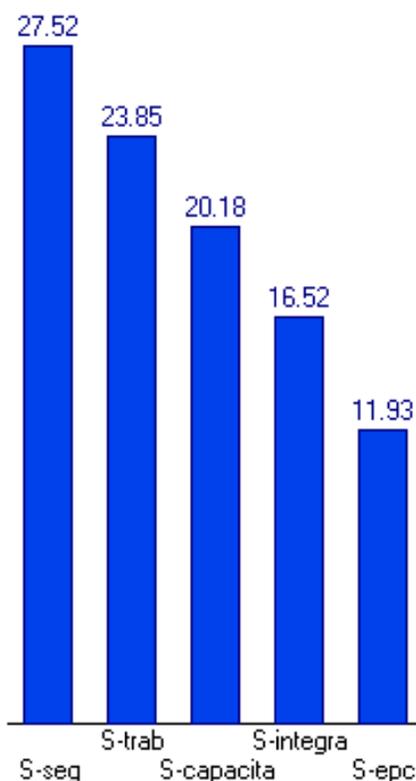


Figura 5.43. Pesos relativos dos indicadores de sustentabilidade social relativos ao índice de “influência sobre comunidades existentes”

O indicador social “percepção de segurança” – para as comunidades existentes e “novas” – foi desenvolvido tendo como base de comparação os níveis de desempenho apresentados na Tabela 5.8.

*Tabela 5.8. Descritores do indicador “percepção de segurança”*

Abreviação	Descritores de desempenho	Níveis de referência
+seg	Aumenta a percepção de segurança	BOM
Nulo	Percepção de segurança não se altera	NEUTRO
-seg	Diminui a percepção de segurança	

A matriz de julgamentos para definição dos valores de desempenho dos diversos níveis foi definida conforme apresentado na Figura 5.44.

	+seg	Nulo	-seg
+seg	nula	extrema	extrema
Nulo		nula	extrema
-seg			nula

*Figura 5.44. Matriz de julgamentos para definição dos valores de desempenho do indicador “percepção de segurança”*

A Figura 5.45 ilustra a função de valor para o indicador “percepção de segurança”.

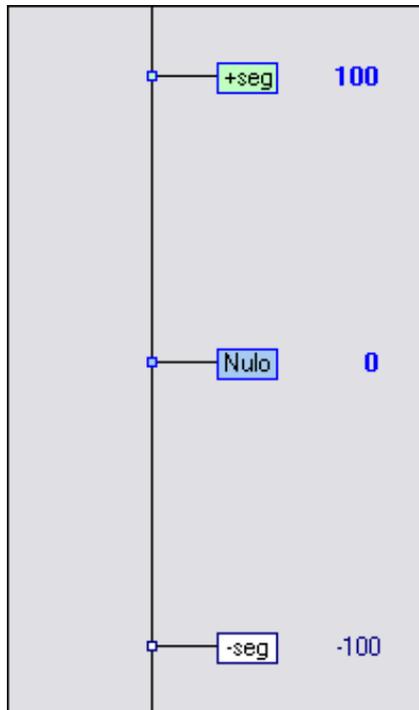


Figura 5.45. Função de valor para o indicador “percepção de segurança”

O indicador “nível de trabalho e renda das comunidades existentes” teve como base de comparação, para estabelecer os valores de desempenho, níveis relativos a percentuais de variação em relação à situação pré-existente. Sendo que para os níveis “NEUTRO” e “BOM” foram estabelecidos, respectivamente, os valores de 0% (zero por cento) e 10% (dez por cento) de alteração em relação ao nível pré-existente.

A Figura 5.46 ilustra a matriz de julgamentos para definição dos valores de desempenho na escala padronizada.

	30	20	10	0	-10
30	nula	mt. forte	extrema	extrema	extrema
20		nula	extrema	extrema	extrema
10			nula	mt. forte	extrema
0				nula	extrema
-10					nula

Figura 5.46. Matriz de julgamentos para estabelecer os valores de desempenho para o indicador “nível de trabalho e renda das comunidades existentes”

A Figura 5.47 apresenta a função de valor para o indicador social “nível de trabalho e renda das comunidades existentes”.

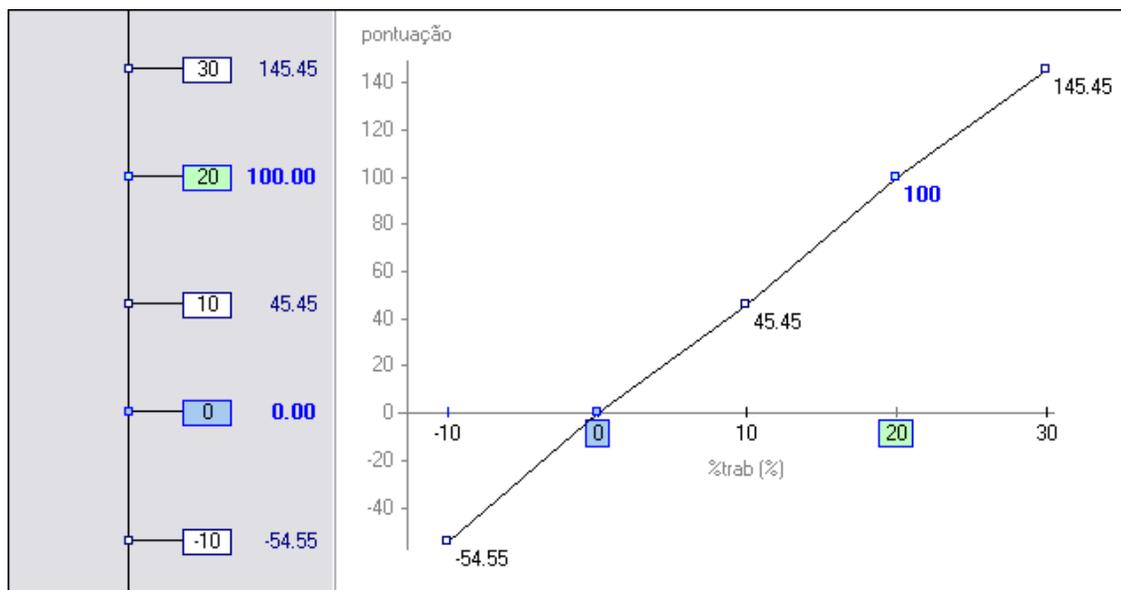


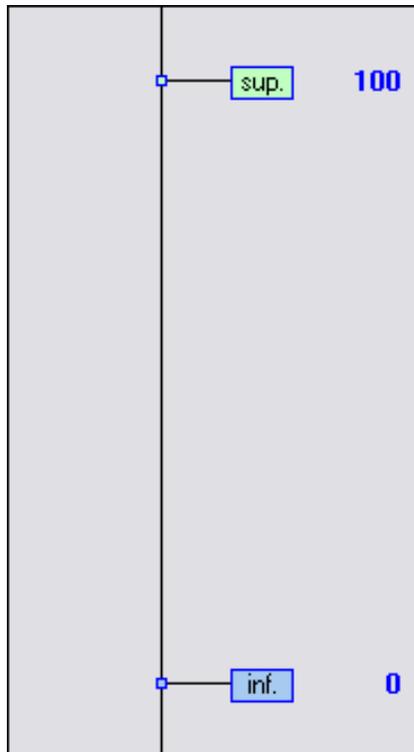
Figura 5.47. Função de valor do indicador “nível de trabalho e renda das comunidades existentes”

O indicador social “capacitação e formação” teve uma base de comparação binária: ter ou não ter programas de capacitação e ou formação, o que pode incluir programas de educação ambiental; em que “sup.” indica o nível “BOM” (ter programas de capacitação e ou formação), e; “inf.” indica o nível “NEUTRO” (não ter programas de capacitação e ou formação).

Desta forma, a matriz de julgamento e a função de valor para o indicador “capacitação e formação” são dadas, respectivamente, pelas Figuras 5.48 e 5.49.

	sup.	inf.
sup.	nula	extrema
inf.		nula

Figura 5.48. Matriz de julgamento para definição dos valores de desempenho do indicador “capacitação e formação”



*Figura 5.49. Função de valor para o indicador “capacitação e formação”*

Da mesma forma que o indicador “capacitação e formação”, o indicador “EPC” teve como base de comparação uma função binária, em que o nível “BOM”, identificado por “Edificar”, correspondeu ao aumento da oferta de serviços para a comunidade existente, tais como: creches, postos de saúde, escolas etc., envolvendo edificação e ou ampliação e ou reformas. E o nível “NEUTRO”, identificado como “Lei”, foi estabelecido para os empreendimentos que, simplesmente, cumprem a exigência de doação de 5% (cinco por cento) da área para a implantação de EPC’s.

A Figura 5.50 apresenta a matriz de julgamentos para a definição dos valores do indicador “EPC”.

	Edificar	Lei
Edificar	nula	positiva
Lei		nula

Figura 5.50. Matriz de julgamentos para definição dos valores de desempenho do indicador “EPC”

A Figura 5.51 apresenta a função de valor para o indicador “EPC”.

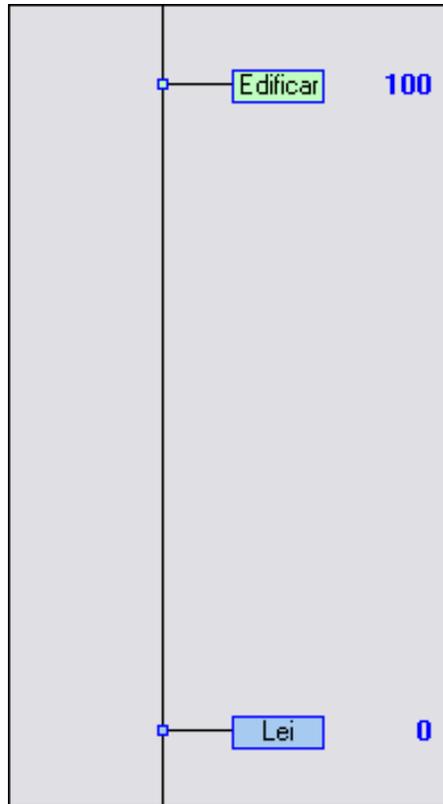


Figura 5.51. Função de valor para o indicador “EPC”

O indicador “programas de integração com a comunidade existente” teve a base de comparação desenvolvida, para definição dos valores de desempenho, conforme apresentado na Tabela 5.9.

Tabela 5.9. *Descritores do indicador “programas de integração com a comunidade existente”*

Abreviação	Descritores de desempenho	Níveis de referência
Progr-organiza	Programa de atividades comuns (inclusive organização)	BOM
Progr-convite	Programas de atividades comuns (como convidado)	
Espaço	Espaços comuns de livre acesso a todos	
Sem integra	Sem qualquer programa de integração ou espaço de uso comum	NEUTRO
perc-neg	Percepção negativa das comunidades existentes quanto à possibilidade de integração (aceitação)	
polit-segrega	Política explícita de segregação (por exemplo, controle "rígido" de acesso)	

A matriz de julgamentos, para o estabelecimento dos valores de desempenho, do indicador “programas de integração com a comunidade existente” está apresentada na Figura 5.52.

	Progr-organiza	Progr-convite	Espaço	Sem integra	perc-neg	polit-segrega
Progr-organiza	nula	forte	mt. forte	extrema	extrema	extrema
Progr-convite		nula	forte	extrema	extrema	extrema
Espaço			nula	extrema	extrema	extrema
Sem integra				nula	extrema	extrema
perc-neg					nula	extrema
polit-segrega						nula

Figura 5.52. *Matriz de julgamentos para estabelecer os valores de desempenho do indicador “programas de integração com a comunidade existente”.*

A função de valor para o indicador “programas de integração com a comunidade existente” está ilustrada na Figura 5.53.

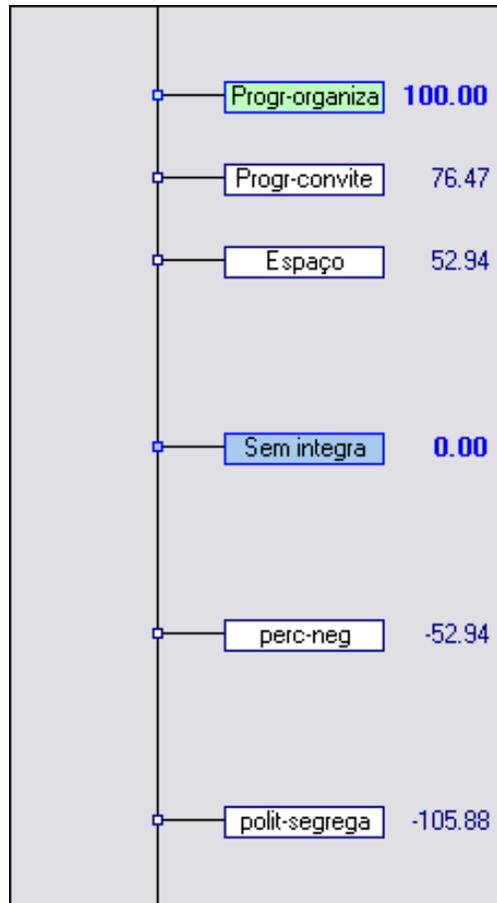


Figura 5.53. Função de valor para o indicador “programas de integração com a comunidade existente”

### Condições de trabalho

A Figura 5.54 apresenta os indicadores (objetivos meio) relativos ao índice de sustentabilidade social “condições de trabalho”.

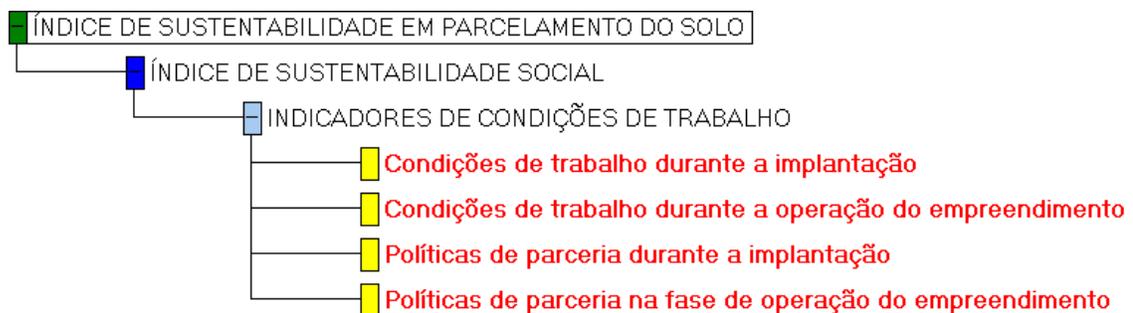


Figura 5.54. Árvore de indicadores de condições de trabalho (objetivos meio)

A ponderação dos indicadores de condições de trabalho (objetivos meio) foi feita por meio da matriz de julgamentos indicada na Figura 5.55.

Nas Figuras 5.55 e 5.56, os indicadores sociais relativos ao índice de “condições de trabalho” aparecem abreviados como:

- Condições de trabalho durante a implantação: “S-trab-implanta”;
- Condições de trabalho durante a operação do empreendimento: “S-trab-opera”;
- Políticas de parcerias durante a implantação: “S-parc-impl”;
- Políticas de parcerias na fase de operação do empreendimento: “S-parc-opera”.

Na Figura 5.55 está representada a matriz de julgamentos para definição dos pesos relativos dos indicadores (objetivos meio) de sustentabilidade social que compõem o índice “condições de trabalho”.

	[ S-trab-implanta ]	[ S-trab-opera ]	[ S-parc-impl ]	[ S-parc-opera ]	[ tudo inf. ]
[ S-trab-implanta ]	nula	nula	mt. forte	extrema	extrema
[ S-trab-opera ]	nula	nula	mt. forte	extrema	extrema
[ S-parc-impl ]			nula	extrema	extrema
[ S-parc-opera ]				nula	extrema
[ tudo inf. ]					nula

*Figura 5.55. Matriz de julgamento para definição dos pesos dos indicadores de sustentabilidade social “condições de trabalho”*

Na Figura 5.56 são apresentados os pesos resultantes da matriz de julgamentos da Figura 5.55.

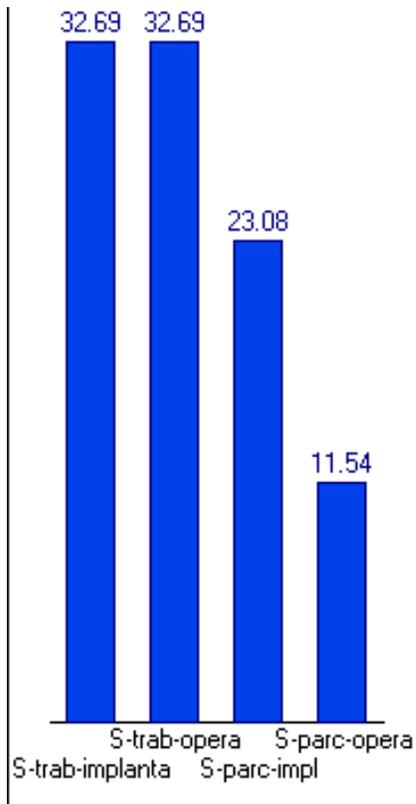


Figura 5.56. Pesos relativos dos indicadores de sustentabilidade social relativos ao índice de “condições de trabalho”

O indicador social “condições de trabalho durante a implantação” foi desenvolvido tendo como base de comparação os níveis de desempenho apresentados na Tabela 5.10.

Tabela 5.10. Descritores do indicador “condições de trabalho durante a implantação”

Abreviação	Descritores de desempenho	Níveis de referência
Bom+benef	Boas condições de trabalho com benefícios adicionais	BOM
Nulo	Boas condições de trabalho	NEUTRO
Ruim	Condições abaixo do exigido por lei	

A matriz de julgamentos para estabelecer os valores de desempenho está apresentada na Figura 5.57.

	Bom+benef	Nulo	Ruim
Bom+benef	nula	extrema	extrema
Nulo		nula	extrema
Ruim			nula

Figura 5.57. Matriz de julgamentos para estabelecer os valores de desempenho do indicador “condições de trabalho durante a implantação”

A função de valor para o indicador “condições de trabalho durante a implantação” está apresentado na Figura 5.58.

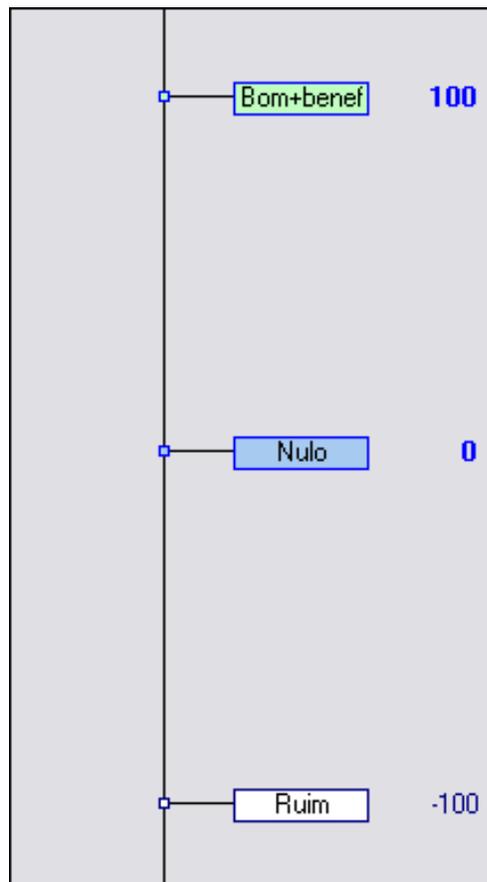


Figura 5.58. Função de valor para o indicador “condições de trabalho durante a implantação”

O indicador social “condições de trabalho durante a operação do empreendimento” foi desenvolvido tendo como base de comparação os níveis de desempenho apresentados na Tabela 5.11.

*Tabela 5.11. Descritores do indicador “condições de trabalho durante a operação do empreendimento”*

<b>Abreviação</b>	<b>Descritores de desempenho</b>	<b>Níveis de referência</b>
Bom+benef	Boas condições de trabalho com benefícios adicionais	BOM
Nulo	Condições satisfatórias	NEUTRO
Ruim	Condições abaixo do exigido por lei	

A matriz de julgamentos do indicador “condições de trabalho durante a operação do empreendimento” está apresentada na Figura 5.59.

	Bom+benef	Nulo	Ruim
Bom+benef	nula	extrema	extrema
Nulo		nula	extrema
Ruim			nula

*Figura 5.59. Matriz de julgamentos para estabelecer os valores de desempenho do indicador “condições de trabalho durante a operação do empreendimento”*

A função de valor do indicador “condições de trabalho durante a operação do empreendimento” está ilustrada na Figura 5.60.

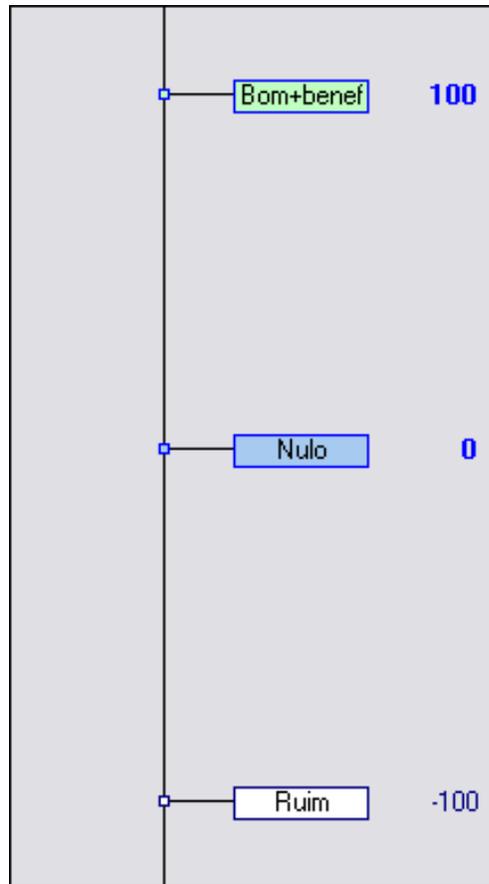


Figura 5.60. Função de valor para o indicador “condições de trabalho durante a operação do empreendimento”

O indicador social “políticas de parceria durante a implantação” foi desenvolvido tendo como base de comparação os níveis de desempenho apresentados na Tabela 5.12.

Tabela 5.12. Descritores do indicador “políticas de parceria durante a implantação”

Abreviação	Descritores de desempenho	Níveis de referência
Bom	Possui política explícita de parcerias	BOM
Nulo	Não possui política explícitas de parcerias, porém tem boa reputação perante fornecedores	NEUTRO
Ruim	Não possui política explícita de parcerias e tem má reputação perante os fornecedores	

A matriz de julgamentos para determinação dos valores de desempenho para o indicador “políticas de parceria durante a implantação” está representada na Figura 5.61.

	Bom	Nulo	Ruim
Bom	nula	extrema	extrema
Nulo		nula	extrema
Ruim			nula

Figura 5.61. Matriz de julgamentos para estabelecer os valores de desempenho do indicador “políticas de parceria durante a implantação”

A função de valor para o indicador “políticas de parceria durante a implantação” está ilustrada na Figura 5.62.

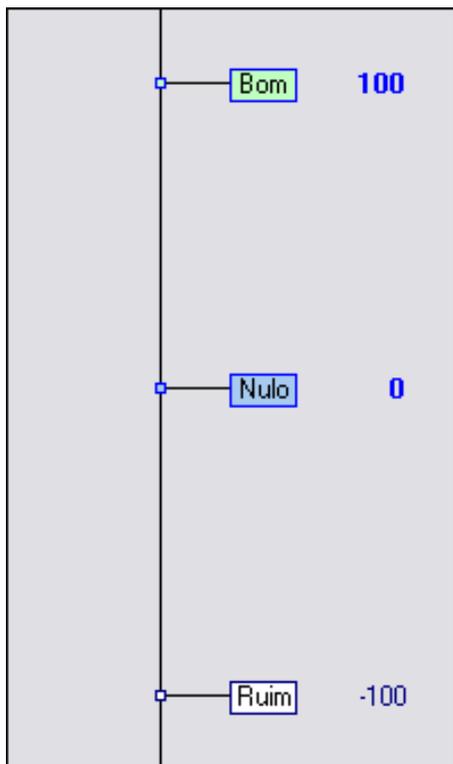


Figura 5.62. Função de valor para o indicador “políticas de parceria durante a implantação”

O indicador social “políticas de parceria na fase de operação do empreendimento” foi desenvolvido tendo como base de comparação os níveis de desempenho apresentados na Tabela 5.13.

*Tabela 5.13. Descritores do indicador “políticas de parceria na fase de operação do empreendimento”*

<b>Abreviação</b>	<b>Descritores de desempenho</b>	<b>Níveis de referência</b>
Bom	Possui política explícita de parcerias	BOM
Nulo	Não possui política explícitas de parcerias, porém tem boa reputação perante fornecedores	NEUTRO
Ruim	Não possui política explícita de parcerias e tem má reputação perante os fornecedores	

A matriz de julgamentos para determinação dos valores de desempenho para o indicador “políticas de parceria na fase de operação do empreendimento” está representada na Figura 5.63.

	Bom	Nulo	Ruim
Bom	nula	extrema	extrema
Nulo		nula	extrema
Ruim			nula

*Figura 5.63. Matriz de julgamentos para estabelecer os valores de desempenho do indicador “políticas de parceria na fase de operação do empreendimento”*

A função de valor para o indicador “políticas de parceria na fase de operação do empreendimento” está ilustrada na Figura 5.64.

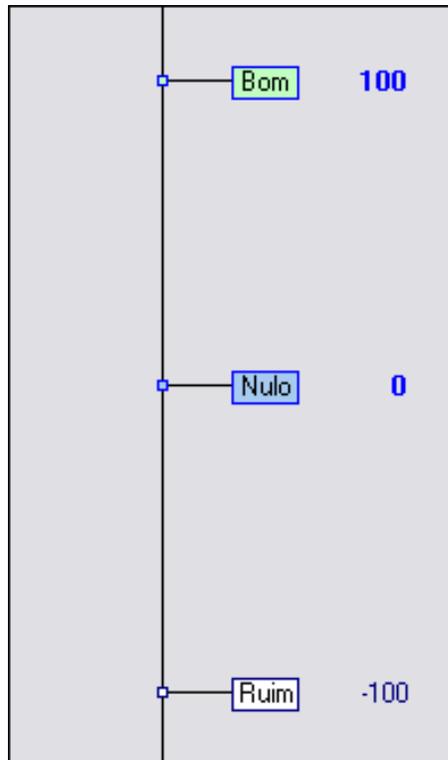


Figura 5.64. Função de valor para o indicador “políticas de parceria na fase de operação do empreendimento”

### 5.2.6 Índice de sustentabilidade econômica

Na definição dos indicadores de sustentabilidade econômica, não houve um nível intermediário, de objetivos fim, tal qual ocorreu para os indicadores ambientais e sociais.

Desta forma, os indicadores de sustentabilidade econômica (objetivos meio) se relacionam diretamente com o índice geral de sustentabilidade econômica (objetivo estratégico).

A Figura 5.65 ilustra o mapa cognitivo congregado dos especialistas relativo aos critérios (indicadores) de sustentabilidade econômica adequados ao contexto.

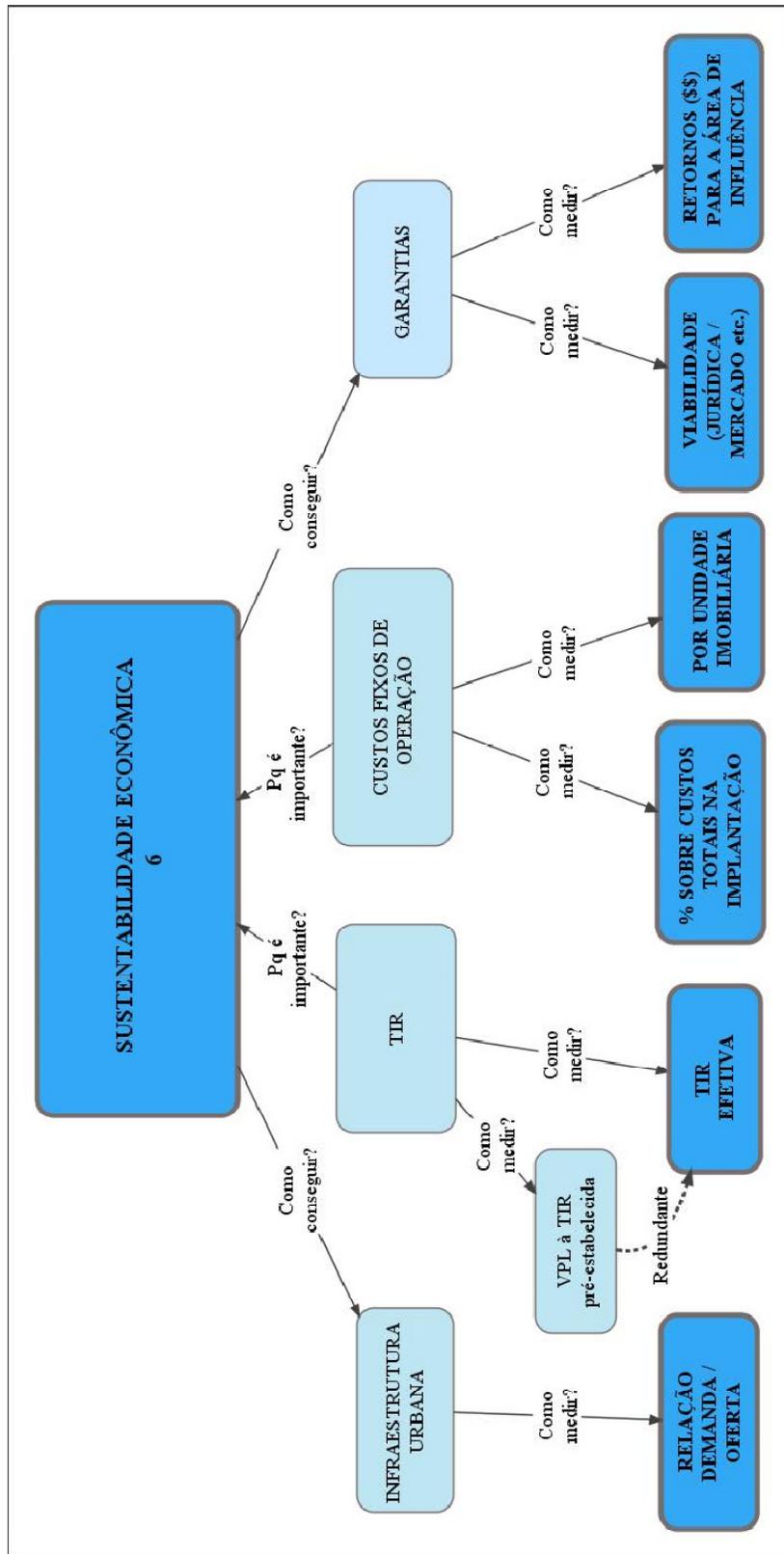


Figura 5.65. Mapa cognitivo congregado de sustentabilidade econômica

### 5.2.7 Indicadores de sustentabilidade econômica

A Figura 5.66 apresenta os indicadores (objetivos meio) relativos ao índice de sustentabilidade econômica.

