

# UERJ

**Dissertação de Mestrado em Engenharia da Computação**

**USO DE SISTEMA DE SUPORTE À DECISÃO ESPACIAL COMO  
SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO TERRITORIAL. APLICAÇÃO AO  
ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO.**

Sandro Eduardo Marschhausen Pereira

Margareth Simões Penello Meirelles

Programa de Pós-graduação em Engenharia da Computação com área de  
concentração em Geomática.

Setembro - 2006



**Faculdade de Engenharia**

# **USO DE SISTEMA DE SUPORTE À DECISÃO ESPACIAL COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO TERRITORIAL. APLICAÇÃO AO ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO.**

Sandro Eduardo Marschhausen Pereira

Dissertação submetida ao corpo docente da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Computação - Área de concentração em Geomática.

Orientador: Margareth Simões Penello Meirelles

Programa de Pós-graduação em Engenharia da Computação - Área de concentração em Geomática.

Rio de Janeiro  
Setembro - 2006

PEREIRA, Sandro Eduardo Marschhausen  
Pereira

Uso de Sistema de Suporte à Decisão  
Espacial como subsídio ao planejamento  
territorial. Aplicação ao Zoneamento  
Ecológico-Econômico. [Rio de Janeiro] 2006

xiii, 107 p. 29,70cm (FEN/UERJ, M.Sc.,  
Programa de Pós-graduação em Engenharia da  
Computação com área de concentração em  
Geomática - Área de concentração em  
Geomática, 2006.

Dissertação - Universidade do Estado do  
Rio de Janeiro.

1. Sistema de suporte à decisão espacial;
2. Zoneamento;
3. Zoneamento Sócio Ecológico Econômico  
do Estado do Mato Grosso.

I. FEN/UERJ      II. Título (série)

## FOLHA DE JULGAMENTO


Uso de sistema de suporte à decisão espacial com subsídio ao planejamento territorial.  
Aplicação ao zoneamento ecológico-econômico.

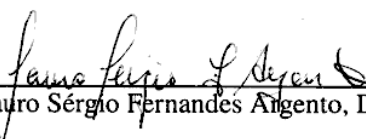
Sandro Eduardo Marschhausen Pereira

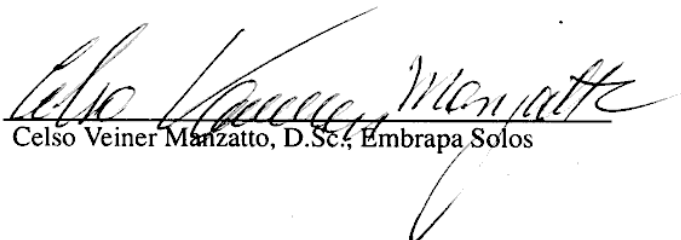
Programa de Pós-graduação em Engenharia da Computação - Área de concentração  
em Geomática.

Data da Defesa: 21 de setembro 2006

Aprovada por:

  
Orientador: Margareth Simões Penello Meirelles,  
D.Sc., UERJ.

  
Mauro Sérgio Fernandes Argento, D.Sc., UERJ

  
Celso Veiner Manzatto, D.Sc., Embrapa Solos

A Láquesis, Cloto e Atropos, inevitáveis Parcas, no que se aguarda inexorável abraço do que porta invertido facho e à noite tem por mãe, a quem reina sob coroa de flores.

## **Agradecimentos**

À equipe do Laboratório de Modelagem e Análise Espacial, coordenado pela professora Margareth, pelo suporte em informações, equipamentos, espaços e incentivo à pesquisa que possibilitaram o início, o desenvolvimento e a conclusão desta pesquisa.

À professora Margareth Simões Penello Meirelles por: “abrir as portas” da Embrapa Solos-RJ, o que viabilizou a pesquisa; pelos pareceres favoráveis ao estender, dentro do permitido, o tempo de conclusão da dissertação, perante o colegiado do mestrado e pelos finais de semana e feriados dedicados à leitura e correção da dissertação, o que possibilitou ao mestrando concluir o texto no devido tempo.

À equipe do Lab Gis, da Faculdade de Geologia - UERJ, pelas orientações quanto ao uso e à aplicação do Arc Gis.

Ao sistema CAPES, pela bolsa de mestrado que permitiu as horas claustras na UERJ, em seus laboratórios de desenvolvimento em pesquisas com SIG.

À Embrapa Solos-RJ, por disponibilizar os dados que tornaram possível esta pesquisa e pelo apoio institucional durante a pesquisa.

À Secretaria Estadual de Planejamento do Estado do Mato Grosso (SEPLAN-MT) pelo fornecimento de dados e apoio na validação da pesquisa.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Mato Grosso (FAPEMAT) pelo apoio financeiro na validação da pesquisa.

# Resumo

Resumo da Dissertação apresentada à FEN/UERJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências ( M.Sc.) em Engenharia da Computação com área de concentração em Geomática.

Uso de Sistema de Suporte à Decisão Espacial como subsídio ao planejamento territorial. Aplicação ao Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE).

Sandro Eduardo Marschhausen Pereira

Setembro / 2006

Orientador: Margareth Simões Penello Meirelles, D.Sc., UERJ.

Programa de Pós-graduação em Engenharia da Computação - Área de concentração em Geomática.

Nesta dissertação propõe-se o desenvolvimento de uma metodologia que subsidie o planejamento territorial desde a fase da definição de indicadores, com tratamento matemático para dirimir contradições e melhor avaliar os pesos dos critérios, até a execução automatizada de avaliações em um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Para isso, propõe-se a adoção de um Sistema de Suporte à Decisão Espacial (SSDS), compreendido pelas ferramentas computacionais: *i)* Criterium Decision Plus; *ii)* NetWeaver; *iii)* ArcGis e *iv)* EMDS, respectivamente: *i)* Sistema de Suporte à Decisão; *ii)* base de conhecimento; *iii)* SIG e *iv)* ferramenta que integra as outras três para gerar avaliações, análises e cenários. Para testar a metodologia utilizou-se os dados gerados no Zoneamento Sócio-Ecológico-Econômico do Mato Grosso (ZSEE-MT), cedidos pela Embrapa Solos. O estudo com o ZSEE deve-se a esse gerar como produtos, entre outros, mapas advindos de integrações temáticas e relatórios técnicos. Essas integrações dependem de: *i)* considerações sobre quais indicadores elencar; *ii)* da relação entre esses; *iii)* de qual tratamento matemático adotar e *iv)* integrar as considerações de especialistas, gestores públicos, representantes da sociedade etc. Etapas que geram o cenário ideal para a aplicação da metodologia em estudo. Os resultados alcançados mostraram a viabilidade dessa proposta por não só permitir gerar diversas integrações, como informa a influência de cada indicador na avaliação gerada.

Palavras-chave: 1. Sistema de Suporte à Decisão Espacial, 2. Planejamento Territorial, 3. Zoneamento Ecológico Econômico, 4. Análise Multicritério, 5. Redes de Dependência.

# Abstract

Abstract of Dissertation presented to FEN/UERJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.) in Computing Engineer with area of application in Geomatic.

Using of Spatial Decision Support System for landscape planning. Designed to Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE).

Sandro Eduardo Marschhausen Pereira

Setembro / 2006

Advisor: Margareth Simões Penello Meirelles, D.Sc., UERJ.

Program of Pos-graduate in Computing Engineer - Field of Geomatic.

The development of a methodology is considered that subsidizes the territorial since the phase of the definition of pointes, with mathematical treatment to nullity contradictions and better to evaluate the weights of the criteria, until the automatic execution of evaluations in a Geographic Information System (GIS). For this, it is considered the adoption of a Spatial Decision Support System (SDSS), included as soft wares: *i)* Criterium Decision Plus (CDP); *ii)* NetWeaver; *iii)* ArcGis and *iv)* EMDS, respectively: *i)* Decision Support System (DSS); *ii)* knowledge base; *iii)* GIS and *iv)* an application framework that integrates the others three systems in order to generated evaluations, analyses and scenes. It was used the generated datas by Social, Economic and Ecological Zoning of the Mato Grosso State (ZSEE-MT), yielded by the Embrapa Solos in order to prove the methodology. The use of the ZSEE is because it generates as products, among others, maps that come from thematic integrations and technical reports. These integrations depend on: *i)* choice of pointers; *ii)* relation among them; *iii)* mathematical techniques for adopted and *iv)* to integrate the appreciations of the specialists, of the public sectors, citizens etc. This Stages create the ideal scenario for the application of the methodology in study. The reached results have shown the viability of this proposal does not just let to generate several integrations, as it informs the influence of each pointer in the generated evaluation.

Keywords: 1. Spatial Decision Support System, 2. Territorial Planning, 3. Ecological, Economic Zoning, 4. Multicriteria Analysis, 5. Knowledge Base.

# SUMÁRIO

<b>Capítulo 1 - Introdução</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivos	3
1.1.1. Objetivo Geral	3
1.1.2. Objetivos Específicos	3
1.2. Justificativa	4
1.3. Área de estudo	4
1.4. Organização do estudo	6
<b>Capítulo 2 – Abordagem conceitual</b>	<b>7</b>
2.1. Contexto ambiental de tomada de decisão	7
2.1.1. Planejamento territorial e ambiental	7
2.1.2. Zoneamento	9
2.1.3. Cenários	13
2.2. Abordagem Tecnológica	14
2.2.1. Sistemas de suporte à decisão	14
2.2.2. Definição de Sistema de Suporte à Decisão ( SSD ou DSS)	17
2.2.3. Definição de Sistema de Suporte à Decisão Espacial ( SDSS)	18
2.2.4. Justificativas para utilização de um Sistema de Suporte à Decisão.	20
2.3. Técnicas para integração temática através da análise espacial	22
2.3.1. Lógica booleana	22
2.3.2. Média ponderada	23
2.3.3. fuzzy – lógica difusa	23
2.3.4. AHP – Processo Hierárquico de Análise	24
2.3.5. AMC – Análise multi-critério	27
2.4. Ferramentas aplicadas na análise do meio ambiente.	28
<b>Capítulo 3 - Materiais e métodos</b>	<b>30</b>
3.1. Sistemas computacionais utilizados	31
3.1.1. Justificativa pela escolha do Criterium Decision Plus	31
3.1.2. Síntese das funcionalidades de cada sistema	34
3.1.3. O Sistema de Suporte à Decisão Criterium Decision Plus	37
3.1.4. Geração da rede de dependência - NetWeaver	42
3.1.5. EMDS	44
3.2. Métodos	47
3.2.1. Avaliação da metodologia apresentada no relatório do Zoneamento Sócio-Ecológico-Econômico do Estado do Mato Grosso (ZSEE-MT)	47
3.2.3. Compreensão da metodologia adotada pela equipe do Zoneamento Sócio-Ecológico-Econômico do Estado do Mato Grosso (ZSEE-MT)	48
3.2.4. Elaboração da árvore de problemas no sistema Criterium Decision Plus (CDP)	48
3.2.5. Construção da base de conhecimento no NetWeaver	49

3.2.6	Avaliação ambiental utilizando-se os resultados obtidos no CDP e a base de conhecimento criada no NetWeaver através da extensão EMDS no SIG. _____	49
3.3.	Síntese do capítulo _____	50
<b>Capítulo 4 - Estudo de caso _____</b>		<b>52</b>
4.1.	Métodos _____	52
4.1.1.	Avaliação da metodologia apresentada no relatório do Zoneamento Sócio-Ecológico-Econômico do Estado do Mato Grosso (ZSEE-MT) _____	53
4.1.2.	Compreensão da metodologia adotada pela equipe do Zoneamento Sócio-Ecológico-Econômico do Estado do Mato Grosso (ZSEE-MT) _____	54
4.1.3.	Elaboração da árvore de problemas no sistema Criterium Decision Plus (CDP) _____	54
4.1.4.	Construção da base de conhecimento no NetWeaver _____	54
4.1.5.	Avaliação ambiental utilizando-se os resultados obtidos no CDP e a base de conhecimento criada no NetWeaver através da extensão EMDS no SIG. _____	55
4.2.	Identificação dos parâmetros de avaliação a partir do relatório do Zoneamento Sócio-Ecológico-Econômico do Estado do Mato Grosso (ZSEE-MT) _____	57
4.2.1	Indicadores de qualidade ambiental _____	62
4.2.2	Indicadores de eficiência econômica _____	63
4.2.3	Indicadores condição e qualidade de vida _____	63
4.3.	Estudo dos dados disponibilizados pela EMBRAPA SOLOS _____	63
4.4.	Elaboração de analogias entre a metodologia e os dados disponíveis _____	67
4.5.	Elaboração da estrutura hierárquica no CDP _____	68
4.6.	Construção da base de conhecimento no NetWeaver _____	75
4.6.1.	Data Links simples (Simple Data Link) e/ou de cálculo (Calculated Data Link) _____	75
4.6.2.	Avaliação ambiental utilizando-se dos resultados obtidos no CDP e da árvore desenhada no NetWeaver com uso da extensão EMDS no ArcGis _____	80
4.7.	Resultado das avaliações _____	85
<b>Capítulo 5 - Resultados alcançados _____</b>		<b>86</b>
5.1.	Resultados da avaliação no EMDS _____	87
5.2.	Considerações finais _____	96
<b>Referências bibliográficas _____</b>		<b>98</b>
<b>Anexo 1 – Mapa do Zoneamento Sócio Ecológico Econômico do Estado do Mato Grosso.</b>		<b>101</b>

## Lista de Figuras

### Capítulo 2 – Abordagem conceitual

Figura 2.1. Matriz ambiental. _____	8
Figura 2.3. Tomada de decisão. Processo de modelagem. _____	15
Figura 2.4. Fases e ferramentas para tomada de decisão. _____	16
Figura 2.5. Configuração básica do modelo para SSD. _____	18
Figura 2.6. Arquitetura de sistema de informação para suporte às decisões relativas à proteção ambiental. _____	18
Figura 2.7. Esquema simplificado das funções básicas do SIG. _____	19
Figura 2.8. Diagrama das diferenças dos fluxos de trabalho em gerenciamentos sem o uso de DSS e com o uso de DSS. _____	20

### Capítulo 3 - Materiais e métodos

Figura 3.1 . Diagrama hierárquico de decisão elaborado para a escolha do SSD. _____	32
Figura 3.3. Ambiente e ferramentas computacionais propostos para geração de avaliações ambientais, planejamento territorial e subsídios ao ZEE. _____	34
Figura 3.4. Síntese da metodologia de aplicação dos sistemas. _____	35
Figura 3.5. Diagrama de tomada de decisão no CDP. _____	37
Figura 3.6. Comparação entre AHP Full pair-wise e AHP Abreviated pair-wise. _____	38
Figura 3.7. Diagrama hierárquico de exemplo para exemplificar a AHP no Criterium Decision Plus. _____	39
Figura 3.8. Demonstração da análise de consistência executada pelo CDP. _____	39
Figura 3.9. Brainstorm do diagrama hierárquico de Qualidade Ambiental apresentado na Figura 3.5. _____	41
Figura 3.10. Elementos básicos da interface gráfica do NetWeaver. _____	44
Figura 3.11. Interface gráfica do programa EMDS. _____	46

### Capítulo 4 - Estudo de caso

Figura 4.1. Brain Storm para 'Condições e Qualidade de Vida' _____	69
Figura 4.2. Diagrama hierárquico, com peso, para a 'Condições e Qualidade de Vida' _____	70
Figura 4.3. Diagrama hierárquico, com prioridades, para a 'Eficiência Econômica'. _____	71
Figura 4.4. Diagrama hierárquico, com prioridades, para o cálculo das prioridades dos sub critérios de do critério 'Aptidão' para 'Eficiência econômica'. _____	73
Figura 4.5. Diagrama hierárquico, com prioridades, para a 'Qualidade Ambiental'. _____	74
Figura 4.6. Curvas do argumentos fuzzy Fz_InfraEstElet_Amb (à esquerda) e Fz_PesoAptdEco (à direita). _____	78
Figura 4.7a. Rede de dependência para o cálculo da Sustentabilidade ambiental - 1/5 (Redes dependentes) _____	78
Figura 4.7b. Rede de dependência para o cálculo da Sustentabilidade ambiental - 2/5 (Rede dependente Condições e Qualidade de Vida) _____	78
Figura 4.7c. Rede de dependência para o cálculo da Sustentabilidade ambiental - 3/5 (Rede dependente Qualidade Ambiental) _____	79

Figura 4.7d. Rede de dependência para o cálculo da Sustentabilidade ambiental - 4/5 (Rede dependente Eficiência Econômica)	79
Figura 4.7e. Rede de dependência para o cálculo da Sustentabilidade ambiental - 5/5 (Switch Nodes pendurados no Calculated Data Link 'CalcPesca' da rede dependente 'Eficiência Econômica')	79
Figura 4.8. Interface gráfica do NetWeaver de conexão dos <i>data links</i> com o banco de dados de origem dos dados.	80
Figura 4.9. Habilitando a extensão EMDS no ArcGis 8.3.	81
Figura 4.10. Mapas temáticos adicionados no ArcGis 8.3 e Mapas temáticos que foram adicionados à avaliação no EMDS.	82
Figura 4.11. Visão geral do Projeto desenvolvido no EMDS um instante antes de se executar ( <i>run</i> ) a análise com a base de conhecimento gerada no NetWeaver.	84
Figura 4.12. Disponibilidade dos dados necessários à avaliação.	85
<b>Capítulo 5 - Resultados alcançados</b>	
Figura 5.1. Resultados do EMDS (Results - Truth Values) para a avaliação OrTresHipoteses.	87
Figura 5.2. Avaliação utilizando a rede de avaliação elaborada para o grupo Condições e Qualidade de Vida, à esquerda e para o grupo Qualidade Ambiental, à direita.	88
Figura 5.3. Legendas dos mapas apresentados no capítulo 5.	89
Figura 5.4. Avaliação com a rede de avaliação elaborada para o grupo Condições e Qualidade de Vida.	91
Figura 5.5. Avaliação com a rede de avaliação elaborada para o grupo Qualidade Ambiental.	91
Figura 5.6. Avaliação com a rede de avaliação elaborada para o grupo Eficiência Econômica.	91
Figura 5.7. Resultado da hipótese 01.	92
Figura 5.8. Resultado da hipótese 02.	92
Figura 5.9. Resultado da hipótese 03.	93
Figura 5.10. Avaliação considerando-se os melhores valores de cada hipótese.	93
Figura 5.11. Síntese metodológica de aplicação dos sistemas.	95
Figura 5.12. Síntese metodológica de aplicação dos sistemas.	97
<b>Anexo 1 – Mapa do Zoneamento Sócio Ecológico Econômico do Estado do Mato Grosso</b>	
Figura A1.1. Cabeçalho do Mapa.	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura A1.2. Legenda codas convenções do Zoneamento Sócio-econômico-ecológico.	101
Figura A1.3. Mapa Legenda Usos Restritos.	102
Figura A1.4. Legenda Usos Controlados.	103
Figura A1.5. Legenda Usos a Readequar.	104
Figura A1.6. Legenda Usos a Consolidar.	105
Figura A1.7. Legenda Áreas Legalmente Protegidas.	106
Figura A1.8. Mapa do Zoneamento Sócio Econômico Ecológico do Estado do Mato Grosso.	107

## Lista de Quadros e Tabelas

<b>Capítulo 2 – Abordagem conceitual</b>	<b>7</b>
Quadro 2.1. Comparação entre as fases da tomada de decisão e do ZEE.	17
Quadro 2.2. Comparação entre as fases da tomada de decisão e a etapas de trabalho em SIG.	19
Quadro 2.3. Índices de preferência da técnica AHP.	24
Quadro 2.4. Quadro com os índices de comparação pareada para geração da matriz de critérios da AHP.	26
<b>Capítulo 3 - Materiais e métodos</b>	<b>30</b>
Quadro 3.1. Ponderação entre os critérios do primeiro nível do diagrama hierárquico para objetivo (escolha do SSD).	32
Quadro 3.2. Ponderação entre as alternativas para o critério de avaliação Interface como o usuário	32
Quadro 3.4. Ponderação adotada na escolha do sistema de suporte a decisão com valores os numéricos relativos aos valores verbais apresentados no Quadro 3.3.	33
Quadro 3.5 . Cronologia do EMDS.	45
<b>Capítulo 4 - Estudo de caso</b>	<b>52</b>
Quadro 4.1. Avaliação da qualidade do ambiente natural – classificação e ponderação das variáveis analisadas.	59
Quadro 4.2. Avaliação da eficiência econômica – classificação e ponderação das variáveis analisadas	60
Quadro 4.3. Avaliação da condição e qualidade de vida – classificação e ponderação das variáveis analisadas.	61
Quadro 4.4. Avaliação da sustentabilidade – classificação e ponderação das variáveis analisadas .	62
Quadro 4.5. Arquivos .shp que atendem à demanda de dados do estudo de caso.	64
Quadro 4.6. Conteúdo do campo CAP do arquivo cap_poly.shp e respectiva descrição (capacidade de armazenamento de produção do município).	64
Quadro 4.7. Conteúdo do campo SIT do arquivo sit_poly.shp e respectiva descrição (taxa de indivíduos com mais de 8 anos de instrução).	65
Quadro 4.8. Conteúdo do campos POT_EXPLO e POT_ICTIO do arquivo bacia.shp e respectivas descrições.	65
Quadro 4.9. Conteúdo do campo CLASSE do arquivo poliadm_poly.shp e respectiva descrição.	65
Quadro 4.10. Conteúdo do campo SIT do arquivo apro_poly.shp e respectiva descrição.	65
Quadro 4.11. Conteúdo do campo VALUE do arquivo long_poly.shp e respectiva descrição (icv indicador da qualidade de vida).	65
Quadro 4.12. Conteúdo do campo QUANT do arquivo serv_pub_poly.shp e respectiva descrição (% da população atendida por rede de água potável).	65
Quadro 4.13. Conteúdo do campo POTENCIAL do arquivo tur_poly.shp e respectiva descrição (potencial turístico).	65

Quadro 4.14. Conteúdo do campo COND do arquivo c_vida_poly.shp e respectiva descrição (indicadores de condição de vida). _____	66
Quadro 4.15. Conteúdo do campo CLASSE do arquivo inf_est_poly.shp e respectiva descrição (atendimento por rede de estrada e eletricidade). _____	66
Quadro 4.16. Conteúdo do campo CLASSE do arquivo polari_poly.shp e respectiva descrição (grau de especialização dos núcleos urbanos). _____	66
Quadro 4.17. Conteúdo do campo USVGET do arquivo usoveg.shp e respectiva descrição (uso e cobertura do solo). _____	66
Quadro 4.18. Conteúdo do campo CONC do arquivo emprego_poly.shp e respectiva descrição (indicadores de emprego e renda). _____	66
Quadro 4.19. Conteúdo do campo TIPO do arquivo aptidao_poly.shp e respectiva descrição (aptidão agrícola). _____	67
Quadro 4.20. Índices de comparação entre os critérios do diagrama hierárquico para o objetivo 'Condições e Qualidade de Vida' para o cálculo das prioridades desses critérios com a técnica AHP. _____	70
Quadro 4.21. Tabela hierárquica de prioridades do critério 'Condições e Qualidade de Vida'. _____	70
Quadro 4.22. Índices de comparação entre os critérios do diagrama hierárquico para o objetivo 'Eficiência Econômica' para o cálculo das prioridades desses critérios com a técnica AHP. _____	71
Quadro 4.23. Índices de comparação entre os subcritérios diagrama hierárquico da 'Eficiência Econômica' para o critério 'Pesca' para o cálculo da prioridades desses subcritérios com a técnica AHP. _____	72
Quadro 4.24. Índices de comparação entre os subcritérios diagrama hierárquico da 'Eficiência Econômica' para o critério 'Vegetação e uso do solo' para o cálculo da prioridades desses subcritérios com a técnica AHP. _____	72
Quadro 4.25. Tabela hierárquica de prioridades do critério 'Eficiência Econômica'. _____	72
Quadro 4.26. Pesos e Prioridades do sub critério 'Aptidão agrícola' para 'Eficiência econômica'. _____	73
Quadro 4.27. Índices de comparação entre os critérios diagrama hierárquico para o objetivo 'Qualidade Ambiental' visando o cálculo da prioridades desses critérios com a técnica AHP. _____	74
Quadro 4.28. Índices de comparação entre os subcritérios diagrama hierárquico da 'Qualidade Ambiental' para o critério 'Vegetação e uso do solo' visando o cálculo da prioridades desses subcritérios com a técnica AHP. _____	74
Quadro 4.29. Pesos e prioridades do critério 'Qualidade Ambiental'. _____	75
Quadro 4.30. Data Links com argumento fuzzy. _____	77
<b>Capítulo 5 - Resultados alcançados</b> _____	<b>86</b>
Quadro 5.1. Vinte primeiros valores da análise OrTresHipoteses. _____	89
Tabela 5.1. Cálculo da relação entre os valores adotados para o cálculo da sustentabilidade no Zoneamento Sócio Ecológico Econômico do Mato Grosso e os valores fuzzy do EMDS _____	89
Quadro 5.2. Relação entre o intervalo fuzzy do EMDS e o intervalo de valores do cálculo da sustentabilidade ambiental do Zoneamento Sócio Ecológico Econômico do Estado do Mato Grosso. _____	90

## Lista de Siglas

AHP	Analytical Hierarchy Process
AMC	Análise MultiCritério
CCZEE	Comissão Coordenadora do Zoneamento Ecológico-Econômico
CIDE	Centro de Informações e Dados do Estado do Rio de Janeiro
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil.
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMDS	Ecosystem Management Decision Support System (Sistema de Decisão para o Gerenciamento do Ecossistema)
ESRI	Environmental Systems Research Institute
GIS	Geographic Information System (Sistema de Informação Geográfica)
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMPA	Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
MCA	Multi-criteria Analysis
MMA	Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal
ODPM	Office of the Deputy Prime Minister
SBDG	Sistema de Banco de Dados Geográfico
SDS	System Decision Support (Sistema de Suporte à Decisão)
SSD	Sistema de Suporte à Decisão
SDSS	Spatial Decision Support Systems (Sistema de Suporte à Decisão Espacial)
SEPLAN-MT	Secretaria de Estado de planejamento e Coordenação Geral do Estado do Mato Grosso
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIPAM	Sistema de Proteção da Amazônia
SMART	Simple Multi Attribute Rating Technique
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas
UC	Unidade de Conservação
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
USEE	Unidade Sócio-ecológico-econômica
ZAE	Zoneamento Agro-Ecológico
ZEE	Zoneamento Ecológico-Econômico
ZSEE	Zoneamento Sócio-Ecológico-Econômico
ZSEE-MT	Zoneamento Sócio-Ecológico-Econômico do Estado do Mato Grosso

## Capítulo 1 - Introdução

<sup>91</sup> *Oh glória de toda humana posse  
quão pouco o verde no seu topo dura,  
até alcançá-lo o tempo que o destroce*  
(ALIGHIERI, p. 76)

A humanidade desenvolveu suas técnicas e apropriou-se do espaço sem priorizar a manutenção do corpo terrestre em que reside. Os avanços das nações e as formas de poder administram os recursos naturais tendendo a exaurir toda fonte de insumos descoberta pelos investidores. Assim sendo, a necessidade de alimento, lazer e produção, entre outros, poderá entrar em desequilíbrio, desprovido o homem de suas condições de existência.

Até a primeira metade do Século XX o conceito de desenvolvimento estava associado à poluição e degradação. A ausência de critérios quanto às conseqüências sobre o meio ambiente das ações de evolução das políticas de aproveitamento dos recursos naturais propiciava o uso abusivo dos ecossistemas com extinção certa desses. Meirelles (1997) destaca que os problemas de uso da terra normalmente são derivados dos conflitos entre as metas de desenvolvimentos e procedimentos de ocupação do solo com o meio ambiente.

As questões relativas à conservação do meio ambiente começaram a demonstrar relevância no cenário mundial a partir da segunda metade do século XX, destacando-se a primeira reunião internacional deu-se em Roma no ano de 1960, passando pela formação de grupos ativistas, outras reuniões de âmbito global, criação da família ISO 14000 (regulamentação internacional quanto à relação produção industrial & conseqüências ao meio) e o Tratado de Kyoto (2000) em que as nações que o assinam comprometem-se a reduzir suas taxas de emissões poluentes ao nível de 1990 (Agenda 21).

Entre as questões abordadas por grupos ambientalistas está a sustentabilidade da vida humana no ambiente terrestre associada ao progresso, de modo que todo desenvolvimento possa explorar o meio-ambiente sem que o esgote, seja auto-sustentável. Podendo-se encontrar tais exemplos em ações de grupos feito WWF (<http://www.wwf.org.br/>), SOS Mata Atlântica (<http://www.sosmatatlantica.org.br/>), Instituto Matlan (<http://www.matlan.org.br/>), Ong Onda Verde (<http://www.ondaverde.org.br/>), FunBio (<http://www.funbio.org.br/>), Green Peace (<http://www.greenpeace.org.br/>) etc.

A falta de planejamento no tocante à ocupação e uso do território pode contribuir para intensificação dos quadros de destruição dos recursos naturais, desigualdade social e de fontes

de sustentabilidade humana. Com o uso racional do meio-ambiente, conflitos de uso do solo e a depredação dos âmbitos físico-bióticos são solucionados em uma faixa de utilização que resulta em exploração dos insumos disponibilizados pelo meio sem desgaste desse e sem extinção daqueles. Nesse ínterim encontra-se como ação do governo brasileiro a elaboração de Zoneamentos Ecológico-econômicos em seu território.

De acordo com Meirelles (1997) a falta de planejamento na ocupação e uso do território contribui para intensificar os quadros de desigualdade social e destruição dos recursos naturais e de fontes de sustentabilidade humana.

A gestão auto-sustentável do espaço geográfico sugere uma metodologia de síntese ambiental em que se ordene, agrupe e analise os dados disponíveis pelas instituições detentoras da informação e possibilite a geração de alternativas de aproveitamento dos recursos disponibilizados pelo ambiente que não desgaste a natureza e seja fonte renovável de sustento humano, factível de aproveitamento pelas gerações presentes e vindouras.

Sharif (1995), Meirelles (1997); Christofolletti, (1999), Brasil-MMA (2001); Bueno (2003) esclarecem que a aplicação de técnicas de simulação ambiental na elaboração de cenários permite a validação de uma metodologia de análise das potencialidades e fragilidades de um determinado espaço geográfico para futuros investimentos. Sharif (1995), em particular, destaca que as técnicas de simulação podem ser desenvolvidas para responder o que aconteceria caso se tomasse certa decisão (*What if*) ou o que se deve fazer para se conseguir um resultado específico (*going to*).

O desenvolvimento de cenários, baseado na simulação das variáveis ambientais, possibilitado pelas técnicas disponibilizadas na atualidade permite avaliar as conseqüências das mudanças de cobertura do solo, como demonstrado por Bueno (2003), Bueno et all (2003) e Meirelles (2005) ao analisar a erosividade da bacia do Alto Taquari. Pode possibilitar, ainda, a adequação de um modelo de síntese ambiental que oriente aos gestores no planejamento e uso sustentável dos recursos naturais.

Para a geração de cenários que representem o estado atual e predições dispõe-se, entre outras ferramentas, dos Sistemas de Suporte à Decisão Espacial (SSDS) que integram bases de conhecimento, Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e banco de dados (FALCETA, 2006), disponibilizando para os gestores dados e informações para tomadas de decisão menos subjetivas possíveis.

Os zoneamentos elaborados pelo governo brasileiro utilizam-se das ferramentas SIG para elaboração de mapas temáticos, com base nas informações coletadas, para apoiar a realização

dos diagnósticos e das avaliações dos ambientes estudados. Ao se analisar BRASIL-MMA (2001a, 2001b, 2004), Mato Grosso (2004) essas ferramentas ainda não foram utilizadas nestas metodologias na integração temática ou na geração de cenários ambientais como subsídio à tomada de decisão para auxílio ao ordenamento territorial.

Neste sentido, propõe-se a utilização de Sistemas de Suporte à Decisão (DSS) e de bases de conhecimento para auxiliar o diagnóstico e subsidiar o planejamento territorial.

## **1.1. Objetivos**

Apresenta-se, a seguir, o objetivo geral e os objetivos específicos deste estudo.

### **1.1.1. Objetivo Geral**

Por objetivo geral, apresenta-se a proposição de uma metodologia como alternativa à integração temática e à construção de cenários no processo de negociação com a sociedade na construção do Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE), apresentando um ambiente integrado, um *framework* de ferramentas computacionais, para subsidiar o planejamento territorial.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

São os objetivos específicos deste trabalho:

- i) criar um método de trabalho (*framework*) para assistir a execução de ZEE e geração de cenários através do uso integrado de ferramentas computacionais - Criterium Decision Plus (CDP), Analytical Hierarchy Process (AHP) e redes de dependência;
- ii) aplicar o processo de análise hierárquica (AHP) na definição dos pesos dos critérios de análise;
- iii) desenvolver uma rede de dependência para dar suporte à integração dos dados;
- iv) desenvolver integrações temáticas em uma ferramenta SIG;
- v) avaliar o uso dessas ferramentas para auxiliar o diagnóstico e subsidiar a elaboração de Zoneamentos Ecológico-Econômicos junto a uma base de conhecimento a ser aplicada dentro de um SIG e
- vi) aplicar a metodologia no ZSEE-MT como estudo de caso para aplicação da metodologia proposta.

## **1.2. Justificativa**

Na avaliação de múltiplos critérios (AMC) há de se considerar a influência e/ou prioridades dos parâmetros ou indicadores identificados e eleitos como critérios para solucionar um dado problema. A relevância de cada fator é determinada segundo a experiência (conhecimento empírico) dos envolvidos na avaliação (ODPM, 2004). E, o aumento do número de indicadores remete à maior probabilidade dos pesquisadores contradizerem-se em suas ponderações (MEIRELLES, 2005 e MURPHY, et al, 2002).

Nas análises de sistemas ambientais, o conjunto de variáveis e os inter-relacionamentos entre as entidades consideradas são tanto mais diverso quanto maior a complexidade do fenômeno e/ou ambiente em estudo (CRISTOFOLETTI, 1999).

Os ZEE constituem-se da integração sistemática de variáveis ecológicas e econômicas buscando associar as potencialidades e fragilidades do território, identificando, com isso, os procedimentos para o uso sustentável dos recursos disponíveis, ou seja, a sustentabilidade, como se pode observar em BRASIL, MMA (2001a). Sua execução pressupõe a análise integrada de múltiplos parâmetros ambientais, sociais e político-administrativos.

Tendo-se o exposto, busca-se justificar a apropriação de ferramentas e técnicas, dirigidas aos especialistas envolvidos na organização e ponderação dos parâmetros identificados, que os auxilie nessas tarefas através de um sistema de suporte à decisão.

O processo de negociação do ZEE está sujeito à participação de especialistas, gestores públicos, representantes da sociedade etc., estando sob o jugo da subjetividade desses atores e das negociações entre as partes sobre as naturezas e relevâncias dos critérios e parâmetros a serem adotados (BRASIL-MMA, 2001a). Assim, devido à sua natureza o ZEE apresenta-se como uma possibilidade de utilização da metodologia proposta.

## **1.3. Área de estudo**

A análise proposta terá como base o Zoneamento Sócio-Ecológico-Econômico realizado no Estado do Mato Grosso (ZSEE-MT), utilizando como orientação para a elaboração do estudo o expresso em MATO GROSSO (2004a e 2004b).

*“O Zoneamento Sócio Econômico Ecológico é um instrumento político e técnico de planejamento cuja a finalidade é orientar as definições de políticas públicas para que o poder público e a sociedade desenvolvam atividades sustentáveis quanto à ocupação da terra e o uso dos recursos naturais”. (MATO GROSSO, 2004a, 2004b).*

Segundo o mesmo autor, o ZSEE-MT apresenta como objetivos: *i)* racionalizar o uso dos recursos naturais; *ii)* a melhoria da qualidade de vida da população; *iii)* planejar e gerenciar as atividades econômicas e produtivas em consonância com a legislação e planos do governo vigentes de forma integrada, participativa e descentralizada e *iv)* manter e/ou ampliar a produção vigente através de mecanismos técnicos e financeiros.

Na execução do ZSEE-MT foram realizados estudos técnicos e políticos com a finalidade de obter informações sobre o meio físico, o meio biótico e o meio sócio-econômico. Utilizando-se, a equipe, de dados coletados em campo e em cartas topográficas do Estado do Mato Grosso nas escalas 1:250.000, 1:1.000.000 e 1:1.500.000, sendo organizados os dados e informações em um banco de dados relacional, no caso, o Oracle 8i com o gerenciamento dos dados espaciais sendo realizado com a ferramenta ArcSDE.

Como produtos o ZSEE-MT gerou *i)* cartas na Escala 1:250.000 dos temas: solos, Aptidão Agrícola das Terras, Geologia, Geomorfologia, Vegetação/Usos do Solo e Ocupação da Terra, com textos, tabelas e fotos organizados em relatórios e *ii)* Mapas na escala 1:1.500.000 dos temas: Solos, Geologia, Geomorfologia, Aptidão Agrícola das Terras, Erodibilidade, Potencial Mineral e Situação Legal, Unidades Aquíferas, Vegetação, Usos e Ocupação da Terra, Climatologia, Recursos hídricos, Dinâmica Demográfica, Condição de Vida da População, Dinâmica Econômica, Estrutura e Hierarquização do Espaço Regional e Aspectos Legais, com relatórios técnicos por mapa. (MATO GROSSO, 2004b)

Pelo ZSEE-MT o estado do Mato Grosso ficou dividido em 5 categorias de uso, descritas abaixo, conforme descrito em Mato Grosso (2004a e 2004b), estando o mapa gerado no **Anexo 1:**

1. Uso Restrito - *“áreas consideradas de interesse a manutenção e/ou melhoria de seu estado de conservação, delimitadas com o intuito de permitir o uso dos recursos naturais de forma planejada e limitada, compatibilizando este uso com proteção ambiental”;*
2. Uso Controlado - *“áreas de interesse à manutenção ou melhoria de seu estado de conservação e/ou que possuem fragilidades específicas e/ou que destinam à contenção da pressão antrópica sobre as Zona de Uso Restrito, Terras Indígenas ou Unidades de Conservação. Para essas áreas são admitidos usos diversificados, obedecendo normas especiais de controle.”;*
3. Uso a Readequar - *“áreas de ocupação antiga ou em processo de consolidação, para as quais são necessárias ações de recuperação ambiental, ou reordenação de*

*estrutura produtiva, ou fortalecimento da agricultura familiar e fomento das atividades não agrícolas nas áreas rurais, de forma a garantir o seu desenvolvimento sustentável”;*

4. Uso a Consolidar - *“áreas que se encontram em processo de consolidação das atividades produtivas ou já consolidadas, que concentram a porção mais dinâmica da economia estadual, para a quais são recomendadas ações e intervenções para a manutenção e/ou intensificação das atividades existentes, tendo em vista a sustentabilidade ambiental e econômica”;*
5. Uso Especiais - *“ilhas, Terra Indígenas e Unidades de Conservação sujeitas à (sic) legislação específica”.*

As categorias acima foram divididas em zonas, para melhor especificação, não cabendo aqui descrevê-las.

O órgão do setor público responsável pelo ZSEE-MT e pela disponibilização das informações geradas, através da Internet é a Secretaria de Estado de planejamento e Coordenação Geral (SEPLAN-MT), cuja página de acesso é <http://www.seplan.mt.gov.br>.

Os dados utilizados foram as cartas temáticas elaboradas pelo grupo de trabalho responsável pela elaboração do ZSEE-MT e está sendo avaliado pela EMBRAPA-SOLOS-RJ.

#### **1.4. Organização do estudo**

Após a introdução que apresenta e delimita o problema o **Capítulo 2 – Abordagem Conceitual** descreve os fundamentos e conceitos essenciais ao desenvolvimento da pesquisa com breve apresentação sobre o contexto ambiental da tomada de decisão e da abordagem tecnológica referentes ao tema da pesquisa.

O **Capítulo 3 – Materiais e Métodos** – apresenta uma da arquitetura das ferramentas computacionais propostas como ambiente ou *framework* para subsidiar a geração de ZEE e discorre sobre os procedimentos para o desenvolvimento e aplicação dos conceitos abordados no **Capítulo 2**.

No **Capítulo 4** descreve-se a aplicação da metodologia descrita no **Capítulo 3**.

O **Capítulo 5** expõe os resultados alcançados e os analisa de acordo com a hipótese e os critérios adotados para a elaboração da pesquisa e as considerações finais do trabalho.

## Capítulo 2 – Abordagem conceitual

<sup>73</sup> *O céu nossas tendências inicia  
mas não todas, pois nos é dada a luz  
que o bem do mal distinguir propicia*  
(ALIGHIERI, p. 107)

Este capítulo descreve os fundamentos e conceitos essenciais ao desenvolvimento da pesquisa com breve apresentação sobre o contexto ambiental da tomada de decisão e da abordagem tecnológica referentes ao tema pesquisado.

Desta forma, neste capítulo serão apresentados: 1) conceitos sobre o contexto ambiental da tomada de decisão pertinente aos objetivos desta pesquisa: *i)* Planejamento; *ii)* Zoneamento; *iii)* Zoneamento Ecológico-Econômico e correlatos e 2) uma abordagem tecnológica, explanando-se técnicas e ferramentas que oferecem suporte aos objetivos citados.

### 2.1. Contexto ambiental de tomada de decisão

#### 2.1.1. Planejamento territorial e ambiental

Como expresso por Houaiss (2001), planejamento pode ser entendido como a “determinação de um conjunto de procedimentos, de ações (por uma empresa, um órgão do governo etc.), visando à realização de determinado projeto”.

MMA (2001) define planejamento como a fase da tomada de decisão em que são abordadas as atividades administrativa e legal, técnicas, políticas e devida mobilização social pertinentes ao projeto em execução. Meirelles (1997) define planejamento territorial como sendo “o processo de avaliação de opções e subseqüentes tomadas de decisão” precedentes à implementação de possíveis ações.

#### Planejamento regional

Segundo expresso em MMA (2001) existe 4 níveis de planejamento:

1. Federal - quando abrange mais de uma região, podendo chegar ao nível federal;
2. Regional - quando extrapola os limites de um ou mais estados, respeitando os limites regionais;
3. Estadual - quando envolve mais de um município no mesmo estado;
4. Local - o mesmo que municipal, ou seja, quando não se ultrapassa os limites

municipais

## Planejamento ambiental

Baldwin (1985) *appud* Christofolletti (1999) define o planejamento e o manejo ambiental como sendo “iniciar a execução de atividades para dirigir e controlar a coleta, a transformação, a distribuição e a disposição dos recursos sob uma maneira capaz de sustentar as atividades humanas com um mínimo de distúrbios nos processos físicos, ecológicos e sociais” (p.162).

MEIRELLES (1997) e MMA (2001) destacam que para se desenvolver um planejamento ambiental efetivo, voltado ao uso sustentável, faz-se necessário o desenvolvimento de: *i*) uma metodologia própria e *ii*) um componente institucional estruturado para garantir a implementação dos procedimentos e ações para a realização dos projetos desenvolvidos.

## Análise ambiental

Consiste em se estudar os fatores físicos, bióticos e antrópicos do ambiente e suas interações.

ARGENTO (2004), CRISTOFOLETTI (1999) e GALVÃO *et al* (1999) destacam o uso da Matriz de Leopold para avaliações ambientais. Na **Figura 2.1** tem-se uma demonstração sintética dessa matriz, no campo áreas científica, lê-se, também, áreas de influência.

	Áreas Científicas				
Espaços Geográficos					

Fonte: Adaptado de ARGENTO e COSTA (2004).

**Figura 2.1. Matriz ambiental.**

ARGENTO (2004), CRISTOFOLETTI (1999) e GALVÃO *et al* (1999) sustentam que para uma análise integrada, sistêmica e interdisciplinar é indicada a adoção de uma matriz ambiental, onde se discrimina as áreas de conhecimento que investigarão o sistema ambiental em questão e elenca-se os subsistemas e as partes componentes identificados desse para os pesquisadores de cada ramo científico elaborarem seus estudos e pareceres dos tópicos identificados, preenchendo as células da matriz elaborada.

Como demonstrado pelos autores, essa matriz promove uma análise integrada em que cada especialista irá aprofundar-se no tema que lhe deve. Cada pesquisador irá explicar, de acordo com sua área de atuação, sobre os espaços geográficos listados na matriz e com o nível de aprofundamento e detalhamento indicado. Com isso, descarta-se a possibilidade de desvios, detalhamentos demasiados e omissões nas investigações pertinentes ao processo desenvolvido, pois, a matriz direciona as análises aos objetivos do trabalho.

### **2.1.2. Zoneamento**

Neste trabalho identifica-se e classifica-se os zoneamentos: *i)* ecológico-econômico; *ii)* agroecológico, *iii)* pedoclimático e *iv)* sócio-ecológico-econômico

#### **Zoneamento Ecológico-Econômico**

O ZEE é definido com um “instrumento político e técnico do planejamento, cuja finalidade é otimizar o uso do espaço e as políticas públicas” (MMA e SAE, 1997, p.12 apud MMA, 2001a, p.25). O autor, ainda, esclarece que o ZEE considera os aspectos políticos: a) compreensão do território; b) sustentabilidade ecológica e econômica; c) participação democrática; d) articulação institucional e, quantos aos aspectos técnicos básicos: a) abordagem sistêmica; b) valorização da multidisciplinaridade; c) sistemas de informação; d) elaboração de cenários.

O ZEE surgiu em 1988 através da Política Nacional de Meio Ambiente (Lei Federal nº 6938, de 31/08/81), citado nas diretrizes do Programa Nossa Natureza (Decreto Federal nº 96944, de 12/10/88). Em 1990 o Governo Federal criou a Comissão Coordenadora do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) para coordenar a execução do ZEE, passando essa responsabilidade para o Ministério do Meio Ambiente (MMA) em 1999 através da medida provisória nº 1911-8/99 de 29 de julho de 1999.

O ZEE tem como objetivo geral disponibilizar para o governo e para a sociedade civil um mecanismo integrado de diagnóstico que permita planejar e orientar os esforços de desenvolvimento segundo as necessidades e peculiaridades de cada unidade de planejamento (unidades de conservação ambiental, estados, municípios, bacias hidrográficas, etc).

Como objetivos específicos destaca-se “*identificar as políticas públicas [...]; definir unidades dos sistemas ambientais ou zonas de planejamento [...]; propor as diretrizes legais e programáticas de caráter preservacionista, de desenvolvimento econômico e social para cada sistema ambiental identificado [...].*” (MMA, 2001a, p. 21).

O desenvolvimento e a continuidade do ZEE justificam-se pelo fato de que o “entendimento da realidade territorial contemporânea deve levar em conta os diversos níveis e esferas de origem e de articulação dos fenômenos, sejam eles para fins de intervenção e planejamento ou decorrentes de movimentos espontâneos.” (SANTOS, 1991 *appud* MMA, 2001a, p. 51) e de que o meio ambiente deve ser interpretado não como decorrente de processos naturais, mas como o resultado das relações entre o meio ambiente natural e as atividades antrópicas.

Para o seu desenvolvimento, o ZEE, apresenta quatro fases principais, a saber: *a)* Planejamento; *b)* Diagnóstico; *c)* Prognóstico e *d)* Implementação. Usando-se, como suporte, bases cartográficas, imagens e um banco de dados geográfico para gerar como produtos mínimos, segundo MMA (2001a):

1. Banco de Dados - organização sistemática das informações produzidas para servirem de dados ao desenvolvimento das pesquisas;
2. Sínteses Intermediárias: mapas das unidades dos sistemas naturais, relatórios e mapas sobre a fragilidade natural potencial: vulnerabilidade à perda de solos, à perda de biodiversidade, à perda de qualidade das águas, etc.; relatórios e mapas das tendências de organização regional, relatórios e mapas dos indicadores sociais agregados, mapa das áreas legais protegidas; relatórios e mapa das incompatibilidades legais e os impactos ambientais.
3. Situação Atual: relatório de avaliação e mapa da situação atual;
4. Avaliação da potencialidade e limitações dos recursos naturais;
5. Cenários Tendenciais: relatórios e simulações;
6. Mapa das unidades de intervenção propostas;
7. Mapa das zonas e relatório sobre as diretrizes gerais e específicas propostas.

Isto posto, o ZEE é uma iniciativa para identificação e classificação do ambiente que considera, em suas bases conceituais, o meio ambiente como o resultado da integração de ações relativas à atividade humana com os fatores resultantes do ambiente natural desenvolvida com o objetivo de se disponibilizar às instituições públicas e privadas a mensuração das fragilidades e potencialidades do ambiente para o direcionamento dos investimentos de modo que não venham a esgotar suas potencialidades ou degradá-lo de forma prejudicial e irreversível.

## **Zoneamento Agroecológico**

O zoneamento agroecológico (ZAE) enfoca o desenvolvimento sustentável considerando a diversidade sistêmica e de ocupação. Apresenta como objetivo:

*“oferecer subsídios técnico-científicos [...] para: melhor planificação de assistência técnica, pesquisa e experimentação agrícola, [...] aumentar a renda da produção e a melhoria da qualidade de vida [...] com base no agronegócio, [...] recomposição das áreas de floresta através de sistemas de produção economicamente viáveis”*  
(EMBRAPA, 2003)

Durante sua elaboração são desenvolvidos estudos para disponibilizar conhecimentos do meio físico, biótico e social com vista ao sucesso de projetos agrários visando um desenvolvimento que não degrade o meio ambiente.

Assim, o ZAE objetiva compatibilizar o uso do solo com a capacidade de suporte desse. Busca estudar as técnicas de manejo adotadas pelos produtores rurais relacionando suas características que compatibilizem a produção com a conservação do meio ambiente e melhorem a qualidade de vida da população.

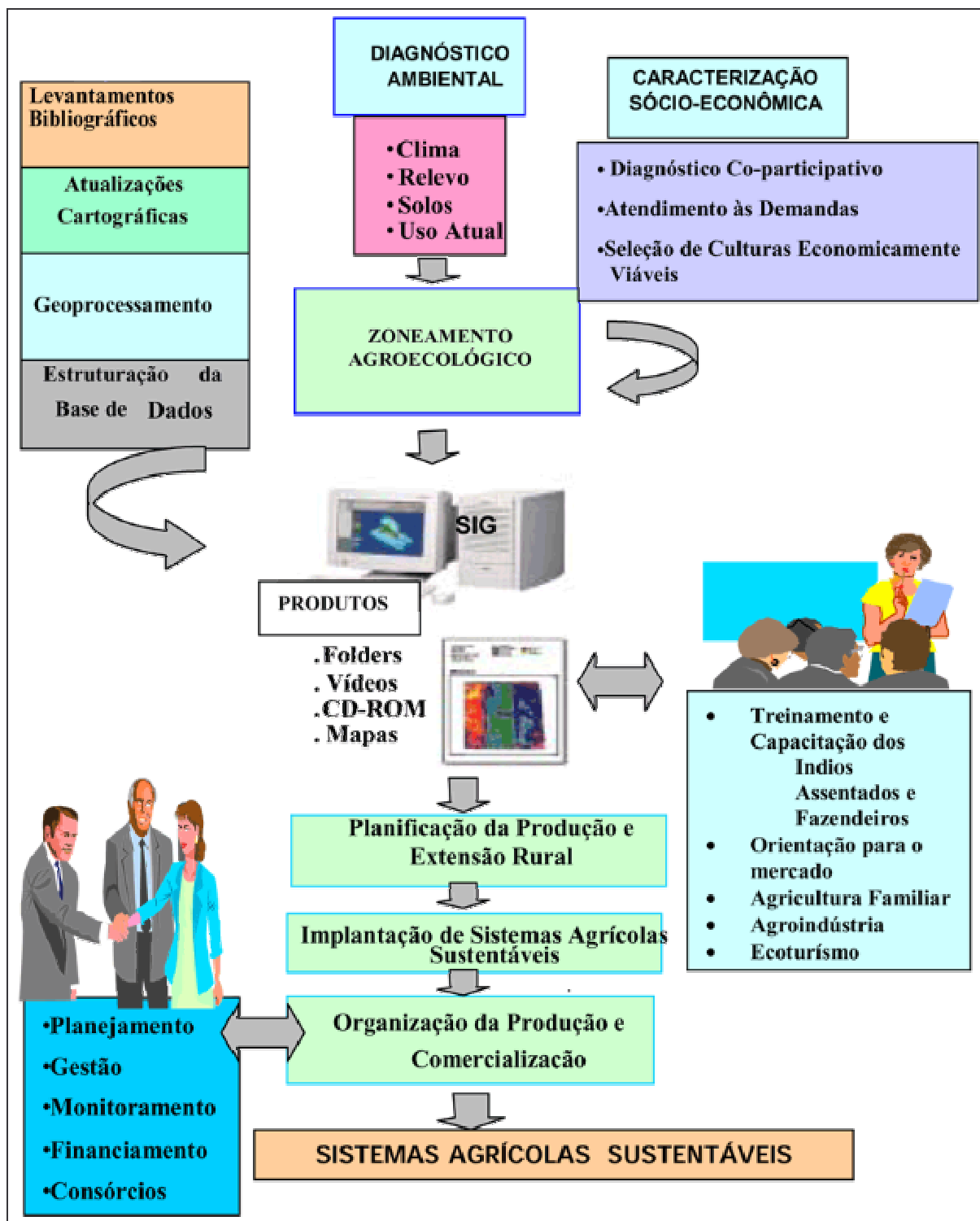
O ZAE tem como objetivo caracterizar e espacializar os diversos ambientes em função da diversidade dos recursos naturais e agro-socio-econômicos e apresentar as suas potencialidades e limitações para a utilização em diversas culturas de interesse econômico para a uma dada região (EMBRAPA SOLOS UEP, 2006).

A **Figura 2.2**, a seguir, ilustra a síntese metodológica do Zoneamento Agroecológico com indicações das possibilidades de aplicação do ZAE.

## **Zoneamento Pedoclimático**

Segundo Aguiar *et al* (2000 e 2003), no Zoneamento pedoclimático classifica-se as regiões quanto à aptidão para as culturas agrícolas que mais se adequam e o nível tecnológico a ser empregado, estimando-se as porcentagens de áreas aptas para cada cultura. As investigações do zoneamento pedoclimático são voltadas à obtenção de maiores produções e qualidade dos produtos. Como resultado esse estudo representa material básico para subsidiar os órgãos financiadores e os órgãos de planejamento em ações para racionalizar o cultivo da cultura em estudo.

Segundo Aguiar *et al.*(2000), a metodologia desse zoneamento considera os fatores climáticos e pedológicos e analisa as necessidades das culturas, adotando-se um conjunto de procedimentos metodológicos que norteiam todas as fases do trabalho.



Fonte: ASSIS, D. S. et al, 2003.

Figura 2.2. Procedimentos metodológicos do Zoneamento Agroecológico.

## **Zoneamento Sócio-ecológico-econômico**

O Zoneamento Sócio-ecológico-econômico (ZSEE) é um instrumento de gestão voltado a:

*“propiciar a promoção de intervenções e ações em seu território por meio de planos de ordenação territorial, do condicionamento da propriedade à sua função social, da regionalização coordenada dos serviços e obras estaduais, da tributação, da articulação com os municípios visando estimular e coordenar seus planos urbanísticos, do incentivo e estímulos indutores das atividades privadas e da articulação e participação da sociedade”.* (MATO GROSSO, 2004)

O ZSEE constitui uma primeira instância do processo de ordenamento territorial. No mesmo realizam-se estudos para regular e administrar as potencialidades de investimento com as restrições ecológicas e econômicas, visando conciliar tais campos com as demandas sociais, baseando-se em instrumentos administrativos, político, jurídicos e legais.

Comparando o definido em Mato Grosso (2004) com expresso por Brasil - MMA (2001a e 2001b), pode-se dizer que o ZSEE tem os mesmos objetivos, os mesmos conceitos e as mesmas metodologias do ZEE.

### **2.1.3 Cenários**

*“Os cenários apresentam uma projeção no espaço de políticas sociais, ambientais e econômicas, devendo contemplar as fases de implementação das ações propostas, com um cronograma de ações em curto prazo (emergenciais), uma fase de médio prazo (efetivação das medidas propostas) e uma terceira fase de longo prazo com indicações para avaliação, acompanhamento e gestão das propostas sugeridas”* (MMA, 2001a, p62).

CRISTOFOLETTI (1999) define os cenários futuros como “respostas dinâmicas evolutivas” baseadas no conhecimento adequado dos sistemas ambientais onde se estuda suas reações perante impactos provindos de projetos sócio-econômicos e se avalia os benefícios dessas ações a curto, médio e longo prazo.

Para a elaboração de cenários deve-se “tentar compreendê-lo em suas partes componentes integradas, considerando seus limites operacionais e os principais fluxos de massa e/ou energia que circulam entre eles.” (ARGENTO, 2004, p.14).

Dentre as justificativas para elaboração de cenários, ao se interpretar: Meirelles (1997), Brasil - MMA (2001a, 2001b e 2004), Argento (2004), Manzatto, Costa e Meirelles (2004) conclui-se que a elaboração de cenários é uma importante ferramenta de suporte à tomada de decisão e gestão territorial pela facilidade de visualização das simulações de possíveis ações no espaço gerido.

## 2.2. Abordagem Tecnológica

### 2.2.1. Sistemas de suporte à decisão

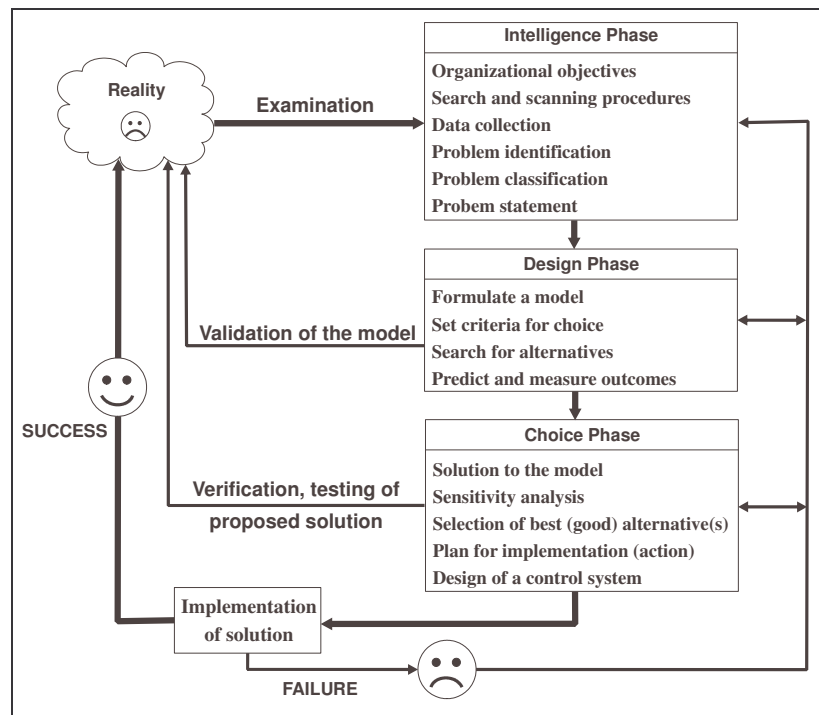
Sharifi (1995) expõe que dois motivos tornam o processo de tomada de decisão cada vez mais difícil nos dias de hoje: 1) o excesso de dados e informações com os quais se tem de lidar. 2) o custo dos erros cada vez mais elevado, tendo reflexos em vários setores da organização.

A partir do exposto por Sharifi (1995) e Henriques (2001), o tomador de decisão pode enquadrar-se nas seguintes situações quanto à disponibilização de dados e informações: a) ausência de dados; b) parte dos dados necessários; c) os dados ideais; d) excesso de dados. O enquadramento em qualquer dos tópicos relacionados influencia o processo de tomada de decisão, fazendo-se necessário um mecanismo que permita avaliar qual das quatro conjunturas se encontra evidente.

Henriques (2001), destaca que para a avaliação do conhecimento disposto e de qual tratamento se deve adotar à massa de dados disponíveis para o objetivo que se deseja alcançar tem-se a disciplina Engenharia do Conhecimento que “tem uma perspectiva voltada à modelagem do conhecimento do especialista, o que nos permite adicionar o conceito de objetividade e seletividade.” (HENRIQUES, 2001).

Sharifi (1995), Pontes (2000), Henriques (2001) e Braga (2005) discutem que o processo de decisão aborda quatro fases distintas: 1) inteligência; 2) modelagem; 3) escolha; 4) implementação. Abaixo demonstra-se, resumidamente as características de cada fase e, na **Figura 2.3** tem-se explícito a interação entres essas no processo de tomada de decisão

1. inteligência (*intelligence phase*) – fase de organização e planejamento do projeto. Consiste em: a) análise do ambiente - coleta de dados, b) reconhecimento de variáveis e c) determinação de objetivos;
2. modelagem (*design phase*) – concepção do modelo;
3. escolha (*choice phase*) – teste do modelo para determinação da solução:simulação – composta dos processos:a) “what-if” – procura responder o que aconteceria ao se alterar determinadas variáveis; b) “goal seeking” – procura determinar quais são as variáveis que contribuem para um determinado objetivo,solução;
4. implementação (*implementation phase*) – aplicação da solução encontrada ao ambiente analisado.



Fonte: Sharifi, 1995.

**Figura 2.3. Tomada de decisão. Processo de modelagem.**

Ao se considerar a solução a ser implementada ou soluções possíveis de serem implementadas "se tivermos um 'leque' de opções muito abrangente, enquadrando-nos em uma das seguintes situações:

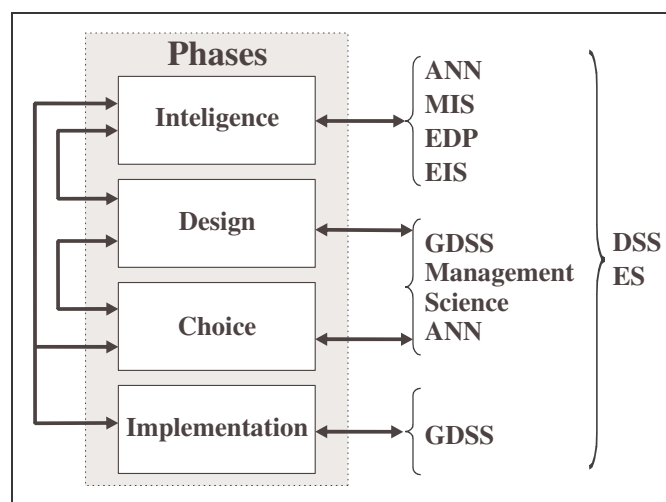
1. não temos dados, nem informações, nem conhecimento;
2. temos dados, mas não temos informações nem conhecimento;
3. temos dados em abundância, mas não temos conhecimento suficiente para transformá-los em informação;
4. temos informação, conhecimento, mas não temos dados para sustentar nossas suspeitas;
5. temos informação, conhecimento, mas uma quantidade excessiva de dados, que reduz nosso conhecimento e capacidade de decidir;
6. temos uma relação adequada entre dados, informações e conhecimento, e assim, podemos decidir de maneira eficiente" (HENRIQUES, 2001, p. 18).

Segundo Henriques (2001), tão prejudicial quanto a falta de dados é o excesso desses em relação à quantidade de informações adquiridas. Deve-se, então, adequar o volume de dados com a quantidade de informações, o que está inserido dentro da abordagem da Engenharia do Conhecimento que possui vários sistemas de informação baseados em computador, desenvolvidos a partir da década de 1950.

Sharifi (1995), desenvolveu um histórico dos sistemas computacionais até 1995, classificando os sistemas desenvolvidos até então como se segue: 1. Expert Systems (ES); 2. Transaction Processing Systems (TPS); 3. Management Information Systems (MIS); 4. Office Automation Systems (OAS); 5. Decision Support Systems (DSS); 6. Group DSS (GDSS); 7. Executive Informations Systems (EIS); 8. Artificial Neural Networks (ANN);

Após 1995, segundo a bibliografia consultada, teve-se o desenvolvimento dos sistemas: 1. Hybrid Support Systems; 2. Cutting Edge Intelligent Systems; 3. Spatial Decision Support Systems (SDSS) – DSS combinado com a tecnologia dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Sharif (1995) expõe que, dentre os sistemas por ele pesquisados, o que melhor se adequa às quatro fases do processo de tomada de decisão são o DSS (SSD) e o ES (Sistema Especialista), conforme demonstrado na **Figura 2.4**, esses englobam em suas potencialidades ferramentas que auxiliam as 4 fases da tomada de decisão.



Fonte: Sharifi, 1995.

**Figura 2.4.** Fases e ferramentas para tomada de decisão.

Analisando-se a abordagem proposta na **Figura 2.4**, comparando-se essas fases (Phases) com as fases do ZEE (**Quadro 2.1**) e com as características do ZEE, expostas a seguir, conclui-se que a ferramenta mais adequada para atender às exigências ao programa ZEE, dentre as apresentadas, é o SSD, desde que associado à tecnologia SIG (SDSS).

Dentre as características do ZEE pode-se citar: 1) análise de dados ambientais; 2) transformação do conhecimento do especialista, que é qualitativo, em variáveis possíveis de serem processadas por sistemas de computação; 3) trabalho em equipe; 4) volume de dados que impossibilita o tratamento sem ferramentas computacionais; 5) elaboração de base de

conhecimentos para diversos fins; 6) todos os dados tratados têm que ter expressão geográfica.