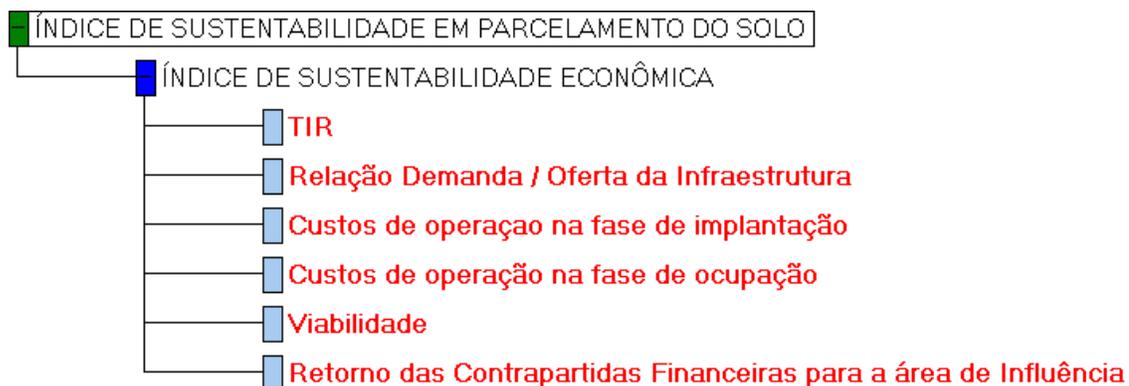


Figura 5.66. Árvore de indicadores de sustentabilidade econômica (objetivos meio)

A Figura 5.67 mostra a matriz de julgamentos para definição dos pesos dos critérios (indicadores = objetivos meio) de sustentabilidade econômica.

	[Viavel]	[TIR]	[Ret_infui]	[Infra]	[\$ocupa]	[\$-implanta]	[ tudo inf. ]
[Viavel]	nula	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema
[TIR]		nula	mt. forte	mt. forte	extrema	extrema	extrema
[Ret_infui]			nula	mt. forte	extrema	extrema	extrema
[Infra]				nula	extrema	extrema	extrema
[\$ocupa]					nula	mt. forte	extrema
[\$-implanta]						nula	extrema
[ tudo inf. ]							nula

Figura 5.67. Matriz de julgamento dos pesos dos indicadores de sustentabilidade econômica (objetivos meio)

A Figura 5.68 apresenta os pesos relativos dos indicadores de sustentabilidade econômica.

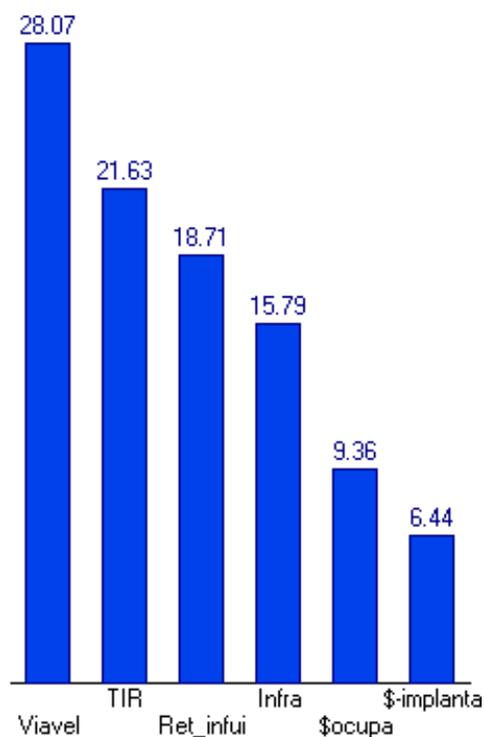


Figura 5.68. Pesos relativos dos indicadores de sustentabilidade econômica

O indicador “TIR” teve a base de comparação desenvolvida, para definição dos valores de desempenho, em função do percentual previsto ou aferido.

Os valores de referência, níveis “NEUTRO” e “BOM, foram definidos, respectivamente, como 20% (vinte por cento) e 30% (trinta por cento).

A Figura 5.69 mostra a matriz de julgamentos, da qual se extraiu os valores de desempenho para o indicador “TIR” na escala padronizada.

	50	40	30	20	10
50	nula	fort-mfort	extrema	extrema	extrema
40		nula	mt. forte	extrema	extrema
30			nula	mt. forte	extrema
20				nula	extrema
10					nula

Figura 5.69. Matriz de julgamentos para estabelecer os valores de desempenho do indicador “TIR”

A função de valor para o indicador “TIR” está ilustrada na Figura 5.70.

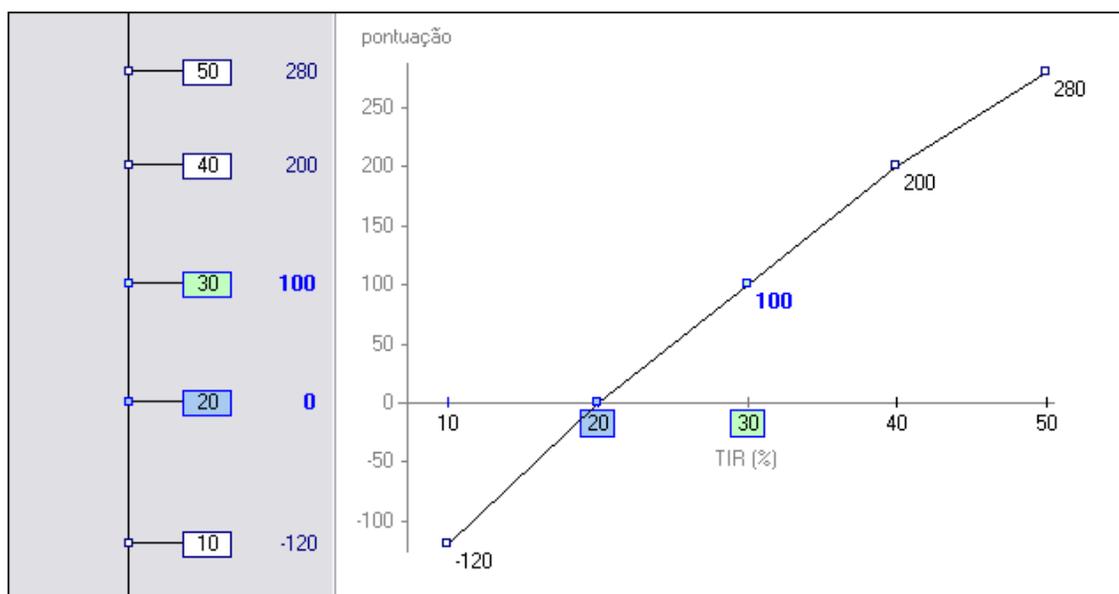


Figura 5.70. Função de valor do indicador “TIR”

O indicador “relação demanda / oferta da infraestrutura” teve a base de comparação desenvolvida, para definição dos valores de desempenho conforme indicado na Tabela 5.14.

Tabela 5.14. Descritores do indicador “relação demanda / oferta da infraestrutura”

Abreviação	Descritores de desempenho	Níveis de referência
Suprir > 1	Suprir + de uma deficiência	
Suprir-uma	Suprir uma deficiência existente	BOM
Rel =	Relação proporcional entre demanda e oferta	NEUTRO
Melhoria-ñ-priori	Melhoria não prioritária	
Lei	Cumprir a Lei	

A matriz de julgamento para definição dos valores de desempenho do indicador “relação demanda / oferta da infraestrutura” está apresentada na Figura 5.71.

	Suprir > 1	Suprir-uma	Rel =	Melhoria-ñ-priori	Lei
Suprir > 1	nula	mt. forte	extrema	extrema	extrema
Suprir-uma		nula	forte	extrema	extrema
Rel =			nula	extrema	extrema
Melhoria-ñ-priori				nula	extrema
Lei					nula

Figura 5.71. Matriz de julgamentos para definição dos valores de desempenho do indicador “relação demanda / oferta da infraestrutura”

A função de valor resultante para o indicador “relação demanda / oferta da infraestrutura” está ilustrada na Figura 5.72.

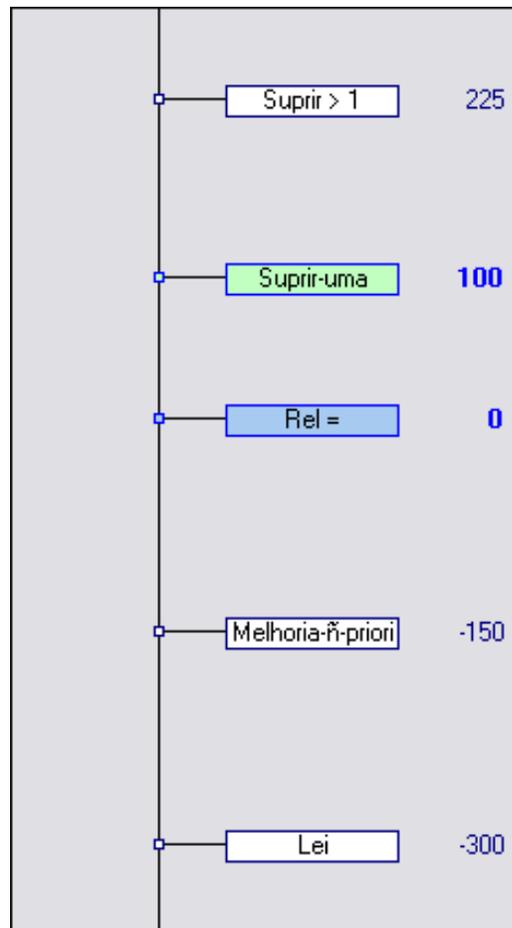


Figura 5.72. Função de valor do indicador “relação demanda / oferta da infraestrutura”

O indicador “custos de operação na fase de implantação” teve seus descritores de desempenho baseados no percentual de custos fixos indiretos da empresa responsável pela implantação do empreendimento em relação aos custos totais de implantação. Os níveis de referência relativos aos níveis “NEUTRO” e “BOM” foram estabelecidos como sendo, respectivamente, 15% (quinze por cento) e 10% (dez por cento).

A matriz de julgamentos para a definição dos valores de desempenho, na escala padronizada, para o indicador “custos de operação na fase de implantação” está apresentada na Figura 5.73.

	5	10	15	20	25	30	40
5	nula	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema
10		nula	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema
15			nula	mt. forte	extrema	extrema	extrema
20				nula	mt. forte	extrema	extrema
25					nula	mt. forte	extrema
30						nula	extrema
40							nula

Figura 5.73. Matriz de julgamentos para definição dos valores de desempenho do indicador “custos de operação na fase de implantação”

A função de valor resultante para o indicador “custos de operação na fase de implantação” está ilustrada na Figura 5.74.

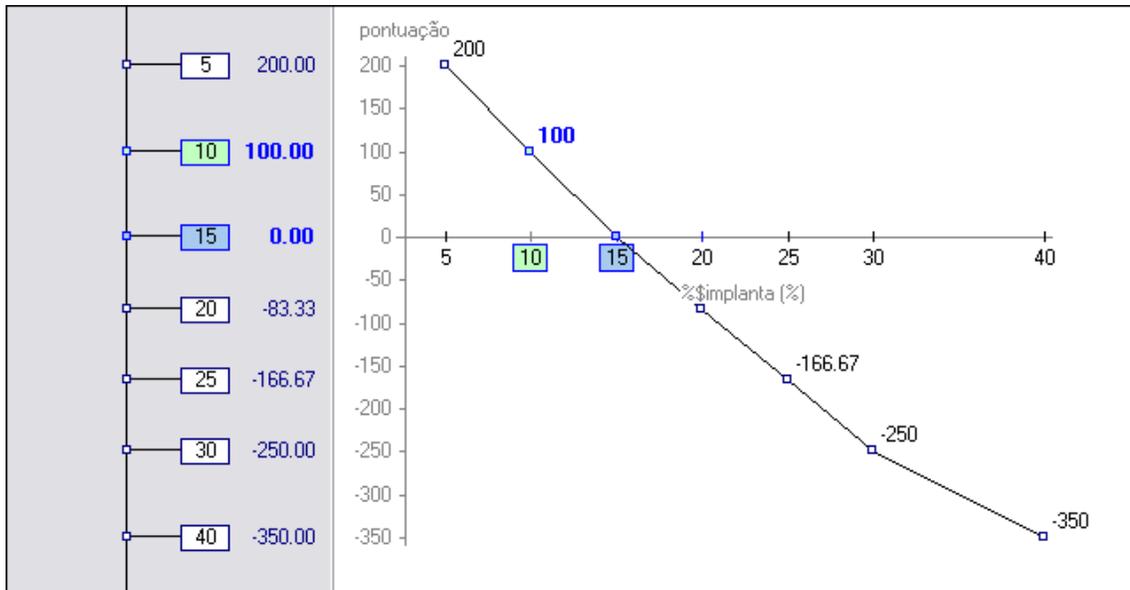


Figura 5.74. Função de valor do indicador “custos de operação na fase de implantação”

O indicador “custos de operação na fase de ocupação” teve seus descritores de desempenho baseados nos custos de operação por metro quadrado de unidade imobiliária. Os níveis de referência relativos aos níveis “NEUTRO” e “BOM” foram estabelecidos como sendo, respectivamente, R\$ 1,00 (um real) e R\$ 0,40 (quarenta centavos) por metro quadrado de área de lote.

A matriz de julgamentos para a definição dos valores de desempenho, na escala padronizada, para o indicador “custos de operação na fase de ocupação” está apresentada na Figura 5.75.

	0.4	0.5	0.75	1	1.25	1.5
0.4	nula	moderada	extrema	extrema	extrema	extrema
0.5		nula	forte	extrema	extrema	extrema
0.75			nula	forte	mt. forte	extrema
1				nula	forte	mt. forte
1.25					nula	forte
1.5						nula

Figura 5.75. Matriz de julgamentos para definição dos valores de desempenho do indicador “custos de operação na fase de ocupação”

A função de valor resultante para o indicador “custos de operação na fase de implantação” está ilustrada na Figura 5.76.

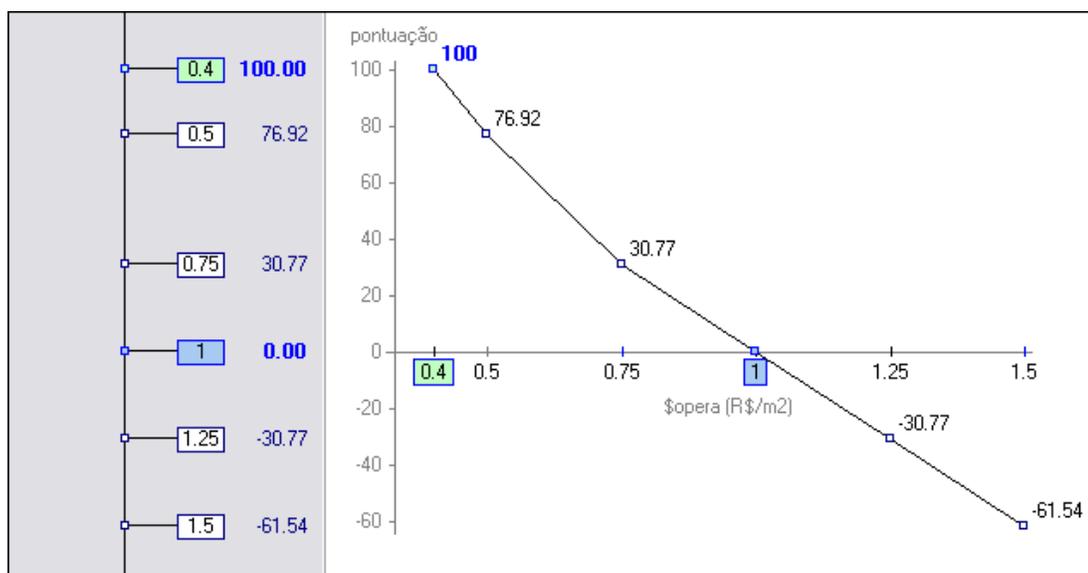


Figura 5.76. Função de valor do indicador “custos de operação na fase de ocupação”

O indicador “viabilidade” teve a base de comparação desenvolvida, para definição dos valores de desempenho conforme indicado na Tabela 5.15.

Tabela 5.15. Descritores do indicador “viabilidade”

Abreviação	Descritores de desempenho	Níveis de referência
Viabil-boa	Com bom estudo de embasamento	BOM
Viabil-fraca	Com estudo de fraco embasamento	
Sem-viabil	Sem estudo de viabilidade	NEUTRO

A matriz de julgamentos para a definição dos valores de desempenho, na escala padronizada, para o indicador “viabilidade” está apresentada na Figura 5.77.

	Viabil-boa	Viabil-fraca	Sem-viabil
Viabil-boa	nula	extrema	extrema
Viabil-fraca		nula	nula
Sem-viabil		nula	nula

Figura 5.77. Matriz de julgamentos para definição dos valores de desempenho do indicador “viabilidade”

A função de valor resultante para o indicador “viabilidade” está ilustrada na Figura 5.78.

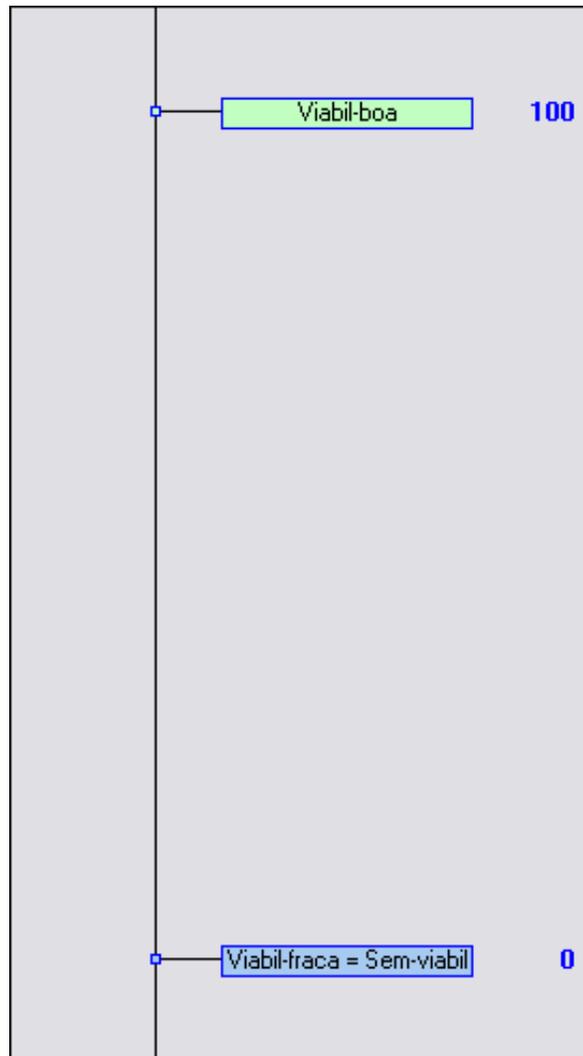


Figura 5.78. Função de valor do indicador “viabilidade”

O indicador “retorno das contrapartidas financeiras para a área de influência” teve a base de comparação desenvolvida em função do percentual financeiro das contrapartidas que retorne para

a área de influência do empreendimento. Os valores de referência para os níveis “NEUTRO” e “BOM” de desempenho são, respectivamente, 20% (vinte por cento) e 100% (cem por cento).

A matriz de julgamentos para a definição dos valores de desempenho, na escala padronizada, para o indicador “retorno das contrapartidas financeiras para a área de influência” está apresentada na Figura 5.79.

	100	50	20	0
100	nula	extrema	extrema	extrema
50		nula	extrema	extrema
20			nula	extrema
0				nula

Figura 5.79. Matriz de julgamentos para definição dos valores de desempenho do indicador “retorno das contrapartidas financeiras para a área de influência”

A função de valor resultante para o indicador “retorno das contrapartidas financeiras para a área de influência” está ilustrada na Figura 5.80.

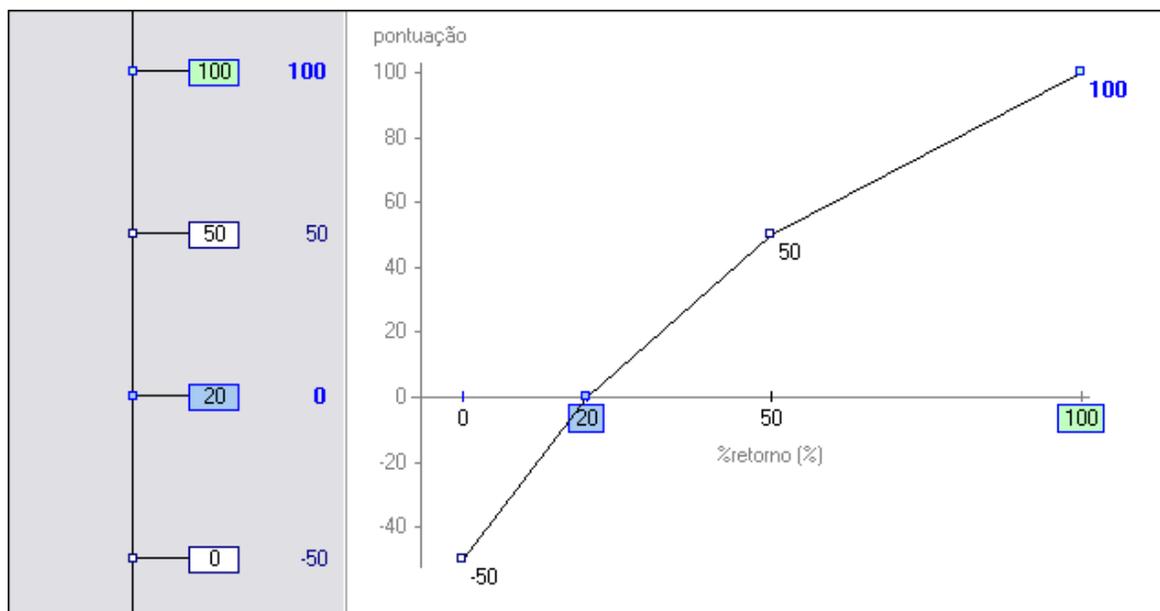


Figura 5.80. Função de valor do indicador “retorno das contrapartidas financeiras para a área de influência”

### **5.3 Avaliação dos Cenários de Ocupação da Bacia do Ribeirão Anhumas**

Todas as avaliações tiveram como base os valores de desempenho e pesos apresentados na Seção 5.1, os quais foram desenvolvidos segundo o paradigma construtivista da abordagem MCDA, por meio do programa M-MACBETH<sup>®</sup>.

Foram feitas cinco avaliações a partir dos pesos e valores de desempenho determinados pelos cinco especialistas que participaram da conferência de decisão.

A primeira avaliação foi por meio de uma planilha elaborada no Microsoft Excel<sup>®</sup> com o modelo aditivo adaptado do M-MACBETH<sup>®</sup>. Não foi usado o próprio programa para fazer a avaliação pelo fato de que ele não desdobra os indicadores nos vários níveis hierárquicos para a definição dos pesos, ou seja, considera todos os indicadores ao mesmo tempo.

A Tabela 5.16 ilustra a planilha usada para a primeira avaliação, com o modelo aditivo adaptada do M-MACBETH<sup>®</sup>, a qual serviu de base para as demais avaliações.

CRITÉRIOS	AMBIENTAIS										ECONÔMICOS			SOCIAIS		
	Em	Rec	Pav	AV	Alag	Imp	Agua	Corr	Eros	APP	Infra	\$Op	\$Fix	Cap	Int	EPC
PESOS	0,109	0,109	0,065	0,044	0,033	0,024	0,016	0,016	0,011	0,008	0,036	0,022	0,015	0,024	0,019	0,014
<b>(NEUTRO)</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>(atual)</b>	0	2,667	-	-81,7	-150	-	-	0	-313	-400	100	0	-25	0	-52,9	0
<b>("terra arrasada")</b>	0	1,333	0	-81,7	-300	-106	0	0	-625	-800	50	-24,6	-50	0	-106	0
<b>("construído")</b>	50	51,33	40	-40,8	-100	0	50	50	-263	-375	225	50	25	50	-2,94	50
<b>(BOM)</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

"construído": metade da bacia a ser ocupada com desempenho no nível BOM (pelo menos no critério de maior peso)

As demais avaliações foram feitas por meio do programa MCDA-FEC.

A Figuras 5.81 e 5.82 ilustram a entrada das informações no programa MCDA-FEC. Na primeira tela (Figura 5.81) são definidos os números de critérios e de alternativas. Neste caso, foram inseridos apenas os dezesseis critérios em que foi possível fazer a avaliação dos cenários. E as cinco alternativas compreendem os três cenários de análise mais os cenários correspondentes aos níveis “NEUTRO” – com todos os desempenhos de todos os critérios iguais a 0 (zero) – e “BOM” – com todos os desempenhos de todos os critérios iguais a 100 (cem). A alternativa 1 correspondeu ao cenário “atual” na bacia do ribeirão Anhumas – baseado nas informações do IAC de 2006 (TORRES *et al.*, 2006); a alternativa 2 correspondeu ao cenário “terra arrasada”, em que se considerou a ocupação total da bacia sem qualquer medida mitigatória das externalidades negativas; a alternativa 3 correspondeu ao cenário “construído”, pelo qual se considerou que a metade da bacia a ser ocupada seria contemplada com níveis de desempenho melhores que os atuais (sempre que possível no nível “BOM”); a alternativa 4 correspondeu ao cenário fictício em que a ocupação da bacia tivesse todos os critérios no nível “BOM” de desempenho; e, finalmente, a alternativa 5 correspondeu ao cenário base, em que a ocupação da bacia estivesse com todos os critérios de avaliação no nível “NEUTRO”.



Figura 5.81. Tela de entrada com os números de critérios e alternativas no programa MCDA-FEC

A Figura 5.82 ilustra a matriz *PAYOFF* com os dados de entrada referentes aos 16 critérios de avaliação e aos valores de desempenho em cada critério para cada uma das cinco alternativas.

Não foi aplicada a matemática *Fuzzy* (nota-se, no canto inferior direito da Figura 5.82 que os parâmetros para a análise *Fuzzy* estão zerados).

Para análise de sensibilidade, conforme descrito por Ensslin, Montibeller Neto e Noronha (2001), todos os métodos foram aplicados variando os critérios de maior peso (“emissões” e “recursos ambientais” – conforme apontado na Tabela 5.15) em dez por cento (10%) para mais e para



### 5.3.1 Avaliação MACBETH

A Tabela 5.17 apresenta o resultado da avaliação dos cenários obtida por meio do modelo aditivo adaptado do M-MACBETH<sup>®</sup>.

*Tabela 5.17. Resultado da avaliação pela planilha adaptada do M-MACBETH<sup>®</sup> para os cenários de ocupação da bacia do ribeirão Anhumas*

CENÁRIOS	ORIGINAL	NOTAS PARCIAIS			PESOS +10%	PESOS - 10%
	DESEMPENHO	AMB	SOC	ECO	DESEMPENHO	DESEMPENHO
BOM	56,60	43,59	7,29	5,72	58,78	54,42
"Construído"	15,54	4,06	9,65	1,83	16,64	14,43
NEUTRO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
"Atual"	(12,86)	(15,11)	3,27	(1,03)	(12,83)	(12,89)
"Terra arrasada"	(31,19)	(29,68)	0,55	(2,06)	(31,17)	(31,20)

### 5.3.2 Avaliação CP

A Tabela 5.18 apresenta os resultados da avaliação dos cenários obtidos por meio do método CP.

*Tabela 5.18. Resultado da avaliação pelo método CP para os cenários de ocupação da bacia do ribeirão Anhumas*

CENÁRIOS	ORIGINAL	PESOS +10%	PESOS - 10%	S = 2	PESOS +10%	PESOS - 10%	ORIGINAL	PESOS +10%	PESOS - 10%
	DESEMPENHOS (S =1)				DESEMPENHOS (S =2)			DESEMPENHOS (S = ∞)	
BOM	0,0354	0,0341	0,0370	0,0354	0,0341	0,0370	0,0354	0,0341	0,0370
"Construído"	0,4944	0,4944	0,4945	0,1722	0,1762	0,1681	0,0965	0,1022	0,0897
NEUTRO	0,8361	0,8422	0,8289	0,3159	0,3271	0,3033	0,1929	0,2043	0,1794
"Atual"	0,8873	0,8910	0,8829	0,3179	0,3284	0,3064	0,1929	0,2043	0,1794
"Terra arrasada"	0,9833	0,9836	0,9828	0,3292	0,3388	0,3187	0,1929	0,2043	0,1794

### 5.3.3 Avaliação CGT

A Tabela 5.19 apresenta o resultado da avaliação dos cenários obtida por meio do método CGT.