**Quadro 2.1. Comparação entre as fases da tomada de decisão e do ZEE.**

Descrição	Fases			ZEE
	Sharifi (1995)	Tomada de decisão Pontes (2000)	Falcetta (2006)	
Organização	Intelligence	Compreensão	Information gathering	Planejamento
Concepção do modelo	Design	Projeto	Storage of information	Diagnóstico
Tese, validação, simulações	Choice	Escolha	Analysis of information	Prognóstico
Aplicação da solução e entrega dos produtos	Implementation	Implementação	Presentation	Implementação

### 2.2.2 Definição de Sistema de Suporte à Decisão ( SSD ou DSS)

*“SSD é (1) um sistema abrangente, (2) capaz de dar suporte à análise de um banco de dados e modelagem de decisões, (3) orientado para o planejamento futuro, e (4) usado para intervalos não planejados e irregulares.” (MOORE e CHANG; BONCZEK, HOLSAPPLE e WHINSTON; KEEN appud SHARIFI, 1995, p.86).*

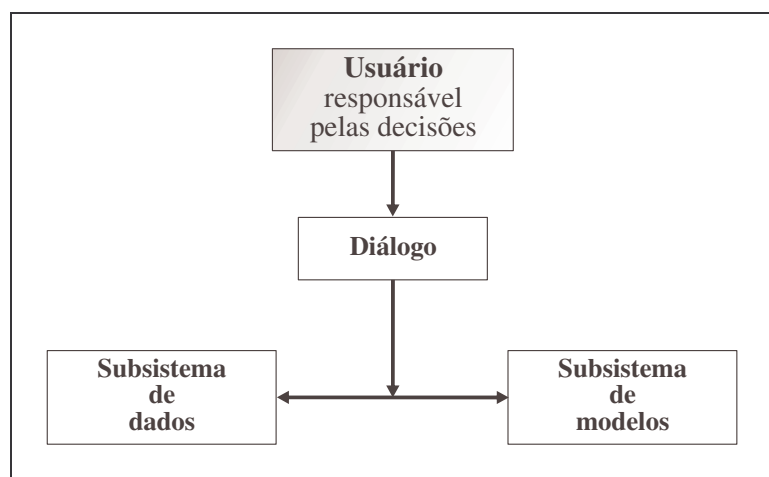
Um sistema de suporte à decisão (SSD) é um sistema de informação baseado no uso da computação com mecanismos que permitem examinar, modelar e simular a realidade para se implementar a solução, baseada em decisões tomadas pelo sistema e pelo operador, de melhor viabilidade dentro dos indicadores relacionados no modelo. O SSD é capaz de incrementar o conhecimento do especialista, aceitando calibragem em sua evolução (**Figura 2.3**).

Também definido como um sistema interativo de suporte aos tomadores de decisão na utilização de dados não estruturados (Scott Morton, 1971 appud Pontes, 2000) que acoplam os conhecimentos individuais ao sistema de informação baseado em computador em prol da qualidade das decisões (Keen e Scott Morton, 1978 appud Pontes, 2000).

Outra definição encontrada é a de que o SSD é “um sistema interativo que proporciona ao usuário acesso fácil a modelos decisórios e dados a fim de dar apoio a atividades de tomada de decisões semi-estruturadas ou não estruturadas” (JOHNSON, 1996 appud CHRISTOFOLETTI, 1999).

Christofolletti (1999) e Falsetta (2006) realçam que o SSD deve apresentar uma arquitetura que disponibilize ao usuário, o responsável pelas decisões: i) uma base de dados para dar suporte ao SSD; ii) uma interface sistema-usuário que facilite o acesso aos dados e iii) modelos que proporcionem os recursos para análises. Grosso modo, a interface do SSD deve

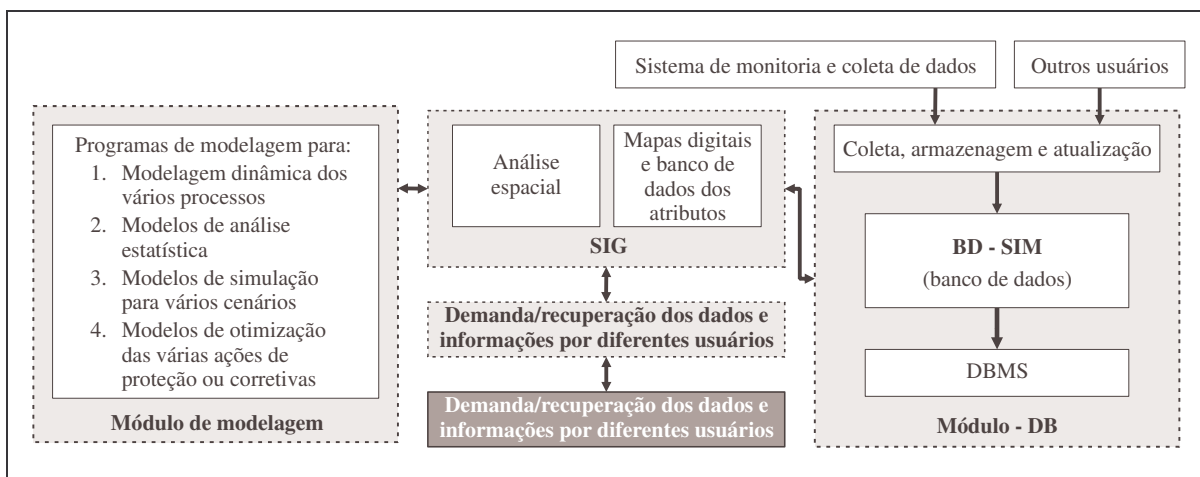
proporcionar um diálogo entre o usuário um diálogo com os dados e as formas de tratamento desses dados, como exemplificado na **Figura 2.5**.



Fonte: Christofolletti, 1999.

**Figura 2.5.** Configuração básica do modelo para SSD.

O SSD, segundo Sharifi (1995) e Pontes (2000), é composto de: 1) base de dados; 2) rotinas de análise; 3) interface entre o sistema e o usuário; 4) base de conhecimento. A **Figura 2.6**, exibe a arquitetura de um SSD aplicado às ciências ambientais.



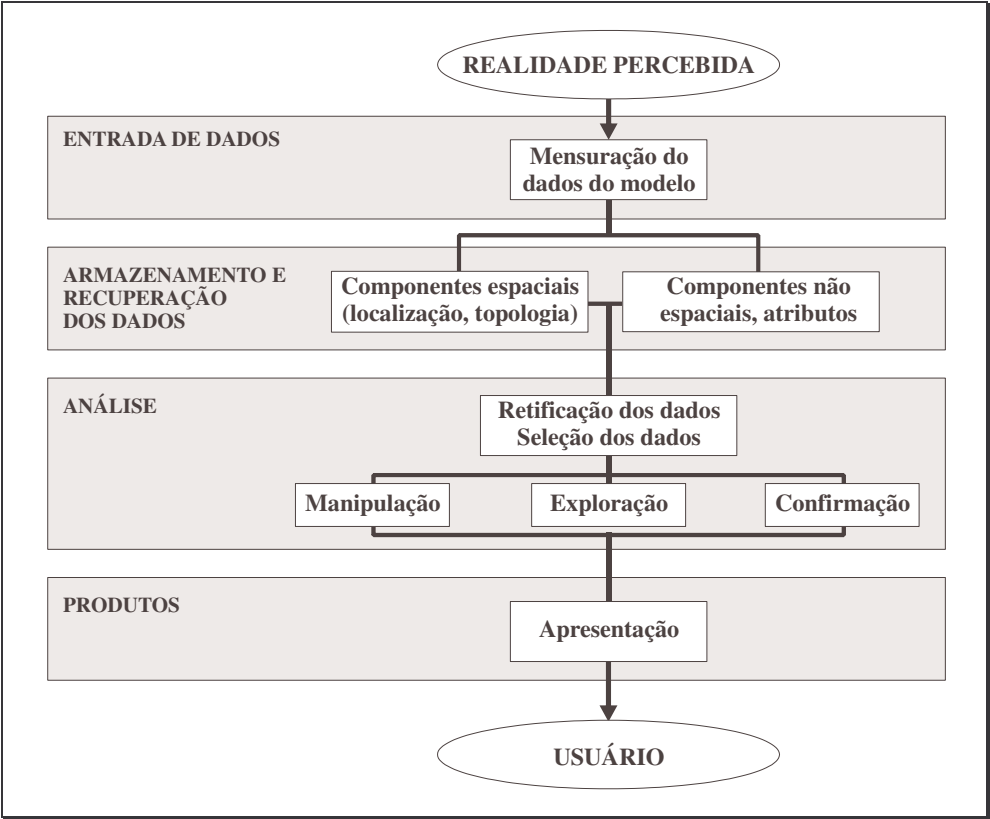
**Figura 2.6.** Arquitetura de sistema de informação para suporte às decisões relativas à proteção ambiental.

### 2.2.3 Definição de Sistema de Suporte à Decisão Espacial (SDSS)

Interpretando Bueno (2003) um Sistema de Suporte à Decisão Espacial é um SSD que tem como gerenciador da base de dados um sistema de banco de dados geográfico (SBDG), que implementa os recursos da tecnologia SIG, incluindo: a) coleta e gerenciamento de informações; b) modelagem e suporte à decisão; c) visualização e interface; tomada de decisões em grupo; d) captura e representação do conhecimento e integração de dados.

(MEIRELLES, 2003, 2005 e HALL, 1996 *appud* MANZATTO, COSTA e MEIRELLES, 2004-).

Um outro fator a se considerar é que o processo de modelagem e análise adotado pelas ferramentas SIG é muito semelhante ao processo de tomada decisão, o que pode ser observado na **Figura 2.7** onde são apresentadas as fases de inteligência, modelagem, escolha e implementação.



Fonte: Christofolletti, 1999.

**Figura 2.7.** Esquema simplificado das funções básicas do SIG.

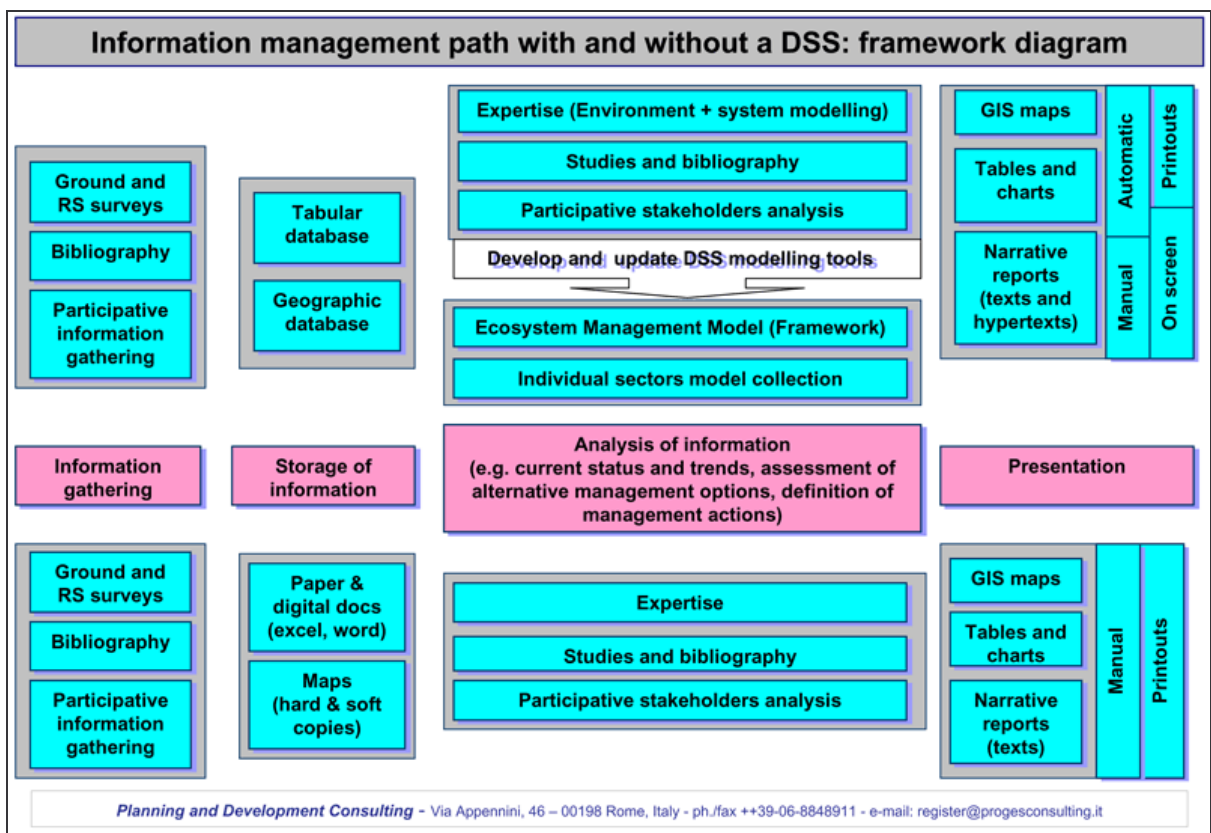
**Quadro 2.2.** Comparação entre as fases da tomada de decisão e a etapas de trabalho em SIG.

Descrição	Fases			SIG
	Sharifi (1995)	Tomada de decisão Pontes (2000)	Falcetta (2006)	
Organização	Intelligence	Compreensão	Information gathering	Entrada de dados
Concepção do modelo	Design	Projeto	Storage of information	Armazenamento e recuperação
Tese, validação, simulações	Choice	Escolha	Analysis of information	Análise
Aplicação da solução e entrega dos produtos	Implementation	Implementação	Presentation	Produtos

#### 2.2.4 Justificativas para utilização de um Sistema de Suporte à Decisão.

Como apresentado por Falcetta *et al* (2006) o DSS ajuda aos atores locais (Stake holders) na tomada de decisão ao integrar os vários fatores de um processo de gerenciamento. Argumenta, inclusive, que o sistema agrega os vários níveis de informação do ambiente avaliado, oferecendo aos gestores um *framework* que interage com a intersetorialidade.

Na **Figura 2.8** apresenta-se a diferença entre a tomada de decisão sem o suporte de um DSS e com o suporte de um DSS. Falcetta *et al* (2006), expõe que as caixas do meio são as fases de um gerenciamento, as caixas da parte superior são o desenvolvimento dessas fases com o uso do DSS e as caixas da parte inferior correspondem à elaboração das etapas do gerenciamento sem o uso do DSS. Têm-se, ainda, as quatro fases de desenvolvimento expressas pelas colunas na vertical, cada coluna corresponde a uma dessas. A primeira fase – levantamento das informações – consiste em se inventariar todas as informações disponíveis da região de estudo. Nas duas formas de trabalho apresentam-se iguais. Com o uso do DSS, a diferença está a partir da 2ª fase, em que todo dado relevante é armazenado no banco de dados desenhado para o problema em estudo.



Fonte: FALCETTA et al, 2006.

**Figura 2.8.** Diagrama das diferenças dos fluxos de trabalho em gerenciamentos sem o uso de DSS e com o uso de DSS.

Após a fase de planejamento, em que se define o que é má informação e boa informação tem-se o processo de importação de planilhas e rasterização - escaneamento de informações em mídia impressa - para, então, analisar-se inconsistências a médio e longo prazo. Nesse caso, sem o uso do DSS, as inconsistências somente são observadas em curto prazo, pois os procedimentos necessários ao resgate da informação armazenada e à comparação da informação nova com a existente não permitem que as inconsistências sejam analisadas a médios e longos prazos.

Na 3ª fase, no DSS, as informações são dirigidas a um “Ecosystem Management Model”. O diferencial conseguido com o uso do DSS está na existência de um modelo que permite aos administradores realizar simulações de como suas decisões poderão influenciar o meio: os cenários.

Na 4ª fase, com o uso do DSS, incrementa-se o automatismo, hipertextos e a possibilidade de visualização no ecrã.

Dentre o exposto o autor destaca como qualidade do uso do DSS pelas organizações o fato da informação e do conhecimento ficarem e permanecerem na instituição. De modo grosseiro: com o funcionário saindo ou não.

Existem alguns SSD no mercado, como os abaixo expostos, que são direcionados à tomada de decisão sem suporte através de diagramas hierárquicos de decisão;

- WINPRE - disponível em <http://www.decisionarium.hut.fi/>: gratuito e disponível para os sistemas operacionais Win9x e NT;
- Web HIPRE - disponível em <http://www.hipre.hut.fi/>: aplicação Java disponível somente para uso na Internet, sendo necessário estar conectado nessa rede para executá-lo;
- Expert Choice - disponível em <http://www.expertchoice.com/>: sistema comercial disponível para *download* uma versão *Trial* para uso por 15 dias;
- Prime Decisions - disponível em <http://www.decisionarium.hut.fi/>: gratuito e disponível para os sistemas operacionais Win9x e NT;
- Risk Detective - SSD executado como macro no Microsoft Excel. Programa simples de usar e fácil. Disponível em <http://www.riskdetective.com/>;
- etc.

Gustafsson (1999) e Hämäläinen (2002) citam esses e outros programas fazendo comparações entre suas funcionalidades, destacando suas vantagens e desvantagens.

Segundo a literatura consultada, antes de se “construir” deve-se modelar. A apropriação dos SDSS e de suas funcionalidades permite uma melhor modelagem dos ecossistemas analisados, que eleva a qualidade final do trabalho de pesquisa e de suas fases de implementação.

Sharif (1995), Christofolletti (1999), Henriques (2001) e Pereira (2004), por exemplo, destacam a importância dos aspectos conceituais do objeto-modelo e a importância de não se dispersar do objetivo do projeto. Especificamente Henriques (2001), frisa que uma modelagem do ambiente, direcionada pelo conhecimento do especialista, permite adicionar à base de conhecimento (a ser explicada no **Capítulo 3**) os conceitos de objetividade e seletividade.

*“A modelagem encontra seu maior desafio na proposição das organizações espaciais que sejam compatíveis com o desenvolvimento sustentável, promovendo a disposição espacial das atividades e sua interação em busca do desenvolvimento econômico, do uso adequado dos recursos naturais e da melhoria da qualidade de vida”* (CHRISTOFOLETTI, 1999, p.174).

Assim, para que se implemente a modelagem é necessário desenvolver um contexto teórico e metodológico para os padrões estabelecidos no modelo de dados espaciais.

### **2.3.      *Técnicas para integração temática através da análise espacial***

#### **2.3.1.    *Lógica booleana***

Pelo modelo booleano os indicadores assumem valor binário de sim (1) ou não (0) havendo consideração pelos valores intermediários. O resultado, por extensão, é expresso na forma binária, onde ocorre perda da informação dos dados “mais-ou-menos”. Apresenta pouca flexibilidade e segue a teoria dos conjuntos.

Segundo abordado por Meirelles (1997), a principal característica do modelo booleano é sua simplicidade onde cada mapa é uma condição contendo evidências. De fácil aplicação, na prática, é normalmente inapropriado pela isonomia dos critérios, concluindo que *“o simples conceito de unidades discretas, básicas e homogêneas é inadequado para o progresso nos estudos de levantamento de solos, avaliação quantitativa da terra e nas análises da paisagem”* (WEBSTER, 1985 *appud* MEIRELLES, 1997. p. xlv).

Conforme exposto por Reynolds (1999, 2001) o tratamento booleano (*crisp*, nos textos originais) dos dados é válido para dados de tal natureza, devendo-se modelar as ferramentas de análise para adotar a análise booleana quando condizente.

### 2.3.2. Média ponderada

“O método de Média Ponderada permite uma maior flexibilidade na combinação de mapas do que o método Booleano. O mapa ponderado pode ser ajustado para refletir o julgamento de um especialista, segundo os pesos de importância definidos para cada critério. A maior desvantagem deste método, entretanto, recai provavelmente no caráter linear de adição das evidências (BONHAM-CARTER, 1994 *appud* MOREIRA, 2001, p.23).

### 2.3.3. fuzzy – lógica difusa

Método que apresenta a habilidade de codificação do conhecimento do especialista através de ferramentas semânticas. Seu uso é indicado quando se lida com ambigüidade, abstração e ambivalência em modelos matemáticos ou conceituais de fenômenos empíricos (BURROUGH, 1989 *appud* MEIRELLES, 1999; BURROUGH e MCDONNELL, 1998 *appud* MOREIRA, 2001).

O método fuzzy não é probabilístico, pois, como explica Meirelles (1997), “*permite a determinação de possibilidades nas quais indivíduos uni ou multivariados se encaixam nas especificações externas definidas*”. Fornece uma escala contínua de variação de valores dos resultados entre o 0 e o 1, ou seja, permite avaliar o “mais ou menos” citado acima.

Pode-se aplicar o método fuzzy através de quaisquer de seus operadores, listados abaixo:

- 1) **Fuzzy mínimo** - operador que se assemelha à operação Booleana “E” (interseção), e é expresso por:  $\mu = \text{Min} (\mu_a, \mu_b, \mu_c, \dots)$ . A informação resultante terá como valor de saída o menor valor dos membros fuzzy de entrada.
- 2) **Fuzzy máximo** - O operador fuzzy Máximo assemelha-se à operação Booleana “OU” sendo  $\mu = \text{Max} (\mu_a, \mu_b, \mu_c, \dots)$ . O valor de saída para um dado ponto será o maior valor de entrada.
- 3) **Fuzzy média** - O peso de importância é distribuído uniformemente para todas as evidências. Expresso pela equação:

$$\mu = \text{média} = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_i}{n} \quad (2.1)$$

4) **Fuzzy Ponderado** - assemelha-se à média ponderada, os pesos de cada membro fuzzy de entrada (evidência) podem ser definidos empiricamente, de modo heurístico ou por processos estatísticos.

“Embora exista uma variedade de técnicas para a definição dos pesos Eastman et al. (1995) descrevem a técnica do Processo Analítico Hierárquico (Analytical Hierarchy Process - AHP), desenvolvida por Saaty (1992), como sendo a mais promissora no contexto do processo de tomada de decisão" (MOREIRA 2001, p.30).

5) **Fuzzy gama** - resultado da combinação de um produto algébrico fuzzy e uma soma algébrica fuzzy.

#### 2.3.4. AHP – Processo Hierárquico de Análise

A técnica AHP é uma técnica matemática para facilitar o pensamento analítico em que os critérios para uma questão analisada são comparados par a par, realiza análise não linear e permite a análise de consistência na avaliação.

A principal vantagem da ferramenta AHP, razão pela qual ela está sendo sugerida como parte da metodologia proposta desta dissertação é a característica de permitir a identificação de contradições que a mente humana (no caso, a mente dos especialistas) tende a cometer à medida que se aumenta o número de critérios de análise na modelagem do problema.

O método AHP foi desenvolvido por Saaty (1980) *appud* ODPM (2004). Tem seu fundamento no questionamento de qual a importância do critério A em relação ao critério B seguindo-se pelos índices apresentados no **Quadro 2.3**, a seguir.

Nesse quadro, os valores pares (2, 4, 6, 8) são valores intermediários que podem ser assumidos para representar uma transição entre os limites estabelecidos na tabela. Com os valores adotados monta-se uma matriz que irá fornecer os valores dos pesos.

**Quadro 2.3. Índices de preferência da técnica AHP.**

O quanto A é importante em relação a B?	Índices de preferência assumidos
Igualmente importante	1
Moderadamente mais importante	3
Fortemente mais importante	5
Muito fortemente mais importante	7
Extremamente mais importante	9

Fonte: Moreira, 2001 e ODPM, 2004.

Moreira (2001), ODPM (2004), Reynolds (1999 e 2001), Eastman (1999) argumentam que a AHP é um método de definição de peso dos critérios de uma avaliação através de comparação

*par a par* (comparação pareada). Os pesos definidos com o uso da AHP são atribuídos a esses mesmos critérios em, por exemplo, uma matriz AMC.

Para a aplicação desta técnica organiza-se os critérios de avaliação em uma tabela que resultará em uma matriz simétrica com a diagonal principal composta por valores unitários (campos da diagonal principal com valor 1). Nessa tabela as linhas e , na mesma ordem, as colunas são os critérios a serem ponderados. Feito isso, preenche-se a diagonal principal dessa tabela com valores unitários e se informa o nível de importância do critério da linha em relação ao da coluna que intercepta.

Assim sendo, o procedimento de cálculo é composto por:

1. Elaboração da matriz critérios  $C_{m \times n}$  (apresenta a diagonal principal unitária) a partir da tabela de comparação pareada.

$$C_{ij} = \begin{vmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1j} \\ c_{21} & c_{22} & \cdots & c_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{i1} & c_{i2} & \cdots & c_{ij} \end{vmatrix} \therefore c_{in} = \frac{1}{c_{nj}} \quad (\text{Eq. 2.1})$$

2. Construção da matriz soma das colunas  $SC_{m \times n}$  onde cada elemento da diagonal corresponde ao inverso da soma da coluna correspondente na Matriz C;

$$SC_{ij} = \begin{vmatrix} SC_{11} & SC_{12} & \cdots & SC_{1j} \\ SC_{21} & SC_{22} & \cdots & SC_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ SC_{i1} & SC_{i2} & \cdots & SC_{ij} \end{vmatrix} \equiv \begin{vmatrix} \left( \sum_{i=1}^{i=j} c_{i1} \right)^{-1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \left( \sum_{j=1}^{i=j} c_{i2} \right)^{-1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \left( \sum_{j=1}^{i=j} c_{ij} \right)^{-1} \end{vmatrix} \quad (\text{Eq. 2.2})$$

3. Cálculo da matriz normalizada  $N_{m \times n}$  através do produto escalar entre Matriz C e a Matriz SC. O produto apresentado abaixo exhibe, para cada elemento, as parcelas da multiplicação com resultado diferente de zero, assim onde deveria constar  $c_{11} * SC_{11} + c_{21} * SC_{12} + c_{31} * SC_{13}$  está representado tem-se  $c_{11} * SC_{11}$ , o mesmo para os demais;

$$N_{ij} = C_{ij} \cdot SC_{ij} = \begin{vmatrix} n_{11} & n_{12} & \cdots & n_{1j} \\ n_{21} & n_{22} & \cdots & n_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ n_{i1} & n_{i2} & \cdots & n_{ij} \end{vmatrix} \equiv \begin{vmatrix} c_{11} * SC_{11} & c_{12} * SC_{22} & \cdots & c_{1j} * SC_{33} \\ c_{21} * SC_{11} & c_{22} * SC_{22} & \cdots & c_{2j} * SC_{33} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{i1} * SC_{11} & c_{i2} * SC_{22} & \cdots & c_{ij} * SC_{33} \end{vmatrix} \quad (\text{Eq. 2.3})$$

4. Cômputo da Matriz  $ML_{n \times 1}$  que é a média das linhas da Matriz N (matriz coluna) e representa as prioridades de cada critério.

$$ML_{j \times 1} = \begin{bmatrix} ml_{11} \\ ml_{21} \\ \vdots \\ ml_{i1} \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} \sum_{j=1}^{j=j} n_{1j} \\ \sum_{j=1}^{j=j} n_{2j} \\ \vdots \\ \sum_{j=1}^{j=j} n_{ij} \end{bmatrix} \therefore \sum_{i=1}^{i=i} ml_{i1} = 1,00 \quad (\text{Eq. 2.4})$$

5. Análise da consistência – divisão por  $(n-1)$  da subtração de  $n$  do produto escalar  $((C \cdot ML) \cdot |1|)$ .

$$Consistência = \frac{((C \cdot ML) \cdot |1|) - n}{n - 1} \leq 0,1 \quad (\text{Eq. 2.5})$$

Se o valor calculado for superior a 0,1 significa haver contradições na comparação pareada dos critérios.

Como exemplo desta metodologia será adotada a avaliação da suscetibilidade à erosão tendo-se como critérios: a Demografia; a Geologia e a Vegetação. Mesmo exemplo adotado na análise de consistência do CDP no **Capítulo 3**.

A Elaboração da matriz critérios  $C_{m \times n}$  dá-se a partir de um quadro de comparação pareada com os índices apresentados no **Quadro 2.3**. A diagonal principal desse quadro tem o valor unitário, ou seja, seus elementos tem valor 1, com visto no **Quadro 2.4**. Isso se deve ao fato de ao se comparar um critério com ele mesmo tem-se a conclusão de que ele é igualmente importante a si e, consultando-se o **Quadro 2.3**, observa-se que esse nível de comparação corresponde ao valor 1.

O preenchimento do quadro dá-se informando a importância do critério da linha em relação ao critério da coluna que intercepta, preenchendo-se a metade superior à diagonal principal com esses valores. A metade inferior é preenchida com os valores inversos aos dados ao elemento simétrico na matriz.

**Quadro 2.4. Quadro com os índices de comparação pareada para geração da matriz de critérios da AHP.**

	Demografia	Geologia	Vegetação
Demografia	1	9	8
Geologia	$9^{-1}$	1	7
Vegetação	$8^{-1}$	$7^{-1}$	1

Do **Quadro 2.4** obtém-se a matriz

$$C = \begin{vmatrix} 1 & 9 & 8 \\ 1/9 & 1 & 7 \\ 1/8 & 1/7 & 1 \end{vmatrix}, \text{ donde a consistência} = 0,37 > 0,1.$$

Seguindo-se do passo 1 ao 5 essa matriz retorna como resultado a consistência igual a 0,37, o que não satisfaz aos limites estabelecidos, pois a consistência tem de apresentar um valor menor ou igual a 0,1. Analisando-se a ponderação adotada e substituindo-se o valor do elemento  $c_{23}$  por 2, como demonstrado a seguir, obtém-se uma consistência de valor igual a 0,032 o que atende ao imposto pela Eq. 2.5.

$$C = \begin{vmatrix} 1 & 9 & 8 \\ 1/9 & 1 & 2 \\ 1/8 & 1/2 & 1 \end{vmatrix}, \text{ donde a consistência} = 0,037 < 0,1.$$

Para esse caso a matriz coluna da Eq. 2.4 apresenta: *i*) na primeira linha a prioridade 0,800 para a demografia; *ii*) na segunda linha a prioridade 0,124 para a Geologia e *iii*) na terceira linha a prioridade para a vegetação. Como demonstrado a seguir.

$$ML_{j \times 1} = \begin{vmatrix} 0,800 \\ 0,124 \\ 0,075 \end{vmatrix} \therefore \sum_{i=1}^{i=i} ml_{i1} = 1,00$$

### 2.3.5. *AMC – Análise multi-critério*

A AMC é uma técnica aplicada no desenvolvimento de soluções, ou seja, no suporte à tomada de decisões que estabelece um peso para cada critério definidor de uma ação. A AMC estabelece pesos relativos de contribuição das causas de um efeito. Associada às ferramentas disponibilizadas pela computação, técnicas da análise de sistemas e à tecnologia SIG.

Possibilita considerar e implementar a interpretação dos fatos e regras heurísticas fornecidos pelo consenso científico e experiências dos especialistas. Gera resultados e produtos de confiança mensurada e compreensão pelo usuário não comprometido com as técnicas de inferência do processo de avaliação, porém, conhecedor dos problemas, argüidor das causas e com poder de interferência no âmbito sócio-político-econômico-social do conjunto de relações sistêmicas e inter-relacionadas (ambiente) discretizada.

A AMC permite, através de generalizações e simplificações, a modelagem das regras de contribuição dos agentes identificados e classificados do processo analisado e representado no modelo abstraído.

Analisando-se o exposto por Sharif (1995), Eastman (1999), Moreira (2001), ODPM (2004), Braga e Nogueira e Galvão (2005), conclui-se que a AMC oferece resultados confiáveis com possibilidade de aferição da confiabilidade do sistema, além de ter todo seu processo de modelagem e simulação exposto a quem realiza as consultas. Em particular, Moreira (2001), destaca que o método de inferência que melhores resultados apresenta para análise ambiental é o Fuzzy Ponderado com o uso da AHP para se estimar os pesos.

ODPM (2004) cita que a AMC apresenta como grandes vantagens, entre outras:

- a) modelagem explícita;
- b) a escolha dos objetivos e dos critérios é realizada baseada no conhecimento de especialistas e permite que se excluam os que se mostram desapropriados;
- c) valores e pesos, quando usados, o são de modo explícito e com suporte de técnicas que dão suporte à validação desses;
- d) possibilita aferição dos valores e pesos.

### **Obtenção dos pesos na AMC**

Para obtenção dos pesos supracitados a AMC pode utilizar, segundo ODPM (2004) de modelos de análise linear dos pesos em que os critérios são assumidos independentes entre si e a incerteza não é formalmente inserida na análise ou processo analítico hierárquico (AHP) em que, segundo ODPM e Moreira (2001), a análise dos pesos é realizada por comparação par a par entre critérios e opções permitindo-se estimar o peso de critérios de peso desconhecido.

## **2.4. Ferramentas aplicadas na análise do meio ambiente.**

Neste item são apresentados os conceitos e as fundamentações pertinentes ao escopo desta dissertação e necessários ao embasamento teórico do estudo de caso:

1. contexto ambiental da tomada de decisão - apresentou-se o âmbito no qual o presente estudo se encontra;
2. abordagem tecnológica - elaborou-se um estudo da definição e das aplicações dos sistemas de suporte à decisão, sendo elucidado o que é SSD e a adequação de uso ao ZEE, destacado que o DSS, associado à tecnologia SIG (SDSS), é o sistema de suporte à investigação que melhor atende às necessidades do ZEE e correlatos. Consta nesse tópico a apresentação de alguns SSD disponibilizados no mercado e

3. .técnicas para integração temática através da análise espacial - discorreu-se sobre as técnicas matemática que podem ser aplicadas na análise ambiental, onde se concluiu que o tratamento que melhor se enquadra é o *fuzzy* associado à técnica AHP.

Procura-se deixar claro, neste capítulo, que a apropriação de técnicas e ferramentas visa elucidar e direcionar o conhecimento dos especialistas (técnicos, pesquisadores, tomadores de decisão, parceiros) para uma avaliação ambiental pertinente com a realidade que se apresenta.