Tabela 5.19. Resultado da avaliação pelo método CGT para os cenários de ocupação da bacia do ribeirão Anhumas

CENÁRIOS	ORIGINAL	PESOS +10%	PESOS - 10%
	DESEMPENHOS		
BOM	132,288	130,968	133,867
"Construído"	68,105	67,409	68,939
"Atual"	4,877	4,711	5,080
NEUTRO	4,439	4,201	4,737
"Terra arrasada"	1,519	1,519	1,518

### 5.3.4 Avaliação ELECTRE II

A Figura 5.83 apresenta as condicionantes de entrada do método ELECTRE II para as avaliações dos cenários da bacia do ribeirão Anhumas.



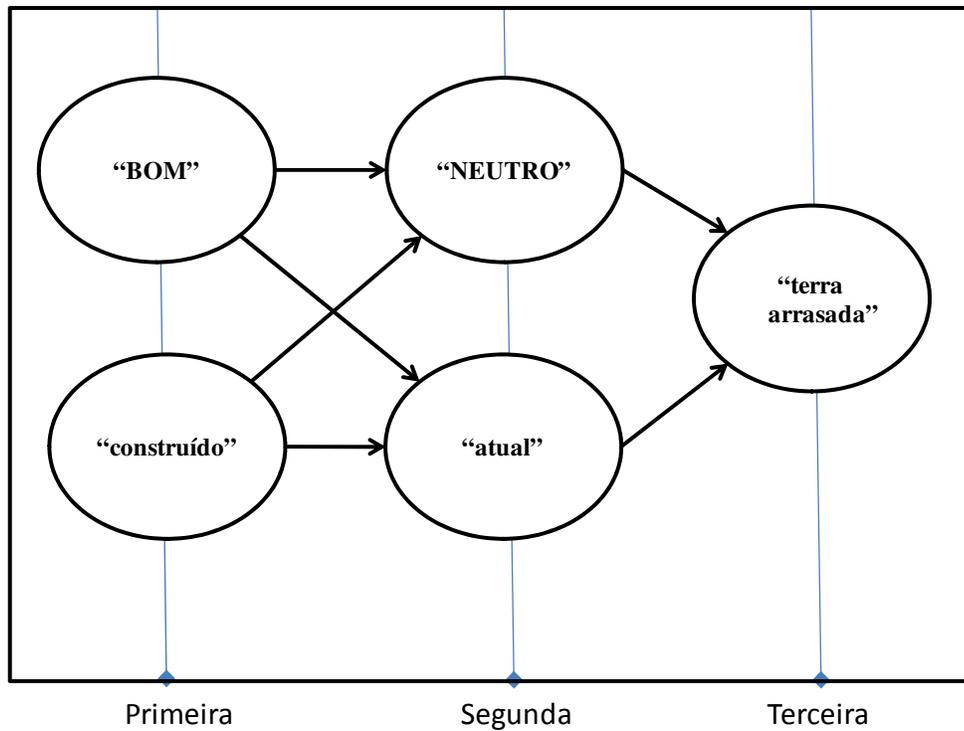


Figura 5.84. Resultado das hierarquizações realizadas pelo método ELECTRE II

### 5.3.5 Avaliação PROMETHEE II

A Tabela 5.20 apresenta os resultados da avaliação dos cenários obtida por meio do método PROMETHEE II.

Tabela 5.20. Resultado da avaliação pelo método PROMETHEE II para os cenários de ocupação da bacia do ribeirão Anhumas

CENÁRIOS	ORIGINAL	PESOS +10%	PESOS - 10%
	DESEMPENHOS		
BOM	0,9522	0,9540	0,9501
"Construído"	0,4090	0,4124	0,4050
NEUTRO	(0,3485)	(0,3604)	(0,3346)
"Atual"	(0,3762)	(0,3746)	(0,3781)
"Terra arrasada"	(0,6364)	(0,6314)	(0,6424)

#### **5.4 Percepções dos Atores Participantes da Conferência de Decisão a Respeito da Abordagem MCDA**

Apresentam-se a seguir as respostas dos atores (especialistas) que participaram da conferência de decisão. Optou-se por preservar a identidade de cada ator em relação às respostas dadas, uma vez que o interesse maior é pela percepção do grupo e não de apenas um dos atores, especificamente.

**Questão 1: “Você acredita que a experiência de hoje aumentou o entendimento do grupo sobre o problema em questão: Parcelamento do Solo e suas Externalidades nas 3 dimensões (Ambiental, Social e Econômica)? Quais os pontos positivos e quais os pontos negativos que você apontaria em relação ao aumento do entendimento (um dos objetivos da metodologia MCDA)?”**

**Resposta 1:** *“Sim, acredito que aumentou e muito o entendimento do grupo sobre a questão de parcelamento de solo que é complexa, pois envolve vários aspectos, desde o projeto até a operação. O parcelamento de solo causa impactos, independente da sua dimensão e localização. Através desta experiência, considerando ainda que não se tem disponível índices a respeito da sustentabilidade, observou-se que é possível a obtenção de índices que auxiliem a propor a sustentabilidade, como caminho a ser adotado, principalmente para subsidiar a elaboração de políticas públicas. Quanto aos aspectos positivos da metodologia: disponibiliza o fornecimento de informações importantes, baseadas em bibliografia e nas vivências (riquíssima do doutorando e do grupo), que estimulou o grupo a discutir e principalmente, a ouvir e a aprender com a experiência de cada um dos atores. Aspecto negativo: difícil pensar e elaborar as conclusões, em uma escala que não seja a numérica, mas no final, acabou por ser um belo exercício, mesmo que cansativo mentalmente.”*

**Resposta 2:** *“Acredito que os órgãos públicos envolvidos nas aprovações de novos loteamentos deveriam ter um critério de avaliação como este, para mim acrescentou muito em todos os quesitos pois gera uma visão de produto sustentável. Como pontos positivos vejo a análise criteriosa dos diversos pontos e a facilidade de se aprovar novos loteamentos pela pontuação alcançada dentro da metodologia. Não vejo pontos negativos em se ter critérios de avaliação.”*

**Resposta 3:** *“Tive oportunidade de apreciar com profundidade a opinião e a experiência de todos os profissionais envolvidos na discussão.*

*Ampliei minha visão sobre as questões ambientais e urbanísticas.*

*Pontos positivos: A discussão se aprofundou bastante nos diversos temas e a troca de informações e opiniões foi democrática e todos os resultados alcançados foram em consenso.*

*Pontos negativos: Demoramos um pouco para entender a dinâmica da proposta.”*

**Resposta 4:** *“O confronto de opinião focada dentro de tema específico da área de atuação de cada partícipe versus a reflexão ponderada das demais opiniões resulta num consenso de foco ampliado, cujo resultado é extremamente positivo.*

*O inevitável ponto negativo é que diante da visão ampliada, a escala de valor do profissional da área específica, flexibiliza os parâmetros próprios. [o interessante é que, apesar de negativo no rigor, se torna desejável no contexto ampliado]”*

**Resposta 5:** *“Foi a primeira vez que entrei em contato com uma ferramenta que consegue mensurar aspectos considerados subjetivos e, portanto, de difícil abordagem. O método também permite que analisemos conjuntamente as várias dimensões. Nos métodos tradicionais, analisamos separadamente cada dimensão, e geralmente cada dimensão é analisada por um*

*indivíduo ou grupo e a decisão final acaba sendo tomada por quem tem mais força política na empresa. Esse método permite colocar as três dimensões lado a lado e avaliar de fato qual a mais relevante para o caso.”*

**Questão 2:** “**Você acredita que esta metodologia possa vir a ser útil em futuros projetos de parcelamento do solo em que você faça parte (lembre-se do conceito de ator do processo)? Se dependesse de você, como proporia seu uso? Ela traria soluções de maior compromisso entre os atores?”**

**Resposta 1:** “*Creio que seja possível adotar este procedimento, se o mesmo fizer parte de uma política pública. Portanto, talvez esta ferramenta seja um caminho para se iniciar discussão com representantes dos órgãos licenciadores nos âmbitos municipal, estadual e federal, possibilitando que as pessoas enxerguem outra forma de se fazer projetos de parcelamento de solo, que seja diferente do que se tem visto nos últimos anos, ou seja, rompimento de paradigmas.”*

**Resposta 2:** “*Sem sombra de dúvidas eu usaria e acredito que deveria ser obrigatório na análise de novos projetos, até para que se saiba o real interesse do município na aprovação do projeto, ou seja dependendo da pontuação do empreendimento poderia ter algum benefício fiscal ou até na agilidade das aprovações.”*

**Resposta 3:** “*Acredito. A metodologia traça uma linha de conduta e avaliação e facilita o planejamento e o desenvolvimento de projetos.*

*Traria pois envolve sustentabilidade nos três temas: ambiental, social e econômico.”*

**Resposta 4:** “*Sem sombra de dúvida, a ponderação que resulta é muito positiva.*

*Acredito que sua aplicação em todas as fases do processo, desde o estudo da viabilidade até a operação, e neste último para garantia de não fugir ao propósito inicial, seja o ideal.*

*Sim, pela ampliação do foco de avaliação.”*

**Resposta 5:** *“Como urbanista, tenho a dizer que a metodologia abre a participação de outros campos do conhecimento na tomada de decisões e isso é muito interessante para minimizar os erros no processo. A exigência de análise em todos os critérios elencados nas três dimensões nos obriga a levantar mais dados e conseqüentemente, fazer um estudo mais consistente, com base nesta experiência sou levada a crer que, o método poderia ser aplicado no desenvolvimento de qualquer tipo de projeto arquitetônico ou tipo de intervenção urbana com eficácia.”*

**Questão 3:** **“Você acredita que esta metodologia poderia ser útil no embasamento de futuros projetos como uma etapa anterior às Audiências Públicas? Você seria a favor se esta metodologia<sup>1</sup> fosse uma ferramenta obrigatória de planejamento do uso e ocupação do solo?”**

<sup>1</sup> **apenas seus conceitos e formas de aplicações (isto é, as etapas de Estruturação e Avaliação dos Critérios), sem vinculá-la a softwares ou modelos rígidos de avaliação das alternativas.”**

**Resposta 1:** *“Sim, os conceitos são valiosos!. Não necessariamente somente para anteceder Audiências Públicas, mas como se fosse uma prática rotineira, ou seja, uma ferramenta obrigatória de planejamento e uso do solo, onde com certeza, toda a sociedade (comunidade) e o meio ambiente ( físico e biótico) serão beneficiados, e o empreendedor terá da mesma forma assegurada a viabilidade econômica.”*

**Resposta 2:** *“Sem dúvida seria a favor da adoção deste tipo de avaliação e deveria ser obrigatória na primeira etapa da avaliação de um novo projeto, ou seja projetos que não tiverem notas altas em sustentabilidade e preocupações com o meio ambiente, poderiam até ser*

*aprovados, mas a um custo maior do que os sustentáveis assim como é feito na Alemanha e em vários outros países da Europa.”*

**Resposta 3:** *“Acredito. A aplicação da metodologia pode melhorar muito os padrões de análise de viabilidade e as diretrizes para embasar decisões e conceitos.*

*A aplicação desta metodologia se obrigatória sem duvida pode incentivar e nortear projetos de uso e ocupação do solo de forma mais consciente, prática e inteligente, pois considera os três temas mais importantes para o desenvolvimento urbano: ambiental, social e econômico.”*

**Resposta 4:** *“Não tenho dúvida da utilidade do método para projetos a serem implantados.*

*Plenamente a favor.”*

**Resposta 5:** *“Acredito que esta ferramenta não é só importante na elaboração de projetos, bem como na análise da aprovação pelos órgãos licenciadores, principalmente nas situações onde a legislação é omissa e não regulamenta alguns aspectos e as decisões acabam sendo subjetivas. Sim sou a favor de que esta ferramenta faça parte dos procedimentos de aprovação de empreendimentos.”*

#### **5.4.1 Desdobramentos da conferência de decisão**

Os participantes da conferência de decisão, de dois a três dias após sua realização, formaram um grupo de trabalho com o intuito de aprofundar a discussão sobre questões de parcelamento, uso e ocupação do solo, almejando, inclusive, influenciar políticas públicas no âmbito do município de Campinas.

Está reproduzido, abaixo, trechos das mensagens eletrônicas em que os participantes propõem a formação do grupo de trabalho e consideram importante que ele esteja vinculado ao LADSEA:

- *“E a sugestão é a de que esse grupo pudesse se reunir periodicamente para pensarmos algumas alternativas para Campinas de forma multidisciplinar.”;*
- *“Sobre criar um grupo de trabalho acho também interessante! Realmente, foi muito bom estarmos juntos. Dá a sensação de não estarmos tão sozinhos, não é?”;*
- *“Ótima idéia de vincular nossas reuniões periódicas ao LADSEA.”;*
- *“Acho ótima idéia Pedro!”;*
- *“OK Pedro, ficamos no aguardo da confirmação.”;*
- *“(…) foi uma experiência muito reveladora para mim, meu olhar sobre o processo de desenvolvimento e implantação de empreendimentos imobiliários mudou definitivamente.”;*
- *“Sem dúvida, seu trabalho será uma grande contribuição, não só do ponto de vista acadêmico.”;*
- *“(…) e também para troca de idéias, pois o Brasil precisa para ontem de critérios para avaliação de projetos sustentáveis e com critério.”;*
- *“Primeiro quero dizer que foi um prazer participar e conhecer os seus colaboradores (...). Uma oportunidade de aprender da área de cada um, bastante interessante.”;*
- *“Com relação à continuidade de interação do grupo (...) estou à sua disposição (...) e me é, além de tudo, uma honra, pois existe uma nobreza intrínseca neste seu trabalho.”.*



## 6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Uma vez que o objetivo principal desta pesquisa foi o de propor a aplicação de uma metodologia que integre as diversas percepções dos diferentes atores em processos de parcelamento do solo; por meio de uma pesquisa-ação<sup>55</sup> foi possível propor indicadores de sustentabilidade para empreendimentos imobiliários horizontais voltados às classes B, B<sup>+</sup> e A, os quais representam os objetivos específicos deste trabalho.

Apresentam-se, a seguir, as considerações sobre os resultados alcançados.

### 6.1 A Abordagem MCDA como Ferramenta de Gerenciamento Sistêmico, Integrado e Participativo

O objetivo principal desta pesquisa foi o de propor a aplicação de uma ferramenta de apoio à decisão para auxiliar os atores envolvidos em empreendimentos de parcelamento do solo na melhor interpretação dos mesmos e buscar soluções não apenas economicamente, mas, também, social e ambientalmente sustentáveis, por meio da identificação e descrição de indicadores apropriados de sustentabilidade (ambiental, social e econômica) para empreendimentos de parcelamento do solo - no contexto específico voltado às classes B, B<sup>+</sup> e A.

Buscou-se, desta forma, responder à questão de pesquisa **“como integrar o planejamento e a tomada de decisão em processos de parcelamento do solo, almejando sustentabilidade ambiental, social e econômica, levando em consideração os conflitos de interesses dos diversos atores?”**, a partir da hipótese de pesquisa: **“por meio da abordagem construtivista da metodologia multicritério de apoio à decisão (MCDA), com a participação de**

---

<sup>55</sup> Os conceitos da estratégia de pesquisa-ação estão apresentados na Subseção 4.2.1.

**representantes dos diversos atores dos processos de uso e ocupação do solo em áreas urbanas, será possível identificar e adotar, consensualmente, soluções de melhor compromisso e, portanto, mais viáveis de serem implementadas de forma efetiva (legítima) e sistemática (constante)”**.

Pôde-se perceber, principalmente, a partir das respostas<sup>56</sup> dos especialistas (atores) participantes da conferência de decisão para a definição dos indicadores de sustentabilidade para parcelamento do solo (no contexto de empreendimentos direcionados às classes B, B<sup>+</sup> e A) que, de fato, a metodologia MCDA pode ser uma ferramenta efetiva de integração das fases de planejamento e tomada de decisão; e, não apenas para o contexto específico da pesquisa, mas, também, para outros contextos e problemas, conforme indicado no Capítulo 2.

Todos os especialistas que participaram da conferência de decisão, sem exceção, confirmaram perceber a importância da metodologia MCDA para abordar problemas complexos, tais como o do contexto apresentado; e declararam, explícita e objetivamente, que entendem que esta metodologia é uma ferramenta adequada para a solução, inclusive, de outros problemas complexos, quer sejam no contexto de parcelamento do solo, como em quaisquer outros contextos.

## **6.2 Confirmação da Estratégia de Pesquisa-Ação**

Pelo exposto na seção anterior, e pelos conceitos apresentados na Subseção 4.2.1, pôde-se confirmar que a estratégia de pesquisa-ação foi a estratégia adequada a esta pesquisa.

---

<sup>56</sup> As respostas ao questionário de percepção da importância e das possibilidades abrangência da metodologia MCDA, apresentadas na Seção 5.3.

A confirmação da adequação da estratégia de pesquisa-ação se deu, em um primeiro momento, pela confirmação da evolução da percepção dos atores, conforme as respostas ao questionário de percepção da importância e das possibilidades abrangência da metodologia MCDA, apresentadas na Seção 5.4; mas, principalmente, pela formação de um grupo de discussões com o intuito de influenciar políticas públicas no município de Campinas, conforme descrito na Subseção 5.4.1.

### **6.3 Indicadores de Sustentabilidade para Parcelamento do Solo**

Os objetivos específicos de aplicação da metodologia MCDA para criar uma proposta multicritério de indicadores de avaliação de desempenho de **sustentabilidade em projetos parcelamento do solo** resultou em um **modelo inédito de indicadores** divididos em três objetivos fundamentais (estratégicos):

1. Indicadores Ambientais;
2. Indicadores Sociais<sup>57</sup>; e,
3. Indicadores Econômicos.

Os indicadores foram definidos a partir de “*clusters*” e L.A. derivadas dos objetivos estratégicos. Alguns indicadores (critérios) sugeridos pelo pesquisador foram excluídos do modelo final, uma vez que o grupo de especialistas que participou da conferência de decisão considerou, para o contexto de análise, que eles não seriam essenciais, por não haver perspectiva de diferenças de desempenho, destes critérios, entre empreendimentos direcionados às classes B, B<sup>+</sup> e A.

Ficou claro, porém, que alguns destes critérios seriam essenciais se o contexto de análise fosse ampliado. Por exemplo, foi considerado que não há diferença significativa na emissão de CO<sub>2</sub>

---

<sup>57</sup> **Indicadores sociais** relacionados a empreendimentos, por si só, também representam um **ineditismo acadêmico**.

entre unidades habitacionais dentro do contexto de análise proposto; porém, se o contexto fosse ampliado para empreendimentos de classe C ou D, certamente, este critério seria essencial, pois haveria diferenças significativas de desempenho entre estes empreendimentos (classes C e D) e os inicialmente considerados (classes B, B<sup>+</sup> e A).

Por outro lado, o grupo teve a percepção de que alguns critérios definidos, inicialmente, como “sociais”, seriam mais bem definidos como “econômicos”. Estes critérios se referem aos indicadores de infraestrutura urbana.

E, principalmente, conforme citado no capítulo anterior, o grupo percebeu, explicitamente, a importância dos recursos hídricos como base para os demais indicadores. E que, portanto, qualquer ação deve levar em consideração, já na fase de planejamento, o contexto de toda bacia hidrográfica em que se insere.

Apresentam-se, a seguir, não apenas os critérios (indicadores) usados na avaliação do contexto, mas todos que foram julgados importantes pelos especialistas para um contexto ampliado (destacando estes últimos).

#### 1. Indicadores Ambientais:

“*Cluster*” Consumo:

- L.A. consumo de energia:

- Racionalização do consumo de energia: na fase de implantação e na fase de operação;

- L.A. consumo de recursos ambientais:

- Racionalização do consumo de recursos ambientais: na fase de implantação e na fase de operação;

“Cluster” Emissões:

- L.A. variação térmica produzida ou projetada (prevista):

- Área verde: percentual de área verde em relação à área total da gleba;
- Pavimentos, telhados e outros: adoção de materiais e ou técnicas alternativas de menor emissão de calor que as tradicionais;

- L.A. emissões atmosféricas:

- Emissão de CO<sub>2</sub>: consumo de combustíveis por morador (critério essencial em um contexto ampliado);

- L.A. emissões de ruído:

- Emissão de ruído: alteração significativa na emissão de ruídos (critério essencial em um contexto ampliado);

“Cluster” Degradação Direta do Meio Ambiente:

- L.A. interferência no ciclo hidrológico:

- Impermeabilização: percentual de retenção do volume de escoamento superficial acrescido em função da área impermeabilizada;
- Uso da água: programas de racionalização do uso da água;

- L.A. intervenção permanente em áreas protegidas e ou preservadas:

- Áreas alagadas e APPs: percentual de áreas alagadas e ou APPs com intervenção permanente;
- Corredores de fauna: preservação ou reconstituição de corredores de fauna;

- L.A. projetos em áreas de risco:

- Risco de alagamento: projetos em áreas de risco de alagamento;
- Risco de erosão: projetos em áreas de risco de erosão;

2. Indicadores Sociais:

“*Cluster*” Influência sobre Comunidades Existentes:

- L.A. educação, trabalho e renda:

- Capacitação e formação: projetos de capacitação e formação, inclusive, educação ambiental;
- Nível de trabalho e renda das comunidades pré-existentes: variação do percentual de trabalho e renda;

- L.A. infraestrutura de serviços públicos:

- EPC: edificação, ampliação ou reforma;

- L.A. segurança:

- Percepção de segurança: variação da percepção – tanto para as comunidades pré-existentes, quanto para os moradores dos novos empreendimentos;

- L.A. integração com comunidades existentes:

- Programas de integração: programas conjuntos e áreas comuns;

“*Cluster*” Relações de Trabalho Direto

- L.A. condições de trabalho direto:

- Durante a fase de obras;
  - Durante a fase de operação;
- L.A. política de parcerias:
- Durante a fase de obras;
  - Durante a fase de operação;
3. Indicadores Econômicos:
- L.A. infraestrutura urbana:
- Relação demanda / oferta: variação da capacidade relativa da infraestrutura urbana;
- L.A. TIR:
- TIR: efetiva;
- L.A. custos fixos de operação;
- Percentual sobre os custos totais na implantação: dos custos administrativos da empresa empreendedora;
  - Por unidade imobiliária: valor da manutenção por metro quadrado de lote;
- L.A. garantias:
- Viabilidade jurídica, mercado etc.: existência de estudo consistente de viabilidade;
  - Retorno financeiro para a área de influência: percentual de retorno das contrapartidas financeiras.

#### **6.4 Análise dos Métodos Aplicados**

A metodologia MCDA possibilitou incorporar, sistematicamente, aspectos ambientais, sociais e econômicos ao contexto decisório de análise de uso e ocupação do solo. Foram definidos vinte e cinco (25) critérios para o contexto específico de análise; sendo identificados vinte e sete (27) critérios em um contexto de maior abrangência; e, dentre os primeiros, dezesseis (16) critérios foram considerados para avaliar as cinco (5) alternativas, ultrapassando a tradicional análise técnico-econômica.

A metodologia adotada se mostrou apropriada visto que quatro, dos cinco métodos aplicados, apresentaram respostas semelhantes na hierarquização dos cenários: M-MACBETH<sup>®</sup> adaptado; CP; CGT; e, PROMETHEE II (os três últimos aplicados por meio do programa MCDA-FEC). E apenas um não atendeu às expectativas para este trabalho: ELECTRE II (o qual foi, também, aplicado por meio do programa MCDA-FEC). Apesar de que o método CGT alterou a ordem de hierarquização dos cenários “NEUTRO” e “atual”, considerando, ainda que por um valor mínimo (diferença de apenas 1% nas suas distâncias de preferências relativas), conforme apontado nas Tabelas 6.1 e 6.2. As tabelas 6.1, 6.2 e 6.3 apresentam as diferenças relativas entre as avaliações dos cenários de ocupação – a partir do cenário “BOM”, respectivamente, na ponderação original (obtida a partir dos valores dos especialistas); na variação dos dois critérios de maior peso dez por cento para maior; e, na variação dos dois critérios de maior peso dez por cento para menor.

Tabela 6.1. Diferenças relativas das distâncias das avaliações a partir do cenário “BOM” (pesos originais)

<b>RELAÇÕES DE DISTÂNCIAS (PESOS ORIGINAIS)</b>				
<b>CENÁRIOS</b>	<b>MACBETH</b>	<b>CP</b>	<b>CGT</b>	<b>PROMETHEE II</b>
BOM	0%	0%	0%	0%
"Construído"	73%	1297%	49%	57%
NEUTRO	100%	2262%	97%	137%
"Atual"	123%	2406%	96%	140%
"Terra arrasada"	155%	2678%	99%	167%

(em destaque, a divergência do método CGT)

Tabela 6.2. Diferenças relativas das distâncias das avaliações a partir do cenário “BOM” (pesos com 10% a mais)

<b>RELAÇÕES DE DISTÂNCIAS (PESOS +10%)</b>				
<b>CENÁRIOS</b>	<b>MACBETH</b>	<b>CP</b>	<b>CGT</b>	<b>PROMETHEE II</b>
BOM	0%	0%	0%	0%
"Construído"	72%	1350%	49%	57%
NEUTRO	100%	2370%	97%	138%
"Atual"	122%	2513%	96%	139%
"Terra arrasada"	153%	2784%	99%	166%

(em destaque, a divergência do método CGT)

Tabela 6.3. Diferenças relativas das distâncias das avaliações a partir do cenário “BOM” (pesos com 10% a menos)

<b>RELAÇÕES DE DISTÂNCIAS (PESOS -10%)</b>				
<b>CENÁRIOS</b>	<b>MACBETH</b>	<b>CP</b>	<b>CGT</b>	<b>PROMETHEE II</b>
BOM	0%	0%	0%	0%
"Construído"	73%	1236%	49%	57%
NEUTRO	100%	2140%	96%	135%
"Atual"	124%	2286%	96%	140%
"Terra arrasada"	157%	2556%	99%	168%

Baseado nos resultados obtidos neste trabalho, considerou-se que o método ELECTRE II não atendeu as expectativas, uma vez que a hierarquização das alternativas, por ele realizada, não contemplou a alternativa de melhor compromisso (cenário “BOM”), classificando-a como de

mesmo nível que a alternativa de cenário “construído”; e, da mesma forma, não contemplou a hierarquia entre as alternativas de cenário “NEUTRO” e a alternativa de pior desempenho (cenário “atual”), classificando-as, também, de mesmo nível hierárquico.

Constatou-se que o modelo matemático do método CP privilegia a alternativa de melhor compromisso, potencializando as diferenças entre ela e as demais alternativas.

A inconsistência, ainda que pequena, do resultado do método CGT traz um alerta para cuidados especiais na contextualização e aferição dos resultados quando se fizer uso deste método.

O método PROMETHEE II foi o que se mostrou mais confiável, em comparação às escalas previamente estabelecidas, definidas a partir do método MACBETH. E, uma vez respeitadas as condições da abordagem do pensamento focado no valor, a qual embasa a abordagem multicritério proposta, neste trabalho, parece ser um método indicado para contextos semelhantes ao que foi apresentado nesta pesquisa.

A comparação das alternativas “ruins” com as alternativas “boas” pareceu ser bem interessante, visto que permitiu aferir as respostas fornecidas pelos diferentes métodos.

A adoção de diferentes cenários para os pesos não propiciou grandes diferenças entre os resultados obtidos em cada modelo, salientando a robustez do método proposto, principalmente, no que se refere à estruturação dos indicadores e respectivos descritores e pesos.

Porém, considera-se importante destacar que as funções de valor (descritores) do programa usado, o M-MACBETH<sup>®</sup>, podem ser mais bem definidas quando se têm vários níveis de desempenho na fase de avaliação dos critérios. Isto fica nítido nas Figuras 5.14 e 5.34, as quais representam critérios com, respectivamente, sete e oito níveis de desempenho, resultando em funções nitidamente não-lineares; sendo que as demais funções – com poucos níveis de

desempenho - resultam em funções com “aparências” lineares, pois o programa tende a criar segmentos de reta proporcionais às distâncias entre os níveis de desempenho, podendo gerar uma falsa impressão de que as funções são lineares; sendo que, nem sempre, as funções de valor se comportam desta maneira.

É necessário salientar, por fim, a importância da contextualização para a avaliação (valoração e ponderação) dos critérios. Estas avaliações devem ser feitas, sempre, baseadas em dados fundamentados em fatos. E, não somente a quantidade e a qualidade dos dados são importantes, mas, também, a maneira como essas informações são traduzidas nos valores de desempenho dos critérios.



## 7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

Apresentou-se, neste trabalho, uma **proposta inédita de indicadores de sustentabilidade em parcelamento do solo**, isto é, para avaliação de empreendimentos imobiliários horizontais. Buscou-se, desta maneira, cumprir com o ineditismo que se espera de uma Tese de Doutorado.

Em adição, acredita-se que a apresentação de **indicadores de sustentabilidade social, relacionados a empreendimentos**, também confere, a esta Tese, um **caráter inédito no campo acadêmico**; uma vez que não foi percebida, na revisão bibliográfica, qualquer trabalho que relacionasse concepção, projeto, implantação e operação de empreendimentos de engenharia com indicadores sociais.

Por outro lado, entende-se que a **aplicação**, e conseqüente divulgação entre formadores de opinião, **da abordagem construtivista**, por meio **da metodologia MCDA**, seja tão ou **mais importante** quanto o produto apresentado (os indicadores de sustentabilidade em parcelamento do solo); uma vez que a aplicação da metodologia MCDA e o *feedback* (retorno da percepção) dos atores-especialistas é que permitiram confirmar a viabilidade da hipótese proposta e, sobretudo, responder à questão de pesquisa.