Os indicadores, suas importâncias e a forma com se estrutura as análises a serem desenvolvidas são resultado do trabalho conjunto desses. Não se pode atribuir essa responsabilidade a uma única pessoa ou a um único setor da sociedade. Destaca-se que esse é um trabalho que deve envolver a participação de todos os seguimentos sociais co-responsáveis pelo ecossistema em estudo.

As ferramentas e os métodos aplicados na análise do meio ambiente serão o escopo do **Capítulo 3**, sendo o **Capítulo 4** um estudo de caso com uso dessas. Ressalta-se que as estruturas de análise deste estudo, o elenco de indicadores e suas importâncias foram determinados somente pelo autor desta dissertação, o que os torna válidos, unicamente, aos objetivos desta dissertação.

## Capítulo 3 - Materiais e métodos

139      *mas, se hei cheias as páginas que à parte  
pus pra o Segundo Cântico, nem tanta  
via me deixar avançar o freio da arte*  
(ALIGHIERI, p. 227)

Neste capítulo apresenta-se uma metodologia para subsidiar o planejamento territorial através da proposta de ambiente (*framework*) que envolve técnicas computacionais e de análise espacial, que poderão ser aplicadas aos ZEE, visando auxiliar os técnicos nas avaliações, integrações temáticas e geração de cenários.

Existem diversas metodologias, programas e técnicas desconectadas para apoiar a realização de diversas tarefas: 1. sistemas de suporte à decisão; 2. Sistemas de informação geográfica (SIG) e 3. atribuição de pesos. O que se pretende neste trabalho, como exposto na **Introdução**, é propor um ambiente integrado, um *framework* de ferramentas computacionais, para subsidiar o planejamento territorial.

Além disso, pretende-se aproveitar a experiência do grupo Geomática/UERJ e Embrapa Solos dando continuidade ao executado por BUENO (2003) com o implemento de uma ferramenta para análise da consistência dos dados. A autora utilizou os recursos de análise disponibilizados pelo programa computacional EMDS em sua dissertação, assim sendo, na continuidade da pesquisa utilizar-se-á:

1. NetWeaver - ambiente para desenvolvimento da base de conhecimento considerando-se os critérios do estudo e os pesos definidos no CDP. Como expresso por Reynolds (1999), base de conhecimento é um conjunto de conhecimentos que foi organizado dentro de uma estrutura formal sintática e semântica e que permite inferências sobre um problema;
2. *Ecosystems Management Decision System* (EMDS)<sup>3.1</sup> - Extensão do SIG Esri Arc Gis, desenvolvido pelo USDA Forest Service Natural Resource Information. que integra os programas CDP e NetWeaver para gerar a análise ambiental, cenários e análises espaciais em um ambiente SIG;
3. Arc Gis 8.3 - SIG desenvolvido pela Esri<sup>3.2</sup> (<http://www.esri.com>).

Como ferramenta para se definir a importância de cada critério neste trabalho utilizar-se-á do Criterium Decision Plus (CDP), um SSD direcionado aos *Decision makers* (gerentes

---

<sup>3.1</sup> Sistema de Suporte à Decisão de Gerenciamento de Ecossistemas.

<sup>3.2</sup> O laboratório de Geoanálises do Mestrado em Geomática da UERJ dispões de licença desse programa.

operacionais) para orientar a escolha (*choice*) de alternativas segundo o grau de influência/prioridade dos atributos identificados e eleitos para compor a análise, sendo esses organizados em um diagrama hierárquico de decisão.

As ferramentas adotadas, quando utilizadas em conjunto, permitem traduzir o conhecimento empírico do especialista em dados compreensíveis ao tratamento matemático realizado pelos SDSS. Ou seja, convertem os paradigmas semânticos de cada grupo de conhecimento ao questionamento proposto através da equipe responsável pela modelagem e implementação da solução ao problema imposto.

### **3.1. Sistemas computacionais utilizados**

Conforme apresentado no capítulo anterior, neste trabalho foi utilizado:

1. Criterium Decision Plus, versão 3.0 (CDP 3.0) - sistema de suporte à decisão utilizado para calcular os pesos de cada critério (<http://www.infoharvest.com/>);
2. NetWeaver, versão 16.3.2 - ambiente computacional para geração da base de conhecimento através de redes de dependência (<http://www.rules-of-thumb.com/>);
3. Ecosystem Management Decision Support System (EMDS), versão 3.0 - ambiente computacional para gerar a análise ambiental (<http://www.institute.redlands.edu/emds/index.htm>) e
4. ArcGis, versão 8.3 - Sistema de informação geográfica para disponibilização da informação espacial (SIG).

#### **3.1.1. Justificativa pela escolha do Criterium Decision Plus**

A escolha do sistema Criterium Decision Plus advém de uma avaliação comparativa entre os sistemas de suporte à decisão: *a)* Expert Choice; *b)* Criterium Decision Plus; *c)* Prime Decisions, *d)* Web HIPRE; *e)* Winpre e *f)* Risk Detective. Nessa avaliação considerou-se critérios como: *i)* disponibilização com o pacote de instalação do EMDS; *ii)* operar em conjunto com o EMDS; *iii)* disponibilidade de tutoriais e exemplos de aplicação e *iv)* haver versão Freeware, Shareware ou Trial;

Nas figuras 3.1 e 3.2 e nos quadros 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4, tem-se uma aplicação do sistema CDP para a escolha do SSD a ser utilizado nesta pesquisa. Ressalta-se que a definição dos critérios e a relação entre esses se deve ao *Decision maker*.

No caso do uso desta ferramenta para auxiliar a escolha do melhor SSD a ser utilizado, a avaliação foi feita pelo autor da dissertação a título de exemplificação. A **Figura 3.1**

representa o diagrama hierárquico de decisão desenhado no CDP, a mesma já apresenta o grau de importância de cada critério e das alternativas, essa importância é a prioridade (*priority*) do ente no diagrama.

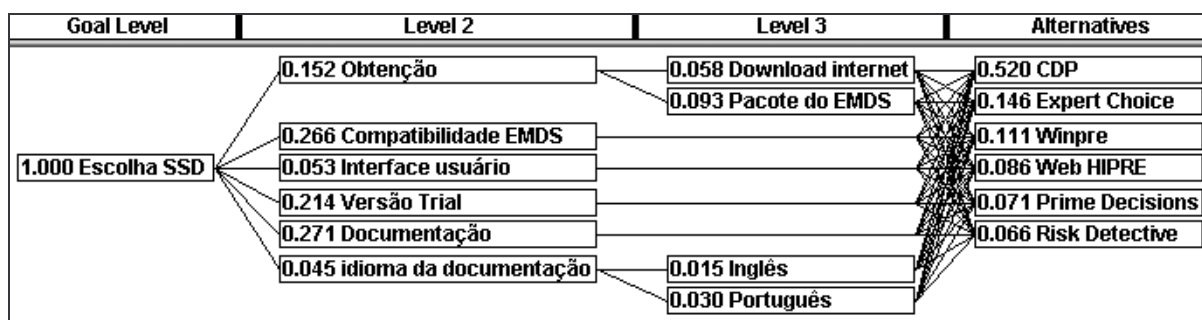


Figura 3.1 . Diagrama hierárquico de decisão elaborado para a escolha do SSD.

O número à esquerda do objetivo (*Goal Level*) é o somatório dos pesos de contribuição ou prioridade dos critérios para a escolha (*Level 2*) que é sempre 1. Os valores das caixas dos critérios (*Level 2*) são o resultado, neste caso, da comparação pareada entre eles, os índices utilizados na avaliação encontram no **Quadro 3.1**, que é a tabela de origem da matriz triangular de suporte à técnica AHP, como descrito no **Capítulo 2**, para a determinação da importância de cada critério adotado. Já o **Quadro 3.2** apresenta a tabela da matriz triangular da técnica AHP para avaliar o quanto um sistema é melhor que o outro no quesito ‘interface gráfica’.

Quadro 3.1. Ponderação entre os critérios do primeiro nível do diagrama hierárquico para objetivo (escolha do SSD).

CRITÉRIO	Document.	Compat.	Versão Trial	Obtenção	Interface usuário	idioma da document.
Documentação	1	2	½	3	3	5
Compatibilidade EMDS		1	2	2	6	6
Versão Trial			1	1	3	4
Obtenção				1	4	4
Interface usuário					1	1
Idioma da documentação						1

Quadro 3.2. Ponderação entre as alternativas para o critério de avaliação Interface como o usuário

CRITÉRIO	Expert Choice	CDP	Prime Decisions	Web HIPRE	Winpre	Risk Detective
Expert Choice	1	2	2	5	7	8
CDP		1	1	4	7	1
Prime Decisions			1	3	2	2
Web HIPRE				1	3	2
Winpre					1	1
Risk Detective						1

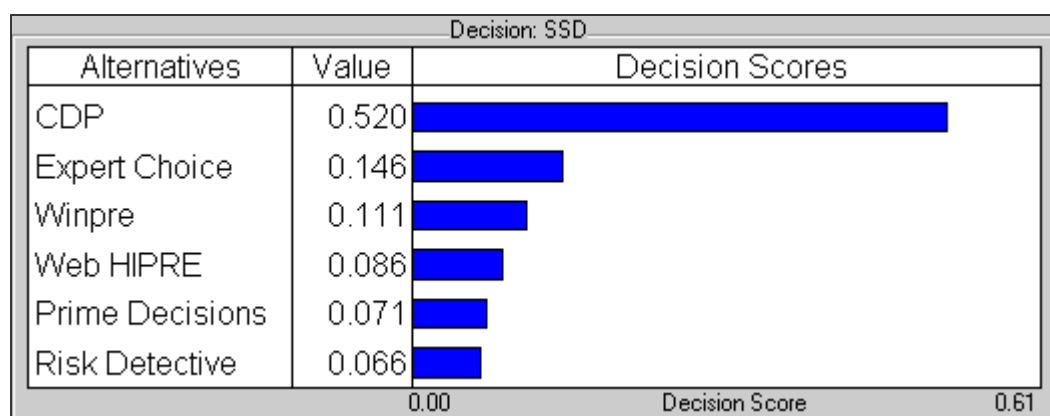
Os sub critérios (*Level 3*) apresentam suas prioridades em função do valor do critério no qual se agrupam, ou seja, o somatório do valor das prioridades de cada subcritério é igual ao valor da prioridade do critério ao qual está pendurado.

**Quadro 3.3. Ponderação adotada na escolha do sistema de suporte a decisão. Valores verbais.**

Objetivo	Critérios	Pesos	Sub critérios	CDP	Alternativas				
					Expert Choice	Winpre	Web HIPRE	Prime Decisions	Risk Detective
Escolha do SSD	Obtenção	Importante	Download Internet	Sim	Sim	Sim	Não	Maybe	Maybe
		Muito importante	Pacote do EMDS	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
	Compatibilidade EMDS	-	-	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
	Interface usuário	-	-	PW	PW	PW	PW	PW	PW
	Versão Trial	-	-	Sim	Sim	Sim	Não	Maybe	Maybe
	Documentação	-	-	Crítico	Import.	Import.	Crítico	Sem import.	Sem import.
	Idioma da documentação	Importante	Inglês	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
		Crítico	Português	Não	Não	Não	Não	Não	Não

**Quadro 3.4. Ponderação adotada na escolha do sistema de suporte a decisão com valores os numéricos relativos aos valores verbais apresentados no Quadro 3.3.**

Objetivo	Peso	Critérios	Peso	Sub Critérios	Alternativas					
					CDP Rating	Expert Choice Rating	Winpre Rating	Web HIPRE Rating	Prime Decisions Rating	Risk Detective Rating
Escolha do SSD	Pairwise	Obtenção	50	Download Internet	100	100	100	0	50	50
			80	Pacote do EMDS	100	0	0	0	0	0
	Pairwise	Compatibilidade EMDS	-	-	100	0	0	0	0	0
	Pairwise	Interface usuário	-	-	PW	PW	PW	PW	Pairwise	Pairwise
	Pairwise	Versão Trial	-	-	100	100	100	0	50	50
	Pairwise	Documentação	-	-	90	60	40	90	25	25
	Pairwise	idioma da documentação	50	Inglês	100	100	100	100	100	100
			100	Português	0	0	0	0	0	0



**Figura 3.2. Gráfico dos valores pesos dos Sistemas de Suporte à Decisão avaliados.**

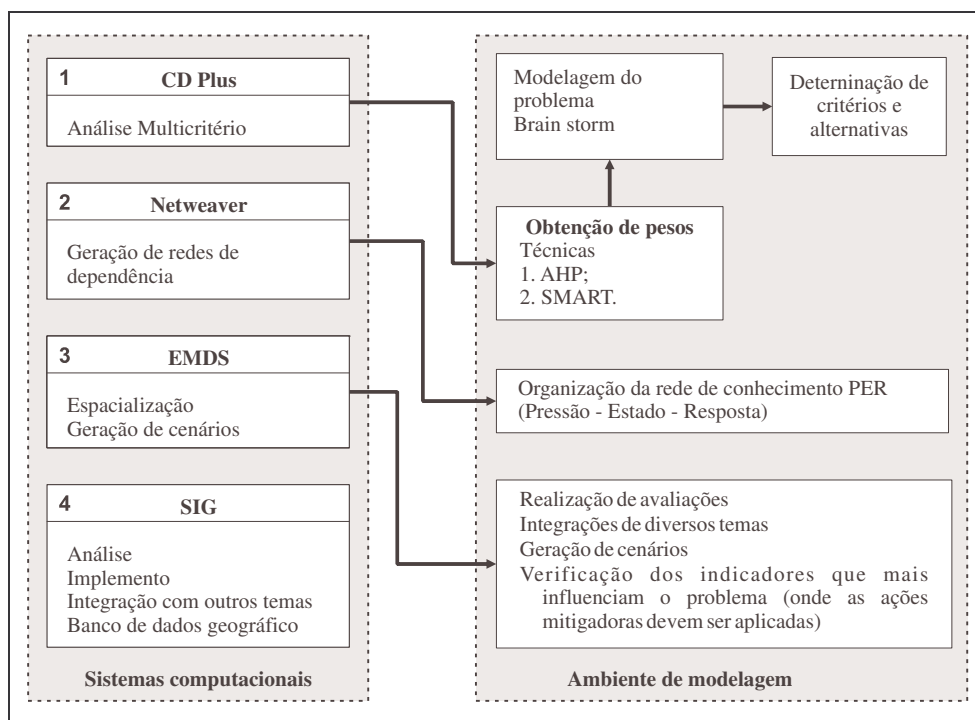
### 3.1.2. Síntese das funcionalidades de cada sistema

Como forma de apresentar as particularidades das ferramentas adotadas neste estudo descreve-se, a seguir, suas principais funcionalidades. Os exemplos de aplicação, através da elaboração do estudo de caso, encontram-se no **Capítulo 4**.

O texto apresentado é uma breve explanação que busca esclarecer sobre a lógica da funcionalidade dos programas. A **Figura 3.3**, resume o ambiente (*framework*) proposto enquanto a **Figura 3.4** exhibe uma síntese da metodologia de trabalho, demonstrando o fluxograma de trabalho para a elaboração das tarefas.

Desse modo, encontra-se na **Figura 3.3** as principais características dos sistemas utilizados e dos ambientes de modelagem. Enquanto na **Figura 3.4** encontra-se expresso a seqüência dos procedimentos para a aplicação da técnica proposta nesta dissertação, bem como a inter-relação entre os sistemas computacionais utilizados:

1. Criterium Decision Plus;
2. Net Weaver;
3. EMDS e
4. SIG – Arc View.



**Figura 3.3.** Ambiente e ferramentas computacionais propostos para geração de avaliações ambientais, planejamento territorial e subsídios ao ZEE.

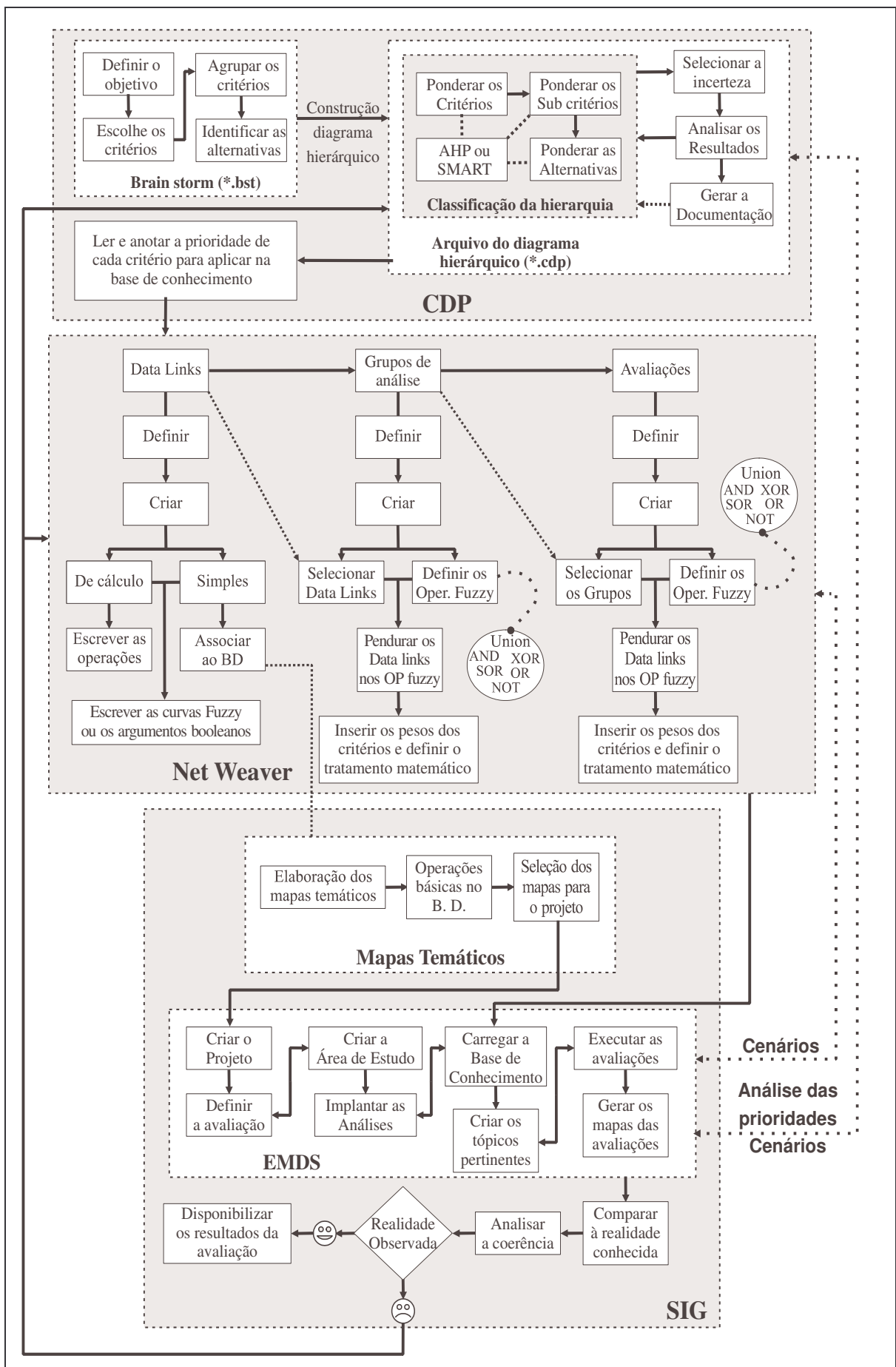


Figura 3.4. Síntese da metodologia de aplicação dos sistemas.

Algumas elucidações cabem à **Figura 3.4**. Primeiramente, a construção do diagrama hierárquico é realizada de forma automática pelo CDP a partir do *Brain storm* nele executado. No campo de classificação da hierarquia do CDP as linhas pontilhadas que ligam a caixa “AHP ou SMART” a todas as ponderações indicam que essas ponderações podem ser desenvolvidas com qualquer uma das duas técnicas.

A caixa “definir a incerteza”, apresentada no sistema CDP consiste em se atribuir a um indicador uma faixa de tolerância ou de erro na nota a ele atribuído durante a ponderação. Porém, esse recurso não influi no peso final do critério, o resultado dessa informação somente é visualizado graficamente no CDP quando se avalia qual a melhor das alternativas. Logo, esse recurso não será utilizado no estudo de caso, como se poderá observar no decorrer do texto.

A leitura das prioridades de cada critério é realizada pelo operador do sistema e esses valores são inseridos, manualmente, nas entidades a serem criadas no *NetWeaver*.

Para o sistema *NetWeaver* as linhas pontilhadas que ligam as caixas “Data Links” e “Grupos de análise” a “Selecionar Data Links” e “Selecionar Grupos”, respectivamente, indicam que os *Data links* e grupos possíveis de serem selecionados são, só e somente, aqueles que foram definidos anteriormente, ou seja, se durante o processo surgir um *Data Link* ou um grupo que não conste na lista disponível pelo *NetWeaver*, haverá a necessidade de se criar o novo *Data Link* ou grupo.

Ainda no Sistema *NetWeaver*, para caixa “Definir os Operadores. Fuzzy” tem-se um balão, ligado por uma linha curva pontilhada, que informa os operadores disponibilizados pelo sistema, ou seja: Union, AND, SOR, XOR, OR e NOT.

A caixa “Associar ao BD” está ligada ao campo “Mapas temáticos”, dentro do sistema SIG porque os mapas temáticos do ArgGis é que são os bancos de dados utilizados pelo *NetWeaver* para o caso deste fluxo de trabalho.

O rosto sorrindo no ambiente SIG representa que os resultados da avaliação foram satisfatórios, indicando que os mesmos podem ser preparados para apresentação. Enquanto que o rosto constrangido significa que os resultados não são satisfatórios, necessitando-se de ajustes no CDP e/ou no *NetWeaver*.

As fases demonstradas na **Figura 3.4** que não constam na explanação acima encontram-se discriminadas e explicadas no decorrer deste capítulo.

### 3.1.3. O Sistema de Suporte à Decisão Criterium Decision Plus

O Criterium Decision Plus é um SSD elaborado para auxiliar os tomadores de decisão (*Decision makers*) nas resoluções a serem tomadas.

O processo de análise permite ao usuário utilizar-se da técnica AHP, desenvolvida por Saaty, 1992 (appud REYNOLDS, K. M, 1999 e 2001), e da técnica *Simple Multi-attribute Rating Technique* (SMART), desenvolvida por Edwards 1977, 1986 ( appud REYNOLDS, K. M, 1999 e 2001).

A técnica AHP, como apresentada no **Capítulo 2**, consiste em se analisar os critérios para a tomada de decisão par a par, estando introduzido nessa, a análise de consistência das comparações. O sistema CDP disponibiliza duas formas de se trabalhar com a AHP: i) AHP *full pair wise* - em que o programa realiza comparação par a par entre todos os sub critérios de um determinados critério e ii) AHP *abbreviated pair wise* em que a comparação é realizada de acordo com a posição do elemento no diagrama de decisão desenhado. As figuras 3.5 e 3.6, abaixo, esclarecem o exposto.

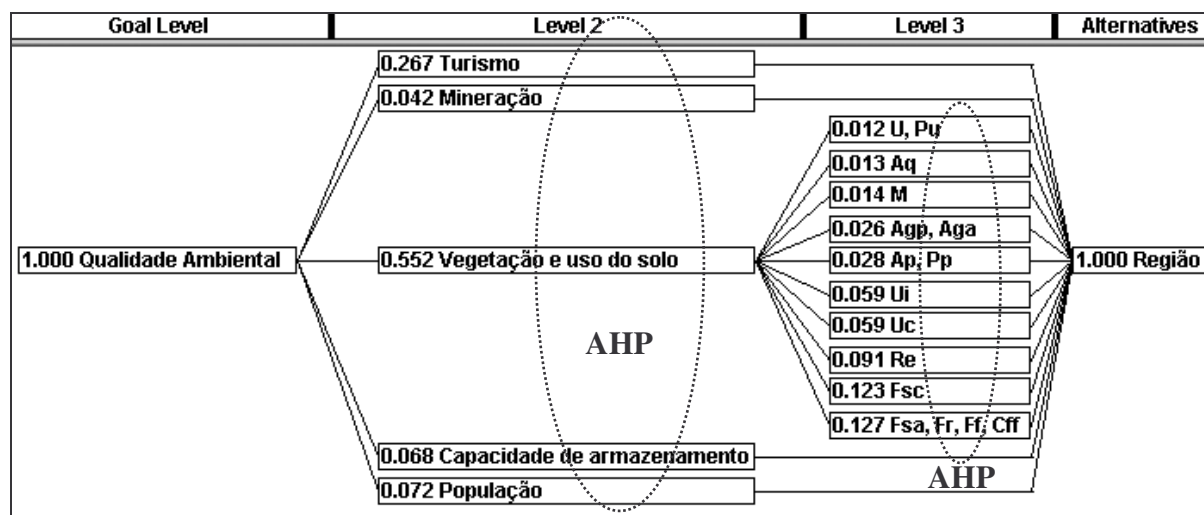


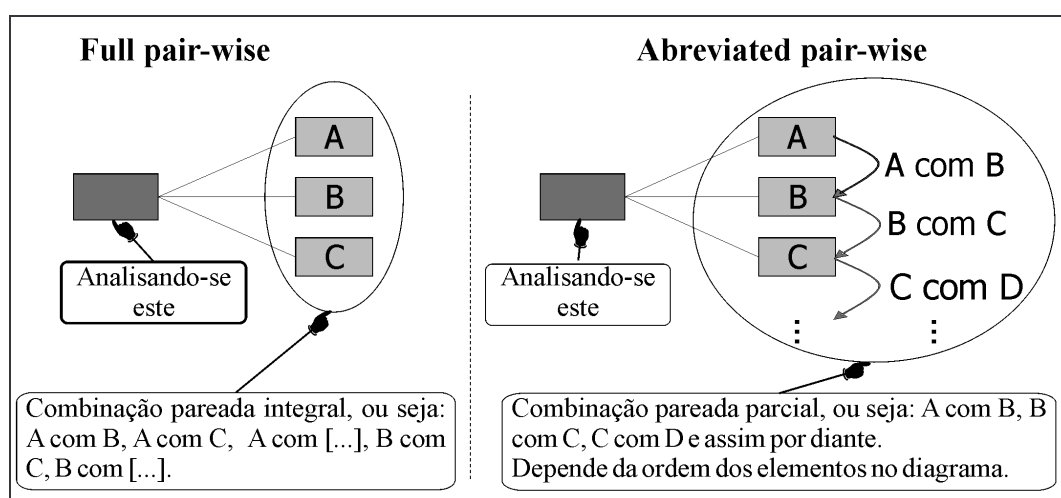
Figura 3.5. Diagrama de tomada de decisão no CDP.

Na figura acima os itens “Turismo”, “Mineração”, “Vegetação e uso do solo”, “Capacidade de armazenamento” e “População” são critérios para o objetivo “Qualidade Ambiental”. Os itens do nível 3 (*level 3*), ligados a “Vegetação e uso do solo” são sub critérios desse. A caixa “Região” representa a região geográfica em estudo, no caso exposto pela figura assume-se que todas as regiões de estudo têm o mesmo peso, por isso existe somente uma caixa (*Região*) na coluna de alternativas, o que será considerado na análise com o EMDS a ser executada no **Capítulo 4**. Na hipótese de se considerar uma diferença de importância entre diversas regiões a coluna de alternativas apresentará diversas caixas que serão avaliadas conforme suas prioridades, trabalhando de forma similar ao apresentado na **Figura 3.1** e nos quadros 3.1,

**3.2, 3.3 e 3.4.** Porém, para que o EMDS trabalhe com pesos diversos entre regiões essas têm que figurar como um *Data Link* do NetWeaver.

No caso de se ter de escolher entre uma região ou outra para em função da “Qualidade Ambiental” (objetivo desse exemplo) descrever-se-ia um elenco de regiões e essas também seriam analisadas par a par - caso se use a AHP - em função da importância dela em relação a cada item a ela conectado (caixas ligadas à alternativa por uma linha, de acordo com a **Figura 3.5**). Bons exemplos de diagrama de decisão são encontrados nos tutoriais dos *softwares* citados acima e na aplicação *Web Hipre* em [http:// www.hipre.hut.fi](http://www.hipre.hut.fi).

Na **Figura 3.6**, tem-se a comparação entre as duas abordagens do tipo AHP possibilitadas pelo CDP. O método “*Full pair-wise*” realiza a comparação par-a-par de um parâmetro/indicador em relação a todos os outros, já no método “*Abbreviated pair-wise*” a comparação obedece à ordem de figuração do parâmetro/indicador no diagrama hierárquico de decisão comparando-o com o que se encontra acima e com o que se encontra abaixo desse no diagrama hierárquico de decisão. A análise de consistência somente existe na *Full pair-wise*, visto que não é possível entrar em contradição na *Abbreviated pair-wise*.



**Figura 3.6.** Comparação entre AHP Full pair-wise e AHP Abbreviated pair-wise.

O algoritmo de análise da consistência gera uma matriz e calcula os autovetores, como explícito no **Capítulo 2**. Se esse valor for maior que 0,1 significa que houve uma ou mais contradições na atribuição da importância relativa entre critérios. Essa importância (expressa por pesos) é fornecida por um grupo de especialistas, numa equipe multidisciplinar.

Conforme dito no **Capítulo 2** a principal vantagem da ferramenta AHP, razão pela qual está sendo sugerida como parte da metodologia proposta desta dissertação é a característica de permitir a identificação de contradições que a mente humana (no caso, a mente dos

especialistas) tende a cometer à medida que se aumenta o número de critérios de análise na modelagem do problema.

Na **Figura 3.8**, abaixo, tem-se um exemplo da análise de consistência (ratio) disponibilizada pelo CDP durante a aplicação da AHP a partir do diagrama hierárquico apresentado na **Figura 3.7**. Adotou-se um exemplo com um número menor de blocos que o da **Figura 3.5** para melhor compreensão do processo.

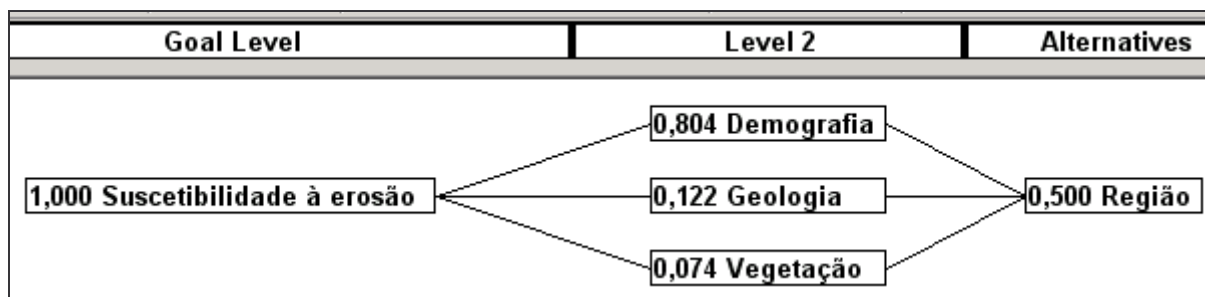


Figura 3.7. Diagrama hierárquico de exemplo para exemplificar a AHP no Criterium Decision Plus.

No quadro da esquerda (**Figura 3.8**) tem-se um *Ratio* maior que 0.1, o que identifica uma inconsistência na comparação par a par, no quadro da direita essa inconsistência foi corrigida ao se considerar a Geologia ‘apenas melhor’ do que a Vegetação ao invés de ‘muito fortemente melhor’, já que a Demografia teve peso 9 em relação à Vegetação e peso 8 em relação à Geologia.

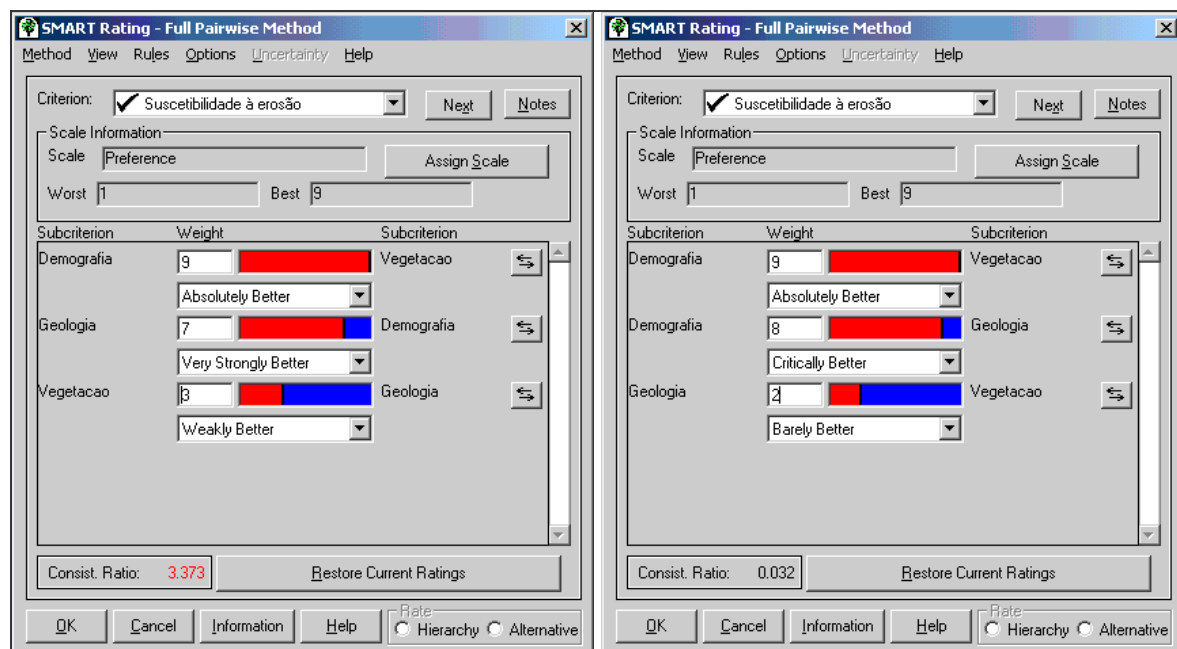


Figura 3.8. Demonstração da análise de consistência executada pelo CDP.