### 7.1 Conclusões Preliminares a partir dos Estudos-Piloto

Pôde-se perceber na prática, por meio dos estudos-piloto, que o contexto do processo decisório prescinde dos 3 (três) quesitos básicos definidos no delineamento da pesquisa: consciência, conhecimento e comprometimento. Sendo o último indissociável dos dois primeiros.

Constatou-se, principalmente, nas unidades de análise 1 e 5 do segundo estudo-piloto que a falta de conhecimento do problema (ou parte dele) no primeiro caso e a falta de consciência, no segundo, culminaram pela não adoção da solução proposta.

Nos demais casos, foi possível perceber que quando o processo envolve um único decisor, de maneira geral, não ocorre a obstacularização do processo devido à assimetria de informações, a qual pode ser oriunda da falta de conhecimento de todas as características do problema, ou, ainda, de conflito de interesses.

Da literatura, identifica-se que a obstacularização do processo devido à assimetria de informações é mais comum em processos com vários decisores.

Por outro lado, percebeu-se que quando o decisor com maior nível de poder entre os diversos atores tem uma postura pró-ativa no processo de apoio à decisão, o processo flui sem grandes obstáculos e é maior a probabilidade de se alcançar a melhor solução para o problema. Este fato fica claro no primeiro estudo-piloto e, de certa forma, nas unidades de análise 1 e 2 do segundo estudo-piloto; apesar de que, na primeira unidade de análise, o entendimento equivocado sobre o problema do ator mais influente (o presidente da associação) culminou com a não adoção da solução mitigadora dos efeitos da impermeabilização do solo naquele caso.

### ***7.1.1 Mudança de paradigma na percepção da relação entre o meio-ambiente e o sistema econômico***

A partir dos valores<sup>58</sup> apresentados na Tabela A.1 (Apêndice 8), poder-se-ia corroborar a discussão sobre o fato de que as estruturas tradicionais não estão preparadas para resolver as

---

<sup>58</sup> Em que se nota que o custo de execução de um dispositivo de infiltração não ultrapassa 0,5% (meio por cento) do valor total de uma obra.

questões ambientais por considerarem que o Meio Ambiente faz parte do Sistema Econômico e não o contrário. Defende-se que a economia é um subsistema da natureza, a qual deve, portanto, limitar o desenvolvimento da primeira. Bem entendido, o que se propõe não é uma estagnação da economia, mas que esta se desenvolva dentro dos princípios da sustentabilidade, quais sejam, o de uso consciente dos recursos e geração de novas tecnologias, visando garantir os serviços disponíveis (incluindo os ambientais e os sociais) para as gerações futuras.

E, ainda, para que os instrumentos econômicos sejam eficazes ambientalmente, é preciso adotar ações que permitam reduzir a carga de degradação assimilável pelo meio físico. E, o manejo dos recursos hídricos deve considerar os ecossistemas temporalmente e espacialmente, de modo a assegurar a perpetuação dos seus serviços ambientais.

## **7.2 Conclusões Finais**

O sucesso na definição de uma matriz consensual de indicadores de sustentabilidade em três dimensões (ambiental, social e econômica), levando em consideração os valores de diferentes atores, deveu-se, sem sobra de dúvidas, à abordagem construtivista da metodologia MCDA.

Acredita-se que a abordagem MCDA, por seu caráter construtivista, seja capaz de suportar decisões e ações mais eficientes e legítimas que aquelas obtidas por meios tradicionais, tais como as decisões tomadas por técnicos ou burocratas, sem levar em consideração a percepção dos diversos atores, inclusive, das comunidades influenciadas passivamente pelo processo.

Conforme esperado, a metodologia MCDA se mostrou adequada ao processo de definição de indicadores de sustentabilidade para empreendimentos imobiliários horizontais (parcelamento do solo). E, mais ainda, confirmou ser, na percepção dos especialistas, atores participantes da

conferência de decisão, uma metodologia adequada à estruturação de problemas de quaisquer natureza ou dimensões.

Constatou-se, ainda, por meio da flexibilidade da abordagem MCDA e da percepção dos atores participantes, que os indicadores não são instrumentos de medição estáticos. Ao contrário, são bastante flexíveis e podem se adaptar às condições específicas de um dado tipo de empreendimento ou de uma região ou país.

A partir da definição dos indicadores, pode-se passar a avaliar os empreendimentos sob a ótica de todos os seus atores, ponderando e comparando indicadores individualmente e em conjunto, de tal forma a compor cenários discutidos e acordados entre todos.

É possível desenvolver, também, no processo contínuo de avaliação de vários empreendimentos, novos indicadores e aprimorar os já identificados.

### **7.3 Recomendações de Trabalhos Futuros**

A partir dos resultados deste trabalho será possível, em um futuro próximo, realizar outras avaliações, usando, por exemplo, a matemática *Fuzzy*, levando em consideração as diferenças de percepção entre os atores e balizando, com maior precisão, as decisões de consenso.

Acredita-se que, com a formação do grupo de discussão em questões de parcelamento do solo (proposto pelos participantes da conferência de decisão), poderá se viabilizar a integração de atores representativos do MP, da PMC e demais órgãos públicos participantes dos processos de análise e aprovação deste tipo de empreendimento.

Além disso, talvez seja possível desenvolver o modelo proposto neste trabalho com o apoio de entidades representativas (SINDUSCON) e deliberativas (Comitê PCJ) e, também desta forma,

auxiliar o poder público e empresas empreendedoras na adoção de soluções mais sustentáveis para seus projetos de parcelamento do solo.

A adoção do paradigma construtivista poderá resultar em legitimidade de ações para a empresa empreendedora ou para órgão que a aplica. Por meio da abordagem MCDA e com a incorporação de critérios ambientais e sociais, além dos técnicos e econômicos, considerando os diferentes valores dos diversos atores em projetos de parcelamento do solo, é possível aproximar as questões técnicas e econômicas dos projetos aos anseios da sociedade e contribuir para o exercício do desenvolvimento sustentável.

### ***7.3.1 Lacunas a serem preenchidas***

Percebeu-se, por fim, algumas lacunas a serem preenchidas em trabalhos futuros.

#### **Lacunas na fundamentação teórica**

Em relação à fundamentação teórica, acredita-se que, em primeiro lugar, haja uma lacuna considerável em relação aos indicadores sociais, os quais se limitam, na literatura atual, aos índices oficiais de órgãos governamentais, principalmente, do IBGE.

Nota-se, ainda, que há uma oportunidade (ou necessidade) de se estabelecer melhor relação entre as teorias do “Gerenciamento de Empreendimentos” e do “Gerenciamento dos Recursos Hídricos”.

#### **Lacunas na definição dos indicadores**

Sugere-se, também, a ampliação da abrangência das dimensões da sustentabilidade, em que sejam considerados aspectos culturais e do patrimônio histórico e natural, os quais não estão

contemplados em nenhum dos critérios (indicadores) sugeridos; nem mesmo nos indicadores sociais.

Visualiza-se, ainda, que possam ser desenvolvidas matrizes de indicadores de maior abrangência espacial; isto é, não apenas de abrangência em um determinado município, conforme está implícito na proposta do grupo de discussão formado a partir da conferência de decisão - descrita nas Subseções 5.4.1 e 7.3; mas, também, em níveis regionais mais amplos, tais como estaduais e até mesmo, uma matriz básica em nível nacional.

### **Lacunas na aplicação da metodologia MCDA**

Em relação à metodologia MCDA, acredita-se que seja necessária maior divulgação por meio de aplicações mais abrangentes e efetivas em nível nacional, uma vez que os erros comuns das metodologias tradicionais as tornam mais “fáceis” de serem aplicadas; porém, seus resultados podem ser questionáveis, conforme descrito, principalmente, no Capítulo 3.

E, também, acredita-se que seja necessária uma aplicação ampla da metodologia MCDA, em que sejam testados diversos modelos de avaliação das alternativas, no intuito de se criar uma massa crítica em relação aos modelos mais adequados para cada contexto. E poder, desta forma, corroborar, quantitativamente, a hipótese apresentada.

## REFERÊNCIAS

ABAE. **Eficiência energética e uso racional da água**. Belo Horizonte: Associação Brasileira de Água e Energia, [200-]. Disponível em <<http://www.abae.org/>>. Acesso em: 31 mai. 2008.

ABREU, L. V. **Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas**. 2008. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

AIPA. **Manifesto contra Resolução das APP**. Manifesto de agravo: contra a resolução proposta pelo conselho nacional de meio ambiente (CONAMA) que autoriza a supressão de vegetação e intervenção em área de preservação permanente. São Paulo: AIPA – Associação Ituana de Proteção Ambiental, mai. 2005. Disponível em: <<http://www.aipa.org.br/documento-MANIFESTO-APP.htm>>. Acesso em: 1 fev. 2010.

ALFONSIN, B. O estatuto da cidade e a construção de cidades sustentáveis, justas e democráticas. *In*: Congresso Brasileiro do Ministério Público de Meio Ambiente, 2., 2001, Canela, RS. **Anais...** Canela, RS: Ministério Público de Meio Ambiente, 2001.

ALIROL, P. Como iniciar um processo de integração. *In*: RIBEIRO, H.; VARGAS, H. C. (Org.). **Novos instrumentos de gestão ambiental urbana**. São Paulo: EDUSP, 2001. cap. 2, p. 21-41.

ANA. **A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2002. 64 p.

ANPEI. **Como alavancar a inovação tecnológica nas empresas**. São Paulo: ANPEI – Associação Nacional de Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia das Empresas Inovadoras, 2004. 146 p.

AULETE, C. **Dicionário contemporâneo da língua portuguesa**. 2. ed. Rio de Janeiro: Delta, 1964. *apud* ENSSLIN, L.; MONTIBELLER NETO, G.; NORONHA, S. M.: **Apoio à decisão: metodologia para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas**. Florianópolis: Insular, 2001. 296 p.

BANA e COSTA, C. A. Como utilizar a metodologia MACBETH para ajudar a avaliar opções e ajudar a alocar recursos: conceitos e casos. **Palestra**. Fortaleza: Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, 2006. Disponível em: <[http://web.ist.utl.pt/carlosbana/bin/help/papers/CAGECE23\\_3\\_06CarlosBanaeCosta.pdf](http://web.ist.utl.pt/carlosbana/bin/help/papers/CAGECE23_3_06CarlosBanaeCosta.pdf)>. Acesso em: 28 out 2010.

\_\_\_\_\_. Processo de apoio à decisão: actores e acções; estruturação e avaliação. **Publicação CESUR**, S.l., v. 618, p. 31, 1993a.

\_\_\_\_\_. **Structuration, construction et exploitation d'un modèle multicritère d'aide à la décision**. 1992. Tese (Doutorado) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 1992.

\_\_\_\_\_. Três convicções fundamentais na prática do apoio à decisão. **Pesquisa Operacional**, S.l., v. 13, n. 1, p. 9-20, 1993b.

\_\_\_\_\_.; De CORTE, J. M.; VANSNICK, J. C. **MACBETH. LSE OR Working Paper**, p.03-56, London, UK: London School of Economics, 2004.

BANA e COSTA, C. A. ; De CORTE, J. M.; VANSNICK, J. C. On the mathematical foundations of MACBETH. *In*: FIGUEIRA, J.; GRECCO, S.; EHRGOTT, M. (Ed.). **Multiple criteria decision analysis: state of art surveys**. Boston, USA: Springer Science, Business Media, 2005. cap. 10, p. 409–442.

\_\_\_\_\_.; SANCHEZ-LOPEZ, R. El enfoque macbeth para la incorporación de temas transversales en la evaluación de proyectos de desarrollo. **Centro de Estudos de Gestão Working Paper**, n. 2, Lisboa, Portugal: Instituto Superior Técnico, 2009.

BANA e COSTA, C. A.; VANSNICK, J. C. A critical analysis of the eigenvalue method used to derive priorities in AHP. **European Journal of Operational Research**, n. 187, 2008, p. 1422–1428.

BARROS, L. A. F.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Avaliação de projeto padrão de creche em conjuntos habitacionais de interesse social: o aspecto da implantação. *In*: NUTAU'2002, 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo: NUTAU/FAU/USP, 2002. p. 243-252.

BARROS, L. C. **Sobre sistemas dinâmicos Fuzzy: teoria e aplicações**. 1997. 113 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1997.

BATISTA, E. R. **Avaliação de cenários e de fragmentação como subsídio ao manejo e à proteção da paisagem: estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Mambucaba**. 2005. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

BATISTA, J. A. N. Hidrologia básica. **Notas de Aula**. Disciplina (Hidrologia Básica). Graduação em Engenharia Civil - Departamento de Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

BELTON, V. A comparison of the analytic hierarchy process and a simple multiattribute value function. **European Journal of Operational Research**, v. 26, p. 7-21, 1986.

\_\_\_\_\_.; STEWART, T. J. **Multicriteria decision analysis an integrated approach**. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers, 2001.

BENASSI, S. Projeto de Lei n.º 664/2007, de 13 de setembro de 2007. Obriga as empresas de ônibus urbanos, intermunicipais, interestaduais e cooperativas do transporte alternativo que operam no transporte público municipal a instalarem equipamentos de recuperação e reutilização da água usada na lavagem de veículos para reaproveitamento com o mesmo fim. **Sala de Sessão da Câmara Municipal de Campinas**, Campinas, SP, 13 de set. 2007. Disponível em <[http://www.sergiobenassi.com.br/projetos\\_interna.php?id=247](http://www.sergiobenassi.com.br/projetos_interna.php?id=247)>. Acesso em 24 mai. 2011.

BENAYOUN, R.; ROY, B.; SUSSMAN, B. Une method pour guider le choix en presence de points de vue multiples. **Direction Scientifique**. Paris, SEMA, n. 49, 1966. *apud* ZUFFO, A. C.; REIS, L. F. R.; SANTOS, R. F.; CHAUDHRY, F. H. Aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento de recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. São Paulo, v. 7, n. 1, 2002.

BOLAÑO, C. R. S. Trabalho intelectual, comunicação e capitalismo: a re-configuração do fator subjetivo na atual reestruturação produtiva. **Revista da Sociedade Brasileira de Economia Política**, Rio de Janeiro, n. 11, p. 53-78, 2002.

BOLLMANN, H. A. **Relação da densidade populacional sobre variáveis de qualidade físico-química das águas superficiais em microbacias hidrográficas urbanas sem cobertura sanitária em Porto Alegre - RS**. 2003. 159 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

BOOTH, W. C.; COLOMB, G. G.; WILLIAMS, J. M. **A arte da pesquisa**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L. de; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. C. **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional**. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal-IGCE-UNESP, 2003.

BRANS, J. P.; MARESCHAL, B. PROMETHEE methods. *In*: FIGUEIRA, J.; GRECCO, S.; EHRGOTT, M. (Ed.). **Multiple criteria decision analysis: state of art surveys**. Boston, USA: Springer Science, Business Media, 2005. cap. 5, p. 163–196.

BRASIL. Constituição (1988a). **Capítulo 6: Do Meio Ambiente**. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/legislacao/federal/constituicao/constituicao\\_cap\\_6.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/legislacao/federal/constituicao/constituicao_cap_6.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2010.

\_\_\_\_\_. DECRETO n.º 221, de 28 de fevereiro de 1967. Dispõe sobre a proteção e estímulos à pesca e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 de fev. 1967a. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/221-67.htm>>. Acesso em: 16 ago. 2009.

\_\_\_\_\_. DECRETO n.º 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. **Diário Oficial da União**, Rio de Janeiro, DF, 27 de jul. 1934. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d24643.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm)>. Acesso em: 22 dez. 2008.

\_\_\_\_\_. LEI n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965. Código Florestal Brasileiro. Texto alterado pela medida provisória n.º 2.166/001. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 de ago. 2001a. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm)>. Acesso em: 22 dez. 2008.

\_\_\_\_\_. LEI n.º 5.318, de 26 de setembro de 1967. Institui a Política Nacional de Saneamento e cria o Conselho Nacional de Saneamento. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 de set. 1967b. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/5318-67.htm>>. Acesso em: 28 ago. 2009.

\_\_\_\_\_. LEI n.º 5.357, de 17 de novembro de 1967. Estabelece penalidades para embarcações e terminais marítimos ou fluviais que lançarem detritos ou óleo em águas brasileiras, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 de nov. 1967c. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/5357-67.htm>>. Acesso em: 29 ago. 2009.

\_\_\_\_\_. LEI n.º 6.766, de 20 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 de dez. 1979. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/LEIS/L6766.htm>>. Acesso em: 22 dez. 2008.

BRASIL. LEI n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 de set. 1981. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938org.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938org.htm)>. Acesso em: 2 fev. 2010.

\_\_\_\_\_. LEI n.º 7.661, de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 de mai. 1988b. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L7661.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7661.htm)>. Acesso em: 29 ago. 2009.

\_\_\_\_\_. LEI n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 de jan. 1997. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/Legislacao/docs/lei9433.pdf>>. Acesso em: 22 dez. 2008.

\_\_\_\_\_. LEI n.º 9.984, de 17 de julho de 2000. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 de jul. 2000. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/Legislacao/docs/lei9984.pdf>>. Acesso em: 22 dez. 2008.

\_\_\_\_\_. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Temas: meio ambiente**. Brasília: MCT, 2008. Disponível em <<http://ftp.mct.gov.br/Temas/meioambiente/alagaveis.htm>>. Acesso em: 3 jun. 2008.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Portaria n.º 1.469, de 29 de dezembro de 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 10 de jan. 2001b.

CAIADO, M. C. S. O padrão de urbanização brasileiro e a segregação espacial da população na região de campinas: o papel dos instrumentos de gestão urbana. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 10., 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABEP, 1998. p. 457-488.

CAMPANA, N.; TUCCI, C. E. M. Estimativa da área impermeável de macrobacias urbanas. **RBE**, Caderno de Recursos Hídricos, v.12, n.2, 1994, p.79-94. *apud* BOLLMANN, H. A. **Relação da densidade populacional sobre variáveis de qualidade físico-química das águas superficiais em microbacias hidrográficas urbanas sem cobertura sanitária em Porto Alegre - RS**. 2003. 159 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CAMPINAS. DECRETO n.º 10.816, de 15 de junho de 1992. Aprova o regulamento da Lei n.º 6.764, de 13 de novembro de 1991. **Diário Oficial do Município**, Campinas, SP, 20 de jun. 1992. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/bibjuri/dec10816.htm>>. Acesso em: 21 fev. 2010.

\_\_\_\_\_. DECRETO n.º 11.172, de 28 de maio de 1993. Dispõe sobre a criação de áreas de proteção ambiental (APA) nos distritos de Sousas e Joaquim Egídio, município de Campinas. **Diário Oficial do Município**, Campinas, SP, 29 de mai. 1993a. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/bibjuri/dec11172.htm>>. Acesso em: 18 fev. 2010.

CAMPINAS. DECRETO n.º 11.272, de 9 de setembro de 1993. Altera o Decreto n.º 11.172, de 28 de maio de 1993. **Diário Oficial do Município**, Campinas, SP, 10 de set. 1993b. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/bibjuri/dec11272.htm>>. Acesso em: 18 fev. 2010.

\_\_\_\_\_. DECRETO n.º 13.852, de 15 de fevereiro de 2002. Acrescenta os Parágrafos 5º e 6º ao Artigo 4º do Decreto n.º 10.816, de 15 de junho de 1992. **Diário Oficial do Município**, Campinas, SP, 16 de fev. 2002. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/bibjuri/dec13852.htm>>. Acesso em: 24 fev. 2010.

\_\_\_\_\_. DECRETO n.º 16.773, de 18 de setembro de 2009. Regulamenta a Lei n.º 13.030, de 24 de julho de 2007. **Diário Oficial do Município**, Campinas, SP, 19 de set. 2009a. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/bibjuri/dec16773.htm>>. Acesso em: 24 mar. 2010.

\_\_\_\_\_. LEI n.º 6.764, de 13 de novembro de 1991. Autoriza o executivo a observar, no município de Campinas, a legislação federal e estadual concernentes às ações de vigilância e fiscalização exercidas na promoção, proteção e recuperação da saúde e preservação do meio ambiente. **Diário Oficial do Município**, Campinas, SP, 14 de nov. 1991. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/bibjuri/lei6764.htm>>. Acesso em: 18 fev. 2010.

\_\_\_\_\_. LEI n.º 9.427, de 16 de outubro de 1997. Estabelece restrição de pavimentos para edificação nos Distritos de Sousas e Joaquim Egídio. **Diário Oficial do Município**, Campinas, SP, 17 de out. 1997. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/bibjuri/lei10850.htm>>. Acesso em: 24 fev. 2010.

\_\_\_\_\_. LEI n.º 10.850, de 7 de junho de 2001. Cria a área de proteção ambiental - APA - do município de Campinas, regulamenta o uso e ocupação do solo e o exercício de atividades pelo setor público e privado. **Diário Oficial do Município**, Campinas, SP, 08 de jun. 2001. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/bibjuri/lei10850.htm>>. Acesso em: 24 fev. 2010.

\_\_\_\_\_. LEI n.º 13.030, de 24 de julho de 2007. Dispõe sobre a Obrigatoriedade da Compensação das Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) pelos Promotores de Eventos Realizados em Área de Domínio Público, Possibilitando a Neutralização da Emissão de Gás Carbônico (CO<sub>2</sub>). **Diário Oficial do Município**, Campinas, SP, 27 de jul. 2007. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/bibjuri/lei13030.htm>>. Acesso em: 24 mar. 2010.

\_\_\_\_\_. LEI n.º 13.658, de 17 de agosto de 2009. Autoriza o Município de Campinas a Participar da Constituição da Fundação Agência das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, Dirigida aos Corpos de Água Superficiais e Subterrâneos. **Diário Oficial do Município**, Campinas, SP, 18 de ago. 2009b. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/bibjuri/lei13658.htm>>. Acesso em: 24 mar. 2010.

\_\_\_\_\_. LEI COMPLEMENTAR n.º 15, de 27 de dezembro de 2006. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Campinas. **Diário Oficial do Município**, Campinas, SP, 29 de dez. 2006. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/bibjuri/lei10850.htm>>. Acesso em: 23 mar. 2010.

\_\_\_\_\_. Projeto de Lei n.º 129/2007, de 8 de março de 2007. Cria o sistema de reuso de água de chuva no Município de Campinas/SP, para utilização não potável em condomínios, clubes, entidades, conjuntos habitacionais e demais imóveis residenciais, industriais e comerciais.

**Câmara Municipal de Campinas**, Campinas, SP, 19 mar. 2008. Disponível em <[http://www.sergiobenassi.com.br/projetos\\_interna.php?id=114](http://www.sergiobenassi.com.br/projetos_interna.php?id=114)>. Acesso em 24 mai. 2011.

CAPPIELLA, K.; SCHUELER, T. Crafting a lake protection ordinance. **Watershed Protection Techniques**, Ellicott City, MD, USA, v. 3, n. 4, p. 750-762, 2001. *apud* RANDOLPH, J. **Environmental land use planning and management**. Washington, DC: Island Press, 2004. 664 p.

CARLSSON, C.; FULLÉR, R. Fuzzy multiple criteria decision making: recent developments. **Fuzzy Sets and Systems**, n. 78, 1996, p. 139-153.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/cap4/4.2.gif>>. Acesso em: 28 mai. 2008.

CAVINI, R.A. **Instrumentos econômicos e gestão de águas: estudo para recuperação do reservatório Billings**. 2002. 163 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

CETESB. **Relatório de águas interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2003. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/>>. Acesso em: 29 mai. 2008.

CHANG, G.; PARRISH, J.; SOUER, C. **The first flush of runoff and its effects on control structure design**. Austin, Texas: Environmental Resource Management Division. Department of Environmental and Conservation Services, 1990. *apud* RANDOLPH, J. **Environmental land use planning and management**. Washington, DC: Island Press, 2004. 664 p.

CHERNICARO, C. A. L. (Coord.). **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**. Rio de Janeiro: FINEP, 2001.

CHIAVENATO, I. **Administração: teoria, processo e prática**. 3.ed. São Paulo: Makron, 2000.

COCHRANE, J. L.; ZELENY, M. (Ed.). **Multiple criteria decision making**. Columbia, USA: University of South Carolina Press, 1973.

COELHO NETTO, A. L.; AVELAR, A. S. O uso da terra e a dinâmica hidrológica. *In*: SANTOS, R. F. (Org.). **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007. cap. 5, p. 59-74.

COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

CONAMA. **Proposta de Resolução**. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, 02 e 03 de mai. 2005a. Processo n° 02000.002382/2003-92.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA n.º 302, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 de mai. 2002a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>>. Acesso em: 22 jan. 2010.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA n.º 303, de 20 de março de 2002. Regulamentação do artigo 2º da Lei n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965, no que concerne às Áreas de Preservação Permanente e revogação da Resolução CONAMA 004. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 de mai.

2002b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em: 22 jan. 2010.

CONAMA. Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 de mar. 2005b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 31 jan. 2010.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA n.º 369, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 de jun. 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489>>. Acesso em: 22 jan. 2010.

COSTA, D. B. **Diretrizes para concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho para empresas da construção civil**. 2003. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CORTELLA, M. Educação como instrumento de mudança social. *In*: RIBEIRO, H.; VARGAS, H. C. (Org.). **Novos instrumentos de gestão ambiental urbana**. São Paulo: EDUSP, 2001. cap. 3, p. 43-54.

CUNHA, J. A. O. G.; THOMAZ, J. P. C. F.; MOURA, H. P. As Conferências de Decisão na resolução de Conflitos em Projetos de Software. **Artigo**. [On line]. [2009]. Disponível em: <[www.cin.ufpe.br/hermano/download/.../42289-as-conferencias-de-decisao](http://www.cin.ufpe.br/hermano/download/.../42289-as-conferencias-de-decisao)>. Acesso em: 28 jun. 2011.

CUTTER, S. L. **Rating places: a geographer's view on quality of life**. Resource publication in Geography. Pennsylvania: American Geographer's Association, 1985.

DAGNINO, R. S. **Riscos ambientais na bacia hidrográfica do ribeirão das Pedras, Campinas/São Paulo**. 2007. 136 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

DAMÁSIO, A. R. **O erro de Descartes: emoção, razão e cérebro humano**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996. 330 p.

DICK, B. **You want to do action research thesis: how to conduct and report action research**. 1993. Disponível em: <<http://www.scu.edu.au/schools/gcm/ar/art/arhome.html>> Acesso em: 10 out. 2001. *apud* COSTA, D. B. **Diretrizes para concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho para empresas da construção civil**. 2003. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

DOOGE, J. C. I. The development of hydrological concepts in Britain and Ireland between 1674 and 1874. **Hydrological Sciences Bulletin**, [S.l.], v. 19, n. 3, p. 279-302, 1974.

ENSSLIN, L.; MONTIBELLER NETO, G.; NORONHA, S. M.: **Apoio à decisão: metodologia para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas**. Florianópolis: Insular, 2001. 296 p.

ENTERPRISE LSE. **Decision Conferencing**. [On line]. London: LSE - London School of Economics, 2008. Disponível em: <<http://www.lse.ac.uk/collections/decisionConferencing/>>. Acesso em 31 out. 2010.

ERICKSON, P. A. **A practical guide to environmental impact assessment**. San Diego: Academic Press, 1994.

FABRETTI, T. R.; FANTINATTI, P. A. P.; JACOMAZZI, M. A.; ZUFFO, A. C. Cobrança pelo uso da água para fins de abastecimento: proposta de cálculo por meio de análise multicritério. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19., Maceió, 2011. **Anais...** Maceió: ABHR, 2011.

FANTINATTI, P. A. P. **Ações de gestão do conhecimento na construção civil: evidências a partir da assistência técnica de uma construtora**. 2008. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

\_\_\_\_\_. A importância da participação da alta direção para a sustentação do conhecimento nas empresas de construção. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 4., 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Antac, 2005.

FELLOWS, R.; LIU, A. **Research methods for construction**. 2 ed. Hong-Kong: Blackwell Science, 2005. 262 p.

FERREIRA, L. C. **A questão ambiental: sustentabilidade e políticas públicas no Brasil**. São Paulo: Boitempo Editorial, 1998.

FEYERABAND, P. **Contra o método: esboço de uma teoria anárquica da teoria do conhecimento**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977.

FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. (Ed.). **Multiple criteria decision analysis: state of art surveys**. Boston, USA: Springer Science, Business Media, 2005.

FIGUEIRA, J.; MOUSSEAU, V.; ROY, B. ELECTRE methods. *In*: FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. (Ed.). **Multiple criteria decision analysis: state of art surveys**. Boston, USA: Springer Science, Business Media, 2005. cap. 4, p. 133–162.

FISRWG. **Stream corridor restoration: principles, processes and practices**. USA: FISRWG – Federal Interagency Stream Restoration Working Group, 1998. Disponível em <[http://www.usda.gov/stream\\_restoration/](http://www.usda.gov/stream_restoration/)>. Acesso em 23 mar. 2008.

FRANCO, E. **Gestão do conhecimento na construção civil: uma aplicação dos mapas cognitivos na concepção ergonômica da tarefa de gerenciamento dos canteiros de obras**. 2001. 253 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

GENOVEZ, A. M. Métodos de estimação de vazões de enchentes para pequenas bacias. **Apostila**. Disciplina (Vazão de Projeto em Pequenas Bacias). Graduação em Engenharia Civil - Departamento de Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

GERSHON, M; DUCKSTEIN, L. Multiobjective approaches to river basin planning. **Journal of Water Planning Management**, v. 109, n. 1, p. 193-213, 1983.

- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.
- GOICOECHEA, A.; HASEN, D.; DUCKSTEIN, L. **Multiobjective decision analysis with engineering and business**. Canadá: John Wiley & Sons Inc., 1982. 519 p.
- GOLDEMBERG, J.; BARBOSA, L. M. A legislação ambiental no Brasil e em São Paulo. **Revista Eco21**, Ano 14, Ed. 96, nov. 2004. Disponível em: <[http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./gestao/index.html&conteudo=./gestao/artigos/brasil\\_saop.html](http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./gestao/index.html&conteudo=./gestao/artigos/brasil_saop.html)>. Acesso em: 29 jan. 2010.
- GRABISCH, M.; LABREUCHE, C. Fuzzy measures and integrals in MCDA. *In*: FIGUEIRA, J.; GRECCO, S.; EHRGOTT, M. (Ed.). **Multiple criteria decision analysis: state of art surveys**. Boston, USA: Springer Science, Business Media, 2005. cap. 14, p. 563–608.
- GRANJA, A. D. **Pesquisa-ação: uma análise crítica**. [On line]. Campinas: [S.n.], 2009. Disponível em: <[http://www.fec.unicamp.br/~adgranja/index\\_arquivos/pesquisa%20acao%20analise%20critica.pdf](http://www.fec.unicamp.br/~adgranja/index_arquivos/pesquisa%20acao%20analise%20critica.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2010.
- HENNING, E. **O licenciamento ambiental como instrumento da política nacional do meio ambiente**. 1999. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.
- HIROTA, E. H. **Desenvolvimento de competências para a introdução de inovações gerenciais na construção através da aprendizagem na ação**. 2001. 217 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- HIRSCHMAN, D. J.; RANDOLPH, J.; FLYNN, J. The can-do book of local water resources management. *In*: RANDOLPH, J. (Ed.). **Sourcebook for local water resource management**. Blacksburg, VA: Virginia Water Resources Research Center, 1992. *apud* RANDOLPH, J. **Environmental land use planning and management**. Washington, DC: Island Press, 2004. 664 p.
- JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1995. 720 p.
- JUNQUEIRA, M. R. **Aplicação da teoria dos jogos cooperativos para a alocação de custos de transmissão em mercados elétricos**. 2005. 107 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- KEENEY, R. L. **Value-focused thinking: a path to creative decision-making**. Cambridge: Harvard University Press, 1992.
- KENT, R.; KLOSTERMAN, R. GIS and mapping: pitfalls for planners. **Journal of the American Planning Association**, v. 66, n. 2, 2000, p. 189-198.
- KIENZLE, R. S.; LABRIOLA, A. Taking infrastructure management systems into the new century. *In*: **Public Works**. EUA: S.n., 1996.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; PINA, S. A. M.; LABAKI, L. C.; SILVA, V.; BERTOLI, S.; RUSCHEL, R.; FAVERO, E.; MOREIRA, D.; RUIZ, J. Parâmetros de sustentabilidade e qualidade de vida na implantação de conjuntos habitacionais sociais. *In*: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2005, Maceió. **Anais...** Maceió: Antac, 2005. p. 930-939.

- LABAKI, L. C.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Projetos padrão de conjuntos habitacionais de Campinas e seu conforto térmico: análise de possíveis melhorias. *In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 5., 1995, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Antac, 1995. p. 593-598.
- LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas**. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul, 1999.
- LEWIN, K. Action research and minority problems. **Journal of Social Issues**, v. 2, n. 4, p. 34-46, 1946.
- LIMA, J. R.; QUADROS, R. M. B.; SUERTEGARAY, D. M. A.; SANTANA, M. O. Desertificação e arenização. *In: SANTOS, R. F. (Org.). Vulnerabilidade ambiental*. Brasília: MMA, 2007. cap. 9, p. 123-142.
- LOW-BEER, J. D.; CORNEJO, I. K. Instrumento de gestão integrada da água em áreas urbanas. Subsídios ao programa nacional de despoluição das bacias hidrográficas e estudo exploratório de um programa nacional de apoio à gestão integrada. **Relatório de Andamento**, 6 mar. 2011. Convênio FINEP CT-HIDRO 23.01.0547.00. Disponível em <<http://www.usp.br/fau/pesquisa/infurb/urbagua/mf4/a1.pdf>>. Acesso em 3 jun. 2011.
- MAFFRA, C. Q. T.; MAZZOLA, M. As razões dos desastres em território brasileiro. *In: SANTOS, R. F. (Org.). Vulnerabilidade ambiental*. Brasília: MMA, 2007. cap. 1, p. 9-12.
- MALINOWSKI, A. **Aplicação de metodologia para a estruturação de diretrizes para o planejamento do reúso de água no meio urbano**. 2006. 221 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- MANTOVANI, W.; SANTOS, R. F. Vegetação, vulnerabilidade e qualidade ambiental. *In: SANTOS, R. F. (Org.). Vulnerabilidade ambiental*. Brasília: MMA, 2007. cap. 10, p. 143-164.
- MARICATO, E. MetrÓpole, legislação e desigualdade. **Estudos Avançados**, S.l., v. 17, n. 48, p. 151-167, 2003.
- MAXIMIANO, A. C. A. **Introdução à administração**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- MEREDITH, J. R.; MANTEL JR., S. J. **Project management: a managerial approach**. New York : Wiley, 1989.
- MEYER, P.; ROUBENS, M. Choice, ranking and storing in Fuzzy Multiple Criteria Decision Aid. *In: FIGUEIRA, J.; GRECCO, S.; EHRGOTT, M. (Ed.). Multiple criteria decision analysis: state of art surveys*. Boston, USA: Springer Science, Business Media, 2005. cap. 12, p. 471–506.
- MONTIBELLER, G.: Action-researching MCDA interventions. *In: BRITISH OPERATIONAL RESEARCH CONFERENCE*, 49., 2007, Edinburgh. **Proceedings...** Edinburgh: The OR Society, 2007.
- MONTIBELLER NETO, G. **Mapas cognitivos difusos para apoio à decisão: uma metodologia integrada para construção de problemas e exploração do impacto de alternativas nos valores do tomador de decisão**. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000. *apud* FRANCO, E.

**Gestão do conhecimento na construção civil: uma aplicação dos mapas cognitivos na concepção ergonômica da tarefa de gerenciamento dos canteiros de obras.** 2001. 253 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

MONTIBELLER NETO, G. **Mapas cognitivos: uma ferramenta de apoio à estruturação de problemas.** 1996. [On line]. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/disserta96/neto/index/index.htm#sumario>>. Acesso em: 29 mai. 2009.

MORERO, A. M.; SANTOS, R. F.; FIDALGO, E. C. C. Planejamento ambiental de áreas verdes: estudo de caso em Campinas–sp. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 19-30, 2007.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental.** 3. ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária. 2003

NASH, J. F. Non cooperative games. **Annals of Mathematics**, n. 54, p. 286-295, 1951. *apud* JUNQUEIRA, M. R. **Aplicação da teoria dos jogos cooperativos para a alocação de custos de transmissão em mercados elétricos.** 2005. 107 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

NWS. **Hydrologic design service center.** USA: NWS – National Weather Service, 2002. Disponível em <<http://www.nws.noaa.gov/oh/hdsc/studies/prcpfreq.html>>. Acesso em 18 mai. 2008.

OROFINO, F. V. G. **Aplicação de um sistema de suporte multicritério - Saaty for Windows - na gestão dos resíduos sólidos de serviços de saúde - caso do hospital Celso Ramos.** 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996. Disponível em <<http://www.eps.ufsc.br/disserta97/flavia/index.html>>. Acesso em 15 jun. 2011.

PÁDUA, M. T. J. Para violar melhor as APPs. **O Eco**, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <[http://www.oeco.com.br/maria-tereza-jorge-padua/36-maria-tereza-jorge-padua/16243-oeco\\_12460](http://www.oeco.com.br/maria-tereza-jorge-padua/36-maria-tereza-jorge-padua/16243-oeco_12460)>. Acesso em: 31 jan. 2010.

PAYÈS, A. C. L. M. **Medida da conformidade da proteção legal na conservação ambiental – estudo de caso: Despraiado, SP.** 2010. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

PELIZZOLI, M. L. **Correntes da ética ambiental.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2002.

PGC-DEM. **Low-impact development: an integrated design approach.** Largo, MD-USA: PGC- Prince George’s County, DEM - Department of Environmental Resources, 1999.

PHILLIPS, L. D. **A theory of requisite decision models.** [S.l.]: Acta Psychologica, 1984. *apud* CUNHA, J. A. O. G.; THOMAZ, J. P. C. F.; MOURA, H. P. As Conferências de Decisão na resolução de Conflitos em Projetos de Software. **Artigo.** [On line]. [2009]. Disponível em: <[www.cin.ufpe.br/hermano/download/.../42289-as-conferencias-de-decisao](http://www.cin.ufpe.br/hermano/download/.../42289-as-conferencias-de-decisao)>. Acesso em: 28 jun. 2011.

PHILLIPS, L. D. Requisite decision modelling: a case study. **Journal of the Operational Research Society**, v. 33, n. 4, 1982, p. 303–311.

\_\_\_\_\_.; BANA e COSTA, C. A. Transparent prioritisation, budgeting and resource allocation with multi-criteria decision analysis and decision conferencing. **Annals of Operations Research**, v. 154, n. 1, 2007, p. 51-68.

PIAGET, J. **Problemas de psicologia genética**. São Paulo: Abril Cultural, 1975. (Os Pensadores.) v. 51.

PINHEIRO, A. Enchente e inundação. *In*: SANTOS, R. F. (Org.). **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007. cap. 7, p. 95-106.

PONCE, V. M. **Engineering hydrology: principles and practices**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1989.

PORTO, M. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, 2008. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a04.pdf>>. Acesso em 9 mar. 2011.

QUAGLIO, S. (Org.). **Análise: gestão ambiental**. São Paulo: Análise, 2007.

\_\_\_\_\_. As normas ambientais das maiores economias do mundo. *In*: \_\_\_\_\_ (Org.). **Análise: gestão ambiental**. São Paulo: Análise, 2007a, p. 314-315.

\_\_\_\_\_. O choque de competências que atravança o progresso. *In*: \_\_\_\_\_ (Org.). **Análise: gestão ambiental**. São Paulo: Análise, 2007b, p. 315-319.

\_\_\_\_\_. Os pontos positivos da lei e os que não funcionam. *In*: \_\_\_\_\_ (Org.). **Análise: gestão ambiental**. São Paulo: Análise, 2007c, p. 321-322.

RANDOLPH, J. **Environmental land use planning and management**. Washington, DC: Island Press, 2004. 664 p.

RATTNER, H. (Org.). **Brasil no limiar do século XXI: Alternativas para a construção de uma sociedade sustentável**. São Paulo: Edusp, 2000. (Coleção Brasil 500 anos).

\_\_\_\_\_. Política de ciência e tecnologia no limiar do século. *In*: \_\_\_\_\_ (Org.). **Brasil no limiar do século XXI: Alternativas para a construção de uma sociedade sustentável**. São Paulo: Edusp, 2000. (Coleção Brasil 500 anos). cap. 5, p. 353-364.

REGALES, F.; LÓPEZ, P. A. **Población, ecología y medio ambiente**. 2. ed. Navarra: EUNSA, 1997. 285 p.

REIS, A. Tipos arquitetônicos habitacionais: implicações para controle de território, manutenção e uso dos espaços abertos e aparência de conjuntos habitacionais. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Antac, 1998. p. 605-612.

RIBEIRO, H. Comunicação como instrumento do planejamento e da gestão ambiental. *In*: \_\_\_\_\_; VARGAS, H. C. (Org.). **Novos instrumentos de gestão ambiental urbana**. São Paulo: EDUSP, 2001. cap. 5, p. 71-90.

\_\_\_\_\_. VARGAS, H. C. (Org.). **Novos instrumentos de gestão ambiental urbana**. São Paulo: EDUSP, 2001.

RIBEIRO, H.; VARGAS, H. C. Qualidade ambiental urbana: ensaio de uma definição. *In: \_\_\_\_\_* (Org.). **Novos instrumentos de gestão ambiental urbana**. São Paulo: EDUSP, 2001. cap. 1, p. 13-19.

\_\_\_\_\_. Sempre uma questão de ética. *In: \_\_\_\_\_* (Org.). **Novos instrumentos de gestão ambiental urbana**. São Paulo: EDUSP, 2001. cap. 9, p. 151-152.

ROCHA, G. A. A construção do sistema paulista de gestão de recursos hídricos. *In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 1998, Gramado, RS. **Anais...** Porto Alegre, RS: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.

ROSSI, P. **Architettura vs ambiente: le domande emergenti sulla tecnologia e sul progetto**. 1. ed. Roma: Franco Angeli, 2008. 320 p.

ROY, B. Classement et choix en presence de points de vue multiples (la methode ELECTRE). **Revue d'Informatique et de Recherche Opérationnelle**, v. 6, n. 8, 1968, p. 57-75. *apud* ZUFFO, A. C.; REIS, L. F. R.; SANTOS, R. F.; CHAUDHRY, F. H. Aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento de recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. São Paulo, v. 7, n. 1, 2002. p. 81-102.

\_\_\_\_\_. Decision science or decision aid science? **European Journal of Operational Research**, v. 66, p. 184-203, 1993.

\_\_\_\_\_.; BERTIER, P. La ELECTRE II: une application au media-planning. *In: CONFÉRENCE INTERNATIONALE DE RECHERCHÉ OPÉRATIONALLE*, 7., Dublin, 1973 **Proceedings...** Amsterdam, North Holland: M. Ross, 1973. *apud* ZUFFO, A. C.; REIS, L. F. R.; SANTOS, R. F.; CHAUDHRY, F. H. Aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento de recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. São Paulo, v. 7, n. 1, 2002. p. 81-102.

\_\_\_\_\_. La méthod ELECTRE II. **Working paper**, n. 142. SEMA, Paris, 1971. *apud* ZUFFO, A. C.; REIS, L. F. R.; SANTOS, R. F.; CHAUDHRY, F. H. Aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento de recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. São Paulo, v. 7, n. 1, 2002. p. 81-102.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, 1977, p. 234–281.

\_\_\_\_\_. **The Analytic Hierarchy Process**. New York, USA: McGraw-Hill, 1980.

SAMANIEGO G., C. A. **Princípios e ferramentas do lean thinking na estabilização básica: diretrizes para implantação no processo de fabricação de telhas deconcreto pré-fabricadas**. 2007. 128 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

SANTOS, M. O. R. M. **O impacto da cobrança pelo uso da água no comportamento do usuário**. 2002. 231 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

- SANTOS, R. F. (Org.). **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007. 192 p.
- \_\_\_\_\_.; CALDEYRO, V. S. Paisagens, condicionantes e mudanças. *In*: SANTOS, R. F. (Org.). **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007. cap. 2, p. 13-22.
- SANTOS, R. F.; THOMAZIELLO, S.; WEILL, M. A. Planejamento da paisagem. *In*: SANTOS, R. F. (Org.). **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007. cap. 11, p. 165-175.
- SÃO PAULO (Estado). Constituição (1989). **Capítulo 2**: Do Desenvolvimento Urbano. p. 60-61. Disponível em: <[http://www.mp.sp.gov.br/portal/page/portal/chefia\\_gabinete/legislacao/CONST%20ESTADUAL%20COMPLETA.pdf](http://www.mp.sp.gov.br/portal/page/portal/chefia_gabinete/legislacao/CONST%20ESTADUAL%20COMPLETA.pdf)>. Acesso em: 17 fev. 2010.
- SÃO PAULO (Estado). Constituição (1989). **Capítulo 4**: Do Meio Ambiente, dos Recursos Naturais e do Saneamento. p. 62-69 Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/constituicao/constituicao\\_cap\\_4.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/constituicao/constituicao_cap_4.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2010.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Emenda constitucional n.º 23, de 31 de janeiro de 2007. **Diário Oficial da Assembléia Legislativa**, São Paulo, SP, 01 de fev. 2007a. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/constituicao/2007\\_Emenda\\_Constitucional.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/constituicao/2007_Emenda_Constitucional.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2010.
- \_\_\_\_\_. DECRETO n.º 32.954, de 7 de fevereiro de 1991. Dispõe sobre a aprovação do Primeiro Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH 90/91. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, SP, 07 de fev. 1991. Disponível em: <<http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Decreto-32954-91.pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2011.
- \_\_\_\_\_. DECRETO n.º 5.993, de 16 de abril de 1975. Altera a denominação e as atribuições da Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas – CETESB. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, SP, 16 de abr. 1975. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/decretos/1975\\_Dec\\_Est\\_5993.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/decretos/1975_Dec_Est_5993.pdf)>. Acesso em: 1 fev. 2010.
- \_\_\_\_\_. DECRETO n.º 8.468, de 8 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei n.º 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, SP, 08 de set. 1976a. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/decretos/1976\\_Dec\\_Est\\_8468.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/decretos/1976_Dec_Est_8468.pdf)>. Acesso em: 1 fev. 2010.
- \_\_\_\_\_. LEI n.º 118, de 29 de junho de 1973. Autoriza a constituição de uma sociedade por ações, sob a denominação de CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle da Poluição das Águas. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, SP, 29 de jun. 1973. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/leis/1973\\_Lei\\_Est\\_118.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/leis/1973_Lei_Est_118.pdf)>. Acesso em: 1 fev. 2010.
- \_\_\_\_\_. LEI n.º 997, de 31 de maio de 1976. Institui o Sistema de Prevenção e Controle da Poluição do Meio Ambiente. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, SP, 31 de mai. 1976b. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/leis/1976\\_Lei\\_Est\\_997.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/leis/1976_Lei_Est_997.pdf)>. Acesso em: 1 fev. 2010.
- \_\_\_\_\_. LEI n.º 12.526, de 2 de janeiro de 2007. Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. **Diário Oficial da Assembléia Legislativa**, São Paulo,

SP, 02 de jan. 2007b. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/leis/2009\\_Lei\\_Est\\_12526.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/leis/2009_Lei_Est_12526.pdf)>. Acesso em: 31 out. 2008.

SÃO PAULO (Estado). LEI n.º 13.542, de 8 de maio de 2009. Altera a denominação da CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, SP, 09 de mai. 2009a. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/231481/lei-13542-09-sao-paulo-sp>>. Acesso em: 17 fev. 2010.

\_\_\_\_\_. LEI n.º 13.798, de 9 de novembro de 2009. Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas – PEMC. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, SP, 19 de nov. 2009b. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/leis/2009\\_Lei\\_Est\\_13798.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/leis/2009_Lei_Est_13798.pdf)>. Acesso em: 1 fev. 2010.

\_\_\_\_\_. Licenciamento ambiental. Sítio Oficial da CETESB. 2009c. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/index.asp>>. Acesso em: 15 fev. 2010.

\_\_\_\_\_. Secretaria do Meio Ambiente. **Agenda 21 em São Paulo: 1992-2002**. Edição bilingüe - Inglês/português. São Paulo: A Secretaria, 2002.

SCHMIDT, A. M. A. 1995. **Processo de apoio a tomada de decisão - abordagens AHP e MACBETH**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995. Disponível em <<http://www.eps.ufsc.br/disserta/angela/indice/index.html>>. Acesso em 15 jun. 2011.

SCHÖN, D. **The reflective practitioner**. New York: Basic Books, 1982. *apud* ENSSLIN, L.; MONTIBELLER NETO, G.; NORONHA, S. M. **Apoio à decisão: metodologia para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas**. Florianópolis: Insular, 2001. 296 p.

SCHUELER, T. Basic concepts of watershed planning. *In*: \_\_\_\_\_.; HOLLAND; H. (Ed.) **The practice of watershed protection**. Ellicott City, MD: Center of Watershed Protection, 2000. p. 145-161.

\_\_\_\_\_. Controlling urban runoff: a practical manual for planning and designing urban BMPs. Washington, DC: Metropolitan Washington Council of Governments, 1987. *apud* RANDOLPH, J. **Environmental land use planning and management**. Washington, DC: Island Press, 2004. 664 p.

\_\_\_\_\_.; HOLLAND, H. (Ed.) **The practice of watershed protection**. Ellicott City, MD: Center of Watershed Protection, 2000.

SEBRAE-SP; SINDUSCON-SP. **O desempenho das MPEs da construção civil paulista**. São Paulo: SEBRAE-SP, nov. 2000. Relatório de Pesquisa: Pesquisas Econômicas.

SEGALLA, M. B. **“Legislinho e sua turma no manguezal” em sala de aula: contribuições para a educação ambiental**. 2008. 115 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Mestrado Acadêmico em Educação, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, SC.

SILVA, J. S. V.; FEITOSA, R. G. F. Fatores que influenciam na velocidade de venda dos imóveis: um estudo de caso usando a metodologia AHP. **Revista Tecnológica de Fortaleza**, Fortaleza-CE, v. 28, n. 2, p. 229-237, 2007.

SILVA, V. G. Indicadores de sustentabilidade de edifícios: estado da arte e desafios para desenvolvimento no Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 47-66, 2007.

SILVEIRA, R. L. L. Redes e território: uma breve contribuição geográfica ao debate sobre a relação sociedade e tecnologia. **Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales** [On line], Barcelona, v. 8, n. 451, 2003. Disponível em: <<http://www.raco.cat/index.php/Biblio3w/article/view/66765/77000>>. Acesso em: 3 mar. 2011.

SIMÃO, J. M.: Project Evaluation for the accommodation industry in a sustainable development context. *In: BUSINESS STRATEGY AND THE ENVIRONMENT CONFERENCE*, 2005, Leeds. **Proceedings...** University of Leeds, Leeds, 2005.

SMUTS, J. C. **Holism and evolution**. Nova Iorque: Mac Millan, 1926 *apud* WEIL, P. **Holística: uma nova visão e abordagem do real**. São Paulo: Palas Athena, 1990.

SOARES, J. L. **Dicionário etimológico e circunstanciado de Biologia**. São Paulo: Scipione, 1993.

SOUZA, M. A. A.; CORDEIRO NETTO, O. M.; LOPES JÚNIOR, R. P. Sistema de apoio à decisão (SAD) para seleção de alternativas de pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. *In: CHERNICARO, C. A. L. (Coord.). Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios*. Rio de Janeiro: FINEP, 2001. cap. 10. p. 515-544.

SZIDAROVSKY, F.; DUCKSTEIN, L.; BOGARDI, I. Multiobjective management of a karstic aquifer by game theory. **Working paper**, v. 80, n. 122, Department of Systems and Industrial Engineering, University of Arizona, Tucson, USA, 1980. *apud* GERSHON, M; DUCKSTEIN, L. Multiobjective approaches to river basin planning. **Journal of Water Planning Management**, v. 109, n. 1, p. 193-213, 1983.

TERRA, T. N. **Efeitos cumulativos e a construção de cenários em paisagens legalmente protegidas**. 2010. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

**THE RAMSAR CONVENTION** on wetlands. [S.l.]: Danone Group, [199-?]. Disponível em: <<http://www.ramsar.org/cda/ramsar/>>. Acesso em: 31 jan. 2010.

THIOLENT, M. **Pesquisa-ação nas organizações**. São Paulo: Atlas, 1997.

THOMAZ, S. R. T. **Using Multi-Criteria Decision Analysis to develop a prototype model to assess integrated proposals for the Rodrigo de Freitas lagoon**. 2002. 58 f. Dissertação (MSc in Decision Sciences) - London School of Economics & Political Science, London, UK, 2002.

THOMAZIELLO, S. Usos da terra e sua influência sobre a qualidade ambiental. *In: SANTOS, R. F. (Org.). Vulnerabilidade ambiental*. Brasília: MMA, 2007. cap. 3, p. 23-38.

TORRES, R. B.; COSTA, M. C.; NOGUEIRA, F. P.; PEREZ FILHO, A. (Coord.). Recuperação ambiental, participação e poder público: uma experiência em Campinas. **Relatório de Pesquisa**. Campinas: IAC – Instituto Agrônomo de Campinas, 2006. Disponível em: <[www.iac.sp.gov.br/projetoanhumas](http://www.iac.sp.gov.br/projetoanhumas)>. Acesso em: 26 out. 2008.

TUCCI, C. E. M. Controle de Qualidade da Água de Áreas Urbanas. **Revista Informativa da Associação Brasileira de Recursos Hídricos**, n. 2, Porto Alegre, p. 19-20, 2000.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. (Coleção: ABRH de Recursos Hídricos, v.4).

\_\_\_\_\_.; SILVEIRA, A. **Gerenciamento de Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Departamento de Hidromecânica e Hidrologia Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

USDA. **National resources inventory**. USA: USDA – United States Department of Agriculture, 2001. Disponível em <<http://www.nrcs.usda.gov/technical/nri>>. Acesso em 27 mai. 2008.

\_\_\_\_\_. Urban hydrology for small watersheds. **Technical Release**, n. 55, USA: USDA – United States Department of Agriculture, 1986. Disponível em <[http://ftp.wcc.nrcs.usda.gov/downloads/hydrology\\_hydraulics/](http://ftp.wcc.nrcs.usda.gov/downloads/hydrology_hydraulics/)>. Acesso em 27 mai. 2008.

USDI. **Status and trends of wetlands in the coterminous United States, 1986 to 1997**. USA: USDI – United States Department of Interior, Fish and Wildlife Service, 2000. Disponível em <<http://wetlands.fws.gov/bha/SandT/>>. Acesso em 27 mai. 2008.

U.S. EPA. **Guidance specifying management measures for sources of nonpoint pollution in coastal waters**. USA: U.S. EPA - United States Environmental Protection Agency, 1993. *apud* RANDOLPH, J. **Environmental land use planning and management**. Washington, DC: Island Press, 2004. 664 p.

\_\_\_\_\_. **Municipal solid waste in the United States: 2000 facts and figures**. USA: U.S. EPA - United States Environmental Protection Agency, 2002. Disponível em <<http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/muncpl/report-00/>>. Acesso em 2 mai. 2008.

USWB. Rainfall frequency atlas of the United States. **Technical Paper**, n. 40, Washington, DC: USWB – United States Weather Bureau, 1961. Disponível em <<http://www.erh.noaa.gov/er/hq/Tp40s.htm>>. Acesso em 18 mai. 2008.

VARGAS, H. A arte da negociação. *In*: RIBEIRO, H.; VARGAS, H. C. (Org.). **Novos instrumentos de gestão ambiental urbana**. São Paulo: EDUSP, 2001. cap. 7, p. 107-124.

VENTURINI, J. O. A. G. **Poluição difusa das águas superficiais urbanas**. 2007. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Centro de Ciências Exatas e Ambientais e Tecnológicas, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2007.

VENTURINI, M. A. A. G. **Metodologia de análise e decisão multicriterial para a reabilitação de sistemas de abastecimento de água**. 2003. 256 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Área de Concentração: Recursos Hídricos), Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

VICTORINO, V.I.P. Monopólio, conflito e participação na gestão de recursos hídricos. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 47-62, jul./dez. 2003.

\_\_\_\_\_. Proteção aos mananciais, atores e conflitos: o caso da Cratera de Colônia. *In*: RIBEIRO, H.; VARGAS, H. C. (Org.). **Novos instrumentos de gestão ambiental urbana**. São Paulo: EDUSP, 2001. cap. 8, p. 125-149.

Von SPERLING, E.; TASSIN, B., VINÇON-LEITE, B. Aspectos de qualidade de água em bacias de retenção urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. São Paulo, v. 11, n. 2, 2006.

Von SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996a. 243 p. (Coleção: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v. 1).

\_\_\_\_\_. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996b. 211 p. (Coleção: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v. 2).

WEIL, P. **Holística: uma nova visão e abordagem do real**. São Paulo: Palas Athena, 1990.

WEILL, M. A. M.; PIRES NETO, A. G. Erosão e assoreamento. *In*: SANTOS, R. F. (Org.). **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007. cap. 4, p. 39-58.

WIESNES, P. **Introduction à l'hydrologie urbaine: conférences pour le Cours International d'Hydrologie Opérationnelle et Appliquée**. Lausanne: EPFL, 1984.

WMO. The Dublin Statement and Report of the Conference. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER AND THE ENVIRONMENT: DEVELOPMENT ISSUES FOR THE 21ST CENTURY, 1992, Dublin, Ireland. **Report...** Dublin, Ireland: WMO - World Meteorological Organization, 1992.

YASUDA, E. R. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. **Revista de Administração Pública**, v. 27, n. 2, p. 5-18, 1993.

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

YOSHIMURA, E. K.; GRANJA, A. D.: Avaliação de empreendimentos na construção civil utilizando opções reais. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 4., 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Antac, 2005.

ZADEH, L.A. Fuzzy sets. **Information and Control**, n. 8, 1965, p. 338-353. *apud* BARROS, L. C. **Sobre sistemas dinâmicos Fuzzy: teoria e aplicações**. 1997. 113 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1997.

ZELENY, M. Compromise programming. *In*: COCHRANE, J. L.; ZELENY, M. (Ed.). **Multiple criteria decision making**. Columbia, USA: University of South Carolina Press, 1973. p. 263-301.

ZIMMERMANN, H. J. **Fuzzy set theory and its applications**. Boston, USA: Dordrecht, 1985. *apud* CARLSSON, C.; FULLÉR, R. Fuzzy multiple criteria decision making: recent developments. **Fuzzy Sets and Systems**, n. 78, 1996, p. 139-153.

ZUFFO, A. C. Drenagem urbana. *In*: SANTOS, R. F. (Org.). **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007. cap. 8, p. 107-122.

\_\_\_\_\_. Equações de chuvas são eternas? *In*: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA, 21., 2004, São Pedro, SP. **Anais...** São Pedro, SP, Brasil: IAHR, 2004.

ZUFFO, A. C. Hidrologia básica. **Apostila**. Disciplina (Hidrologia Básica). Graduação em Engenharia Civil - Departamento de Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

\_\_\_\_\_. Incorporação de matemática *Fuzzy* em métodos multicriteriais para descrever critérios subjetivos em planejamento de recursos hídricos: *Fuzzy* - CP e *Fuzzy* – CGT. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. São Paulo, [enviado para publicação], 2011.

\_\_\_\_\_. **Seleção e aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento ambiental de recursos hídricos**. 1998. 302 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Estadual de São Paulo, São Carlos, 1998.