Ao se comparar Geologia com Vegetação a Geologia tem que ter peso menor que o do primeiro caso (que é inconsistente), pois se em uma escala de 1 a 9 (como explicado no

**Capítulo 2)** a Demografia tem peso 9 em relação à Vegetação e tem peso 8 em relação à Geologia isso exprime que a Geologia tem uma importância similar à Vegetação, sendo um pouco mais importante, ou seja, ‘apenas melhor’.

Esse exemplo é o mesmo adotado na demonstração de uso da técnica AHP elaborada no **Capítulo 2**, Observa-se diferenças nos valores da consistência, sendo o CDP menos conservador, essas diferenças devem-se, provavelmente ao número de casas decimais adotados em ambos os casos. Quando se trunca para três casas decimais os valores calculados na matriz da **Equação 4.2**, capítulo anterior, o valor das consistências iguala-se.

Outra técnica disponibilizada pelo CDP é a SMART, que consiste em se adotar para um determinado critério o peso arbitrado pela equipe responsável pela análise, em que os especialistas fornecem peso sem comparação pareada e sem análise de consistência. Ou seja, nesse método não consta a comparação de um critério com o outro. Utilizando-se da **Figura 3.6** como base, ter-se-ia um valor para o peso de **A**, um para o peso de **B** e outro para o peso de **C**, sem quaisquer comparações entre **A**, **B** e **C**. O CDP aceita trabalhar tanto com AHP quanto com SMART em um mesmo arquivo, como apresentado na **Figura 3.1** e nos quadros **3.1, 3.2, 3.3 e 3.4**

Cabe ressaltar que o somatório dos pesos dos subcritérios é igual ao valor do peso do critério, assim, se na primeira figura deste item “Vegetação e uso do solo” tiver o peso **0,50** o somatório dos pesos de seus subcritérios será **0,50**, bem como o somatório dos pesos desse item com os de seu mesmo nível será **1,00**, que sempre é o peso do **objetivo**, que no caso é “Qualidade Ambiental”. Isso não representa problemas na geração da base de conhecimento (NetWeaver) já que a mesma pode ser ajustada para que considere como valor verdade (+1) para o peso do sub critério de maior valor e retorne como falso (-1) para o menor dos pesos dos subcritérios, ou o que se definir pelo contexto.

**Procedimentos de uso do programa:** *i)* Definição do problema; *ii)* Selecionar o grupo de decisão: especialistas e atores locais, em um processo participativo com a comunidade (stake holders); *iii)* Identificar os parâmetros; *iv)* Desenvolver modelo estrutural - objetivo, critérios; hierarquias e alternativas; *v)* Julgar a importância dos critérios; *vi)* Avaliar as alternativas; *vii)* Checar a racionalidade - coerência do modelo desenvolvido; *viii)* Finalizar a decisão e *ix)* Gerar e disponibilizar a documentação necessária.

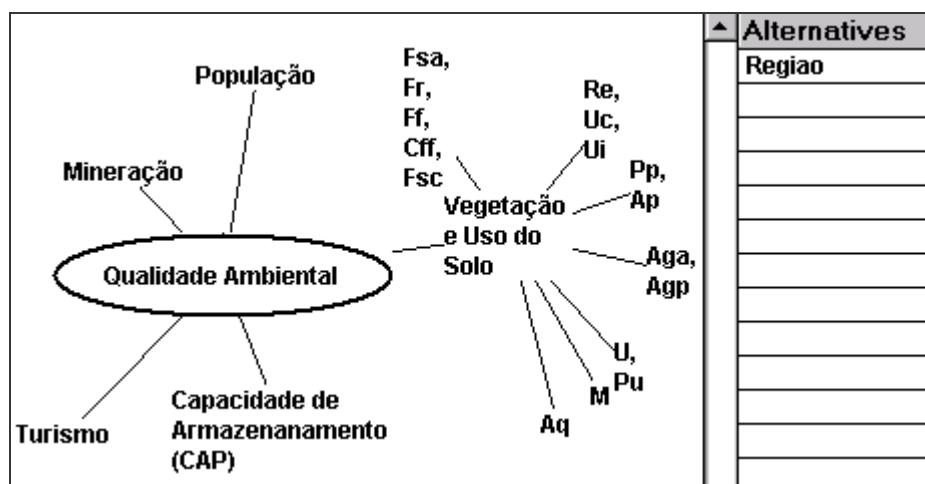
**Elementos básicos da interface:** O CDP disponibiliza duas interfaces básicas para o usuário:

- i)* Brainstorm - em português significa “tempestade de idéias”, essa fase consiste em se eleger os critérios, através da reunião de opiniões de especialistas, tomadores de

decisão e/ou atores locais, a serem utilizados na avaliação. Segundo REYNOLDS (2002) essa fase ajuda a definir o problema e identificar seus atributos. O CDP oferece um ambiente que permite converter o que já foi discutido ou definido no *brainstorm* para preparar a árvore de problemas, ou diagrama hierárquico de decisão. A **Figura 3.9**, apresenta o ambiente de organização das idéias do *brainstorm* para o diagrama demonstrado na **Figura 3.5**.

- ii) Decision Hierarchy: diagrama hierárquico(**Figura 3.5**) de decisão (árvore de problemas) em que o primeiro bloco é o objetivo e o último grupo de blocos as alternativas definidas no *brainstorm* (**Figura 3.9**).

Para adicionar os itens na área do *brainstorm* utiliza-se de um duplo clique do mouse na tela e se escreve o critério desejado, para realizar a ligação com outro critério, ou com o objetivo, basta clicar com o botão esquerdo sobre quem se deseja arrastar, manter o botão pressionado e arrastar o objeto até aquele a que será relacionado.



**Figura 3.9.** Brainstorm do diagrama hierárquico de Qualidade Ambiental apresentado na **Figura 3.5**.

Ao final do processo o CDP oferece como elementos de análise:

- i) prioridades dos critérios - a prioridade do critério é o dado de entrada para o parâmetro ‘peso’ (*weight*) na base de conhecimento. É o resultado das ponderações realizadas durante a avaliação da importância de cada critério ou seja, da ‘classificação da hierarquia’ na **Figura 3.4**;
- ii) sensibilidade - ao se ter várias alternativas o CDP permite ao tomador decisão avaliar o grau de participação de um critério para a escolha de uma alternativa e a partir de que valor esse critério pode ser decisivo ou não para a escolha;

- iii) relação entre os critérios para a alternativa crítica - alternativa mais importante e
- iv) avaliação da incerteza - na ponderação dos critérios adota-se um peso, uma nota específica para cada critério, porém pode acontecer de um critério ter um intervalo de valores que pode assumir, podendo-se assumir o mesmo para outros critérios. Através da análise da incerteza indica-se essa variação para cada critério que a apresentar, permitindo-se avaliar a interferência dessa(s) variação(ões) na escolha da alternativa.

Para maiores detalhes recomenda-se a leitura de MURPHY (2002) e REYNOLDS (2002). Ressalta-se que na metodologia adotada nesta dissertação, por apresentar somente uma alternativa no diagrama hierárquico (Região), como visto na **Figura 3.5**, os itens *ii*, *iii* e *iv*, acima, não são pertinentes à pesquisa.

#### **3.1.4. Geração da rede de dependência - NetWeaver**

O NetWeaver é um sistema baseado em lógica difusa ou nebulosa (*fuzzy*) desenvolvido para gerar redes de conhecimento, o EMDS utiliza-o como seu motor de inferência. Segundo Bueno, Meirelles e Coutinho (2003) e Costa *et al* (2005) o as redes desenhadas no NetWeaver são representações gráficas das relações lógicas entre os dados da pesquisa e oferecem uma alternativa para representar o conhecimento do especialista.

A justificativa do uso de bases de conhecimento encontra-se no fato de a modelagem matemática do ambiente apresentar duas questões principais:

1. não existe formulação matemática para implementação do modelo concebido ou
2. existe a formulação, mas não existe precisão nos dados para acurácia matemática do modelo.

As redes de conhecimento permitem representar o modelo sobre as condições do estado dos ecossistemas ou processos, permitindo simulações a fim de: *i*) pesquisar os antecedentes para simular o futuro; *ii*) evoluir o estado atual a partir dos antecedentes e *iii*) informar as dependências entre redes.

O Netweaver apresenta como conceitos básicos:

1. **Data Link:** *i*) são definidos como unidade elementar, são os dados utilizados para processar a rede; *ii*) referem-se aos campos das tabelas dos mapas do ArcGis; *iii*) devem ter o campo *Alias* igual ao nome do campo das tabelas do Arc View para tornar efetiva a integração entre o NetWeaver e o EMDS, devendo o mesmo ser alfanumérico e sem caracteres especiais; *iv*) dois *Data Links* não podem ter o

mesmo *Alias*, mesmo que em grupos distintos, o que obriga a todos os campos, das tabelas dos mapas temáticos, que são ligados/relacionados aos *Data Links* terem nomes distintos (não resolve alterar o *Alias* no ArcGis, o campo TEM que ser criado com o nome que o NetWeaver buscará) e v) o campo *Alias* pode ser distinto do nome do *Data Link*;

2. **Influência:** Avalia o quanto as estruturas (formas) e processos (fluxos) relevantes à avaliação estão inter-relacionadas;
3. **Antecedentes e relacionamentos dependentes:** as análises são executadas a partir da rede no nível mais inferior, ou seja, se **B** é uma rede antecedente de **A**, então, **B** será avaliada antes de **A**.
4. **Classes e Objetos:** são os grupos e elementos que compõem as redes, são representados pelos *Data Links*.
5. **Proxies:** são as associações entre as classes e objetos definidos para a análise. Estabelece as referências entre as classes e objetos das redes modeladas.

Apresenta como rotina de trabalho:

1. criação das redes de dependência - metodologia orientada a objeto;
2. definição do modelo lógico - i) implementação da base de conhecimento; ii) uso de operadores fuzzy e/ou booleanos (*crisp*); iii) definição do nível dos Data Links e i) atribuição de pesos;
3. criação dos grupos de redes - consiste na hierarquização das redes modeladas;
4. definição dos argumentos - ou seja, definir a forma de tratamento dos dados, as operações realizadas entre eles e se a abordagem será booleana ou fuzzy e
5. avaliação da rede - teste da rede modelada para avaliar correspondência com a realidade observada, a ser realizada pelo EMDS no ambiente ArcGis. Neste caso a avaliação realizada no ZSEE-MT.

A **Figura 3.10**, exibe em primeiro plano a rede “Score” composta das redes dependentes “Condição e Qualidades de Vida”, “Eficiência Econômica” e “Qualidade Ambiental”, respectivamente. Essas redes fazem parte do estudo de caso apresentado no **Capítulo 4** com dados recebidos do ZSEE-MT. Em segundo plano encontra-se um detalhamento de uma dessa, a rede dependente “Eficiência Econômica”, composta pelos *Data Links* definidos para o estudo, são os indicadores considerados pelos especialistas, ex.: i) infra-estrutura e energia;

ii) potencial turístico; iii) tipologia funcional da cidade etc. E, em terceiro plano, o navegador da base de conhecimento.

No **Capítulo 4**, expõe-se o tratamento dado a cada rede e seus elementos componentes na aplicação do estudo de caso (ZSEE-MT). Para maiores esclarecimentos da funcionalidade e do uso do NetWeaver recomenda-se a leitura de MILLER & SAUNDERS (2002a e 2002b), REYNOLDS (2002), BUENO (2003), MEIRELLES *et al* (2005) e MEIRELLES *et al* (2006).

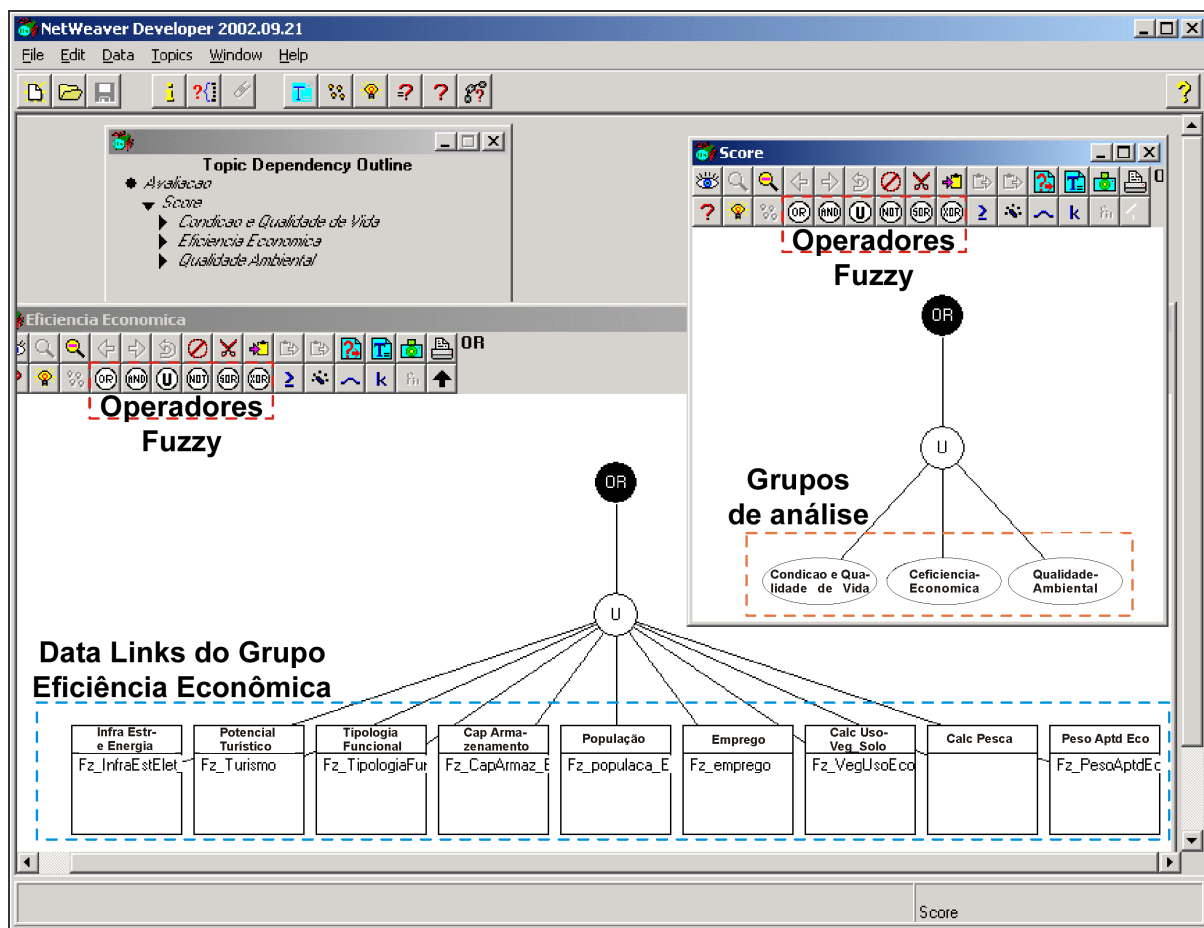


Figura 3.10. Elementos básicos da interface gráfica do NetWeaver.

Os operadores que o *NetWeaver* disponibiliza ao usuário são: AND, OR, UNION, NOT, SOR e XOR.

### 3.1.5. EMDS

O *Ecosystem Management Decision Support System* (EMDS) é um Sistema de Suporte à Decisão desenvolvido para o gerenciamento de ecossistemas. Segundo Reynolds (2001, 2002) o EMDS é uma aplicação que fornece uma estrutura básica para uma base de conhecimento desenhada para dar suporte à tomada de decisão em avaliação de ecossistemas em qualquer escala geográfica.

O EMDS é uma aplicação baseada no conhecimento dos especialistas, parceiros e tomadores de decisão. Como visto em Reynolds e Hohler (2002), a primeira versão foi apresentada em 1997, a segunda em 1998 e a terceira em 2002. Para os usuários do SIG ArcGis 3.x a versão dois é a que se aplica, para o ArcGis 8.x é a três e para ArcGis 9.x a 3.2. No **Quadro 3.5** é apresentado, resumidamente, as fases de desenvolvimento do EMDS e os programas a que se aplicam até a versão 3.1.

**Quadro 3.5 . Cronologia do EMDS.**

<b>Data</b>	<b>Fase</b>	<b>Programa</b>
Janeiro 1994	Início do desenvolvimento do Sistema	-
Janeiro 1995	Finalizado o desenho inicial das especificações do programa	-
Março de 1997	Lançamento da versão 1.0	ArcView
Setembro de 1997	Lançamento da versão 2.0 Beta	
Fevereiro de 1998	Lançamento da versão 2.0 final	
Abril de 2002	Lançamento da versão 3.0 Beta	ArcGIS 8.1
Novembro de 2002	Lançamento da versão 3.0 final	
Janeiro de 2003	Lançamento da versão 3.02	ArcGIS 8.1 a 8.3
Setembro de 2004	Lançamento da versão 3.1	ArcGIS 9.0

Fonte: Página oficial do EMDS (<http://www.institute.redlands.edu/emds/index.htm>).

O sistema EMDS é uma extensão gratuita do Sistema de Informação Geográfica ArcGis, integrando esse SIG a uma base de conhecimento gerada no sistema NetWeaver (REYNOLDS, 2001 E BUENO, 2003) e a um modelo de decisão para planejamento e gerenciamento baseado no conhecimento de especialistas, desenhado no Criterium Decision Plus (CDP). A integração com o CDP possibilita a avaliação das prioridades do ecossistema avaliado (REYNOLDS, 2001).

O EMDS é, em suma, um gerenciador de projetos que opera através de uma base lógica (base de conhecimento). Essa base sustenta uma especificação formal para a interpretação dos dados, tendo um gerenciador de aquisição de dados com recursos para tratamento dos dados desconhecidos (*missing data*).

Seus principais componentes de interação com a base de conhecimento são: o *Hotlink Browser*, que permite ao EMDS “navegar” no NetWeaver pelo ArcGis e o *Priority Analyst* que oferece o componente de AMC para ordenar os componentes de paisagem com pesos atribuídos pelo CDP.

O EMDS apresenta como rotina de trabalho, basicamente:

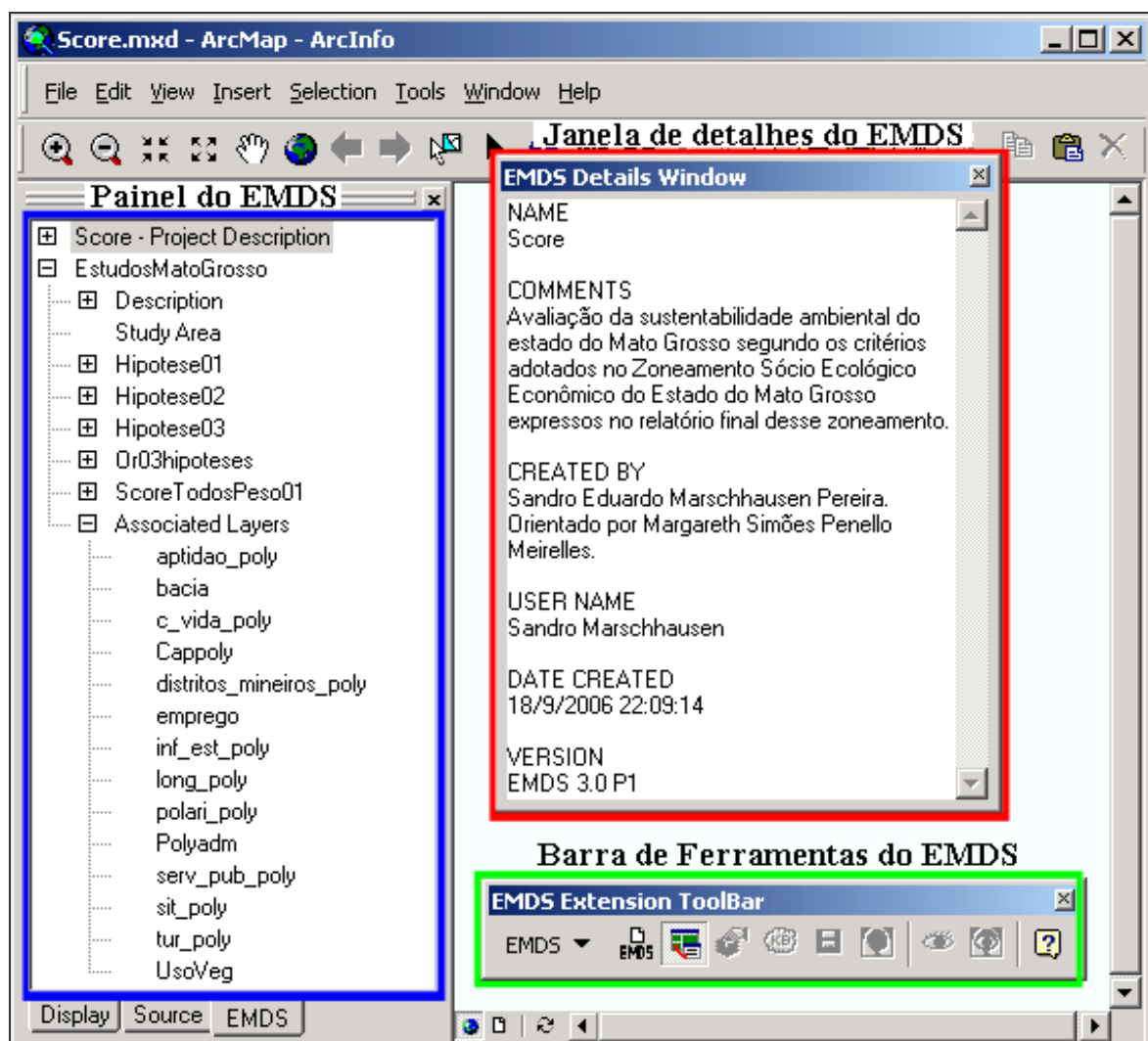
- i) criação de arquivo de análise no ArcGis;
- ii) importação dos arquivos de trabalho;
- iii) criação da área de estudo;
- iv) importação da base de conhecimento;

- v) seleção dos tópicos da base de conhecimento para estudo e
- vi) desenvolvimento das avaliações;

O EMDS possui como elementos básicos de sua interface o Painel do EMDS, a Janela de Detalhes e Barra de Ferramentas, apresentados na **Figura 3.11**:

- i) painel do EMDS - permite ao usuário gerenciar o projeto e aplicar as funcionalidades disponibilizadas pelo EMDS, acionadas através da barra de ferramentas ou do clique com o botão direito do *mouse*.;
- ii) barra de ferramentas - permite ao usuário acessar as funcionalidades do EMDS e
- iii) janela de detalhes - exibe os meta dados do projeto e das avaliações desenvolvidas no EMDS.

Com esses elementos, o EMDS, acessa os dados disponíveis, a base de conhecimento desenvolvida no NetWeaver e o modelo de decisão elaborado no CDP; executa as avaliações e disponibiliza ao usuário os resultados alcançados.



**Figura 3.11.** Interface gráfica do programa EMDS.

### 3.2. Métodos

Este trabalho apresenta como objetivo geral comprovar a possibilidade de uso do SSD CDP em trabalhos de avaliação ambiental. A área de trabalho selecionada é o Estado do Mato Grosso, com os dados gerados pelo Zoneamento-Ecológico-Econômico de 2004 e a metodologia apresentada em Mato Grosso (2004).

Para realizar o estudo de caso que avalie a pertinência da hipótese apresentada necessita-se desenvolver:

1. avaliação da metodologia apresentada em MATO GROSSO (2004) - relatório final do ZSEE-MT e projeto de lei (fornecidos pela Embrapa Solos e disponíveis em <http://www.seplan.mt.gov.br/arquivos>);
2. compreensão da metodologia adotada pela equipe do ZSEE-MT;
3. elaboração da árvore de problemas no ambiente gratuito CDPlus;
4. construção da base de conhecimento no NetWeaver;
5. execução de avaliações utilizando-se dos resultados obtidos no CDP e da árvore de conhecimento gerada no NetWeaver com uso do EMDS no ambiente SIG e
6. análise dos resultados.

#### *3.2.1 Avaliação da metodologia apresentada no relatório do Zoneamento Sócio-Ecológico-Econômico do Estado do Mato Grosso (ZSEE-MT)*

O relatório final do zoneamento (ZSEE-MT) contém a metodologia utilizada pelos pesquisadores e o projeto de lei do zoneamento. Sua análise foi necessária para que identificar os mapas temáticos elaborados durante o zoneamento que serão utilizados neste estudo e possibilite a elaboração do desenho da árvore de problemas e da base de conhecimento.

Esta avaliação constou de leitura do relatório final, identificação dos critérios adotados pelos pesquisadores e mapas necessário ao desenvolvimento da técnica proposta no ZSEE-MT. Deste balanço estimou-se: *i*) os atributos a serem utilizados no diagrama hierárquico e na base de conhecimento; *ii*) a relação entre esses, bem como *iii*) os mapas temáticos para alimentação de dados.

Os dados disponibilizados pela EMBRAPA SOLOS foram as fontes de dados para o desenvolvimento do estudo de caso desta dissertação. Buscou-se, com isso, a possibilidade de se trabalhar com o dados gerados para o zoneamento:

1. identificou-se os tipos de arquivos existentes;

2. determinou-se quais dados serão utilizados;

### ***3.2.3 Compreensão da metodologia adotada pela equipe do Zoneamento Sócio-Ecológico-Econômico do Estado do Mato Grosso (ZSEE-MT)***

Tendo-se pesquisado a metodologia aplicada na geração do ZSEE-MT e no conjunto de dados disponíveis, determinou-se:

- i) os dados necessários à pesquisa;
- ii) o tipo de classificação ambiental executada;
- iii) os critérios adotados para a classificação proposta;
- iv) a álgebra de tratamento dos dados utilizada pelos especialistas;
- v) os dados disponíveis;
- vi) os valores (pesos) adotados para cada critério;
- vii) os limites para o tratamento matemático;
- viii) as operações a serem realizadas com os dados - adaptações a serem elaboradas e executadas a fim de conformar os dados disponíveis ao estudo de caso;

### ***3.2.4 Elaboração da árvore de problemas no sistema Criterium Decision Plus (CDP)***

Cumpridas as etapas anteriores, inicia-se as atividades com o Sistema de Suporte à Decisão “Criterium Decision Plus”, respeitando-se o instituído no item 3.1.3. Nesta aplicação desenvolver-se-á:

- i) **brainStorm** - onde serão definidos: objetivo, critérios de análise, grupos de critérios e alternativas;
- ii) **criação do diagrama hierárquico** - o CDP cria esse diagrama a partir do *brainstorm*, sem a interferência do usuário;
- iii) **definição dos pesos de cada critério** - utilizando-se das técnicas *AHP full pair wise*; *AHP abbreviated pair wise* ou *SMART*.

### 3.2.5 Construção da base de conhecimento no NetWeaver

Para a construção da base de conhecimento optou-se pelo mesmo desenho do modelo hierárquico desenvolvido no CDP. Nesta os procedimentos de trabalho constam de:

- i) criar dos *data links* simples (*simple data link*) e/ou de cálculo (*Calculated Data Link*) - o campo *ALIAS* de cada data link a ser criado tem que ter um campo correspondente na tabela do mapa a ser utilizado, para esse o Netweaver somente aceita dados *alfanuméricos*, sendo causa de falhas na avaliação a presença de caracteres especiais (*/, !, @ #, % ^, \_, -, + ...*), tanto no *NetWeaver* quanto no ArcGis.
- ii) criar os objetivos de análise (*Goal*) - os objetivos de análise são grupos de Data Links, esses Data Links são agregados, através do, com os operadores fuzzy AND, Union, OR, XOR, SOR. Descritos em detalhes em MURPHY (2002);
- iii) criar os grupos e análise (*Goal group*) - os grupos de análise são conjuntos de ‘objetivos de análise’;
- iv) estabelecer as ligações dos *Data Links* com os bancos de dados mantenedores das instâncias requeridas no *ALIAS* - o *NetWeaver* não permite que se tenha dois *Data Links* com o mesmo *Alias*, assim, quando uma tabela de *shapefile* do ArcGis tiver o mesmo nome de outra o mapa tem que ser editado para ter campos com nomes distintos;
- v) associar os *Data Links* aos objetivos de análise com a mesma estrutura do modelo hierárquico do CDP, adotando os pesos nesse definidos e aplicando os operadores pertinentes à avaliação. Um *Data Link* pode estar contido em vários objetivos, inclusive, em um grupo de objetivos;
- vi) salvar e disponibilizar a base desenhada para sua função no EMDS (ambiente espacial - SIG).

Para cada objeto criado em seu ambiente o *NetWeaver* disponibiliza uma série de campos para descrição dos dados (meta dados), desde informações de texto no próprio programa até *hyperlinks* para os mais diversos tipos de arquivos.

### 3.2.6 Avaliação ambiental utilizando-se os resultados obtidos no CDP e a base de conhecimento criada no NetWeaver através da extensão EMDS no SIG.

Elaborada a base de conhecimento no *NetWeaver*, prepara-se os dados necessários representativos dos indicadores (mapas no formato *shape file* do Arc GIS) para se adequarem

às necessidades funcionais do *NetWeaver* e habilita-se a extensão *EMDS* para a geração das análises pertinentes, tanto em forma de mapas quanto tabulares. Tendo-se habilitado essa extensão e tornado disponível suas interfaces segue-se o abaixo exposto:

- i) adiciona-se todos os mapas temáticos necessários ao trabalho;
- ii) na guia do *EMDS* cria-se uma nova avaliação (*new assessment*);
- iii) associa-se as *layers* da avaliação. O programa exibe uma janela com as opções de *layers* a selecionar. O *EMDS* somente trabalha com as camadas selecionadas, caso exista uma camada que esteja indicada no *NetWeaver* e essa não esteja indicada como camada associada os seus dados não serão considerados pelo *EMDS*;
- iv) seleciona-se a área de estudo,
- v) cria-se uma nova análise (*new analysis*) - em uma mesma avaliação pode-se realizar várias análises, por ex.: pode-se realizar um;
- vi) carrega-se a base de conhecimento (*load knowledge base*) - desenvolvida no *NetWeaver*;
- vii) adiciona-se como tópico (*add topic*) a avaliação que se deseja executar;
- viii) confere-se se todos os dados estão sendo lidos (*data requirements*) - caso não estejam todos disponíveis tem-se que: ativar como camada associada e/ou coincidir os *Alias* do *NetWeaver* com os das tabelas do *Arc View* e/ou relacionar o *Data Link* do *NetWeaver* com a tabela a que ele se refere;
- ix) executa-se a análise (*run*);
- x) solicita-se a geração dos mapas com os resultados obtidos e
- xi) avalia-se os resultados alcançados.

### 3.3. Síntese do capítulo

Neste capítulo procurou-se elucidar: i) quais são os sistemas computacionais utilizados no estudo de caso; ii) os conceitos básicos para a utilização desses; iii) suas principais funcionalidades e iv) como se caracterizam suas rotinas de trabalho.

A **Figura 3.4**, em especial, ilustra todo o fluxo de trabalho da metodologia proposta nesta dissertação, sendo o mesmo aplicado no desenvolvimento do próximo capítulo.

Dessa forma, apresentou-se nesta etapa uma breve elucidação das técnicas e dos sistemas utilizados para aplicação das fundamentações discutidas no **Capítulo 2**, permitindo a compreensão do estudo de caso a ser apresentado no **Capítulo 4**.

O elenco de critérios (indicadores), a construção dos diagramas hierárquicos, a ponderação entre critérios, o desenvolvimento da base de conhecimento elucidados neste capítulo e a serem desenvolvidos como estudo de caso no **Capítulo 4** tiveram a inferência, apenas, do autor desta dissertação, ressaltando-se o mencionado no **Capítulo 2**, o que limita sua aplicação apenas à proposição desta dissertação.

O estudo de caso utilizar-se-á do Zoneamento Sócio-ecológico-econômico do Estado do Mato Grosso (ZSEE-MT), de 2004, como fonte de dados e base metodológica para aplicação dos sistemas abordados neste capítulo.

## Capítulo 4 - Estudo de caso

<sup>115</sup> *que seguimos então com passo atento,  
só de um em um, e eu sempre a recear  
por cá o fogo e por lá o tombamento*  
(ALIGHIERI, p. 167)

Neste trabalho utilizou-se do Zoneamento Sócio-ecológico-econômico do Estado do Mato Grosso (ZSEE-MT), de 2004, como estudo de caso para uso do sistema de suporte à decisão Criterium Decision Plus (CDP) em projetos de planejamento territorial.