\_\_\_\_\_.; GENOVEZ, A. M. Método multicriterial utilizado como indicador da qualidade de água. *In*: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA, 22., 2006, Ciudad de Guayana, Venezuela. **Anais...** Ciudad de Guayana, Venezuela: IAHR, 2006.

ZUFFO, A. C.; REIS, L. F. R.; SANTOS, R. F.; CHAUDHRY, F. H. Aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento de recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. São Paulo, v. 7, n. 1, p. 81-102, 2002.



## APÊNDICES

### Apêndice 1 – Exemplo de Cálculo do Reservatório de Acumulação nos Moldes da Lei Estadual Paulista n.º 12.526

A seguir é apresentado um exemplo de cálculo do reservatório de acumulação nos moldes da Lei n.º 12.526, de 02 de janeiro de 2007 (SÃO PAULO, 2007b).

#### **Exemplo:**

Dimensione o reservatório de acumulação para um edifício de área total construída de 1.200,00 m<sup>2</sup> (um mil e duzentos metros quadrados) localizado em um terreno retangular de dimensões iguais a 20,00 m (vinte metros) de testada por 60,00 m (sessenta metros) de comprimento desde o alinhamento frontal até a divisa de fundos. Considere que a taxa máxima de ocupação do terreno seja igual a 50% (cinquenta por cento) e que o edifício está construído junto ao recuo frontal, sendo este de 6,0 m (seis metros) e totalmente pavimentado.

#### Solução:

Conforme o Artigo 2 (segundo), da Lei n.º 12.526, o sistema será composto de um reservatório de acumulação com capacidade calculada com base na Equação A.01.

$$V = 0,15 \times A_i \times IP \times t \quad (A.01)$$

em que:

- V = volume do reservatório em metros cúbicos;
- A<sub>i</sub> = área impermeabilizada em metros quadrados;

- $IP =$  índice pluviométrico igual a 0,06 m/h;
- $t =$  tempo de duração da chuva igual a 1 (uma) hora.

Assim, temos que, da Equação A.01,  $IP$  e  $t$  já são pré-definidos, sendo a área impermeabilizada,  $A_i$ , determinada da seguinte maneira:

- Como o terreno do exemplo tem 1.200,00 m<sup>2</sup> (um mil e duzentos metros quadrados), que é o mesmo valor da área total construída; porém, a taxa de ocupação é de 50% (cinquenta por cento), ou seja, no máximo igual a 600,00 m<sup>2</sup> (seiscentos metros quadrados); isto nos indica que a construção deverá ser em 2 (dois) pavimentos – sendo um pavimento térreo e um pavimento superior. Desta forma, a área impermeabilizada correspondente à área da edificação propriamente dita será de 600,00 m<sup>2</sup> (seiscentos metros quadrados);
- Mas, há, ainda, a área impermeabilizada do recuo frontal, igual a 120,00 m<sup>2</sup> (cento e vinte metros quadrados), correspondente aos 20,00 m (vinte metros) de testada por 6,00 m (seis metros) de comprimento;
- Totalizando 720,00 m<sup>2</sup> (setecentos e vinte metros quadrados) de área impermeabilizada.

E, finalmente, da Equação A.01, temos:  $V = 0,15 \times 720 \times 0,06 \times 1 \Rightarrow V = \mathbf{6,48 \text{ m}^3}$ .

## Apêndice 2 – Exemplo de Cálculo de Concentração de Poluentes

A seguir é apresentado um exemplo de cálculo da carga de poluentes de uma determinada chuva em uma área urbana por meio das equações<sup>59</sup> desenvolvidas por Schueler (1987 *apud* RANDOLPH, 2004).

### **Exemplo:**

Supondo uma área urbana de 2 (dois) hectares com 30% (trinta por cento) de área impermeável, cuja concentração seja de SST seja de 55mg/l (cinquenta e cinco miligramas por litro), calcule a carga de poluição de uma chuva de 5 mm (cinco milímetros).

### Solução:

→ da Equação X.04:  $R_v = 0,05 + 0,9 \times 0,3 = 0,32$ ;

→ da Equação X.03:  $R = 5 \times 0,9 \times 0,32 = 1,44$  mm;

- $C = 55$  mg/l.

da Equação X.01:  $L = 1,44 \times 55 \times 2 \Rightarrow L = 158$  kg de SST.

---

<sup>59</sup> Ver Anexo 3.



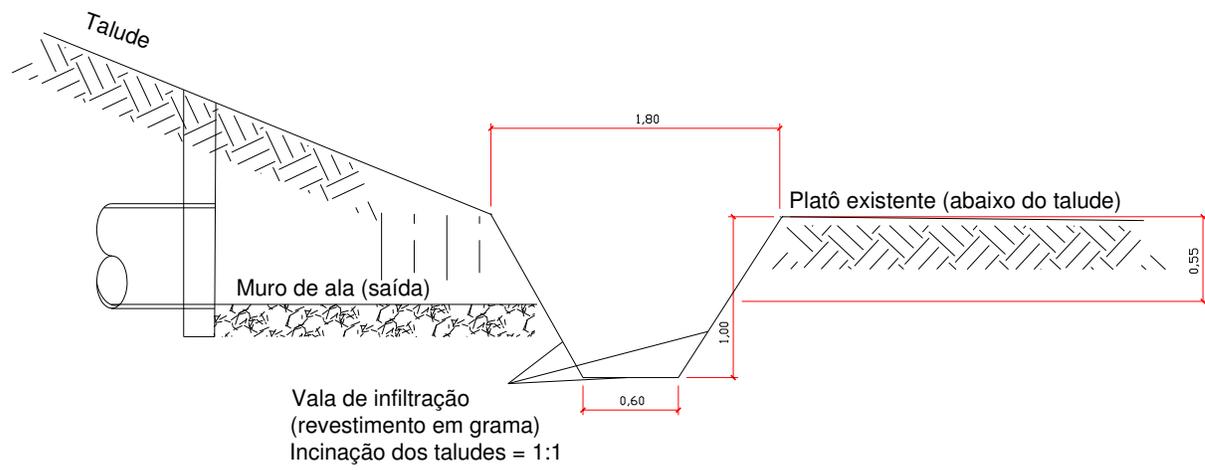
### **Apêndice 3 – Vala de Infiltração a Céu Aberto para Águas Pluviais: Dimensões e Custos**

A seguir serão apresentados os custos e dimensões da canaleta em grama (vala de infiltração a céu aberto) do primeiro estudo piloto, bem como uma comparação com as demais soluções.

A solução original, caixa em concreto foi projetada com as seguintes dimensões: 8,00 m (oito metros) de comprimento por 5,00 m (cinco metros) de largura por 1,50 (um metro e meio) de profundidade com um volume de 60,00 m<sup>3</sup> (sessenta metros cúbicos), a ser executada em blocos de concreto. O valor contratual para execução dessa solução era de R\$ 64.128,40 (sessenta e quatro mil, cento e vinte e oito reais e quarenta centavos).

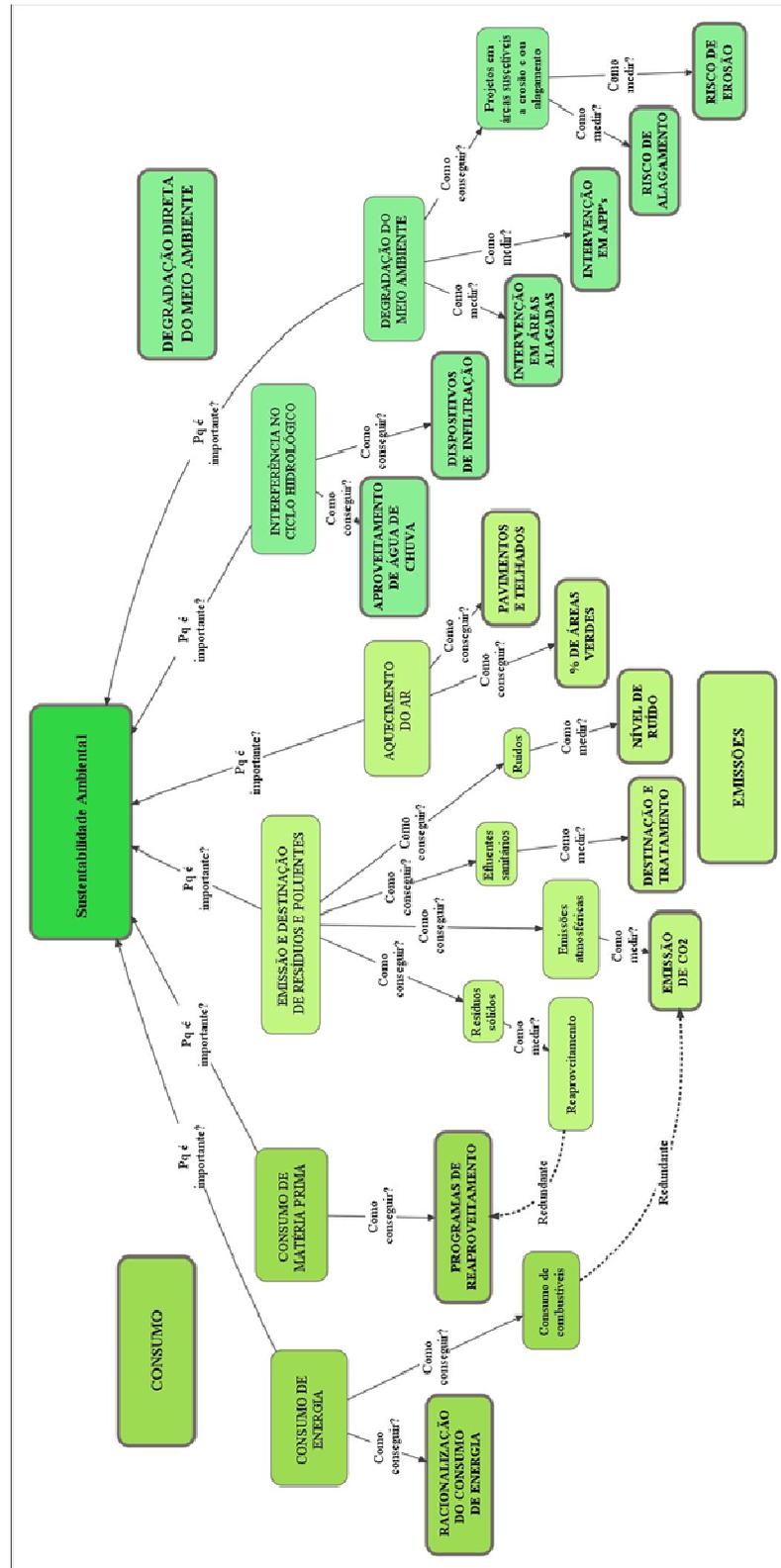
A solução alternativa em lagoa (não adotada) teria um custo total de cerca de R\$ 28.000,00 (vinte e oito mil reais) e ocuparia uma área aproximada de 40 m<sup>2</sup> (quarenta metros quadrados), tal qual a caixa inicialmente projetada, com profundidade média de 1,50 m (um metro e meio) e diâmetro aproximado de 7,15 m (sete metros e quinze centímetros) totalizando 60,00 m<sup>3</sup> (sessenta metros cúbicos).

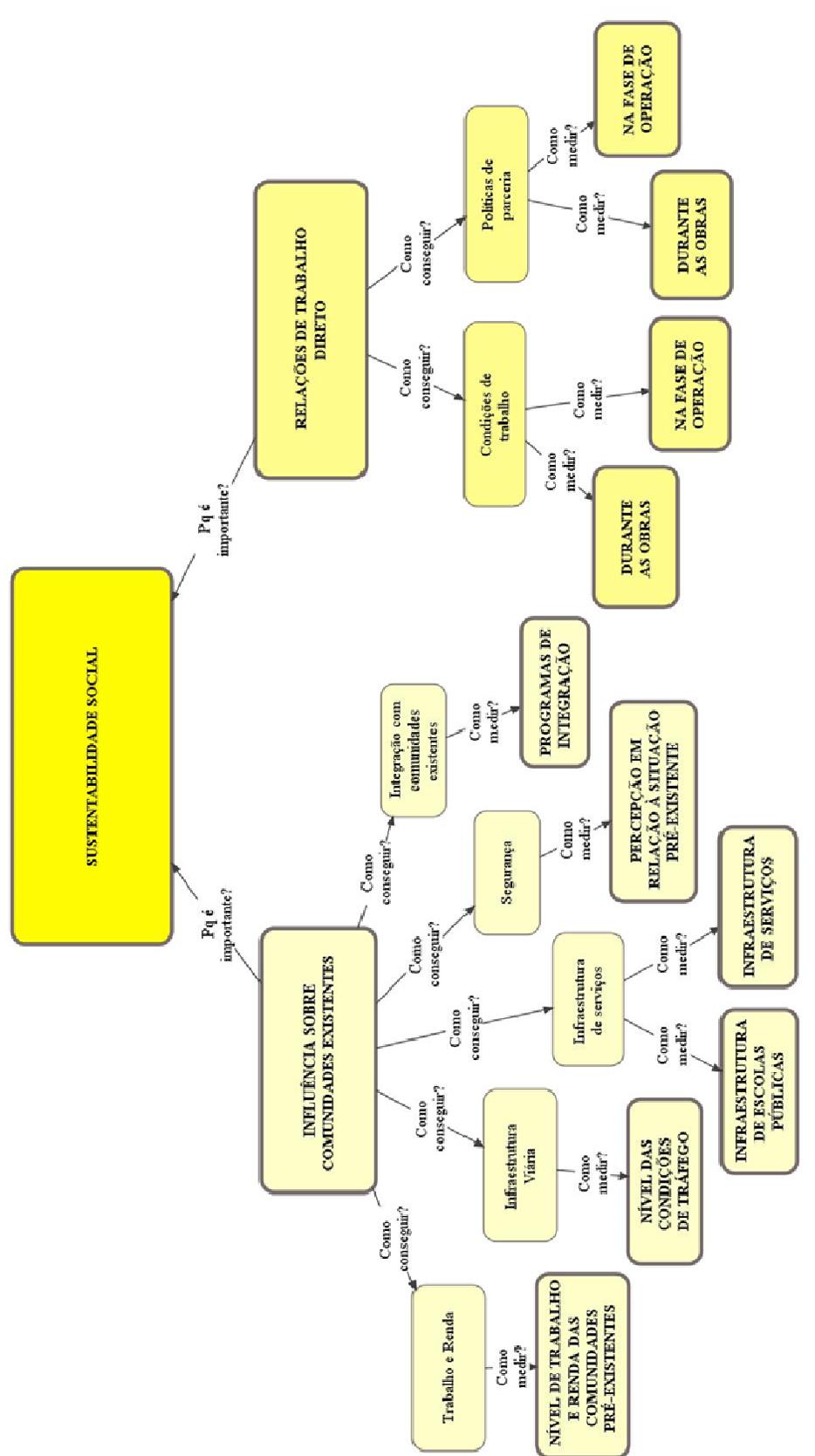
Finalmente, a solução adotada em canaleta revestida em grama, foi dimensionada conforme o perfil ilustrado na Figura A.4, cuja seção transversal foi decidida contando com a participação, inclusive dos responsáveis por segurança e saúde do trabalho da multinacional, resultando em uma área útil de 1,20 m<sup>2</sup> (um vírgula vinte metros quadrados). Assim foi determinado que seu comprimento fosse de 60,00 m (sessenta metros), resultando em um volume útil de 72,00 m<sup>3</sup> (setenta e dois metros cúbicos). O custo desta solução foi de R\$ 9.597,00 (nove mil, quinhentos e noventa e sete reais).

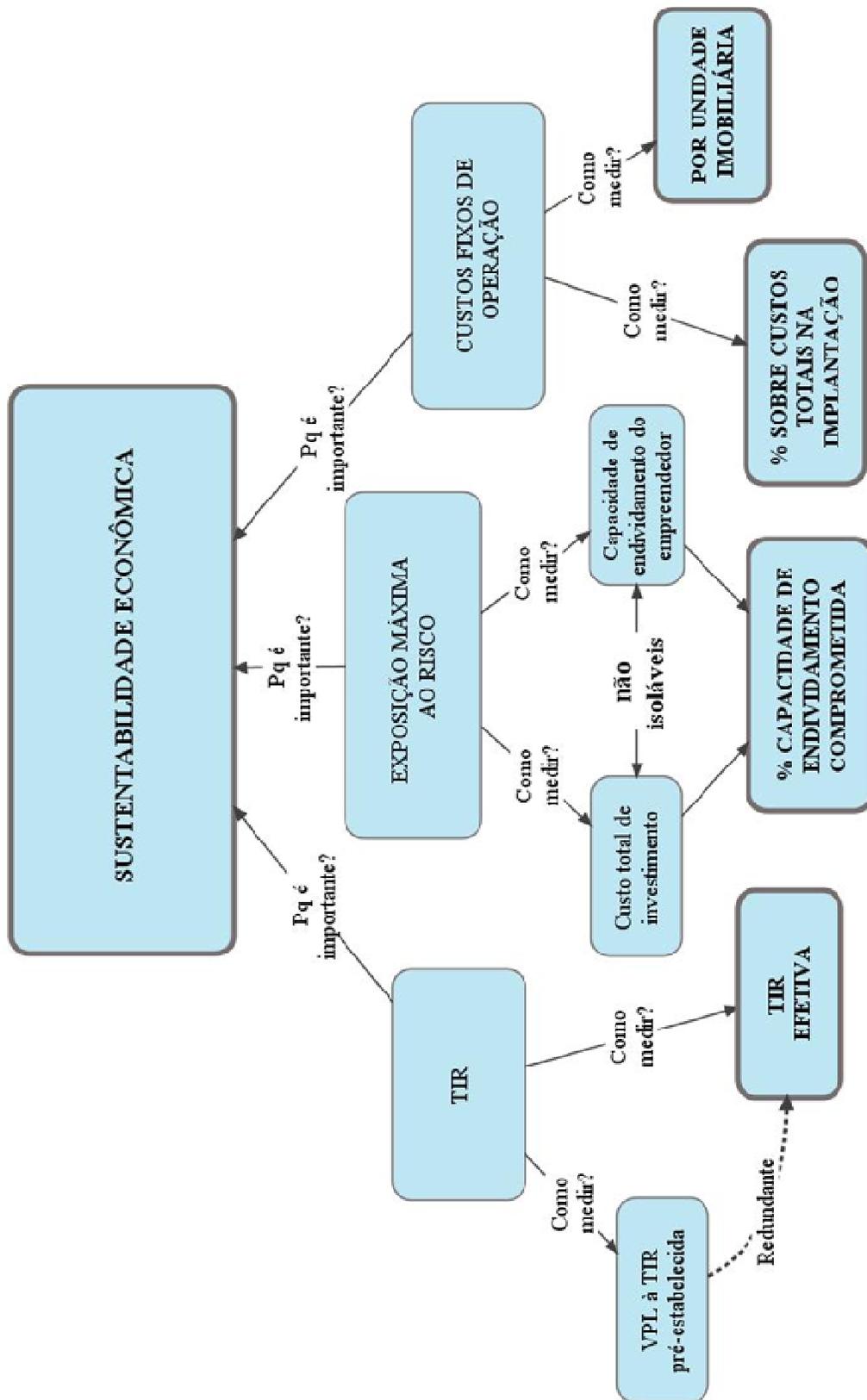


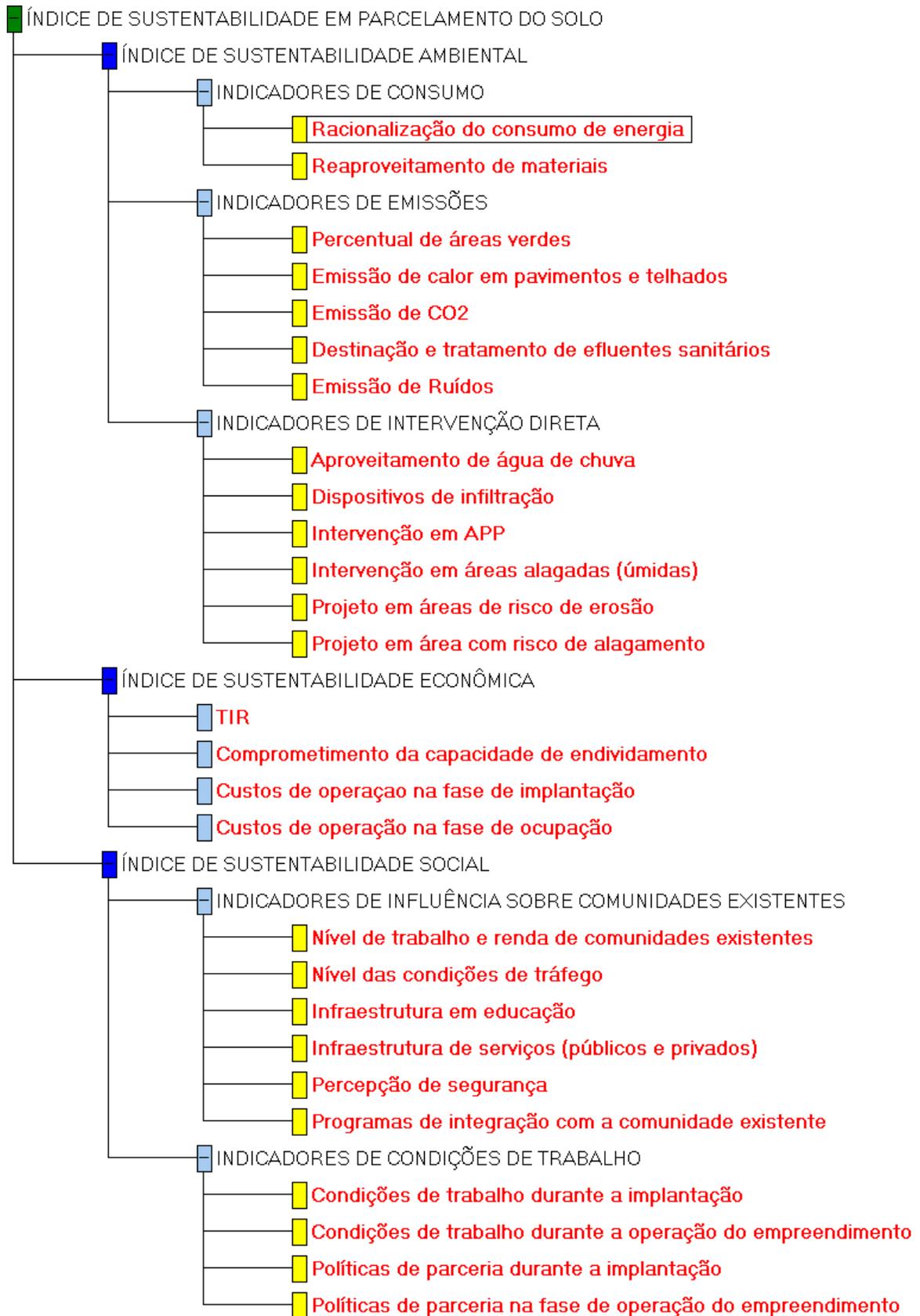
*Figura A.1. Seção transversal da canaleta em grama para retenção e infiltração de águas pluviais*

## Apêndice 4 – Portfólio para a Conferência de Decisão









## Racionalização do consumo de energia (C-ener)

### Base de comparação :

<b>prog-opera</b>	Possui programas de racionalização na fase de operação
<b>nulo</b>	Não possui programas de racionalização de energia
<b>progr-implanta</b>	Possui programa de racionalização apenas na implantação
<b>progr-2fases</b>	Possui programas em ambas as fases

### Referências :

**prog-opera** : Possui programas de racionalização na fase de operação

**nulo** : Não possui programas de racionalização de energia

### Julgamentos :

	progr-2fases	prog-opera	progr-implanta	nulo
progr-2fases	nula			
prog-opera		nula		
progr-implanta			nula	
nulo				nula

## Reaproveitamento de materiais (C-mat)

### Base de comparação :

<b>Progr-reapr-implanta</b>	Possui programa de reaproveitamento (5R) na fase de implantação
<b>Nulo</b>	Não possui qualquer programa de reaproveitamento de materiais
<b>Progr-recicla-opera</b>	Programa de reciclagem na operação
<b>Recicla-2fases</b>	Ambos os programas

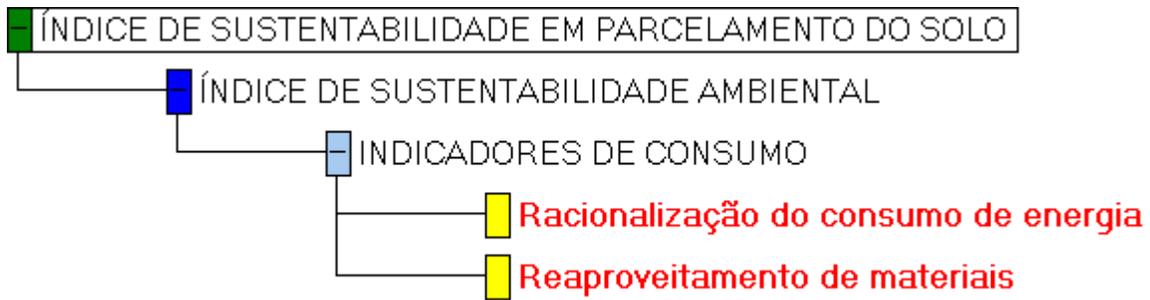
### Referências :

**Progr-reapr-implanta** : Possui programa de reaproveitamento (5R) na fase de implantação

**Nulo** : Não possui qualquer programa de reaproveitamento de materiais

### Julgamentos :

	Recicla-2fases	Progr-reapr-implanta	Progr-recicla-opera	Nulo
Recicla-2fases	nula			
Progr-reapr-implanta		nula		
Progr-recicla-opera			nula	
Nulo				nula



**Ponderação**

**Julgamentos :**

	[ C-ener ]	[ C-mat ]	[ tudo inf. ]
[ C-ener ]	nula		
[ C-mat ]	nula	nula	
[ tudo inf. ]			nula

**Base de comparação : % de área verde sobre a área da gleba**

**Referências :**

35

10

**Julgamentos :**

	80	70	60	50	40	35	25	20	15	10	5
EC	nula										
7C		nul									
6C			nula								
5C				nula							
4C					nula						
3E						nul					
2E							nula				
1E								nula			
1C									nula		
5										nul	

## Emissão de calor em pavimentos e telhados (E-calor)

### Base de comparação :

<b>E-pav</b>	Pavimentos alternativos ao asfalto (menor emissão de calor)
<b>Nulo</b>	Pavimento asfáltico e telhados convencionais
<b>E-telha</b>	Telhados de menor emissão de calor (ex. telhado verde)
<b>E-pav+telha</b>	Pavimentos e telhados de menor emissão de calor em relação ao convencional

### Referências :

**E-pav** : Pavimentos alternativos ao asfalto (menor emissão de calor)

**Nulo** : Pavimento asfáltico e telhados convencionais

### Julgamentos :

	E-pav+telha	E-pav	E-telha	Nulo
E-pav+telha	nula			
E-pav		nula		
E-telha			nula	
Nulo				nula

**Emissão de CO2** (E-CO2)

Emissão de CO2 por ano por unidade imobiliária "produzida" (inclui a fase de implantação), tendo as seguintes bases de comparação - usuário de ônibus = 500 kg/ano; - usuário de automóvel = 2 t/ano.

**Base de comparação – em toneladas de CO<sub>2</sub> / unidade habitacional / ano**

**Referências :**

2

8

**Julgamentos :**

	0.5	2	4	6	8	10	12.5	15
0.5	nula							
2		nula						
4			nula					
6				nula				
8					nula			
10						nula		
12.5							nula	
15								nula

## Destinação e tratamento de efluentes sanitários (E-eflu)

### Base de comparação :

<b>Nulo</b>	Envia para ETE existente
<b>ETE-cota</b>	Envia para ETE existente com cota de participação
<b>ETE-capaz</b>	Envia para ETE construída com capacidade de absorver efluentes de comunidades vizinhas
<b>ETE-exec</b>	Envia para ETE construída

### Referências :

**ETE-cota** : Envia para ETE existente com cota de participação

**Nulo** : Envia para ETE existente

### Julgamentos :

	ETE-capaz	ETE-cota	ETE-exec	Nulo
ETE-capaz	nula			
ETE-cota		nula		
ETE-exec			nula	
Nulo				nula

**Emissão de Ruídos** (E-ruído)

**Base de comparação :**

<b>Bom</b>	Melhora o nível de ruído existente
<b>Nulo</b>	Não altera o nível de ruído existente
<b>Ruim</b>	Piora o nível de ruído existente

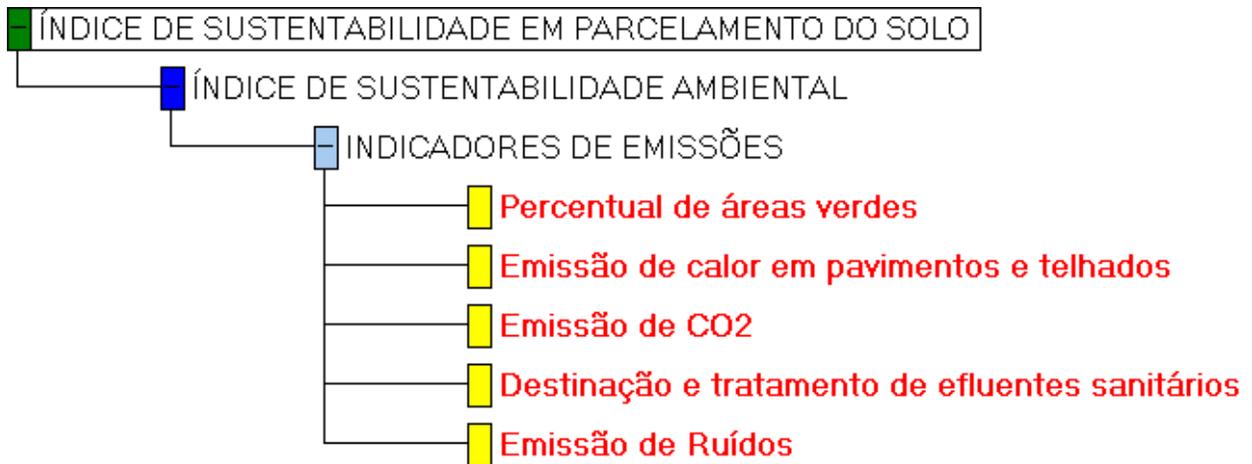
**Referências :**

**Bom** : Melhora o nível de ruído existente

**Nulo** : Não altera o nível de ruído existente

**Julgamentos :**

	Bom	Nulo	Ruim
Bom	nula		
Nulo		nula	
Ruim			nula



**Ponderação**

**Julgamentos :**

	[ E-AV ]	[ E-calor ]	[ E-CO2 ]	[ E-eflu ]	[ E-ruído ]	[ tudo inf. ]
[ E-AV ]	nula					
[ E-calor ]		nula				
[ E-CO2 ]			nula			
[ E-eflu ]				nula		
[ E-ruído ]					nula	
[ tudo inf. ]						nula

**Aproveitamento de água de chuva** (D-chuva)

**Base de comparação :**

<b>AP-opera</b>	Programa de aproveitamento de água de chuva nas unidades
<b>AP-implanta</b>	Programa de aproveitamento de água de chuva na implantação
<b>Nulo</b>	Sem programa de aproveitamento de água de chuva
<b>AP-2fases</b>	Programas de aproveitamento de água de chuva nas 2 fases

**Referências :**

**AP-opera** : Programa de aproveitamento de água de chuva nas unidades

**Nulo** : Sem programa de aproveitamento de água de chuva

**Julgamentos :**

	AP-2fases	AP-opera	AP-implanta	Nulo
AP-2fases	nula			
AP-opera		nula		
AP-implanta			nula	
Nulo				nula

**Dispositivos de infiltração** (D-infiltra)

Para propiciar a infiltração de águas pluviais a fim de se manter as vazões de base, por meio da recarga das águas subterrâneas e, também, se evitar eventos de cheias (inundações)

**Base de comparação : % de volume (vazão) acrescida pela impermeabilização que será retido.**

**Referências :**

100

65

**Julgamentos :**

	100	80	65	50	35	20	0
100	nula						
80		nula					
65			nula				
50				nula			
35					nula		
20						nula	
0							nula

**Intervenção em APP (D-APP)**

Intervenções diretas em Áreas de Proteção Permanente

**Base de comparação : (%) da APP com Intervenção**

0

20

10

30

**Referências :**

0

20

**Julgamentos :**

	0	10	20	30
0	nula			
10		nula		
20			nula	
30				nula

**Intervenção em áreas alagadas (úmidas) (D-wet)**

**Base de comparação : % da área alagável (wetland) com intervenção**

0

10

20

30

**Referências :**

0

10

**Julgamentos :**

	0	10	20	30
0	nula			
10		nula		
20			nula	
30				nula

**Projeto em áreas de risco de erosão** (D-erosão)

**Base de comparação :**

<b>risco-ero-modera</b>	Projeto em área de risco moderado de erosão
<b>risco-ero-médio</b>	Projeto em área de médio risco de erosão
<b>risco-ero-alto</b>	Projeto em área de alto risco de erosão
<b>risco-ero-baixo</b>	Projeto em área de baixo risco de erosão
<b>risco-ero-mto-alto</b>	Projeto em área de risco altíssimo de erosão
<b>risco-ero-mto-baixo</b>	Projeto em área de baixíssimo risco de erosão

**Referências :**

**risco-ero-baixo:** Projeto em área de baixo risco de erosão

**risco-ero-modera:** Projeto em área de risco moderado de erosão

**Julgamentos :**

	risco-ero-mto-alto								
	risco-ero-alto							nula	
	risco-ero-médio						nula		
	risco-ero-modera				nula				
	risco-ero-baixo			nula					
	risco-ero-mto-baixo	nula							
risco-ero-mto-baixo									
risco-ero-baixo		nula							
risco-ero-modera			nula						
risco-ero-médio									
risco-ero-alto									
risco-ero-mto-alto									nula

## Projeto em área com risco de alagamento (D-alaga)

### Base de comparação :

<b>risco-alaga-nulo</b>	Projeto em área sem risco de alagamento
<b>risco-alaga-baixo</b>	Projeto em área com baixo rsico de alagamento e obras de contenção
<b>risco-alaga-bx-sem</b>	Projeto em área com baixo risco de alagamento sem obras de contenção
<b>risco-alaga-med-sem</b>	Projeto em área de médio risco de alagamento sem obras de contenção
<b>risco-alaga--med-com</b>	Projeto em área com médio risco de alagamento e obras de conteção
<b>risco-alaga-alto</b>	Projeto em áreas de alto risco de alagamento

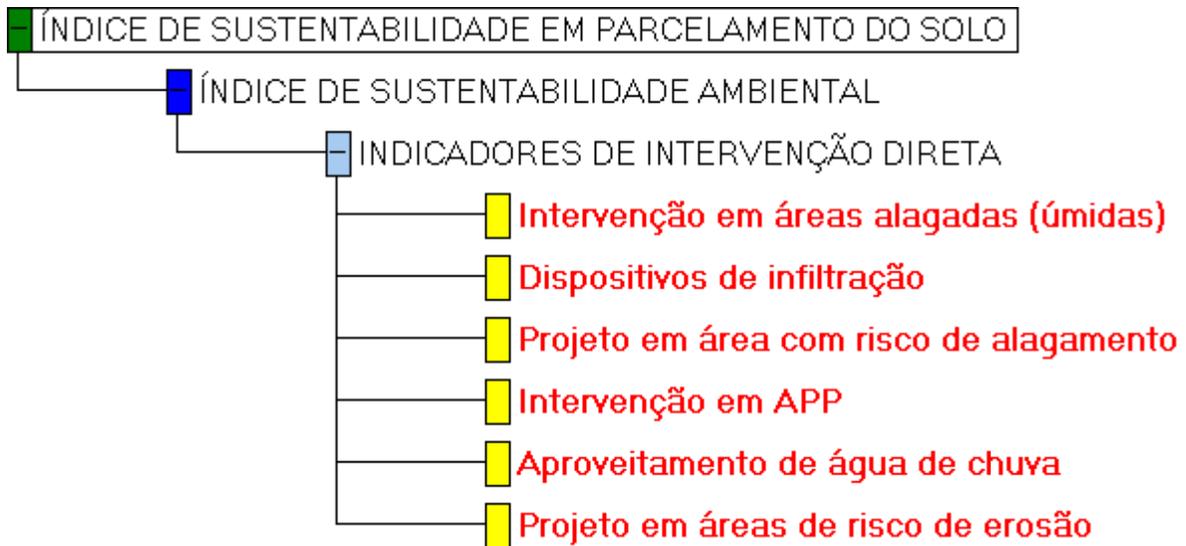
### Referências :

**risco-alaga-nulo** : Projeto em área sem risco de alagamento

**risco-alaga-baixo** : Projeto em área com baixo risco de alagamento e obras de contenção

### Julgamentos :

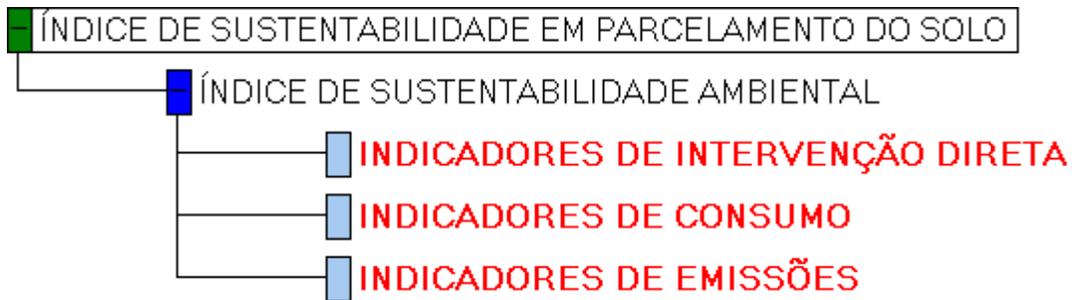
	risco-alaga-nulo	risco-alaga-baixo	risco-alaga-med-com	risco-alaga-bx-sem	risco-alaga-med-sem	risco-alaga-alto
risco-alaga-nulo	nula					
risco-alaga-baixo		nula				
risco-alaga-med-com			nula			
risco-alaga-bx-sem				nula		
risco-alaga-med-sem					nula	
risco-alaga-alto						nula



**Ponderação**

**Julgamentos :**

	[ D-wet ]	[ D-infiltra ]	[ D-alaga ]	[ D-APP ]	[ D-chuva ]	[ D-erosão ]	[ tudo inf. ]
[ D-wet ]	nula						
[ D-infiltra ]		nula					
[ D-alaga ]			nula				
[ D-APP ]				nula			
[ D-chuva ]					nula		
[ D-erosão ]						nula	
[ tudo inf. ]							nula



**Ponderação**

**Julgamentos :**

	[ IDEGR ]	[ ICONS ]	[ IPOLUI ]	[ tudo inf. ]
[ IDEGR ]	nula			
[ ICONS ]		nula		
[ IPOLUI ]		nula	nula	
[ tudo inf. ]				nula

**TIR** (TIR)

TIR real - independente do valor do VPL

**Base de comparação : Taxa Interna de Retorno (%)**

**Referências :**

30

20

**Julgamentos :**

	50	40	30	25	20	15	10
50	nula						
40		nula					
30			nula				
25				nula			
20					nula		
15						nula	
10							nula

**Comprometimento da capacidade de endividamento** (Endiv)

**Base de comparação : % do capital comprometido**

**Referências :**

20

30

**Julgamentos :**

	0	10	20	25	30	50	75	100
0	nula							
10		nula						
20			nula					
25				nula				
30					nula			
50						nula		
75							nula	
100								nula

**Custos de operação na fase de implantação** (\$-implanta)

Custos administrativos da empreendedora sobre os custos totais de implantação

**Base de comparação : % dos custos de operação sobre os custos totais**

**Referências :**

10

15

**Julgamentos :**

	5	10	15	20	25	30	40
5	nula						
10		nula					
15			nula				
20				nula			
25					nula		
30						nula	
40							nula

**Custos de operação na fase de ocupação** (\$ocupa)

Custos de operação por metro quadrado de unidade imobiliária

**Base de comparação : Valor (R\$) por m<sup>2</sup> de lote (ou por m<sup>2</sup> de construção)**

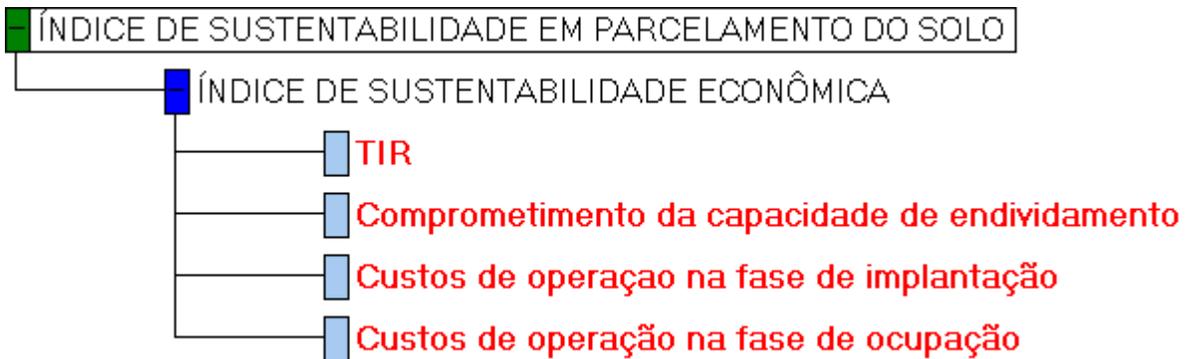
**Referências :**

0.25

0.4

**Julgamentos :**

	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.6
0.2	nula							
0.25		nula						
0.3			nula					
0.35				nula				
0.4					nula			
0.45						nula		
0.5							nula	
0.6								nula



**Ponderação**

**Julgamentos :**

	[ TIR ]	[ Endiv ]	[ \$-implanta ]	[ \$ocupa ]	[ tudo inf. ]
[ TIR ]	nula				
[ Endiv ]		nula			
[ \$-implanta ]			nula		
[ \$ocupa ]				nula	
[ tudo inf. ]					nula

**Nível de trabalho e renda de comunidades existentes** (S-trab)

Nível de trabalho e renda em relação (percentual) ao nível pré-existente

**Base de comparação : % de variação**

**Referências :**

20

0

**Julgamentos :**

	30	20	10	0	-10
30	nula				
20		nula			
10			nula		
0				nula	
-10					nula

## Nível das condições de tráfego (S-traf)

Em relação às condições pré-existent

### Base de comparação :

<b>melhora sem invest</b>	Melhora as condições de tráfego sem investimentos adicionais
<b>mantém sem invest</b>	Mantém as condições de tráfego sem investimentos adicionais
<b>melhora com invest</b>	Melhora as condições de tráfego com investimentos adicionais
<b>mantém com invest</b>	Mantém as condições de tráfego com investimentos adicionais
<b>piora sem invest</b>	Piora as condições de tráfego sem investimentos adicionais
<b>piora com invest</b>	Piora as condições de tráfego mesmo com investimentos

### Referências :

**melhora com invest** : Melhora as condições de tráfego com investimentos adicionais

**mantém com invest** : Mantém as condições de tráfego com investimentos adicionais

### Julgamentos :

	melhora sem invest	melhora com invest	mantém sem invest	mantém com invest	piora sem invest	piora com invest
melhora sem invest	nula					
melhora com invest		nula				
mantém sem invest			nula			
mantém com invest				nula		
piora sem invest					nula	
piora com invest						nula

## Infraestrutura em educação (S-edu)

### Base de comparação :

<b>Inv-fund</b>	Com investimento em escola existente de nível fundamental
<b>Nulo</b>	Sem qualquer investimento (contrapartida) em escolas públicas
<b>Exec-fund</b>	Execução de nova escola nível fundamental
<b>Exec-med</b>	Execução nova escola nível médio
<b>Inv-méd</b>	Com investimento em escola existente de nível médio
<b>Sem+demanda</b>	Sem investimento e aumentando a demanda da rede existente

### Referências :

**Inv-fund** : Com investimento em escola existente de nível fundamental

**Nulo** : Sem qualquer investimento (contrapartida) em escolas públicas

### Julgamentos :

	Exec-fund	Exec-med	Inv-fund	Inv-méd	Nulo	Sem+demanda
Exec-fund	nula					
Exec-med		nula				
Inv-fund			nula			
Inv-méd				nula		
Nulo					nula	
Sem+demanda						nula

**Infraestrutura de serviços (públicos e privados)** (S-infra)

Aumento da oferta de serviços para a comunidade existente, tais como: creches, postos de saúde, padarias, supermercados etc.

**Base de comparação :**

<b>+serv-priv</b>	Aumenta a oferta de serviços privados com acesso às comunidades existentes
<b>Nulo</b>	Proporciona serviços para a nova comunidade sem que esta aumente a demanda dos serviços existentes
<b>+serv-publ</b>	Aumenta a oferta de serviços públicos às comunidades existentes
<b>+serv-publ-priv</b>	Aumenta a oferta de serviços públicos e privados às comunidades existentes
<b>+deman-publ-priv</b>	Aumenta a demanda por serviços existentes (públicos e privados) sem aumentar a oferta
<b>+deman-priv</b>	Aumenta a demanda por serviços privados sem aumentar a oferta
<b>+deman-publ</b>	Aumenta a demanda por serviços públicos sem aumentar a oferta

**Referências :**

**+serv-publ** : Aumenta a oferta de serviços públicos às comunidades existentes

**Nulo** : Proporciona serviços para a nova comunidade sem que esta aumente a demanda dos serviços existentes

**Julgamentos :**

	+serv-publ-priv	+serv-publ	+serv-priv	Nulo	+deman-priv	+deman-publ	+deman-publ-priv
+serv-publ-priv	nula						
+serv-publ		nula					
+serv-priv			nula				
Nulo				nula			
+deman-priv					nula		
+deman-publ						nula	
+deman-publ-priv							nula

**Percepção de segurança** (S-seg)

Percepção de segurança das comunidades existentes e "novas"

**Base de comparação :**

+seg	Aumenta a percepção de segurança
Nulo	Percepção de segurança não se altera
-seg	Diminui a percepção de segurança

**Referências :**

+seg : Aumenta a percepção de segurança

Nulo : Percepção de segurança não se altera

**Julgamentos :**

	+seg	Nulo	-seg
+seg	nula		
Nulo		nula	
-seg			nula

**Programas de integração com a comunidade existente** (S-integra)

Critério avaliado segundo programas de atividades (por exemplo: festas, campanhas institucionais etc.) e espaços físicos comuns (lazer, cultural etc.)

**Base de comparação :**

<b>Progr+espaço</b>	Programas de atividades comuns abertas + espaço de uso comum
<b>Espaço</b>	Espaços comuns
<b>Programas</b>	Programas de atividades comuns
<b>Sem integra</b>	Sem qualquer programa de integração ou espaço de uso comum
<b>perc-neg</b>	Percepção negativa das comunidades existentes quanto à possibilidade de integração (aceitação)
<b>polit-segrega</b>	Política explícita de segregação (por exemplo, controle "rígido" de acesso)

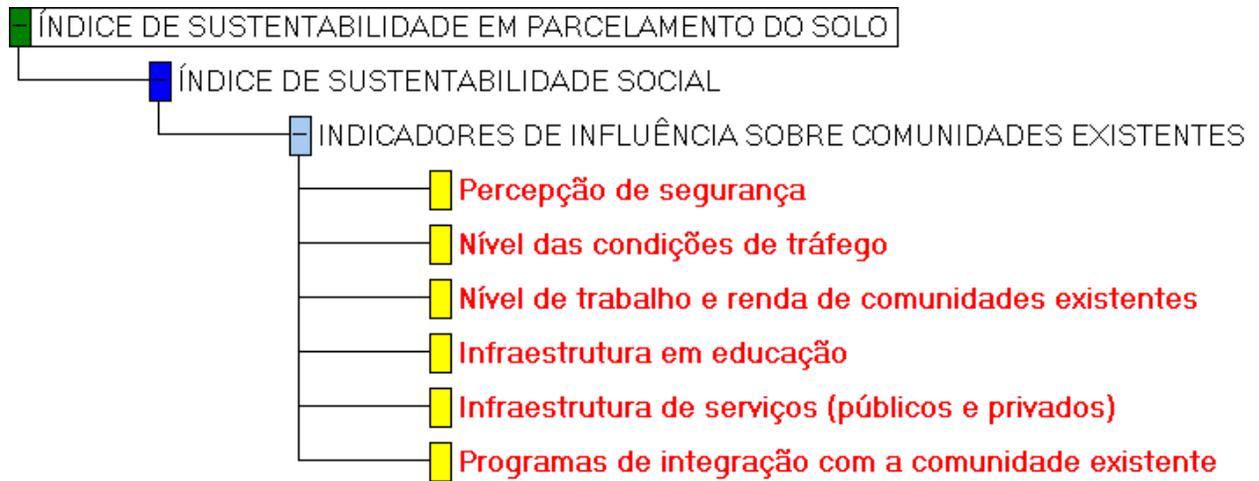
**Referências :**

**Progr+espaço** : Programas de atividades comuns abertas + espaço de uso comum

**Programas** : Programas de atividades comuns

**Julgamentos :**

	Progr+espaço	Espaço	Programas	Sem integra	perc-neg	polit-segrega
Progr+espaço	nula					
Espaço		nula				
Programas			nula			
Sem integra				nula		
perc-neg					nula	
polit-segrega						nula



### Ponderação

### Julgamentos :

	[ S-seg ]	[ S-traf ]	[ S-trab ]	[ S-edu ]	[ S-infra ]	[ S-integra ]	[ tudo inf. ]
[ S-seg ]	nula						
[ S-traf ]		nula					
[ S-trab ]			nula				
[ S-edu ]				nula			
[ S-infra ]					nula		
[ S-integra ]						nula	
[ tudo inf. ]							nula

**Condições de trabalho durante a implantação** (S-trab-implanta)

**Base de comparação :**

<b>Bom+benef</b>	Boas condições de trabalho com benefícios adicionais
<b>Nulo</b>	Boas condições de trabalho
<b>Ruim</b>	Condições abaixo do exigido por lei

**Referências :**

**Bom+benef** : Boas condições de trabalho com benefícios adicionais

**Nulo** : Boas condições de trabalho

**Julgamentos :**

	Bom+benef	Nulo	Ruim
Bom+benef	nula		
Nulo		nula	
Ruim			nula

**Condições de trabalho durante a operação do empreendimento** (S-trab-opera)

Condições satisfatórias compreendem o atendimento a todas as Normas do Trabalho e legislação pertinente, incluindo convenções coletivas etc.

**Base de comparação :**

<b>Bom+benef</b>	Boas condições de trabalho com benefícios adicionais
<b>Nulo</b>	Condições satisfatórias
<b>Ruim</b>	Condições abaixo do exigido por lei

**Referências :**

**Bom+benef** : Boas condições de trabalho com benefícios adicionais

**Nulo** : Condições satisfatórias

**Julgamentos :**

	Bom+benef	Nulo	Ruim
Bom+benef	nula		
Nulo		nula	
Ruim			nula

**Políticas de parceria durante a implantação** (S-parc-impl)

Relacionamento saudável com fornecedores (isto é, não-predatório)

**Base de comparação :**

<b>Bom</b>	Possui política explícita de parcerias
<b>Nulo</b>	Não possui política explícitas de parcerias, porém tem boa reputação perante fornecedores
<b>Ruim</b>	Não possui política explícita de parcerias e tem má reputação perante os fornecedores

**Referências :**

**Bom** : Possui política explícita de parcerias

**Nulo** : Não possui política explícitas de parcerias, porém tem boa reputação perante fornecedores

**Julgamentos :**

	Bom	Nulo	Ruim
Bom	nula		
Nulo		nula	
Ruim			nula

**Políticas de parceria na fase de operação do empreendimento** (S-parc-opera)

Relacionamento saudável com fornecedores (isto é, não-predatório)

**Base de comparação :**

<b>Bom</b>	Possui política explícita de parcerias
<b>Nulo</b>	Não possui política explícita, porém possui boa reputação perante os fornecedores
<b>Ruim</b>	Não possui política de parcerias e possui má reputação perante os fornecedores

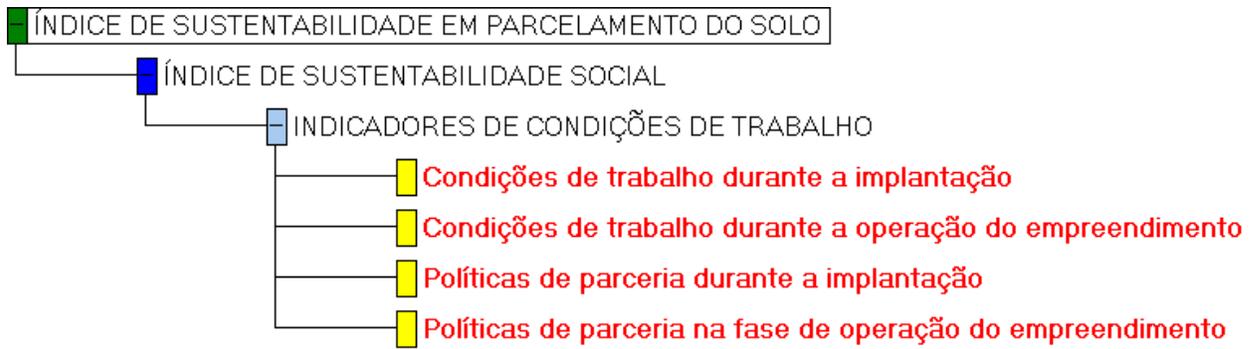
**Referências :**

**Bom** : Possui política explícita de parcerias

**Nulo** : Não possui política explícita, porém possui boa reputação perante os fornecedores.

**Julgamentos :**

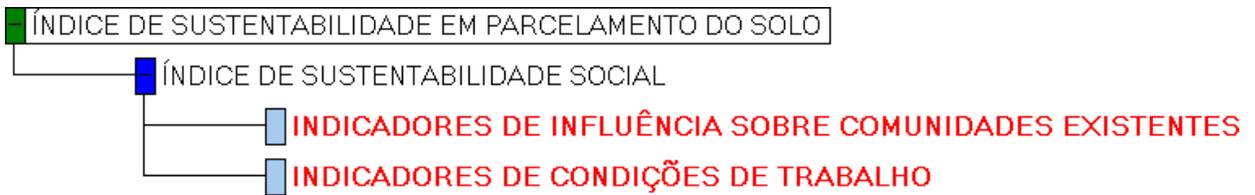
	Bom	Nulo	Ruim
Bom	nula		
Nulo		nula	
Ruim			nula



**Ponderação**

**Julgamentos :**

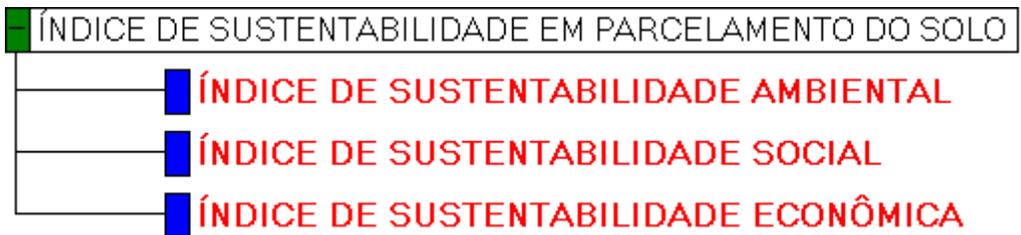
	[ S-trab-implanta ]	[ S-trab-opera ]	[ S-parc-impl ]	[ S-parc-opera ]	[ tudo inf. ]
[ S-trab-implanta ]	nula				
[ S-trab-opera ]		nula			
[ S-parc-impl ]			nula		
[ S-parc-opera ]				nula	
[ tudo inf. ]					nula



**Ponderação**

**Julgamentos :**

	[ INFLUI ]	[ ITRAB ]	[ tudo inf. ]
[ INFLUI ]	nula		
[ ITRAB ]		nula	
[ tudo inf. ]			nula



**Ponderação**

**Julgamentos :**

	[ ISA ]	[ ISS ]	[ ISE ]	[ tudo inf. ]
[ ISA ]	nula			
[ ISS ]		nula		
[ ISE ]			nula	
[ tudo inf. ]				nula

## Apêndice 5 – Modelo da Carta Convite para Participar da Conferência de Decisão

Campinas, 8 de junho de 2011.

**Para**

**[NOME]**

**[CARGO / QUALIFICAÇÃO]**

**REF.: AVALIAÇÃO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA  
EMPREENDIMENTOS DE PARCELAMENTO DO SOLO**

Prezado(a) [Sr(a). / Prof(a). Dr(a). / Engenheiro(a) / Arquiteto(a)],

Eu, Pedro Augusto Pinheiro Fantinatti, doutorando da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), venho convidá-lo(a) a participar de uma reunião entre especialistas da área de empreendimentos urbanos relativos a parcelamento do solo.

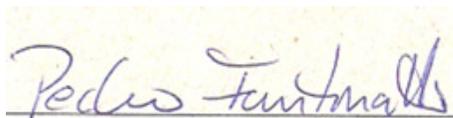
Esta reunião faz parte da metodologia de pesquisa adotada em minha Tese de Doutorado, cujo objetivo é propor indicadores de sustentabilidade para empreendimentos relativos ao parcelamento de solo. Sendo que a área de estudo escolhida para a aplicação da proposta é a bacia do ribeirão Anhumas, em Campinas.

Pretende-se convidar oito (8) especialistas, dentre eles, empreendedores, projetistas, consultores de meio ambiente, representantes do poder público municipal e do MP, além de um representante de uma comunidade significativa para o contexto de análise.

Esta reunião será no dia 02 (dois) de julho do corrente ano – das 9h00 às 17h00, podendo se estender até o dia 03 (três), na sala de reuniões da Sociedade AlphaVille Campinas Empresarial, à rua Baguaçu, 46, AlphaVille Campinas – Área Empresarial.

Solicito a gentileza de confirmar sua participação pelo email [pedroapf@yahoo.com](mailto:pedroapf@yahoo.com), juntamente com a declaração assinada (anexa).

Atenciosamente,



**PEDRO AUGUSTO PINHEIRO FANTINATTI**  
**DOCTORANDO – UNICAMP – RA: 870915**



## Apêndice 6 – Modelo da declaração de participação da conferência de decisão

### DECLARAÇÃO

Eu, *[NOME COMPLETO]*, *[QUALIFICAÇÃO]*, *[ENDEREÇO]*, aceito participar da Conferência de Decisão que visa analisar, revisar e propor uma matriz de indicadores de sustentabilidade (sociais, ambientais e econômicos) para a avaliação de empreendimentos de parcelamento de solo, que é objetivo de pesquisa da Tese de Doutorado de Pedro Augusto Pinheiro Fantinatti, sob orientação do Prof. Dr. Antonio Carlos Zuffo, do LADSEA (Laboratório de Apoio à Decisão orientada à Sustentabilidade Empresarial e Ambiental), vinculado ao Departamento de Recursos Hídricos (DRH), da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC), da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Declaro, ainda, não ter qualquer interesse, quer seja de ordem econômica, financeira ou de qualquer outra natureza, e que, ainda, minha participação se dará voluntariamente, única e exclusivamente, pelo compromisso de auxiliar no processo de pesquisa.

E aceito, desde já, que todos os dados, imagens, resultados e conclusões, gerados a partir da Conferência de Decisão, sejam divulgados na Tese a ser defendida, bem como em artigos científicos e outros trabalhos acadêmicos oriundos desta pesquisa.