Como dito no **Capítulo 1**, o órgão do setor público responsável pelo ZSEE-MT e pela disponibilização das informações geradas, através da Internet, é a Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral (SEPLAN-MT), cuja página de acesso é <http://www.seplan.mt.gov.br>.

### 4.1. Métodos

Ratificando as intenções deste estudo, procura-se comprovar a possibilidade de uso do CDP na metodologia desenvolvida por Bueno (2003). Tanto o CDP quanto a metodologia proposta por Bueno (2003) necessitam da apropriação de critérios de análise com hierarquias, relacionamentos e pesos próprios às análises desenvolvidas, que são fatores fornecidos/concebidos com a intervenção de especialistas de diversas áreas, como discutido no **Capítulo 2**.

Para este trabalho, a construção da rede de dependência no *NetWeaver* e dos diagramas hierárquicos no CDP foi realizada pelo autor da dissertação, sem a participação de especialistas, com o comprometimento de comprovar a possibilidade da aplicação do CDP para auxiliar a elaboração de ZEE e sem o comprometimento de gerar um novo ZSEE-MT. Portanto não se busca obter o resultado demonstrado em MATO GROSSO (2004b), com cópia no **Anexo 1**, e não se pretende que os valores conseguidos como peso/nota/prioridade dos critérios, bem como a estrutura de relacionamento entre esses (base de conhecimento e diagrama hierárquico), sejam passíveis de aplicação em quaisquer zoneamentos.

O desenvolvimento deste estudo de caso baseia-se nos quadros **4.1**, **4.2** e **4.3** para elencar os critérios e subcritérios pertinentes à análise; nas equações **4.1**, **4.2** e **4.3** para elaborar as avaliações no EMDS (somente no que tange à análise da sustentabilidade ambiental) e no **Quadro 4.4** para a elaboração da legenda no ArcGis com as classes de sustentabilidade.

Assim, para realizar este estudo de caso de forma a avaliar a pertinência da hipótese apresentada necessita-se desenvolver:

1. avaliação da metodologia apresentada em MATO GROSSO (2004) - relatório final do ZSEE-MT e projeto de lei (fornecidos pela Embrapa Solos e disponíveis em <http://www.seplan.mt.gov.br/arquivos>);
2. compreensão da metodologia adotada pela equipe do ZSEE-MT;
3. elaboração da árvore de problemas no ambiente gratuito CDPlus;
4. construção da base de conhecimento no NetWeaver;
5. execução de avaliações utilizando-se dos resultados obtidos no CDP e da base de conhecimento gerada no NetWeaver com uso do EMDS no ambiente SIG e
6. análise dos resultados.

#### ***4.1.1. Avaliação da metodologia apresentada no relatório do Zoneamento Sócio-Ecológico-Econômico do Estado do Mato Grosso (ZSEE-MT)***

O relatório final do zoneamento (ZSEE-MT) contém a metodologia utilizada pelos pesquisadores e o projeto de lei do zoneamento. Sua análise é necessária para que se identifique os mapas temáticos elaborados durante o zoneamento que serão utilizados neste estudo e possibilite a elaboração do desenho da árvore de problemas e da base de conhecimento.

Esta avaliação constou de leitura do relatório final, identificação dos critérios adotados pelos pesquisadores e mapas necessário ao desenvolvimento da técnica proposta no ZSEE-MT. Deste balanço estimou-se: *i*) os atributos a serem utilizados no diagrama hierárquico e na base de conhecimento; *ii*) a relação entre esses, bem como *iii*) os mapas temáticos para alimentação de dados.

Os dados disponibilizados pela EMBRAPA SOLOS foram utilizados para o desenvolvimento do estudo de caso desta dissertação. Buscou-se, com isso, a possibilidade de se trabalhar com o dados gerados para o zoneamento:

1. identificou-se os tipos de arquivos existentes;
2. determinou-se quais dados serão utilizados;

#### ***4.1.2. Compreensão da metodologia adotada pela equipe do Zoneamento Sócio-Ecológico-Econômico do Estado do Mato Grosso (ZSEE-MT)***

Tendo-se pesquisado a metodologia aplicada na geração do ZSEE-MT e no conjunto de dados disponíveis, determinou-se:

- i) os dados necessários à pesquisa;
- ii) o tipo de classificação ambiental executada;
- iii) os critérios adotados para a classificação proposta;
- iv) a álgebra de tratamento dos dados utilizada pelos especialistas;
- v) os dados disponíveis;
- vi) os valores (pesos) adotados para cada critério;
- vii) os limites para o tratamento matemático;
- viii) as operações a serem realizadas com os dados - adaptações a serem elaboradas e executadas a fim de conformar os dados disponíveis ao estudo de caso;

#### ***4.1.3. Elaboração da árvore de problemas no sistema Criterium Decision Plus (CDP)***

Cumpridas as etapas anteriores, inicia-se as atividades com o Sistema de Suporte à Decisão “Criterium Decision Plus”, respeitando-se o instituído no item **3.1.3**. Nesta aplicação desenvolver-se-á:

- i) **brainStorm** - onde serão definidos: objetivo, critérios de análise, grupos de critérios e alternativas;
- ii) **criação do diagrama hierárquico** - o CDP cria esse diagrama a partir do brainstorm, sem a interferência do usuário;
- iii) definição dos pesos de cada critério - utilizando-se das técnicas AHP full pair wise; AHP abbreviated pair wise ou SMART.

#### ***4.1.4. Construção da base de conhecimento no NetWeaver***

Para a construção da base de conhecimento optou-se pelo mesmo desenho do modelo hierárquico desenvolvido no CDP. Nesta os procedimentos de trabalho constam de:

- i) criar dos data links simples (simple data link) e/ou de cálculo (Calculated Data Link) - o campo ALIAS de cada data link a ser criado tem que ter um campo correspondente na tabela do mapa a ser utilizado, para esse o Netweaver somente aceita dados alfanuméricos, sendo causa de falhas na avaliação a presença de

caracteres especiais (/, !, @ #, % ^, \_, -, + ...), tanto no NetWeaver quanto no ArcGis.

- ii) criar os objetivos de análise (Goal) - os objetivos de análise são grupos de Data Links, esses Data Links são agregados, através do, com os operadores fuzzy AND, Union, OR, XOR, SOR. Descritos em detalhes em MURPHY (2002);
- iii) criar os grupos e análise (Goal group) - os grupos de análise são conjuntos de 'objetivos de análise';
- iv) estabelecer as ligações dos Data Links com os bancos de dados mantenedores das instâncias requeridas no ALIAS - o NetWeaver não permite que se tenha dois Data Links com o mesmo Alias, assim, quando uma tabela de shapefile do ArcGis tiver o mesmo nome de outra o mapa tem que ser editado para ter campos com nomes distintos;
- v) associar os Data Links aos objetivos de análise com a mesma estrutura do modelo hierárquico do CDP, adotando os pesos nesse definidos e aplicando os operadores pertinentes à avaliação. Um Data Link pode estar contido em vários objetivos, inclusive, em um grupo de objetivos;
- vi) salvar e disponibilizar a base desenhada para sua função no EMDS (ambiente espacial - SIG).

Para cada objeto criado em seu ambiente o *NetWeaver* disponibiliza uma série de campos para descrição dos dados (meta dados), desde informações de texto no próprio programa até *hiperlinks* para os mais diversos tipos de arquivos.

#### ***4.1.5. Avaliação ambiental utilizando-se os resultados obtidos no CDP e a base de conhecimento criada no NetWeaver através da extensão EMDS no SIG.***

Elaborada a base de conhecimento no *NetWeaver*, prepara-se os dados necessários representativos dos indicadores (mapas no formato *shape file* do Arc GIS) para se adequarem às necessidades funcionais do *NetWeaver* e habilita-se a extensão *EMDS* para a geração das análises pertinentes, tanto em forma de mapas quanto tabulares. Tendo-se habilitado essa extensão e tornado disponível suas interfaces, proceder-se as seguintes etapas:

- i) adiciona-se todos os mapas temáticos necessários ao trabalho;
- ii) na guia do *EMDS* cria-se uma nova avaliação (*new assessment*);
- iii) associa-se as *layers* da avaliação. O programa exibe uma janela com as opções de *layers* a selecionar. O EMDS somente trabalha com as camadas selecionadas, caso

exista uma camada que esteja indicada no *NetWeaver* e essa não esteja indicada como camada associada os seus dados não serão considerados pelo *EMDS*;

- iv) seleciona-se a área de estudo,
- v) cria-se uma nova análise (*new analysis*) - em uma mesma avaliação pode-se realizar várias análises, por ex., cada hipótese de análise apresentada no tópico **4.2**, explícitas nas equações **4.1**, **4.2** e **4.3** representam análises distintas, necessitando de uma avaliação, composta pelos grupos *i*) Condição e qualidade de vida , *ii*) Qualidade ambiental e *iii*) Eficiência econômica, para cada uma das hipóteses em que será dado aos grupos, no *NetWeaver* os pesos apresentados nessas equações;
- vi) carrega-se a base de conhecimento (*load knowledge base*) - desenvolvida no *NetWeaver*;
- vii) adiciona-se como tópico (*add topic*) a avaliação que se deseja executar;
- viii) confere-se se todos os dados estão sendo lidos (*data requirements*) - caso não estejam todos disponíveis tem-se que: ativar como camada associada e/ou coincidir os *Alias* do *NetWeaver* com os das tabelas do *Arc View* e/ou relacionar o *Data Link* do *NetWeaver* com a tabela a que ele se refere;
- ix) executa-se a análise (*run*) e
- x) avalia-se os resultados alcançados.

Em síntese, pode-se resumir as fases de estudo de caso em:

1. avaliação da metodologia apresentada no relatório técnico do ZSEE do Mato Grosso;
2. estudo dos dados;
3. elaboração de analogias entre a metodologia e os dados disponíveis;
4. elaboração do modelo hierárquico;
5. construção da base de conhecimento;
6. avaliação ambiental no ambiente ArcGis.

#### 4.2. Identificação dos parâmetros de avaliação a partir do relatório do Zoneamento Sócio-Ecológico-Econômico do Estado do Mato Grosso (ZSEE-MT)

Do relatório técnico do ZSEE-MT obteve-se a metodologia desenvolvida pela equipe do ZSEE-MT, os resultados alcançados, as conclusões de estudo para cada unidade sócio-econômica-ecológica delimitada e a identificação das zonas (Usos Controlados; Usos a readequar, Usos a consolidar e Usos especiais).

A partir do exposto no relatório, adotou-se como unidades de análise: *i*) Qualidade do Ambiente (Qa); *ii*) Eficiência Econômica (Ef); *iii*) Condição e Qualidade de Vida (Cv) e *iv*) Sustentabilidade (S).

Através da metodologia adotada no ZSEE-MT identificou-se 94 unidades sócio-ecológico-econômicas dentre os 141 municípios do estado. Nessas, avaliou-se a Sustentabilidade segundo três hipóteses, com atribuição de pesos para cada variável.

**Primeira Hipótese:** Unidades menos antropizadas em que a variável ambiental é o dado de entrada. Na avaliação considerando esta hipótese as porcentagens para cada unidade de análise, que corresponde aos grupos na base de conhecimento, são os pesos (*weight*) dados aos grupos.

$$S = 40\%Qa + 30\%Ef + 30\%Cv \quad (\text{Eq. 4.1})$$

**Segunda Hipótese:** Unidades mais consolidadas ou em processo de consolidação onde o dado de entrada é a variável econômica. Na avaliação considerando esta hipótese as porcentagens para cada unidade de análise, que corresponde aos grupos na base de conhecimento, são os pesos (*weight*) dados aos grupos.

$$S = 20\%Qa + 40\%Ef + 40\%Cv \quad (\text{Eq. 4.2})$$

**Terceira Hipótese:** Unidades intermediárias. Na avaliação considerando esta hipótese, as porcentagens para cada unidade de análise que corresponde ao grupo na base de conhecimento são os pesos (*weight*) dados aos grupos.

$$S = 35\%Qa + 35\%Ef + 30\%Cv \quad (\text{Eq. 4.3})$$

Os valores de cada variável (Qa, Ef, Cv) foram obtidos a partir dos quadros 4.1, 4.2 e 4.3, a seguir. O **Quadro 4.1** descreve os pesos e parâmetros para a avaliação “qualidade ambiental”, variando de 1 (pior condição ambiental) a 10 (melhor condição ambiental). O **Quadro 4.2** apresenta os critérios para avaliação da “eficiência econômica”, sendo o peso 1 atribuído à pior condição e o peso 10 à melhor. O **Quadro 4.3** exhibe os critérios da variável “condição e

qualidade de vida”. O **Quadro 4.4** descreve a classificação e ponderação para classes de Sustentabilidade.

No decorrer do documento citado encontra-se, ainda, a avaliação ambiental de cada unidade de sócio-econômica-ecológica, agrupadas em 12 regiões de planejamento; a identificação da Zona (região de planejamento) a que pertence cada unidade de planejamento; quadro com restrições e indicações de uso para as unidades avaliadas; proposta de criação de unidades de conservação e conceituação, caracterização e compartimentação de áreas específicas.

**Quadro 4.1. Avaliação da qualidade do ambiente natural – classificação e ponderação das variáveis analisadas.**

CLASSE	S <sub>1</sub>	ABRANGÊNCIA
BAIXA	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ambiente em domínio savânico, muito alterado, em área de alta predisposição à erosão, com processos erosivos emergentes de grande expressão e extensão.</li> <li>- Ambiente de Floresta Estacional e Savana Arborizada, muito alterado, com alto potencial mineral e problemas de erosão associados à sua exploração.</li> <li>- Ambiente muito alterado, de contato Floresta/Savana, com ocorrência de processos erosivos emergentes e alta predisposição à erosão.</li> </ul>
MÉDIA-BAIXA	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ambiente de floresta moderadamente alterado, apresentando degradação ambiental pela exploração mineral</li> <li>- Ambiente de savana alterada, com significativa predisposição à erosão</li> <li>- Ambiente de grande variedade de fisionomias savânicas e alta predisposição à erosão, com processos erosivos intensos e áreas degradadas por garimpo</li> <li>- Ambiente de formações florestais e savanas alterado, com potencial biótico muito reduzido</li> </ul>
MÉDIA	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ambiente de floresta alterado, no contexto de fronteira recente, com reduzido potencial biótico.</li> <li>- Ambiente de savana e floresta, moderadamente alterado, com processos emergentes de erosão.</li> <li>- Ambiente de savana muito alterado pelo amplo predomínio da pecuária.</li> <li>- Ambiente de savanas associadas a formações florestais de escarpas, com diversidade de ambientes em bom estado de conservação, e ocorrência de áreas muito degradadas pela exploração mineral em área de ocupação consolidada.</li> <li>- Ambiente de confluência das floras amazônica, estacional e savânica, moderadamente alterado.</li> </ul>
MÉDIA-ALTA	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ambiente frágil de Floresta/Savana moderadamente alterado, em ambiente de fronteira recente.</li> <li>- Ambiente de floresta conservado, com alto potencial biótico, em área de fronteira recente, sob pressão de desmatamento.</li> <li>- Ambiente florestal pouco alterado, no contexto de fronteira recente, com presença de áreas degradadas pelo garimpo.</li> </ul>
ALTA	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ambiente savânico, muito frágil, pela alta predisposição à erosão, com alto estado de conservação.</li> <li>- Ambiente de floresta e de formações de contato Floresta/Savana, conservada, com alta diversidade biológica e presença de espécies raras e desconhecidas pela ciência, com alta predisposição à erosão.</li> </ul>
	9	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ambiente de floresta preservado, conservado, ou pouco alterado, com alto potencial biótico, em área de fronteira recente.</li> <li>- Ambiente do Contato Floresta/Savana pouco alterado, frágil, ou com diversidade de paisagens, no contexto de fronteira recente.</li> <li>- Ambiente de Savana e do Contato Savana/Floresta pouco alterado, no contexto de fronteira recente.</li> <li>- Ambiente savânico associado a pantanais, em área de fronteira recente, pouco alterado, com presença de pecuária.</li> <li>- Ambiente de confluência da flora amazônica, estacional e savânica, com alto índice de diversidade de espécies vegetais em bom estado de conservação.</li> </ul>
MUITO ALTA	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ambiente savânico associado a pantanais, com alto grau de conservação e alto potencial biótico, no contexto de fronteira recente, dotado de beleza cênica.</li> <li>- Ambiente com formações florestais e savânicas, com diversidade de paisagens, em ótimo estado de conservação, dotado de alto potencial biótico.</li> </ul>

Fonte: Mato Grosso, 2004, p.16.

OBS.; A qualidade "alta" foi atribuída a ambientes dotados de bom estado de conservação, com notas variando de 8 (oito) a 9 (nove), pela qualidade semelhante, porém com diferenças evidentes de alta predisposição à erosão de algumas dessas áreas, impondo valor menor a essa unidade.

**Quadro 4.2. Avaliação da eficiência econômica – classificação e ponderação das variáveis analisadas**

CLASSE	S <sub>2</sub>	ABRANGÊNCIA
BAIXA	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presença de médios e pequenos produtores voltados à pecuária, em ambiente muito antropizado com carência de infra-estrutura.</li> <li>- Presença de grandes fazendas dedicadas à pecuária, e alguns núcleos de pequenos produtores e extração de madeira, com corte seletivo.</li> <li>- Presença de pecuária extensiva em pastagens naturais, com carência de acessos, no contexto de fronteira recente.</li> <li>- Área de ocupação consolidada, com alta antropização, em processo de depressão econômica, com predomínio da pecuária extensiva, e presença de áreas degradadas pela exploração mineral.</li> <li>- Amplo predomínio da pecuária extensiva e núcleos isolados de agricultura moderna, porém os usos são qualificados como incompatíveis por subutilização.</li> <li>- Domínio da agropecuária em grandes e médios estabelecimentos, com baixo nível de manejo e predomínio de terras com aptidão restrita para pastagens plantadas.</li> <li>- Amplo predomínio da pecuária extensiva, em área consolidada, com baixa oferta de infra-estrutura.</li> <li>- Ocupação antrópica incipiente, em ambiente savânico pantaneiro.</li> <li>- Área de transição, com predomínio de pecuária em grandes e médios estabelecimentos, com presença de pequenos e médios produtores voltados à produção de alimentos, em processo de pecuarização e reconcentração fundiária.</li> </ul>
MÉDIA	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agropecuária com predomínio da pecuária em grandes propriedades policultura em pequenas e no extrativismo da madeira praticado de forma não sustentável.</li> <li>- Exploração mineral e madeireira com agropecuária em expansão onde se localiza pólo urbano de referência regional, tanto como prestador de serviços como centro de formação de cargas. Presença ainda de núcleos urbanos medianamente organizados e estruturados.</li> <li>- Área de ocupação consolidada, com média alta taxa de antropização, onde há integração da paisagem ao <i>trade</i> turístico, através da sede do município.</li> <li>- Área de ocupação consolidada, com a economia pantaneira baseada na pecuária, na atividade turística e na pesca artesanal e comercial.</li> <li>- Área com alta taxa de antropização, decorrente de ocupação recente, com amplo desenvolvimento da agricultura empresarial.</li> </ul>
MÉDIA-ALTA	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Área com taxa de antropização muito alta, de colonização antiga, com elevada concentração de pequenos produtores e densa rede de apoio urbano, com pequena produção em crise, em declínio, com processo de reconcentração fundiária e pecuarização e forte recuo na produção de alimentos.</li> </ul>
ALTA	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Economia local centrada na pecuária moderna e na estrutura agro-industrial associada, além de centro urbano bem estruturado, com equipamentos de porte regional e centro de referência para o turismo.</li> <li>- Centro urbano bem estruturado, pólo agro-industrial de porte regional, pecuária moderna.</li> <li>- Área com alta taxa de antropização, com amplo desenvolvimento da agricultura empresarial, no domínio da pecuária extensiva e ampla expansão da cotonicultura e implantação de sistema agro-industrial associado.</li> <li>- Centro político-administrativo, industrial e de prestação de serviços do Estado, com forte integração com o <i>trade</i> turístico, porta de entrada para o Pantanal.</li> <li>- Sub-centro regional de agricultura moderna, evoluindo da produção monocultora de grãos, para uma integração com as demais cadeias produtivas.</li> </ul>

Fonte: Mato Grosso, 2004, p.17.

**Quadro 4.3. Avaliação da condição e qualidade de vida – classificação e ponderação das variáveis analisadas.**

CLASSE	S <sub>3</sub>	ABRANGÊNCIA
MUITO BAIXA	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- População predominantemente rural.</li> <li>- Área na qual a população residente encontra-se em condições precárias de moradia, destituída de saneamento básico, com indicadores sociais (taxa de mortalidade infantil, educação e saúde) muito inferiores, comparados às médias alcançadas pelo Estado.</li> <li>- Área de fronteira recente, com deficiência de equipamentos sociais e carência de infra-estrutura urbana.</li> <li>- Área situada na região de ocupação consolidada, com antropização alta, eminentemente rural, com deficiência de infra-estrutura e equipamentos sociais.</li> <li>- Unidade situada em área em processo de transição, onde a oferta de infra-estrutura é média, mas há carência de equipamentos sociais.</li> </ul>
BAIXA	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Área na qual a população residente encontra-se em condições precárias de moradia, atendida por rede de água e não servida por rede de esgoto, com indicadores sociais (taxa de mortalidade infantil, educação e saúde) inferiores, comparados às médias alcançadas pelo Estado.</li> <li>- Área com precariedade de infra-estrutura urbana e carência de equipamentos sociais.</li> <li>- Estrutura urbana pouco organizada, com precariedade da apropriação econômica dos recursos.</li> <li>- Área de ocupação consolidada, com estrutura urbana pouco organizada, com deficiência de equipamentos sociais, em área em processo de depressão econômica.</li> </ul>
MÉDIA- BAIXA	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Área na qual a população residente encontra-se em condições de habitabilidade mediana, atendida por rede de água e não servida por rede de esgoto, com indicadores sociais (taxa de mortalidade infantil, educação e saúde) de média-baixa qualidade, comparados às médias alcançadas pelo Estado.</li> <li>- Área de ocupação pioneira dotada de infra-estrutura deficiente, com carência de equipamentos sociais em área de alta taxa de antropização.</li> <li>- Área de transição entre a região de ocupação antiga e aquela de fronteira recente, com estrutura urbana organizada, com serviços e equipamentos de pequeno porte, que atendem a população local e do entorno</li> </ul>
MÉDIA	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Área na qual a população residente encontra-se em condições de habitabilidade média, atendida por rede de água e parcialmente servida por rede de esgoto, com indicadores sociais (taxa de mortalidade infantil, educação e saúde) de média qualidade, comparados às médias alcançadas pelo Estado.</li> <li>- Área situada na região de ocupação consolidada, com média-alta taxa de antropização, com média qualidade de oferta de infra-estrutura urbana, em cidades medianamente organizadas.</li> </ul>
MÉDIA- ALTA	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Área na qual a população residente encontra-se em condições de habitabilidade média-alta, atendida por rede de água e parcialmente servida por rede de esgoto, com indicadores sociais (taxa de mortalidade infantil, educação e saúde) de média-alta qualidade, comparados às médias alcançadas pelo Estado</li> <li>- Área dotada de centro comercial e de prestação de serviços de alcance regional e oferta de infra-estrutura alta, com bom padrão de organização urbana e bem servida de equipamentos sociais</li> </ul>
ALTA	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Área na qual a população residente encontra-se em condições de habitabilidade de alta qualidade, atendida por rede de água e rede de esgoto, com indicadores sociais (taxa de mortalidade infantil, educação e saúde) de alta qualidade, comparados às médias alcançadas pelo Estado.</li> <li>- Área dotada de centro urbano bem estruturado, dotado de equipamentos sociais de porte regional e oferta de infra-estrutura adequada, além de centro industrial, comercial e de prestação de serviços de alcance regional, com bom padrão de organização urbana.</li> </ul>

Fonte: Mato Grosso, 2004, p.18.

**Quadro 4.4. Avaliação da sustentabilidade – classificação e ponderação das variáveis analisadas .**

CLASSE	S	CONDIÇÕES
BAIXA	1 a 2,9	Quando <u>nenhuma</u> ou <u>apenas uma</u> das <u>variáveis</u> analisadas resultou em níveis aceitáveis de qualificação, somada ainda à possibilidade desta Unidade caracterizar-se pelo vazio de população. Nessas condições a sustentabilidade da USEE demonstra que os níveis de alteração do ambiente encontram-se além dos limites toleráveis ao desenvolvimento sócio-econômico-ecológico
MÉDIA-BAIXA	3,0 a 4,9	<u>Quando uma ou duas</u> das <u>variáveis</u> analisadas apresentou algum nível aceitável de qualificação. A sustentabilidade da USEE demonstra que os níveis de alteração do ambiente encontram-se em condições não aceitáveis, podendo ainda comprometer o desenvolvimento sócio-econômico-ecológico
MÉDIA	5,0 a 6,9	<u>Quando duas</u> das <u>variáveis</u> analisadas apresentou níveis aceitáveis de qualificação. A sustentabilidade da USEE demonstra que os níveis de alteração do ambiente encontram-se em condições toleráveis de aceitação, não comprometendo ainda, de forma irreversível, o desenvolvimento sócio-econômico-ecológico. Há condições de reversibilidade, ou mitigação de impactos, adotando-se medidas adequadas de uso e ocupação do espaço
MÉDIA-ALTA	7,0 a 8,9	<u>Quando a maioria</u> das <u>variáveis</u> analisadas apresentou níveis aceitáveis de qualificação. A sustentabilidade da USEE demonstra que os níveis de alteração do ambiente encontram-se em condições satisfatórias, não comprometendo o desenvolvimento sócio-econômico-ecológico
ALTA	> 9,0	<u>Quando todas</u> as <u>variáveis</u> analisadas apresentaram parâmetros de alta qualificação. Nessas condições a sustentabilidade da USEE demonstra que os níveis de alteração do ambiente encontram-se dentro dos limites aceitáveis ao equilíbrio homem-natureza, de acordo as fragilidades e potencialidades analisadas

Fonte: Mato Grosso, 2004, p.20.

Com a análise dos critérios adotados pelo ZSEE-MT obteve-se como elementos para a elaboração do diagrama hierárquico no CDP e da base de conhecimento no *NetWeaver*:

1. objetivo da avaliação: Sustentabilidade das Unidades Sócio Ecológico-econômico (USEE) do ZSEE-MT;
2. grupos de avaliação (no CDP, os critérios): *i*) Qualidade Ambiental; *ii*) Eficiência Econômica; *iii*) Condição e Qualidade de Vida;
3. indicadores para os grupos de avaliação: mapas temáticos desenvolvidos no ZSEE-MT e
4. alternativas: as alternativas são as regiões de estudo como se adotou que todas as regiões possuem o mesmo peso tem-se uma região de estudo.

#### **4.2.1 Indicadores de qualidade ambiental**

O **Quadro 4.1** explicita os critérios de classificação quanto à qualidade ambiental. Em sua análise observa-se que quanto maior a preservação (ou seja, quanto menor a intervenção humana) maior é a nota dada ao ambiente.

Observa-se que para a avaliação/análise da “qualidade ambiental” utilizou-se como indicadores/critérios de avaliação: estado de conservação do meio; variedade biótica; usos econômicos – pecuária, agricultura, mineração; processos erosivos; nível de alteração; tempo de ocupação e beleza cênica. O parâmetro de maior relevância é o estado de conservação do meio ambiente.

#### **4.2.2      *Indicadores de eficiência econômica***

O **Quadro 4.2** aborda a temática econômica em suas descrições. Nesse quadro considera-se o desenvolvimento da economia local e a disponibilidade de infra-estrutura urbana para classificar as unidades sócio-econômico-ecológicas. Quanto mais a USEE for desenvolvida em sua economia, maior será a sua nota/classificação recebida.

A partir desse quadro destacou-se como parâmetros (indicadores/critérios) de avaliação: infra-estrutura urbana; atividade econômica; nível de antropização; mineração; industrialização; turismo; produção de alimentos;

#### **4.2.3      *Indicadores condição e qualidade de vida***

O **Quadro 4.3** revela as considerações da equipe para as classificações e ponderações sobre as condições e qualidade de vida da população do estado do Mato Grosso. Quanto mais serviços sociais e urbanos apresentar a unidade territorial (USEE) avaliada maior será o peso fornecido.

Da interpretação desse item identificou-se como parâmetros de avaliação: tipo de ocupação urbana; infra-estrutura urbana; serviços urbanos; equipamentos sociais, apropriação econômica de recursos, condições de habitabilidade e índice de condições de vida (icv).

#### **4.3.      *Estudo dos dados disponibilizados pela EMBRAPA SOLOS***

Considerando-se o exposto no **tópico 4.2** e o objetivo deste texto verificou-se que os mapas temáticos na escala 1:1.500.000, desenvolvidos em ArcGis, atendem à demanda de informações necessárias ao desenvolvimento do estudo de caso desta dissertação.

Esses mapas temáticos foram criados em formato com arquivos em *.dwg*<sup>4.3</sup> e *.shp*<sup>4.4</sup> e correspondem às cartas temáticas na escala 1:1.500.00. Os arquivos em *dwg* não disponibilizam dados tabulares e nem todos os arquivos no formato *Shape file (.shp)*

---

<sup>4.3</sup> Arquivo do Auto CAD

<sup>4.4</sup> Projeto do ArcGis.

utilizados nos mapas temáticos são necessários para a elaboração da avaliação pretendida.

Para se determinar quais os arquivos atendem à demanda de dados examinou-se as legendas de cada mapa temático disponibilizado pela Embrapa Solos e buscou-se, na coleção de arquivos associados a cada mapa temático, aqueles que disponibilizam as informações transmitidas na legenda. Os arquivos *.shp* que assim o fazem encontram-se listados no **Quadro 4.5**. A coluna **Quadro** indica qual dos quadros subsequentes está relacionado ao arquivo citado na coluna **Origem**.