*[ ] Permito que meu nome seja divulgado nos referidos trabalhos acadêmicos*

**OU**

*[ ] Solicito que meu nome seja mantido em sigilo em toda e qualquer publicação ou qualquer outro meio de divulgação referente a esta pesquisa.*

Campinas, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_ [DATA].

\_\_\_\_\_ [ASSINATURA]

NOME: \_\_\_\_\_

CPF: \_\_\_\_\_



## Apêndice 7 – Questionário da Percepção dos Atores sobre a Abordagem MCDA

### CONFERÊNCIA DE DECISÃO PARA DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE PARA AVALIAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS DE PARCELAMENTO DO SOLO

DATA: 02/07/2011

#### ENCERRAMENTO

#### Questionário de Impressão dos Participantes sobre a abordagem MCDA apresentada

1. Você acredita que a experiência de hoje aumentou o entendimento do grupo sobre o problema em questão: Parcelamento do Solo e suas Externalidades nas 3 dimensões (Ambiental, Social e Econômica)? Quais os pontos positivos e quais os pontos negativos que você apontaria em relação ao aumento do entendimento (um dos objetivos da metodologia MCDA)?

---

---

---

---

2. Você acredita que esta metodologia possa vir a ser útil em futuros projetos de parcelamento do solo em que você faça parte (lembre-se do conceito de ator do processo)? Se dependesse de você, como proporia seu uso? Ela traria soluções de maior compromisso entre os atores?

---

---

---

---

3. Você acredita que esta metodologia poderia ser útil no embasamento de futuros projetos como uma etapa anterior às Audiências Públicas? Você seria a favor se esta metodologia<sup>1</sup> fosse uma ferramenta obrigatória de planejamento do uso e ocupação do solo?

<sup>1</sup> apenas seus conceitos e formas de aplicações (isto é, as etapas de Estruturação e Avaliação dos Critérios), sem vinculá-la a softwares ou modelos rígidos de avaliação das alternativas.

---

---

---

---



## **Apêndice 8 – Custos de Ações Individuais para Promover a Retenção e Infiltração de Águas Pluviais Oriundas de Áreas Impermeabilizadas**

A seguir serão apresentados os custos e dimensões, bem como o quanto este custo representa, percentualmente, em relação ao custo total da respectiva edificação, para os casos onde foi adotada a solução prevista na Lei Estadual n.º 12.526 de 2 de janeiro de 2007 e o caso (unidade de análise 3) em que foi adotada a solução em drenos verticais. Serão apresentados, também, outros dois exemplos<sup>60</sup> que não fizeram parte do estudo piloto e, ainda, uma simulação confirme a área mínima impermeável, a partir da qual a lei deve ser aplicada. No final deste Apêndice, a Tabela A.1 ilustra estas considerações, incluindo a solução do primeiro estudo piloto, cujos demais detalhes foram apresentados no Apêndice 3.

O primeiro exemplo é da segunda unidade de análise do segundo estudo piloto, cuja área edificada total é de 723 m<sup>2</sup> (setecentos e vinte e três metros quadrados), a área impermeável perfaz um total de, aproximadamente, 320 m<sup>2</sup> (trezentos e vinte metros quadrados). Por meio dos cálculos indicados na Lei Estadual n.º 12.526 (conforme exemplificado no Apêndice 1), o volume da caixa de retenção e infiltração seria de 2,88 m<sup>3</sup> (dois vírgula oitenta e oito metros cúbicos). Foi adotada uma caixa com as seguintes dimensões: 3,0 m (três metros) de comprimento por 1,0 m (um metro) de largura por 1,0 (um metro) de profundidade, executada em blocos de concreto, resultando em um volume de 3,00 m<sup>3</sup> (três metros cúbicos). Segundo o proprietário, a execução da caixa teve um custo total de, aproximadamente, R\$ 1.750,00 (um mil, setecentos e cinquenta reais), sendo R\$ 1.500,00 (um mil e quinhentos reais) o custo da mão de obra e R\$ 250,00

---

<sup>60</sup> Os dois exemplos são de duas residências: sendo uma já edificada, cujo proprietário decidiu pela implantação da caixa; e, a outra, em execução, cuja solução foi inserida no projeto.

(duzentos e cinquenta reais) o custo dos materiais. O proprietário informou que a edificação foi construída com cerca de R\$ 630.000,000 (seiscentos e trinta mil reais).

A terceira unidade de análise (segundo estudo piloto), com área edificada de 1.120 m<sup>2</sup> (um mil, cento e vinte metros quadrados) e área impermeável de, aproximadamente, 1.088 m<sup>2</sup> (um mil e oitenta e oito metros quadrados), teria que ter uma caixa de infiltração e retenção (conforme os cálculos da lei) de 9,79 m<sup>3</sup> (nove vírgula setenta e nove metros cúbicos). Porém, foi adotada a solução em drenos verticais de 25 cm (vinte e cinco centímetros) de diâmetro e 6,0 m (seis metros) de profundidade. Foram projetados 34 (trinta e quatro) drenos, perfazendo um total de 10,01 m<sup>3</sup> (dez vírgula zero um metros cúbicos). Segundo o engenheiro responsável pela obra, os drenos, incluindo uma canaleta de captação no subsolo que deverá se estender por todo o terreno transversalmente (ou seja, paralela à fachada) deverá custar cerca de R\$ 4.200,00 (quatro mil e duzentos reais). E, segundo ele, a obra terá um custo total de, aproximadamente, R\$ 1.350.000,00 (um milhão, trezentos e cinquenta mil reais).

Na quarta unidade de análise, foi adotada a solução indicada na lei. O projeto da edificação conta com área total edificada de 918 m<sup>2</sup> (novecentos e dezoito metros quadrados), sendo que a área impermeável projetada é de 384 m<sup>2</sup> (trezentos e oitenta e quatro metros quadrados). O volume da caixa de infiltração e retenção pela lei seria de 3,46 m<sup>3</sup> (três vírgula quarenta e seis metros cúbicos). A caixa projetada é quadrada, com 1,9 m (um metro e noventa centímetros) de lado por 1,0 (um metro) de profundidade, executada em blocos de concreto, resultando em um volume de 3,61 m<sup>3</sup> (três vírgula sessenta e um metros cúbicos). Segundo os arquitetos responsáveis pelos projeto e obra, esta foi orçada em cerca de R\$ 825.000,00 (oitocentos e vinte e cinco mil reais), sendo que a caixa foi orçada em cerca de R\$ 2.500,00 (dois mil e quinhentos reais).

O primeiro exemplo adicional é de uma residência com área total edificada de 406 m<sup>2</sup> (quatrocentos e seis metros quadrados), sendo que a área impermeável é de 460 m<sup>2</sup> (quatrocentos e sessenta e quatro metros quadrados). O volume da caixa de infiltração e retenção pela lei seria de 4,14 m<sup>3</sup> (quatro vírgula catorze metros cúbicos). A caixa projetada é quadrada, com 2,0 m (dois metros) de lado por 1,2 (um metro e vinte centímetros) de profundidade, executada em blocos de concreto, resultando em um volume igual a 4,80 m<sup>3</sup> (quatro vírgula oitenta metros cúbicos). Segundo o proprietário, a casa foi construída por R\$ 600.000,00 (seiscentos mil reais) e a caixa projetada foi orçada em R\$ 2.150,00 (dois mil, cento e cinquenta reais).

O primeiro exemplo adicional é de uma residência com área total edificada de 406 m<sup>2</sup> (quatrocentos e seis metros quadrados), sendo que a área impermeável é de 460 m<sup>2</sup> (quatrocentos e sessenta e quatro metros quadrados). O volume da caixa de infiltração e retenção pela lei seria de 4,14 m<sup>3</sup> (quatro vírgula catorze metros cúbicos). A caixa projetada é quadrada, com 2,0 m (dois metros) de lado por 1,2 (um metro e vinte centímetros) de profundidade, executada em blocos de concreto, resultando em um volume igual a 4,80 m<sup>3</sup> (quatro vírgula oitenta metros cúbicos). Segundo o proprietário, a casa foi construída por R\$ 600.000,00 (seiscentos mil reais) e a caixa projetada foi orçada em R\$ 2.150,00 (dois mil, cento e cinquenta reais).

O segundo exemplo adicional é de uma residência em execução com área total edificada de 228 m<sup>2</sup> (duzentos e vinte e oito metros quadrados), sendo que a área impermeável é de 240 m<sup>2</sup> (duzentos e quarenta metros quadrados). O volume da caixa de infiltração e retenção, calculado pelas fórmulas indicadas na Lei Estadual n.º 12.526<sup>61</sup>, seria de 2,16 m<sup>3</sup> (dois vírgula dezesseis metros cúbicos). A caixa foi projetada e será executada em blocos de concreto, com 2,0 m (dois

---

<sup>61</sup> Note-se que, neste caso, a referida lei não exigiria a implantação de tal dispositivo, uma vez que a área impermeável não atinge 500 m<sup>2</sup> (quinhentos metros quadrados).

metros) de comprimento por 1,0 (um metro de largura) por 1,2 (um metro e vinte centímetros) de profundidade, resultando em um volume igual a 2,40 m<sup>3</sup> (dois vírgula quarenta metros cúbicos). Segundo a empresa responsável pela execução das obras, a casa foi orçada em R\$ 185.000,00 (cento e oitenta e cinco mil reais), sendo, a caixa, R\$ 820,00 (oitocentos e vinte reais).

Finalmente, foi feita uma simulação, a partir da área mínima impermeável referida na Lei Estadual n.º 12.526, ou seja, 500 m<sup>2</sup> (quinhentos metros quadrados). Imaginando que a área impermeável seja igual à área construída e, considerando-se, ainda, que o coeficiente de aproveitamento seja igual a 1,0 (um), tanto a área construída, quanto a área do terreno, nesta simulação, também seriam iguais a 500 m<sup>2</sup> (quinhentos metros quadrados). Assim, o volume da caixa de retenção seria igual a 4,50 m<sup>3</sup> (quatro metros cúbicos e meio). Considerando, então, uma caixa executada em blocos de concreto com as seguintes dimensões: 2,25 m (dois metros e vinte e cinco centímetros) de comprimento por 2,0 m (dois metros) de largura por 1,0 (um metro) de profundidade, chega-se a um valor estimado de R\$ 2.500,00.

Pelo exposto acima, infere-se que o conjunto de ações individuais, ao contrário do que pensa o senso comum, apresenta-se com custos de investimentos menos significativos que as ações públicas, as quais são feitas, via de regra, sobre os efeitos; enquanto que as ações individuais, como as do problema apresentado, são exercidas na causa.

Cabe questionar, por exemplo, quais seriam os custos de separação e ou detenção dos sólidos carreados pelos volumes acima calculados em uma captação de água bruta? Será que estes custos seriam menores que os custos somados das soluções acima listadas? E se considerarmos os custos de tratamento da água, que nos casos acima será filtrada pelo solo reabastecendo os lençóis freáticos e os cursos d'água?

Por fim, a partir dos questionamentos acima, poder-se-ia corroborar a discussão levantada por Cavini (2002), segundo a qual, as estruturas tradicionais não estão preparadas para resolver as questões ambientais por desconsiderarem que a economia é um subsistema da natureza, a qual limita o desenvolvimento da primeira.

*Tabela A.1. Dados referentes às diversas soluções estudadas de dispositivos de retenção e infiltração de águas pluviais em função da área impermeabilizada com destaque ao percentual relativo ao custo total de cada obra*

<b>Exemplo</b>	<b>Área total edificada / projetada (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área do lote (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área total impermeável (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área impermeável / Área Edificada</b>	<b>Volume a ser retido segundo a Lei (m3)</b>	<b>Solução Adotada</b>	<b>Volume da solução adotada</b>	<b>Valor da Solução Adotada (R\$)</b>	<b>Valor Total da Obra (R\$)</b>	<b>Custo Solução x Custo Total (%)</b>
Estudo piloto 1	5.760,00	1.000.000,00	5.580,00	0,97	50,22	Canaleta revestida com grama	72,00	9.597,00	5.300.000,00	0,18%
Unidade de análise 2 - Estudo piloto 2	723,00	560,00	320,00	0,44	2,88	Caixa enterrada	3,00	1.750,00	630.000,00	0,28%
Unidade de análise 3 - Estudo piloto 2	1.120,00	1.120,00	1.088,00	0,97	9,79	Drenos verticais	10,01	4.200,00	1.350.000,00	0,31%
Unidade de análise 4 - Estudo piloto 2	918,00	480,00	384,00	0,42	3,46	Caixa enterrada	3,61	2.500,00	825.000,00	0,30%
Residência 1	406,00	900,00	460,00	1,13	4,14	Caixa enterrada	4,80	2.150,00	600.000,00	0,36%
Residência 2	228,00	450,00	240,00	1,05	2,16	Caixa enterrada	2,40	820,00	185.000,00	0,44%
Exemplo mínimo da Lei	500,00	500,00	500,00	1,00	4,50	Caixa enterrada	4,50	2.500,00	500.000,00	0,50%

## **ANEXOS**

### **Anexo 1 – Método de Identificação de uma Bacia Hidrográfica**

A identificação (delimitação) de uma bacia hidrográfica pode ser feita seguindo os seguintes passos (conforme pode ser acompanhado na Figura X.1):

1. Identificar o “ponto de saída” (ou de deságue) da bacia. Exemplo: ponto de encontro com seu corpo receptor;
2. Encontrar e traçar os canais de drenagem (fundos de vale) dentro da bacia;
3. Encontrar e marcar (com um “X”) os fundos de vale do lado de fora (vizinhos) da bacia. Os limites da bacia (divisores de água) estarão entre os fundos de vale internos e externos;
4. Considerar o caminamento da água e checar a direção de drenagem, verificando a direção da inclinação entre o início e o fim dos canais;
5. Encontrar e marcar os pontos altos (picos, morros e divisores de água) entre os canais de drenagem (fundos de vale) internos e externos. Estes serão os limites da bacia;
6. Conecte os pontos delimitando a bacia hidrográfica pelos divisores de água;
7. Considerar o encaminhamento (fluxo), novamente, e checar aonde você iria se caísse dentro ou fora da bacia. Se necessário, corrija o limite da bacia.
8. Finalize o mapa.



Figura X.1. Delimitação de uma bacia hidrográfica

## Anexo 2 - Padrões e Indicadores de Qualidade da Água

Os padrões de qualidade da água seguem os artigos da Portaria 1.469 do Ministério da Saúde, de 29 de dezembro de 2000 (BRASIL, 2001b), que estabelece as Normas de potabilidade para consumo humano, conforme descritos a seguir:

O artigo 12 determina que a água potável deva estar em conformidade com o padrão microbiológico conforme Tabela X.1.

*Tabela X.1. Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano*

<b>PARÂMETRO</b>	<b>VMP<sup>(1)</sup></b>
<b>Água para consumo humano<sup>(2)</sup></b>	
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes <sup>(3)</sup>	Ausência em 100 ml
<b>Água na saída do tratamento</b>	
Coliformes totais	Ausência em 100 ml
<b>Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)</b>	
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes <sup>(3)</sup>	Ausência em 100 ml
Coliformes totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: Ausência em 100 ml em 95% das amostras examinadas no mês; Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente Resultado positivo em 100 ml

- NOTAS:
- (1) valor máximo permitido.
  - (2) água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras.
  - (3) a detecção de Escherichia coli deve ser preferencialmente adotada.

Os padrões de turbidez são apresentados na Tabela X.2.

*Tabela X.2. Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção*

<b>TRATAMENTO DA ÁGUA</b>	<b>VMP<sup>(1)</sup></b>
Desinfecção (água subterrânea)	1,0 UT <sup>(2)</sup> em 95% das amostras
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	1,0 UT <sup>(2)</sup>
Filtração lenta	2,0 UT <sup>(2)</sup> em 95% das amostras

NOTAS: (1) Valor máximo permitido.  
(2) Unidade de turbidez.

O artigo 16 determina que a água potável deva estar em conformidade com o padrão de radioatividade expresso na Tabela X.3.

*Tabela X.3. Padrão de radioatividade para água potável*

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>VMP<sup>(1)</sup></b>
Radioatividade alfa global	Bq/L	0,1 <sup>(2)</sup>
Radioatividade beta global	Bq/L	1,0 <sup>(2)</sup>

NOTAS: (1) Valor máximo permitido.

(2) Se os valores encontrados forem superiores aos VMP, deverá ser feita a identificação dos radionuclídeos presentes e a medida das concentrações respectivas. Nesses casos, deverão ser aplicados, para os radionuclídeos encontrados, os valores estabelecidos pela legislação pertinente da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, para se concluir sobre a potabilidade da água.

O artigo 15 determina que a água potável deva estar em conformidade com o padrão de substâncias químicas que representam risco para a saúde expresso na Tabela X.4.

O artigo 17 determina que a água potável deva estar em conformidade com o padrão de aceitação de consumo expresso na Tabela X.5.

O artigo 18 determina que os responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água devem elaborar e aprovar, junto à autoridade de saúde pública, o plano de amostragem de cada sistema, respeitando os planos mínimos de amostragem expressos nas tabelas X.6, X.7, X.8 e X.9.

Tabela X.4. Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP <sup>(1)</sup>
-----------	---------	--------------------

**INORGÂNICAS**

Antimônio	mg/L	0,005
Arsênio	mg/L	0,01
Bário	mg/L	0,7
Cádmio	mg/L	0,005
Cianeto	mg/L	0,07
Chumbo	mg/L	0,01
Cobre	mg/L	2
Cromo	mg/L	0,05
Fluoreto <sup>(2)</sup>	mg/L	1,5
Mercúrio	mg/L	0,001
Nitrato (como N)	mg/L	10
Nitrito (como N)	mg/L	1
Selênio	mg/L	0,01

**ORGÂNICAS**

Acrilamida	µg/L	0,5
Benzeno	µg/L	5
Benzo[a]pireno	µg/L	0,7
Cloreto de Vinila	µg/L	5
1,2 Dicloroetano	µg/L	10
1,1 Dicloroetano	µg/L	30
Diclorometano	µg/L	20
Estireno	µg/L	20
Tetracloroeto de Carbono	µg/L	2
Tetracloroetano	µg/L	40
Triclorobenzenos	µg/L	20
Tricloroetano	µg/L	70

**DESINFETANTES E PRODUTOS SECUNDÁRIOS DA DESINFECÇÃO**

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP <sup>(1)</sup>
Bromato	mg/L	0,025
Clorito	mg/L	0,2
Cloro livre	mg/L	5

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP <sup>(1)</sup>
-----------	---------	--------------------

**AGROTÓXICOS**

Alaclor	µg/L	20,0
Aldrin e Dieldrin	µg/L	0,03
Atrazina	µg/L	2
Bentazona	µg/L	300
Clordano (isômeros)	µg/L	0,2
2,4 D	µg/L	30
DDT (isômeros)	µg/L	2
Endossulfan	µg/L	20
Endrin	µg/L	0,6
Glifosato	µg/L	500
Heptacloro e Heptacloro epóxido	µg/L	0,03
Hexaclorobenzeno	µg/L	1
Lindano (γ-BHC)	µg/L	2
Metolacloro	µg/L	10
Metoxicloro	µg/L	20
Molinato	µg/L	6
Pendimetalina	µg/L	20
Pentaclorofenol	µg/L	9
Permetrina	µg/L	20
Propanil	µg/L	20
Simazina	µg/L	2
Trifluralina	µg/L	20

**CIANOTOXINAS**

Microcistinas <sup>(3)</sup>	µg/L	1,0
------------------------------	------	-----

NOTAS: (1) Valor máximo permitido.

(2) Os valores recomendados para a concentração de íon fluoreto devem observar à legislação específica vigente relativa à fluoretação da água, em qualquer caso devendo ser respeitado o VMP desta Tabela.

(3) É aceitável a concentração de até 10 µg/L de microcistinas em até 3 (três) amostras, consecutivas ou não, nas análises realizadas nos últimos 12 (doze) meses.

(4) Análise exigida de acordo com o desinfetante utilizado.

Tabela X.5. Padrão de aceitação da água potável para consumo humano

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP <sup>(1)</sup>
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH <sub>3</sub> )	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente	uH <sup>(2)</sup>	15
Dureza	mg/L	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12
Odor	-	Não objetável <sup>(3)</sup>
Gosto	-	Não objetável <sup>(3)</sup>
Sódio	Mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	Mg/L	1.000
Sulfato	Mg/L	250
Sulfeto de Hidrogênio	Mg/L	0,05
Surfactantes	Mg/L	0,5
Tolueno	Mg/L	0,17
Turbidez	UT <sup>(4)</sup>	5
Zinco	Mg/L	5
Xileno	Mg/L	0,3

NOTAS: (1) Valor máximo permitido.

(2) Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).

(3) Critério de referência

(4) Unidade de turbidez

*Tabela X.6. Frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, químicas e de radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial*

Parâmetros	Tipo de manancial	Saída do tratamento (frequência por un de tratamento)	Sistema de distribuição (reservatórios e rede)		
			População abastecida		
			<50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	> 250.000 hab.
Cor, Turbidez, pH e Fluoreto	Superficial	a cada duas horas	Mensal	Mensal	Mensal
	Subterrâneo	Diária			
CRL <sup>(1)</sup>	Superficial	a cada duas horas	(Conforme § 3º do artigo 18)		
	Subterrâneo	Diária			
Cianotoxinas	Superficial	Semanal(conforme §5º artigo 18)	-	-	-
Trihalometanos	Superficial	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral
	Subterrâneo	-	Anual	Semestral	Semestral
Demais Parâmetros <sup>(3)</sup>	Subterrâneo ou Subterrâneo	Semestral	Semestral <sup>(3)</sup>	Semestral <sup>(3)</sup>	Semestral <sup>(3)</sup>

NOTAS: (1) Cloro residual livre.

(2) Apenas será exigida obrigatoriedade de investigação dos parâmetros radioativos quando da evidência de causas de radiação natural ou artificial.

(3) Dispensada análise na rede de distribuição quando o parâmetro não for detectado na saída do tratamento e, ou, no manancial, à exceção de substâncias que potencialmente possam ser introduzidas no sistema ao longo da distribuição.

*Tabela X.7. Número mínimo de amostras para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, químicas e de radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial.*

Parâmetro	Tipo de manancial	Saída do tratamento (n.º de amostras por un de tratamento)	Sistema de distribuição (reservatórios e rede)		
			População abastecida		
			<50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	> 250.000 hab.
Cor	Superficial	1	10	1/5.000 hab.	40+(1/25.000hab)
Turbidez pH	Subterrâneo	1	5	1/10.000 hab.	20+(1/50.000hab)
CRL(1)	Superficial	1	Conforme § 3º do artigo 18		
	Subterrâneo	1			
Fluoreto	Superficial ou subterrâneo	1	5	1/10.000hab	20+(1/50.000hab)
Cianotoxinas	Superficial	Conforme § 5º artigo 18	-	-	-
Trihalometanos	Superficial	1	1(2)	4(2)	4(2)
	Subterrâneo	-	1(2)	1(2)	1(2)
Demais Parâmetros	Superficial ou Subterrâneo	1	1(4)	1(4)	1(4)

NOTAS: (1) Cloro residual livre.

(2) As amostras devem ser coletadas, preferencialmente, em pontos de maior tempo de detenção da água no sistema de distribuição.

(3) Apenas será exigida obrigatoriedade de investigação dos parâmetros radioativos quando da evidência de causas de radiação natural ou artificial.

(4) Dispensada análise na rede de distribuição quando o parâmetro não for detectado na saída do tratamento e, ou, no manancial, à exceção de substâncias que potencialmente possam ser introduzidas no sistema ao longo da distribuição.

*Tabela X.8. Número mínimo de amostras mensais para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises microbiológicas, em função da população abastecida.*

Parâmetro	Sistema de distribuição (reservatórios e rede)			
	População abastecida			
	> 250.000 hab	50.000 a 250.000 hab	20.000 a 250.000 hab.	> 250.000 hab
Coliformes totais	10	1/500 hab	30 + (1/ 2.000 hab.)	105 + (1/5.000 hab.) Máximo de 1.000

NOTA: Na saída de cada unidade de tratamento devem ser coletadas, no mínimo, 2 (duas) amostras semanais, recomendando-se a coleta de, pelo menos, 4 (quatro) amostras semanais.

*Tabela X.9. Número mínimo de amostras e frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água de solução alternativa, para fins de análises físicas, químicas e microbiológicas, em função do tipo de manancial e do ponto de amostragem.*

<b>Parâmetro</b>	<b>Tipo de manancial</b>	<b>Saída do tratamento para (água canalizada)</b>	<b>Número de amostras retiradas no ponto de consumo (para cada 500 hab.)</b>	<b>Frequência de Amostragem</b>
Cor Turbidez pH e coliformes totais <sup>(2)</sup>	Superficial	1	1	Semanal
	Subterrâneo	1	1	Mensal
CRL <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>	Superficial ou Subterrâneo	1	1	Diário

NOTAS: (1) Devem ser retiradas amostras em, no mínimo, três pontos de consumo de água.

(2) Para veículos transportadores de água para consumo humano, deve ser realizada 1 (uma) análise de CRL em cada carga e 1 (uma) análise, na fonte de fornecimento, de cor, turbidez, PH e coliformes totais com frequência mensal, ou outra amostragem determinada pela autoridade de saúde pública.

(3) Cloro residual livre.



### Anexo 3 - Estimativa da Poluição Difusa: o Método Simples

Este método foi desenvolvido por Schueler (1987 *apud* RANDOLPH, 2004) para estimar cargas de poluentes em áreas urbanas. O método, segundo Ohrel (1996 *apud* RANDOLPH, 2004) tem mostrado resultados razoáveis comparado a outros métodos mais complexos.

O cálculo da carga de poluentes para contaminantes químicos é dado pela Equação X.01.

$$L = R \times C \times A \quad (\text{X.01})$$

em que:

- L = carga anual (Kg)
- R = enxurrada anual (mm)
- C = concentração de poluentes (mg/l)
- A = área (Hectares)

Para bactérias, a equação é a mesma, porém os parâmetros é que mudam, conforme a Equação X.02.

$$L = R \times C \times A \quad (\text{X.02})$$

em que:

- L = carga anual (milhões de colônias)
- R = enxurrada anual (mm)
- C = concentração de bactérias (1000/l)
- A = área (Hectares)

A concentração de poluentes é, usualmente, estimada a partir de dados coletados em campo ou dados históricos de órgãos de monitoramento. Para ambos os casos acima, a enxurrada anual (R) é o produto da chuva anual pelo coeficiente de escoamento, conforme a Equação X.03.

$$R = P \times P_i \times R_v \quad (\text{X.03})$$

em que:

- R = enxurrada anual (mm)
- P = chuva anual (mm)
- $P_i$  = fração anual de chuva que produz enxurrada (para áreas urbanas, usualmente, 0,9)
- $R_v$  = coeficiente de escoamento

O coeficiente de escoamento ( $R_v$ ) é calculado baseado na impermeabilização da sub-bacia, conforme a Equação X.04.

$$R_v = 0,05 + 0,9I_a \quad (\text{X.04})$$

em que:

- $I_a$  = fração impermeável

No Apêndice 2 há um exemplo de cálculo de carga de poluentes utilizando as equações desenvolvidas por Schueler (1987 *apud* RANDOLPH, 2004).

## Anexo 4 – Critérios Generalizados do Método PROMETHEE

Nesta seção, apresentam-se as os diferentes tipos de critérios generalizados utilizados pelo método PROMETHEE, representados pelos diferentes tipos de funções propostas por Brans e Mareschal (2005) (Figura X.2).

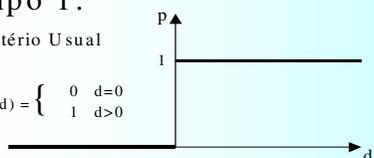
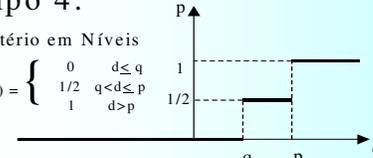
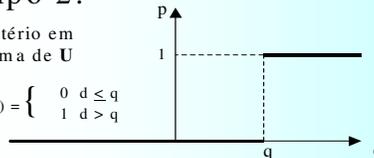
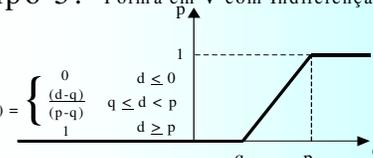
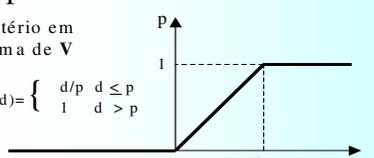
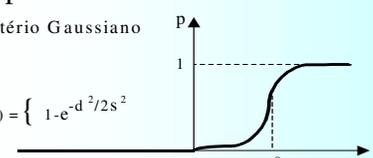
Critério Generalizado	Parâmetro a Fixar	Critério Generalizado	Parâmetro a Fixar
<p><b>Tipo 1:</b> Critério Usual</p> $P(d) = \begin{cases} 0 & d=0 \\ 1 & d>0 \end{cases}$ 	-	<p><b>Tipo 4:</b> Critério em Níveis</p> $P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ 1/2 & q < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$ 	q, p
<p><b>Tipo 2:</b> Critério em forma de U</p> $P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ 1 & d > q \end{cases}$ 	q	<p><b>Tipo 5:</b> Forma em V com Indiferença</p> $P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ \frac{(d-q)}{(p-q)} & q \leq d < p \\ 1 & d \geq p \end{cases}$ 	q, p
<p><b>Tipo 3:</b> Critério em forma de V</p> $P(d) = \begin{cases} d/p & d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$ 	p	<p><b>Tipo 6:</b> Critério Gaussiano</p> $P(d) = \begin{cases} 1 - e^{-d^2/2s^2} \end{cases}$ 	s

Figura X.2. Funções dos critérios generalizados do método PROMETHEE.