**Quadro 4.5. Arquivos .shp que atendem à demanda de dados do estudo de caso.**

Nome	Origem	Campo	Objeto	Quadro
Capacidade estática	cap_poly	CLASSE	define as classes dos municípios de acordo com a capacidade de armazenamento de produção	4.6
Estudo	sit_poly	SIT	define as classes dos municípios de acordo a porcentagem de indivíduos com mais de 8 anos de estudo entre aqueles maiores de 25 anos	4.7
Pesca	bacia	POT_EXPLO	define as classes das bacia de acordo com o Potencial Exploratório	4.8
		POT_ICTIO	Potencial de Ictiofauna.	4.8
População	poliadm_poly	CLASSE	define as classes dos municípios de acordo com a população (quantidade)	4.9
		POPULACAO	número de habitantes do município	-
Áreas Protegidas	Aprot_poly	SIT	define a situação legal das áreas protegidas no estado. O mapa é das poligonais das respectivas áreas	4.10
Longevidade	long_poly	VALUE	define as classes dos municípios de acordo com o índice de qualidade de vida (icv)	4.11
Abastecimento de água	serv_pub	QUANT	define as classes dos municípios de acordo com a porcentagem de população atendida por rede de abastecimento de água.	4.12
Turismo	tur_poly	POTENCIAL	define o potencial turístico do município de acordo com o número de unidades de atração turística.	4.13
Condições de vida	c_vida_poly	COND	define as classes dos municípios de acordo com o índice de condições de vida (icv)	4.14
Infra-estrutura	inf_est_poly	CLASSE	define as classes dos municípios de acordo com o atendimento por rede de estradas e energia elétrica.	4.15
Tipologias funcionais	polari	CLASSE	classifica os municípios de acordo com o grau de diversificação especialização das funções urbanas de seus centros urbanos.	4.16
Mineração	distritos_mineiros	-	identifica as poligonais dos distritos mineiros e informa o tipo de lavra.	-
Vegetação e Uso do solo	veguso	USVEG	identifica as poligonais de cada tipo de uso e de vegetação no território do estado.	4.17
Emprego	emprego_poly	CONC	classifica os municípios de acordo com o índice de emprego e renda	4.18
Aptidão	aptidao_poly	TIPO	identifica as poligonais de cada tipo aptidão agrícola no território do estado	4.19

**Quadro 4.6. Conteúdo do campo CAP do arquivo cap\_poly.shp e respectiva descrição (capacidade de armazenamento de produção do município).**

CAP	Capacidade de armazenamento (t)	CAP	Capacidade de armazenamento (t)
0	sem capacidade	5	50.001 a 100.000
1	1 a 5.000	6	100.001 a 200.000
2	5.001 a 10.000	7	200.001 a 500.000
3	10.001 a 20.000	8	500.001 a 1.000.000
4	20.001 a 50.000	9	acima de 1.000.001

**Quadro 4.7. Conteúdo do campo SIT do arquivo sit\_poly.shp e respectiva descrição (taxa de indivíduos com mais de 8 anos de instrução).**

SIT	Porcentagem
MELHOR	0 a 72,3
MEDIA	72,4 a 80
PIOR	maior que 80

**Quadro 4.8. Conteúdo do campos POT\_EXPLO e POT\_ICTIO do arquivo bacia.shp e respectivas descrições.**

Bacia	POT_EXPLO	POT_ICTIO
Rio Paraguai	alto	médio
Rio Araguaia	médio	alto
Rio Madeira / Tapajós	baixo	médio
Rio Xingu	baixo	baixo

**Quadro 4.9. Conteúdo do campo CLASSE do arquivo poliadm\_poly.shp e respectiva descrição.**

CLASSE	Nº Habitantes	CLASSE	Nº Habitantes
0	0	3	5 mil a 20 mil
1	100 mil a 500 mil	4	até 5 mil
2	20 mil a 100 mil	-	-

**Quadro 4.10. Conteúdo do campo SIT do arquivo apro\_poly.shp e respectiva descrição.**

SIT	Descrição	SIT	Descrição
0		4	Delimitada
1	Homologada / Regulamentação	5	Identificada
2	Homologada	6	Interditada
3	Demarcada	7	Em fase de demarcação

**Quadro 4.11. Conteúdo do campo VALUE do arquivo long\_poly.shp e respectiva descrição (icv indicador da qualidade de vida).**

PLONGEV	CONDICAO	Descrição	PLONGEV	CONDICAO	Descrição
10	melhor	$80\% \leq icv$	3	ma	$20\% \leq icv < 40\%$
7	boa	$70\% \leq icv < 80\%$	1	pior	$icv < 20\%$
5	media	$40\% \leq icv < 70\%$	-	-	-

**Quadro 4.12. Conteúdo do campo QUANT do arquivo serv\_pub\_poly.shp e respectiva descrição (% da população atendida por rede de água potável).**

QUANT	Descrição	QUANT	Descrição
5	$> 90\%$	2	$10\% \leq \% < 30\%$
4	$60\% \leq \% < 90\%$	1	$\% < 10\%$
3	$30\% \leq \% < 60\%$	-	-

**Quadro 4.13. Conteúdo do campo POTENCIAL do arquivo tur\_poly.shp e respectiva descrição (potencial turístico).**

POTENCIAL	Descrição	Nº unidades	POTENCIAL	Descrição	Nº unidades
0	sem dados	-	3	baixo	de 10 a 19
1	alto	$\geq 40$	4	incipiente	$< 9$
2	médio	de 20 a 39	-	-	-

**Quadro 4.14. Conteúdo do campo COND do arquivo c\_vida\_poly.shp e respectiva descrição (indicadores de condição de vida).**

COND	Descrição	COND	Descrição
5	melhor	2	ma
4	boa	1	pior
3	media	-	-

**Quadro 4.15. Conteúdo do campo CLASSE do arquivo inf\_est\_poly.shp e respectiva descrição (atendimento por rede de estrada e eletricidade).**

CLASSE	Descrição
1 a 3	Sistema superior de atendimento
4 a 6	Sistema médio superior de atendimento
7 a 9	Sistema médio inferior de atendimento
10 a 11	Sistema inferior de atendimento

**Quadro 4.16. Conteúdo do campo CLASSE do arquivo polari\_poly.shp e respectiva descrição (grau de especialização dos núcleos urbanos).**

CLASSE	Descrição
1	pior
9	melhor
0	sem dados

**Quadro 4.17. Conteúdo do campo USVGET do arquivo usoveg.shp e respectiva descrição (uso e cobertura do solo).**

USVGET	Descrição	USVGET	Descrição
Fsa	Formações Savânicas	Pp	Pecuária em Área de Pantanal
Fr	Formações Ripárias	Ap	Uso Agropecuário em peq. propriedades
Ff	Formações Florestais	Aga	Uso Agropecuário em médias e grandes propriedades com predomínio de culturas anuais
Cff	Contato Floresta / Floresta	Agp	Uso Agropecuário em médias e grandes propriedades com predomínio de pastagens
Cfs	Contato Floresta / Savana	M	Extrativismo Mineral
Fsc	Formações Secundárias	Aq	Área de Queimada
Re	Reflorestamento	Pu	Usos Peri-urbanos
Uc	Uso antrópico em Unidades de Conservação	U	Usos urbanos
Ui	Uso antrópico em Terra Indígena		

**Quadro 4.18. Conteúdo do campo CONC do arquivo emprego\_poly.shp e respectiva descrição (indicadores de emprego e renda).**

CONC	Descrição	CONC	Descrição
5	Alto	2	Médio Baixo
4	Médio-alto	1	Baixo
3	Médio	0	Sem informação

**Quadro 4.19. Conteúdo do campo TIPO do arquivo aptidao\_poly.shp e respectiva descrição (aptidão agrícola).**

TIPO	Descrição
1ABC	Terras com aptidão BOA para lavouras nos níveis de manejo A, B e C
1ABc	Terras com aptidão BOA para lavouras nos níveis de manejo A e B, REGULAR no nível C
1Abc	Terras com aptidão BOA para lavouras no nível de manejo A, REGULAR nos níveis B e C
1aBC	Terras com aptidão BOA para lavouras nos níveis de manejo B e C, REGULAR no nível A
1aBc	Terras com aptidão BOA para lavouras no nível de manejo B, e REGULAR nos níveis A e C
1(a)BC	Terras com aptidão BOA para lavouras nos níveis de manejo B e C, RESTRITA no nível A
1 Ab(c)	Terras com aptidão BOA para lavouras no nível de manejo A, REGULAR no B e RESTRITA no C
1(a)bC	Terras com aptidão BOA para lavouras no nível de manejo C, REGULAR no B e RESTRITA no A
1Ab	Terras com aptidão BOA para lavouras no nível de manejo A, REGULAR no B e INAPTA no C
1bC	Terras com aptidão BOA para lavouras no nível de manejo C, REGULAR no B e INAPTA no A
1(b)C	Terras com aptidão BOA para lavouras no nível de manejo C, RESTRITA no B e INAPTA no A
2(a)bc	Terras com aptidão REGULAR para lavouras nos níveis de manejo B e C, e RESTRITA no nível A
2(a)b(c)	Terras com aptidão REGULAR para lavouras no nível de manejo B, e RESTRITA nos níveis A e C
2bc	Terras com aptidão REGULAR para lavouras nos níveis de manejo B e C, e INAPTA no nível A
2(a)b	Terras com aptidão REGULAR para lavouras no nível de manejo B, RESTRITA no A e INAPTA no C
2a(b)	Terras com aptidão REGULAR para lavouras no nível de manejo A, RESTRITA no B e INAPTA no C
2(b)c	Terras com aptidão REGULAR para lavouras no nível de manejo C, RESTRITA no B e INAPTA no A
2b(c)	Terras com aptidão REGULAR para lavouras no nível de manejo B, RESTRITA no C e INAPTA no A
2b	Terras com aptidão REGULAR para lavouras no nível de manejo B, e INAPTA nos níveis A e C
3(ab)	Terras com aptidão RESTRITA para lavouras nos níveis de manejo A e B, e INAPTA no nível C
3(bc)	Terras com aptidão RESTRITA para lavouras nos níveis de manejo B e C, e INAPTA no nível A
4P	Terras com aptidão BOA para pastagem plantada
4p	Terras com aptidão REGULAR para pastagem plantada
4(p)	Terras com aptidão RESTRITA para pastagem plantada
5s	Terras com aptidão REGULAR para silvicultura
5n	Terras com aptidão REGULAR para pastagem natural
5(n)	Terras com aptidão RESTRITA para pastagem natural
5sn	Terras com aptidão REGULAR para silvicultura e pastagem natural
6	Terras sem aptidão para uso agrícola

#### **4.4. Elaboração de analogias entre a metodologia e os dados disponíveis**

Na prática, os tópicos 4.2, 4.3 e 4.4 ocorrem em paralelo. A medida em que se desenvolve um desses assuntos os outros dois também estão sendo processados. Abaixo, tem-se as resposta para as necessidades indicadas no **Capítulo 3**.

- i. dados necessários à pesquisa - encontram-se no **Quadro 4.5**;
- ii. tipo de avaliação executada: avaliação da **Sustentabilidade ambiental**;
- iii. critérios adotados para a classificação proposta: Qualidade ambiental, Condição e qualidade de vida, Eficiência econômica;
- iv. álgebra de tratamento dos dados - são as hipóteses descritas na **Sessão 4.2**, explícitas na equações 4.1, 4.2 e 4.3;

- v. dados disponíveis - exibidos nos **Quadro 4.6** ao **Quadro 4.19**: são os indicadores para avaliar os critérios;
- vi. valores adotados para cada critério - **Quadro 4.6** ao **Quadro 4.19**;
- vii. limites para o tratamento matemático - **Quadro 4.6** ao **Quadro 4.19**;
- viii. mapas temáticos a apropriar - encontram-se no **Quadro 4.5**. O critério para definição e escolha dos mapas foi baseado em atender aos parâmetros de avaliação descritos nos **Quadro 4.1, 4.2 e 4.3** (Qualidade ambiental, Eficiência econômica e Condição e qualidade de vida, respectivamente);
- ix. as operações a serem realizadas com os esses mapas - o *NetWeaver* não aceita dois *Data Links* com o mesmo *Alias*, assim, para as tabelas de dados em que o campo de referência têm o mesmo nome criou-se uma outra coluna em uma das tabelas, copiou-se os dados da coluna de referência e indicou-se o novo campo na ligação do *NetWeaver* com o banco de dados.

Para os campos POT\_EXPLO e POT\_ICITO, **Quadro 4.8** criou-se os campos POTEXPLO e POTICTIO porque o EMDS não trabalha com o caractere “\_”. Para facilitar o tratamento matemático converteu-se todos os dados do tipo texto (textos) dos campos por dados numéricos.

Nas tabelas de Pesca (**Quadro 4.8**), Uso e Vegetação (**Quadro 4.17**) e Aptidão agrícola (**Quadro 4.19**) os valores numéricos dos seus subcritérios foram definidos com o uso de CDP por não haver uma classificação numérica nos mapas temáticos.

Completa-se, a essa altura, a fase “inteligência” (*intelligence phase*) concebida no **Capítulo 2**. Por conseguinte, encontram-se atendidos os requisitos de organização e planejamento do projeto: a) análise do ambiente: coleta de dados, b) reconhecimento de variáveis e c) determinação de objetivos.

Os tópicos 4.4 e 4.5 correspondem à fase de modelagem, neles será concebido o modelo a ser testado com o EMDS no ArcGis.

#### **4.5. *Elaboração da estrutura hierárquica no CDP***

A estrutura hierárquica é construída após o *brainstorm*, em que são definidos: objetivo, critérios de análise, grupos de critérios e alternativas para que CDP crie sem a interferência do usuário e, com essa ferramenta, os técnicos especialistas e/ou atores locais definem o peso dos critérios e das alternativas eleitas, utilizando as técnicas *AHP full pair wise*; *AHP abbreviated*

*pair wise* e/ou *SMART* (a que melhor se adequar, pois o CDP trabalha com as três em um mesmo arquivo).

Identificou-se para a avaliação o objetivo **Sustentabilidade Ambiental**, os primeiros níveis de critérios são: **Condições e Qualidade de Vida; Eficiência Econômica e Qualidade ambiental**. Cada um desses assumem subcritérios próprios. As alternativas resumem-se à alternativa **Região**, pois se está considerando que cada unidade de análise possui a mesma influência das demais.

Os Quadros **4.21**, **4.25** e **4.29** apresentam as tabelas hierárquicas da **Condições e Qualidade de Vida; Eficiência Econômica e Qualidade ambiental**, respectivamente.

A separação acima se deve à limitação imposta pela versão estudante do CDP, que é de 20 blocos no diagrama hierárquico. Limitação essa que obrigou a realização da ponderação dos sub critérios da **Aptidão agrícola** em outro arquivo, exibido no **Quadro 4.26**.

As figuras **4.1** e **4.2** exibem o *Brainstorm* e o diagrama hierárquico da ‘Condição e qualidade de vida’, respectivamente. Na **Figura 4.2** encontra-se o valor calculado para as prioridades (que serão o *weight* dos *data links* na base de conhecimento), que foram calculados com a técnica AHP para o *level 2* dessa figura.

O **Quadro 4.20** apresenta os índices que originam a matriz triangular de critérios da AHP para o cálculo das prioridades apresentadas na **Figura 4.2** e o **Quadro 4.21** divulga os métodos de ponderação, as prioridades de cada critério e sub critério, os critérios e os sub critérios de análise da ‘Condição e qualidade de vida’. Quando a coluna ponderação é um valor numérico utilizou-se da técnica SMART, quando apresenta o valor “*Pairwise*” ou “*PW*” é porque foi utilizada a AHP.

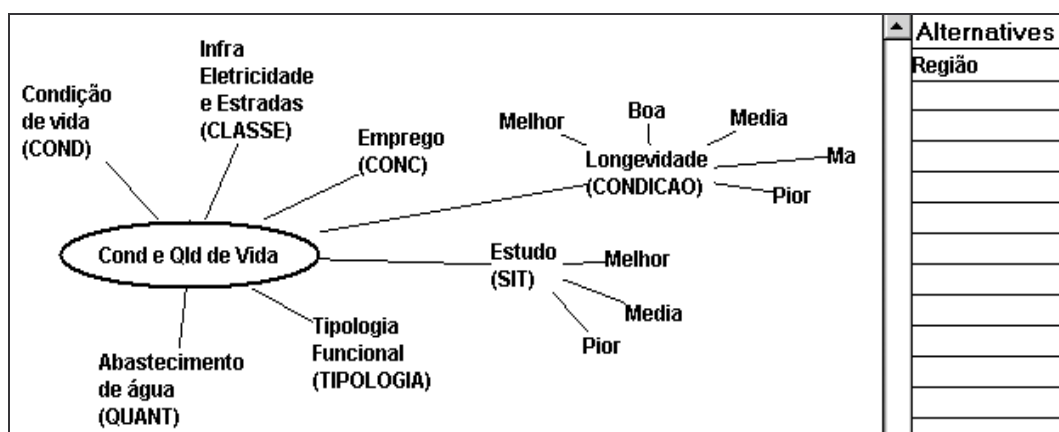


Figura 4.1. Brainstorm para ‘Condições e Qualidade de Vida’

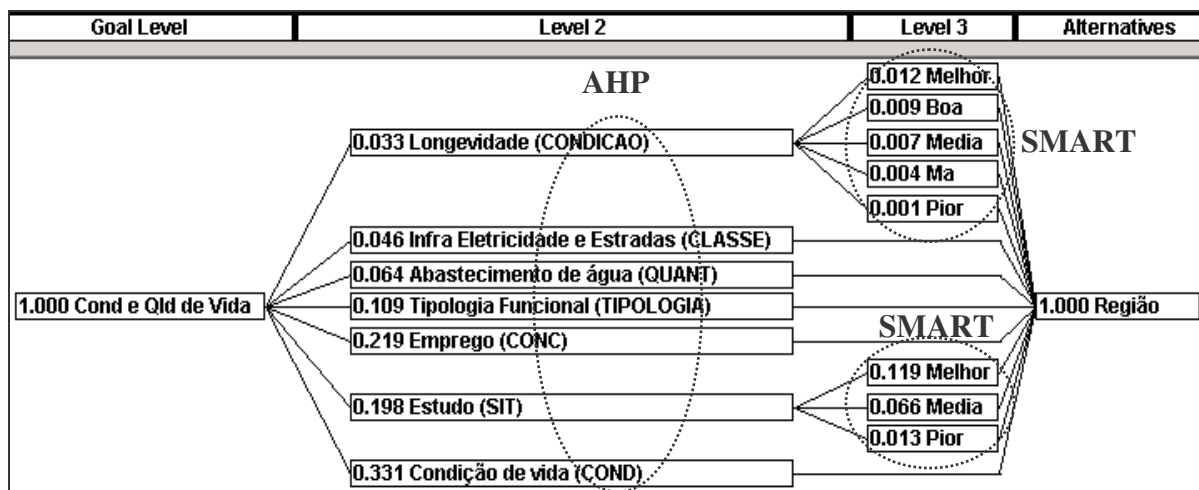


Figura 4.2. Diagrama hierárquico, com peso, para a 'Condições e Qualidade de Vida '

Quadro 4.20. Índices de comparação entre os critérios do diagrama hierárquico para o objetivo 'Condições e Qualidade de Vida' para o cálculo das prioridades desses critérios com a técnica AHP.

CRITÉRIO	Condição de vida	Emprego	Estudo	Tipologia funcional	Infra Eletr. e estradas	Abastec. água	Longevidade.
Condição de vida	1	1	4	3	8	4	6
Emprego		1	1	2	7	3	5
Estudo			1	4	5	3	4
Tipologia funcional				1	4	2	4
Infra Eletric. e estradas					1	1	3
Abastecimento de água						1	3
Longevidade							1

Quadro 4.21. Tabela hierárquica de prioridades do critério 'Condições e Qualidade de Vida'.

Objetivo	Ponderação	Prioridade	Critério	Ponderação	Prioridade	Sub critério
Condição e Qualidade de Vida	Pairwise	0.033	Longevidade	90	0.012	Melhor
				70	0.009	Boa
				50	0.007	Media
				30	0.004	Ma
				10	0.001	Pior
	Pairwise	0.046	Infra Eletricidade e Estradas			
	Pairwise	0.064	Abastecimento de água			
	Pairwise	0.109	Tipologia Funcional			
	Pairwise	0.219	Emprego			
	Pairwise	0.198	Estudo	90	0.119	Melhor
				50	0.066	Media
				10	0.013	Pior
	Pairwise	0.331	Condição de vida			

A Figura 4.3 apresenta o diagrama hierárquico da 'Eficiência Econômica' com os valores calculado para as prioridades (que serão o *weight* dos *data links* na base de conhecimento), calculados com a técnica AHP para o *level 2* dessa figura. A ponderação dos subcritérios

alocados no *Level 3* deu-se pela AHP tanto para os subcritérios pendurados em ‘Pesca’ e pela quanto para o sub critérios de ‘Vegetação e Uso do Solo’.

Os quadros 4.22, 4.23 e 4.24 apresentam os índices que originam a matrizes triangulares de critérios da AHP para o cálculo das prioridades apresentadas na **Figura 4.3**, o **Quadro 4.22** refere-se aos índices adotados na ponderação dos critérios para classificação da ‘Eficiência Econômica’, o **Quadro 4.23** demonstra os índices adotados na ponderação dos sub critérios para classificação de ‘Pesca’ e o **Quadro 4.24** expõe os índices adotados na ponderação dos sub critérios para classificação de ‘Vegetação e uso do solo’.

O **Quadro 4.25** relaciona os métodos de ponderação, as prioridades de cada critério e sub critério, os critérios e os sub critérios de análise da ‘Eficiência Econômica’. Quando a coluna ponderação é um valor numérico utilizou-se da técnica SMART, quando apresenta o valor “Pairwise” ou “PW” é porque foi utilizada a AHP.

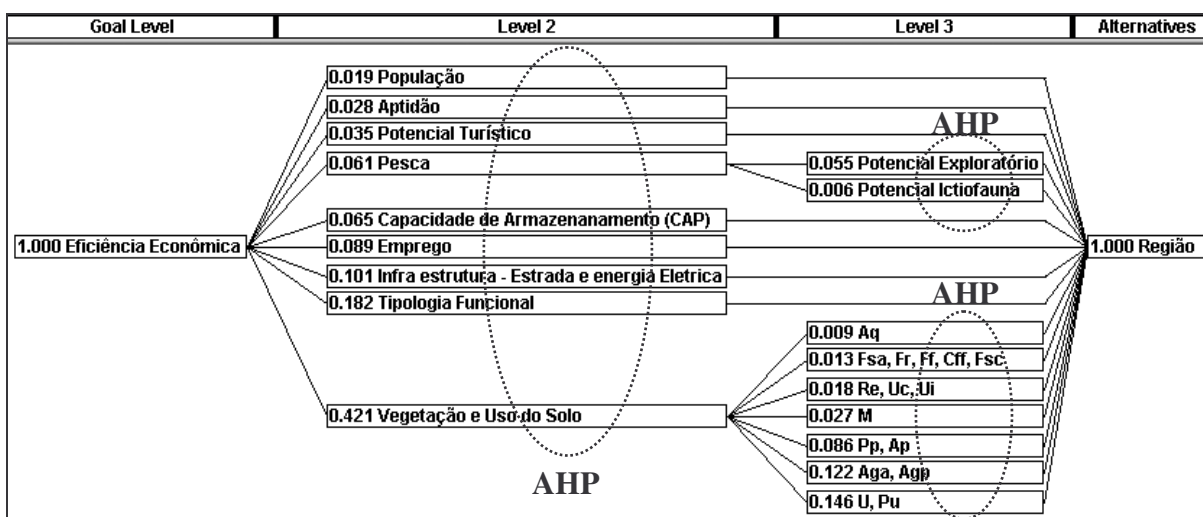


Figura 4.3. Diagrama hierárquico, com prioridades, para a 'Eficiência Econômica'.

Quadro 4.22. Índices de comparação entre os critérios do diagrama hierárquico para o objetivo ‘Eficiência Econômica’ para o cálculo das prioridades desses critérios com a técnica AHP.

CRITÉRIO	Veg. e uso solo	Tipol. func.	Eletric. e estr.	Emprego	Capacid. Armaz.	Pesca	Potenc. tur.	Aptd.	Popul.
Vegetação e uso do solo	1	1	9	9	9	9	9	9	9
Tipologia funcional	1	1	1	3	5	3	4	4	4
Infra Eletric. e estradas		1	1	1	3	1	2	4	8
Emprego			1	1	1	2	3	5	8
Capacidade de Armaz.				1	1	2	2	3	5
Pesca						1	3	3	4
Potencial turístico							1	1	3
Aptidão								1	2
População									1

**Quadro 4.23.** Índices de comparação entre os subcritérios diagrama hierárquico da ‘Eficiência Econômica’ para o critério ‘Pesca’ para o cálculo da prioridades desses sub critérios com a técnica AHP.

CRITÉRIO	Potencial Exploratório	Potencial Ictiofauna
Potencial Exploratório	1	9
Potencial Ictiofauna		1

**Quadro 4.24.** Índices de comparação entre os subcritérios diagrama hierárquico da ‘Eficiência Econômica’ para o critério ‘Vegetação e uso do solo’ para o cálculo da prioridades desses sub critérios com a técnica AHP.

CRITÉRIO	U, Pu	Agp, Aga	Ap, Pp	M	Re, Uc, Ui	Fsa, Fr, Ff, Cff, Fsc	Aq
U, Pu	1	2	4	6	5	5	9
Agp, Aga		1	3	5	9	9	9
Ap, Pp			1	7	7	8	9
M				1	2	3	5
Re, Uc, Ui					1	3	2
Fsa, Fr, Ff, Cff, Fsc						1	2
Aq							1

**Quadro 4.25.** Tabela hierárquica de prioridades do critério 'Eficiência Econômica'.

Objetivo	Ponderação	Priorid.	Crítérios	Ponderação	Priorid.	Sub critérios
Eficiência Econômica	PW	0.019	População			
	PW	0.028	Aptidão			
	PW	0.035	Potencial Turístico			
	PW	0.061	Pesca	PW	0.055	Pot. Exploratório
				PW	0.006	Pot. Ictiofauna
	PW	0.065	Capacid. Armazenamento			
	PW	0.089	Emprego			
	PW	0.101	Infra-estrutura - Estrada e energia Elétrica			
	PW	0.182	Tipologia Funcional			
	Pairwise (PW)	0.421	Vegetação e Uso do Solo	PW	0.009	Aq
				PW	0.013	Fsa, Fr, Ff, Cff, Fsc
				PW	0.018	Re, Uc, Ui
				PW	0.027	M
				PW	0.086	Pp, Ap
				PW	0.122	Aga, Agp
				PW	0.146	U, Pu

A **Figura 4.4** apresenta o diagrama hierárquico da ‘Aptidão Agrícola’ com os valor calculado para as prioridades (que serão o *weight* dos *data links* na base de conhecimento), calculados com a técnica SMART.

O **Quadro 4.26** relaciona os métodos de ponderação, as prioridades de cada critério e sub critério, os critérios e os sub critérios de análise da ‘Aptidão Agrícola’. O campo **Ponderação**

refere-se ao valor adotado na técnica SMART e a coluna **Prioridade** traz os resultados após a ponderação dos valores iniciais inseridos na coluna **Ponderação**.

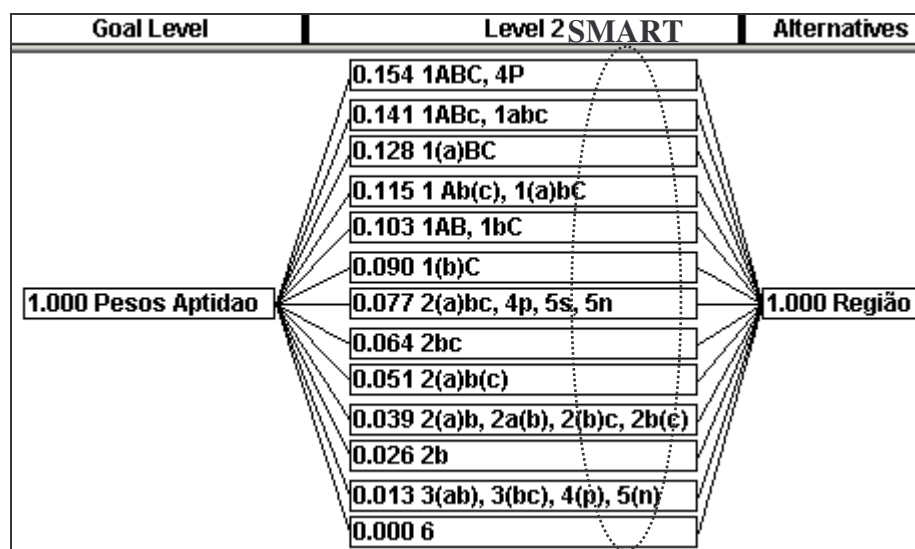


Figura 4.4. Diagrama hierárquico, com prioridades, para o cálculo das prioridades dos sub critérios de do critério 'Aptidão' para 'Eficiência econômica'.

Quadro 4.26. Pesos e Prioridades do sub critério 'Aptidão agrícola' para 'Eficiência econômica'.

Objetivo	Ponderação	Prioridade	Sub critérios	Ponderação	Prioridade	Sub critérios
Pesos Aptidão	100	0.154	1ABC, 4P	41.7	0.064	2bc
	91.7	0.141	1ABc, 1abc	33.4	0.051	2(a)b(c)
	83.4	0.128	1(a)BC	25.1	0.039	2(a)b, 2a(b), 2(b)c, 2b(c)
	75.1	0.115	1 Ab(c), 1(a)bC	16.8	0.026	2b
	66.8	0.103	1AB, 1bC	8.5	0.013	3(ab), 3(bc), 4(p), 5(n)
	58.5	0.09	1(b)C	0	0	6
	50	0.077	2(a)bc, 4p, 5s, 5n	-	-	-

O critério para determinar a importância de cada nível de aptidão agrícola do solo foi definido a partir da legenda do mapa temático 'Aptidão Agrícola', transcrita no **Quadro 4.19**. A partir dessa estabeleceu-se uma escala linear de ponderação em que os níveis mais qualificados encontram-se com valor 100 e o menos com valor 0.

A **Figura 4.5** apresenta o diagrama hierárquico da 'Qualidade Ambiental' com os valores calculado para as prioridades (que serão o *weight* dos *data links* na base de conhecimento), calculados com a técnica AHP para os itens do *level 2* quanto do *Level 3* desta figura.

Os quadros **4.27** e **4.28** apresentam os índices que originam a matrizes triangulares de critérios da AHP para o cálculo das prioridades apresentadas na **Figura 4.5**, o **Quadro 4.27** refere-se aos índices adotados na ponderação dos critérios para classificação da 'Qualidade Ambiental', o **Quadro 4.28** demonstra os índices adotados na ponderação dos sub critérios

O **Quadro 4.29** relaciona os métodos de ponderação, as prioridades de cada critério e sub critério, os critérios e os sub critérios de análise da ‘Eficiência Econômica’. Ratifica-se que o valor “*Pairwise*” ou o “PW” na coluna **ponderação** indica a apropriação técnica AHP para a ponderação dos critérios/subcritérios.



CRITÉRIO	Veg e uso do solo	Turismo	Cap. Armazenamento	População	Mineração
Vegetação e uso do solo	1	3	9	9	9
Turismo		1	5	5	7
Cap. Armazenamento			1	2	1
População				1	4
Mineração					1

[illegible]

**Quadro 4.29. Pesos e prioridades do critério 'Qualidade Ambiental'.**

Objetivo	Técnica	Pesos	Nível 1	Técnica	Pesos	Nível 2
Qualidade Ambiental	Pairwise	0.267	Turismo			
	Pairwise	0.042	Mineração			
	Pairwise	0.552	Vegetação e uso do solo	Pairwise	0.012	U, Pu
				Pairwise	0.013	Aq
				Pairwise	0.014	M
				Pairwise	0.026	Agp, Aga
				Pairwise	0.028	Ap, Pp
				Pairwise	0.059	Ui
				Pairwise	0.059	Uc
				Pairwise	0.091	Re
				Pairwise	0.123	Fsc
				Pairwise	0.127	Fsa, Fr, Ff, Cff
	Pairwise	0.068	Capacidade de armazenamento			
	Pairwise	0.072	População			

Os pesos calculados acima foram os utilizados na avaliação desse estudo. Não se entrou em detalhes da ponderação elaborada por essa ter sido executada com o intuito de fornecer dados ao estudo de caso. Mesmo que essa ponderação siga um linha de raciocínio coerente e mantenha a consistência na técnica AHP não terá validade se for ausente a presença de uma equipe de pesquisadores e atores locais para fornecer os subsídios necessários ao processo e acompanhes os testes para validar os pesos. É nesse caso que se encontra essa ponderação.

Ressalta-se que os índices, pesos, critérios e sub critérios apresentados nos quadros **4.20**, **4.21**, **4.22**, **4.23**, **4.24**, **4.25**, **4.26**, **4.27**, **4.28** e **4.29** e nas figuras a que esses quadros se referem são valores experimentais, elaborados para serem adotados no estudo de caso em questão. Não houve consulta a um especialista, pois a intenção era criar o *framework*/ambiente que poderá ser alterado a qualquer momento, inclusive os pesos, os critérios e sub critérios, de acordo com a opinião de especialistas.

#### **4.6. Construção da base de conhecimento no NetWeaver**

Para a construção da base de conhecimento optou-se pelo mesmo desenho do modelo hierárquico a desenvolvido no CDP. Assim, a base de conhecimento irá adquirir o mesmo desenho do diagrama hierárquico do CDP. A seguir, tem-se os elementos desenvolvidos no *NetWeaver*.

##### **4.6.1. Data Links simples (Simple Data Link) e/ou de cálculo (Calculated Data Link)**

Os *Data Links* criados na base de conhecimento correspondem aos critérios ponderados no CDP. Para os subcritérios de 'Aptidão agrícola' e de 'Vegetação e uso do solo' não se criou

*Data Links*, optou-se por se adicionar um campo (coluna) à tabela desses temas e inserir os pesos calculados. Os *Data Links* Criados com argumentos *fuzzy* encontram-se no **Quadro 4.30**. Com argumento booleano (*Crisp*) tem-se os *Data Links* ‘Potencial Explo Pesca’ e ‘Potencial Ictiofauna’, que são do tipo “Switch Data Link” e estão ilustrados após a **Figura 4.7e**, mais adiante no texto.

Em continuidade à metodologia apresentada no **Capítulo 3**, a avaliação criada foi a *Sustentabilidade Ambiental* (conforme **Quadro 4.4**), no qual estão contidos os grupos de análise: *Condição e Qualidade de Vida*; *Qualidade Ambiental e Eficiência Econômica* cujos *Data Links* associados encontram-se nas figuras **4.7b**, **4.7c**, e **4.7d**, respectivamente. Abaixo tem-se a rede de dependência desenvolvida para o projeto, a **Figura 4.7** está dividida em cinco partes para melhor distribuição e legibilidade: **Figura 4.7a**, **4.7b**, **4.7c**, **4.7d** e **4.7e**.

A ‘Sustentabilidade ambiental’, segundo os critérios do ZSEE é calculada somando-se ponderadamente os valores das redes descritas na **Figura 4.7**, como se observa nas três hipóteses de determinação do valor da Sustentabilidade (**Quadro 4.4**). Para este estudo elaborou-se uma avaliação para cada uma das 3 hipóteses apresentadas nas equações **4.1**, **4.2** e **4.3** e uma quarta avaliação que reunisse os melhores resultados das três hipóteses. A elaboração e a execução dessa quarta análise deve-se ao descrito como critério para se adotar cada uma das três hipóteses, ou seja, se o meio ambiente tiver maior peso será considerado a hipótese 1, se a eficiência econômica tiver maior relevância, a hipótese 2 e se for uma área intermediária, a hipótese 3, como se vê no **Tópico 4.2**. Com isso chegou-se à conclusão da necessidade de se elaborar uma análise que retorne o melhor resultado das três hipóteses, a representação gráfica dessa encontra-se na imagem à direita na **Figura 4.7a**. A imagem à esquerda dessa figura ilustra a rede adotada para as hipóteses 01 (H01), 02 (H02) e 03 (H03).

Dentre os operadores *fuzzy* disponíveis no *NetWeaver* o que atende ao exposto supra para operar os *Data Links* e os grupos das hipóteses 1, 2 e 3 é o Union (U) por realizar uma soma ponderada dos valores assumidos pelos critérios como expresso na equação **4.4**, abaixo. O operadores AND e OR não satisfazem à metodologia por: AND retornar o resultado baseado na função *Fuzzy Mínimo* e OR retornar, sempre, o melhor valor (*Fuzzy máximo*), como demonstrado em MILLER & SAUNDERS (2002a). A quarta análise acima citada, que agrupa as hipóteses 1, 2 e 3 foi elaborada com o operador OR em vez do operador UNION devido ao OR retornar a melhor resultado das três hipóteses.

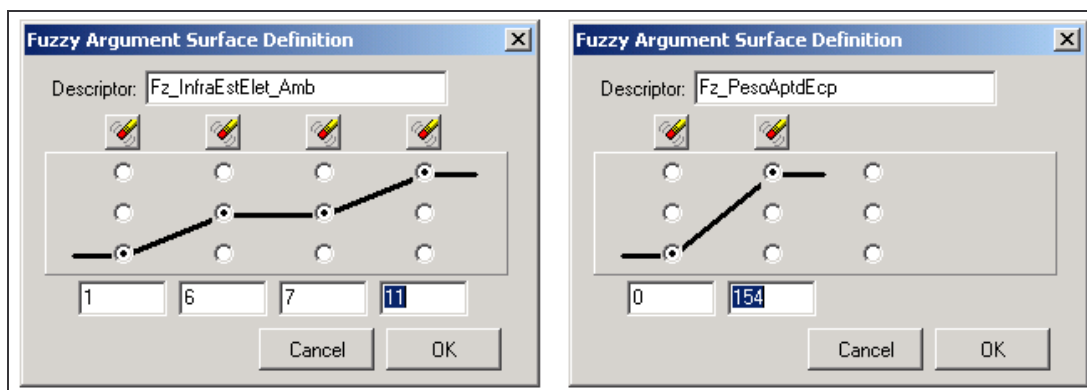
$$\text{Valor total} = \sum_{i=1}^{i=n} \text{valor}_i \times \text{peso}_i \Bigg/ \sum_i \text{pesos} \quad (\text{Eq. 4.4})$$

**Quadro 4.30. Data Links com argumento fuzzy.**

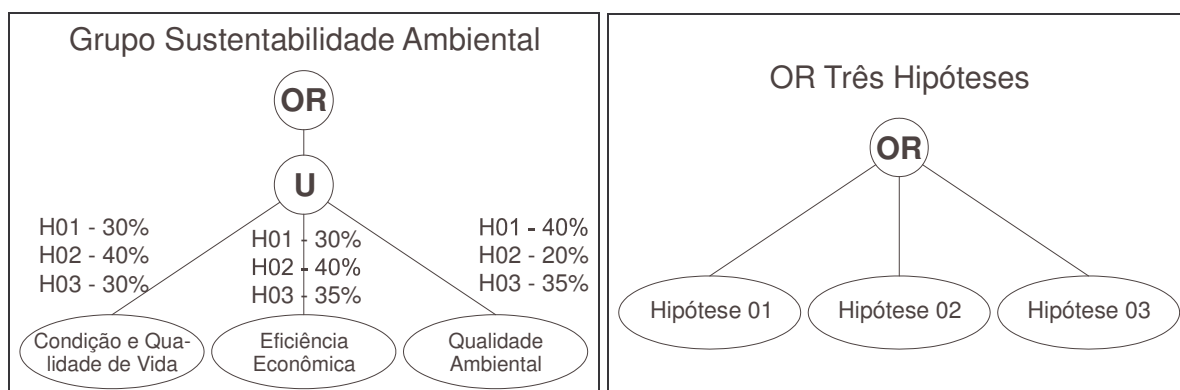
Data Link <sup>(1)</sup>	Alias	Tipo	Argumento Fuzzy	Curva Fuzzy <sup>(2)</sup>			
				F	V	-	-
Abastecimento de água	QUANT	<input checked="" type="checkbox"/> Simples <input type="checkbox"/> Calc	Fz_AbastecimentoAgua	1	5	-	-
Cap Armazenamento	CAP	<input checked="" type="checkbox"/> Simples <input type="checkbox"/> Calc	Fz_CapArmaz_Amb	0	1	8	-
			Fz_CapArmaz_Econ	0	1	8	-
Condicao Vida	COND	<input checked="" type="checkbox"/> Simples <input type="checkbox"/> Calc	Fz_CondVida	1	5	-	-
Distritos Mineiros	PMINER	<input checked="" type="checkbox"/> Simples <input type="checkbox"/> Calc	Fz_DistMin_Amb	1	10	-	-
Emprego	CONC	<input checked="" type="checkbox"/> Simples <input type="checkbox"/> Calc	Fz_emplo	1	3	5	-
Estudo	PESTUDO	<input checked="" type="checkbox"/> Simples <input type="checkbox"/> Calc	Fz_Estudo	2	9	-	-
Infra Estr e Energia	CLASSE01	<input checked="" type="checkbox"/> Simples <input type="checkbox"/> Calc	Fz_InfraEstElet_Amb	1	6	7	11
			Fz_InfraEstElet_Econ	1	6	7	11
Longevidade	PLONGEV	<input checked="" type="checkbox"/> Simples <input type="checkbox"/> Calc	Fz_Long	1	10	-	-
PesoAptdEco <sup>(3)</sup>	PESOAPTD	<input checked="" type="checkbox"/> Simples <input type="checkbox"/> Calc	Fz_PesoAptdEco	0	154	-	-
VegUsoSolo Eco <sup>(3)</sup>	PVGECO	<input checked="" type="checkbox"/> Simples <input type="checkbox"/> Calc	Fz_VegusoSoloEco	9	146-	-	-
VegUsoSolo_Amb <sup>(3)</sup>	PVGAMB	<input checked="" type="checkbox"/> Simples <input type="checkbox"/> Calc	Fz_VegUsoAmb	13	127	-	-
Populacao <sup>(4)</sup>	POPULACAO	<input checked="" type="checkbox"/> Simples <input type="checkbox"/> Calc	Fz_populaca_Econ	5k	20k	100k	-
			Fz_populacao_Amb	5k	20k	100k	-
Potencial Turistico	POTENCIAL	<input checked="" type="checkbox"/> Simples <input type="checkbox"/> Calc	Fz_Turismo	0	1	4	-
Tipologia Funcional	TIPOLOGIA	<input checked="" type="checkbox"/> Simples <input type="checkbox"/> Calc	Fz_TipologiaFunc_Amb	0	1	8	-
			Fz_TipologiaFunc_Eco <sup>(5)</sup>	0	1	8	-
CalcAptidao	-	<input type="checkbox"/> Simples <input checked="" type="checkbox"/> Calc	Fz_Aptidao_Eco	0	154	-	-
CalcPesca	-	<input type="checkbox"/> Simples <input checked="" type="checkbox"/> Calc	Fz_Pesca	10	42	-	-

Obs.: (1) Os **Data Link** não correspondem, necessariamente aos mapas temáticos, haja visto que o banco de dados de um mapa temático pode fornecer diversas informações. (2) Na coluna **Curva Fuzzy**: **F** - Falso; **I** - Indeterminado e **V** - Verdade. (3) Os pesos assumidos para 'VegUsoSolo Eco', 'VegUsoSolo\_Amb', 'CalcAptidao', 'Potencial Explo Pesca' e 'Potencial Ictiofauna' foram 1000 vezes maior que o calculado no CDP, porém, essa alteração é corrigida na curva fuzzy de tratamento do dado, como se pode observar os valores limite de 'CalcAptidao' são '0' e '154' ao invés de '0' e '0.154', os de 'CalcPesca' são '10' e '42', em vez de 0.010 e 0.042 porque ao se trabalhar com o arquivo *dbf* esse estava assumindo o valor 0.010 com 10, o 0.042 como 0.42 e assim por diante. O mesmo aplica-se aos outros Data Links citados. (4) Os valores 5k, 20k e 100k correspondem a 5.000, 20.000 e 100.000, respectivamente. Estão assim anotados devido à largura da coluna. (5) Essa curva é adotada tanto na Rede 'Eficiência Econômica', quanto na Rede "Condições e Qualidade de Vida".

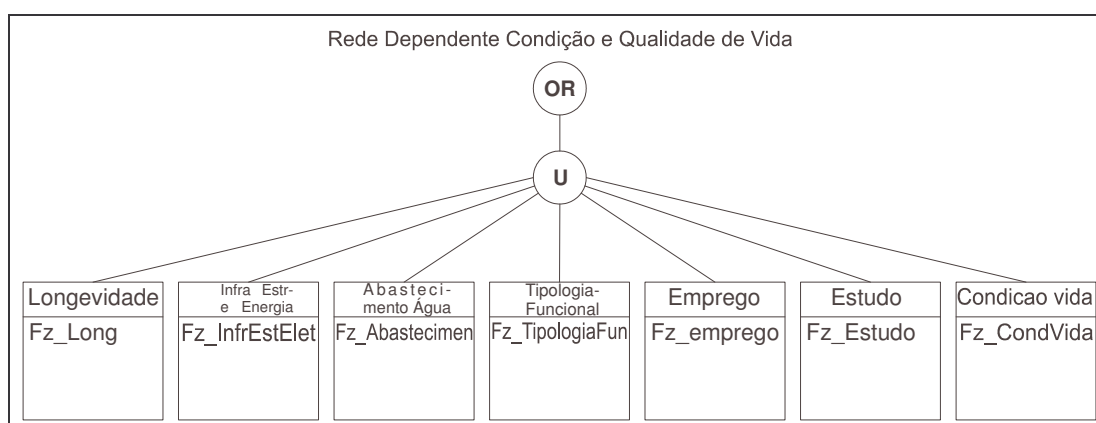
A **Figura 4.6** mostra a interface gráfica (janela de tela) do NetWeaver para inserir a curva *fuzzy*. Nessa ilustração encontra-se a curva do argumento fuzzy *Fz\_InfraEstElet\_Amb* à esquerda e do argumento *Fz\_PesoAptdEco* à direita. Para todos *Data Links* citados no **Quadro 4.30**, acima, foi desenvolvida um curva *fuzzy* similar ao demonstrado nessa figura com os valores do campo *curva fuzzy* respectivo, não se considerando necessário a exibição de uma figura para cada *curva fuzzy*, visto o entendimento necessário dar-se nesta, que segue.



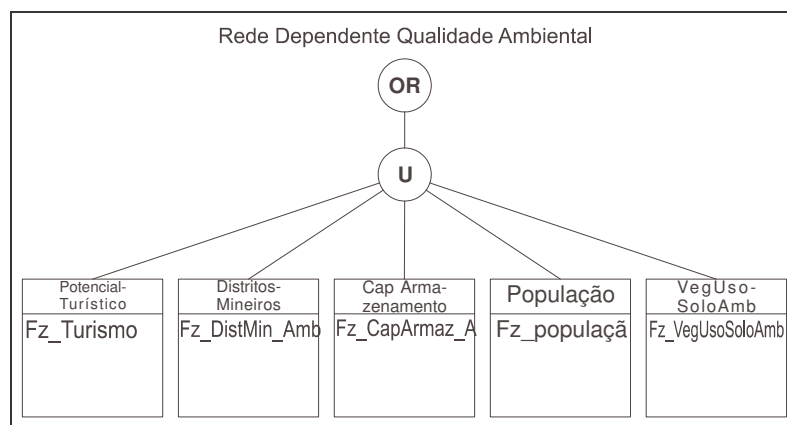
**Figura 4.6.** Curvas do argumentos fuzzy *Fz\_InfraEstElet\_Amb* (à esquerda) e *Fz\_PesoAptdEco* (à direita).



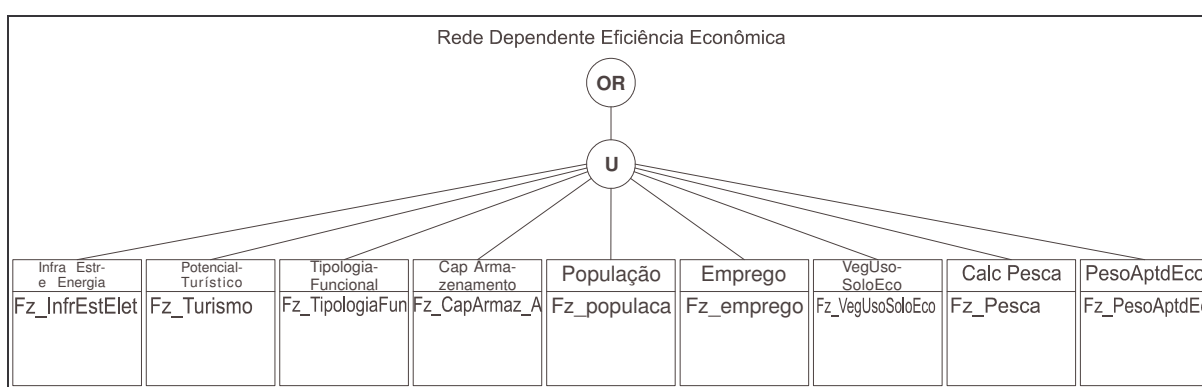
**Figura 4.7a.** Rede de dependência para o cálculo da Sustentabilidade ambiental - 1/5 (Redes dependentes)



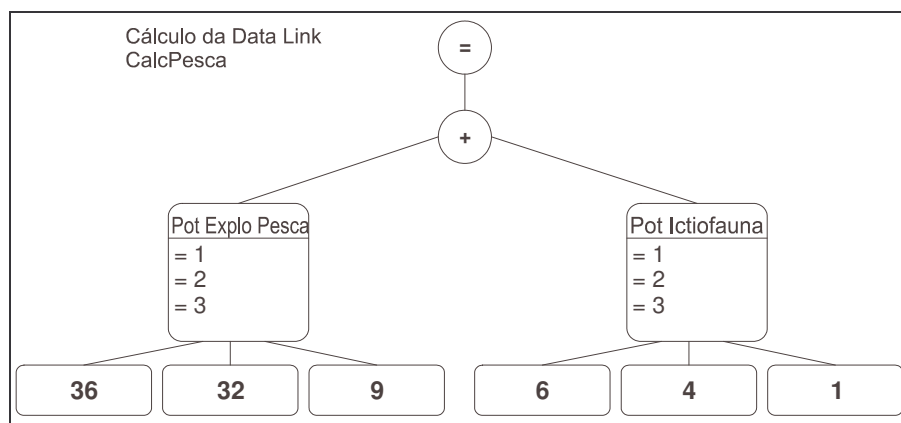
**Figura 4.7b.** Rede de dependência para o cálculo da Sustentabilidade ambiental - 2/5 (Rede dependente Condições e Qualidade de Vida)



**Figura 4.7c.** Rede de dependência para o cálculo da Sustentabilidade ambiental - 3/5 (Rede dependente Qualidade Ambiental)

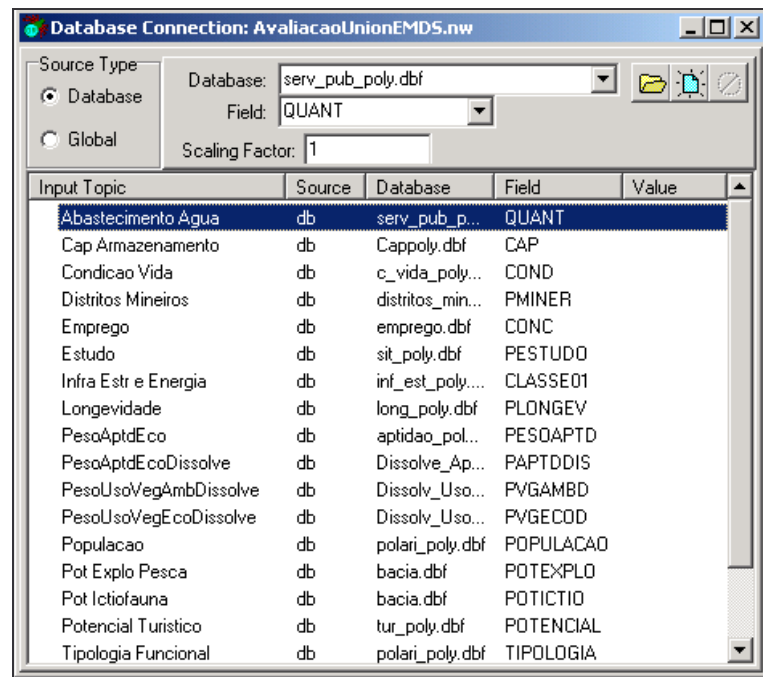


**Figura 4.7d.** Rede de dependência para o cálculo da Sustentabilidade ambiental - 4/5 (Rede dependente Eficiência Econômica)



**Figura 4.7e.** Rede de dependência para o cálculo da Sustentabilidade ambiental - 5/5 (Switch Nodes pendurados no Calculated Data Link 'CalcPesca' da rede dependente 'Eficiência Econômica').

A ligação dos *Data Links* do *NetWeaver* com os mapas temáticos segue conforme indicado no **Quadro 4.5** e ilustrado na **Figura 4.8**. Feito isso e salvo o documento, a base de conhecimento está pronta para ser aplicada na álgebra no ambiente *ArcGis* com o uso da aplicação *EMDS*.



**Figura 4.8.** Interface gráfica do NetWeaver de conexão dos *data links* com o banco de dados de origem dos dados.

#### 4.6.2. Avaliação ambiental utilizando-se dos resultados obtidos no CDP e da árvore desenhada no NetWeaver com uso da extensão EMDS no ArcGis

Com a conclusão da fase de elaboração da base de conhecimento no *NetWeaver* torna-se viável a execução da avaliação com o EMDS. Para isso é necessário habilitar a extensão *EMDS* no ArcGis, inserir os mapas temáticos e carregar a base de conhecimento gerada para a elaboração das análises pertinentes, tanto em forma de mapas, quanto tabulares.

A execução de uma avaliação no EMDS é iniciada a partir de um arquivo do ArcGis, desse o EMDS cria um arquivo novo, fechando o que se encontra aberto. Nessa fase é indiferente se os mapas temáticos que fazem parte da avaliação já estão inseridos ou não no ArcGis, caso já estejam inseridos eles farão parte do novo arquivo gerado, caso não o estejam o basta o usuário inseri-los no arquivo criado.

Para habilitar o EMDS aciona-se o menu *Tools|Extensions* que ativa o menu *pop up Extensions* e nesse se habilita o EMDS, como visto na **Figura 4.9**, que à esquerda exibe o menu *Tools|Extensions* e à direita o menu *Extensions* com já com o EMDS habilitado. A ativação do EMDS pode ser feita antes de se inserir os mapas temáticos ou depois de os inserir, sendo válido o mencionado acima.

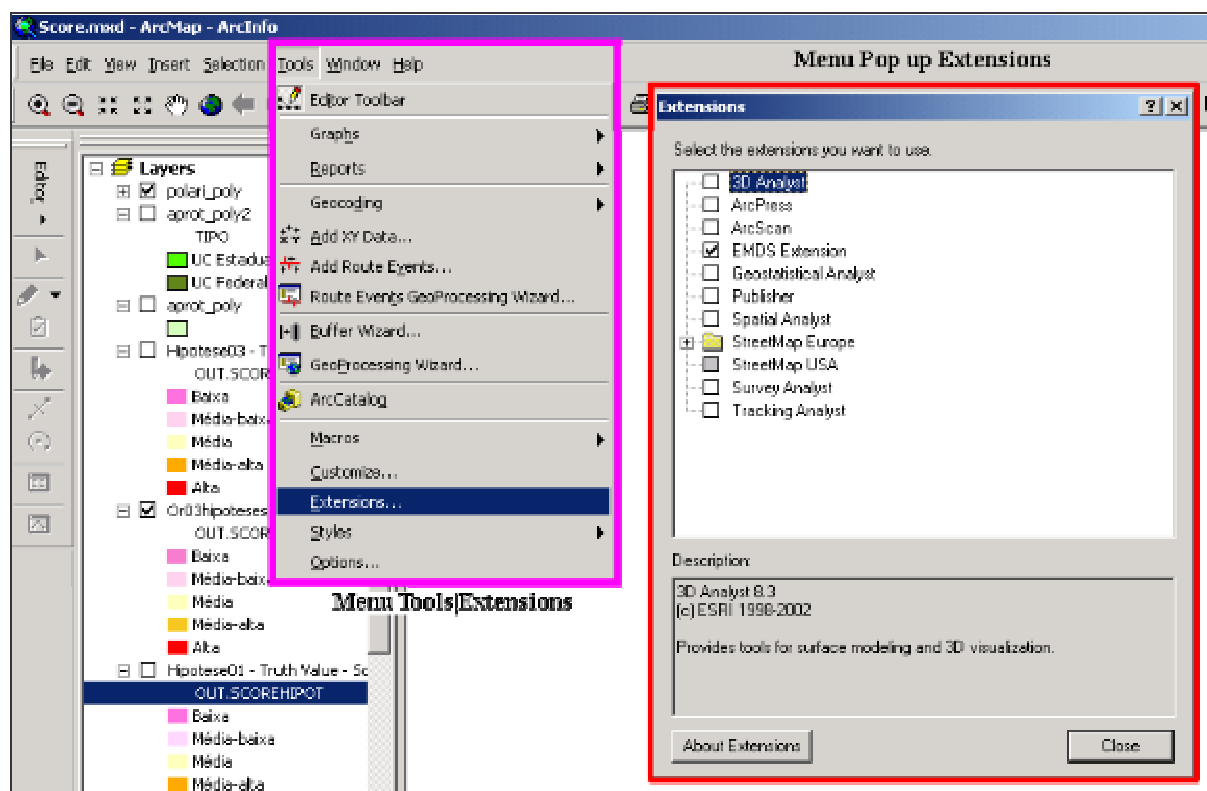


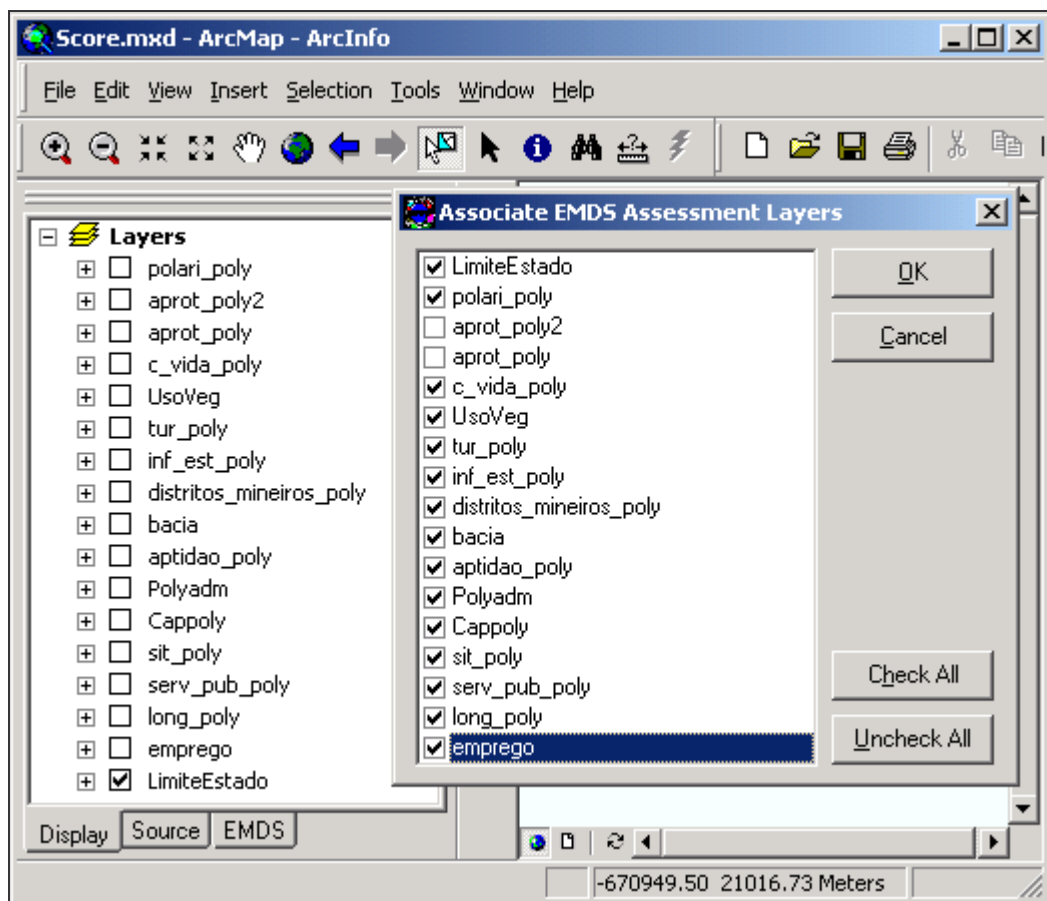
Figura 4.9. Habilitando a extensão EMDS no ArcGis 8.3.

Assim, tendo-se ativo o EMDS e adicionado os mapas temáticos, listados abaixo e vistos na **Figura 4.10** (em segundo plano), cumpre-se os procedimentos pertinentes ao EMDS para a execução da avaliação, descritos no **Tópico 4.1.5**.

Mapas temáticos tomados como necessários a este estudo de caso. Um total de 17 mapas:

- i) os listados no **Quadro 4.5** - polari\_poly, c\_vida\_poly, UsoVeg, tur\_poly, inf\_est\_poly, distritos\_mineiros\_poly, bacia, aptidao\_poly, Polyadm, Cappoly, sit\_poly, long\_ploy, emprego. Totalizando 14 mapas.
- ii) *LimiteEstado.shp* - criado a partir de *Polyadm.shp* para ser a área de estudo, no caso, todo Estado do Mato Grosso;
- iii) *Area\_prot.shp* –corresponde às poligonais das Terras Indígenas
- iv) *Area\_prot2.shp* - poligonais da unidades de conservação estaduais e federais,

Os mapas *Area\_prot.shp* e *Area\_prot2.shp* não farão parte da avaliação do EMDS, eles serão sobrepostos ao resultado da avaliação, assim como estão no Mapa do Zoneamento apense ao **Anexo 1**. Portanto, esses mapas, não foram associados à avaliação, como visto na **Figura 4.10** (em primeiro plano), em que as caixas de seleção não estão acionadas.



**Figura 4.10.** Mapas temáticos adicionados no ArcGis 8.3 e Mapas temáticos que foram adicionados à avaliação no EMDS.

Após cumprir os passos descritos no **Tópico 4.1.5**, obteve-se o que consta na **Figura 4.11**, ou seja:

- i) Nome do Projeto - Score (inspirado no **Quadro 4.4**, em que se tem uma escala de pontuação para a Sustentabilidade);
- ii) Nome da avaliação (Assessment) - EstudoMatoGrosso;
- iii) Layers Associadas: visto na **Figura** Erro! A origem da referência não foi encontrada. e descritas acima, totalizando 17 mapas o necessário para dar suporte a este estudo de caso;
- iv) Área de estudo (Study Area) - mapa *LimiteEstado*. nesse caso a avaliação é para o estado todo, porém, caso se tenha áreas menores pode-se avaliá-las independentemente. Assim caso se queira avaliar um único município basta criar uma área de estudo referente á poligonal desse município e executar a avaliação, podendo-se assim proceder para qualquer área;
- v) Análise desenvolvida no NetWeaver (Analysis)- OrTresHipoteses. Or devido ao uso do operador *fuzzy* OR para permitir a visualização, em um único mapa, dos

melhores resultados das hipóteses mencionadas no tópico **4.2** e descritas segundo as equações **4.1**, **4.2** e **4.3**. Caso se utilizasse o operador AND ter-se-ia um mapa com os piores valores

Como se pode ver nesta figura, a análise *OrTresHipoteses* utiliza-se da base de conhecimento (Knowledge base) *AvaliaçãoUnionEMDS2.nw* que possui o grupo *AvaliaçãoOR03Hipoteses* na qual encontra-se pendurado o grupo *ScoreOR03Hipoteses*, que por sua vez, reúne os objetivos *ScoreHipotese01*, *ScoreHipotese02* e *ScoreHipotese03*. Esses três últimos grupos são avaliações referentes às hipótese apresentadas nas equações **4.1**, **4.2** e **4.3**, respectivamente.

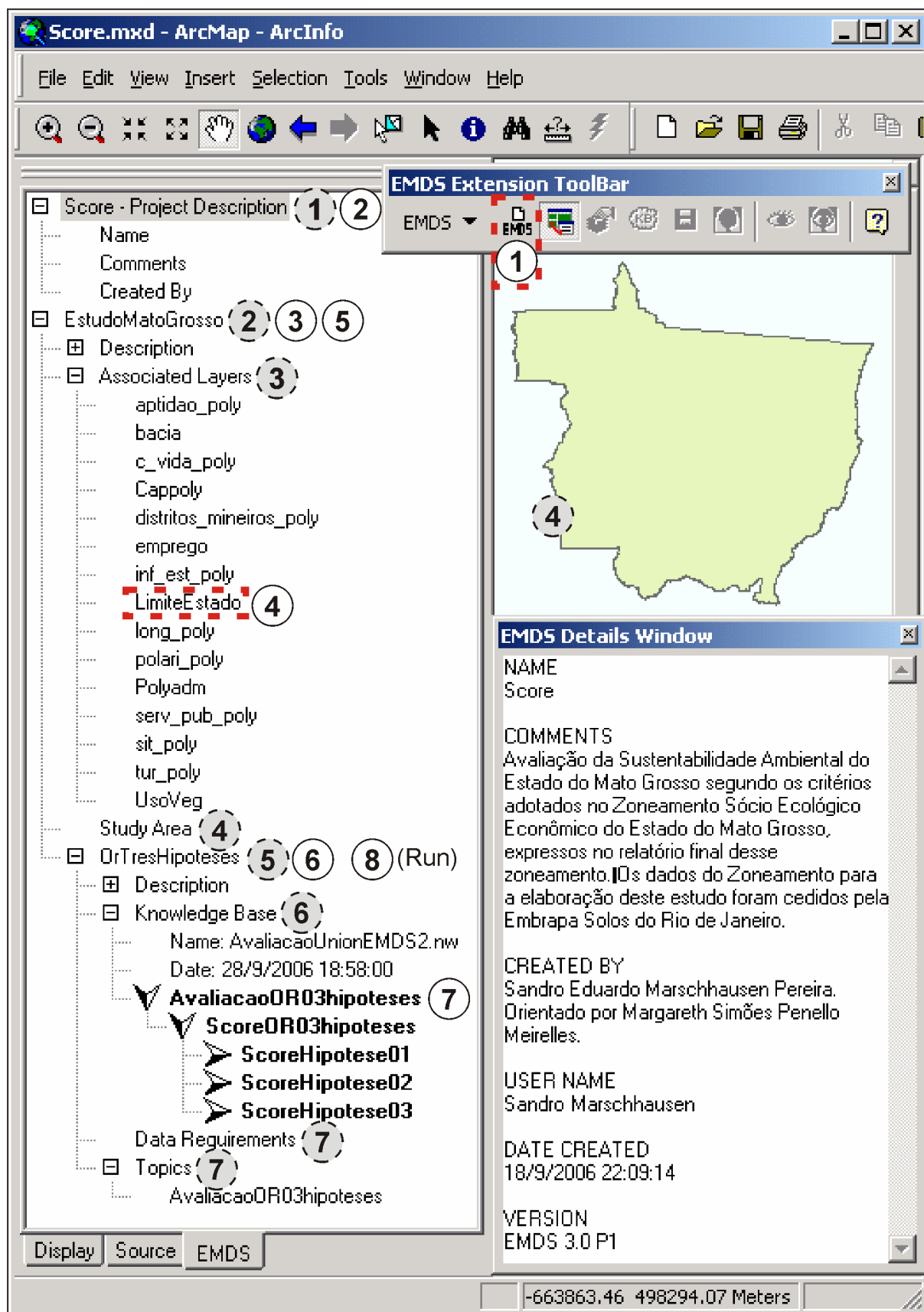
- vi) Dados requeridos (Data Requirements) - consta de uma tabela com a listagem de todos os mapas associados ao projeto com informação de se eles estão sendo lidos pelo EMDS ou não, essa tabela encontra-se na **Figura 12**, logo após a **Figura** Erro! A origem da referência não foi encontrada..
- vii) Tópico da base de conhecimento a ser avaliado (topic) - cada avaliação necessita que se adicione o tópico a ser analisado. Para esse estudo poder-se-ia criar as análises *ScoreHipotese01*, *ScoreHipotese02* e *ScoreHipotese03* separadamente dentro da avaliação “EstudoMatoGrosso”, porém, como se verá mais adiante, ao executar a análise *OrTresHipoteses* o EMDS disponibiliza os mapas de cada um dos grupos criados no NetWeaver que pertençam à rede eleita como o tópico de avaliação.

Essa característica permite que seja executada somente uma análise no computador que disponibilizará todas as análises que se preparou para este estudo de caso.

Com isso, basta executar a avaliação para se obter os resultados deste estudo de caso, que serão apresentados e discutidos no **Capítulo 5**.

**Explicação da Figura 4.11** - Os círculos com fundo branco e linha cheia referem-se ao local onde são executadas as ações e os círculos com fundo cinza e linha tracejada ao resultado da ação. A seguir, tem-se a descrição do que representa esses números dentro dos círculos:

**1** - criar o projeto; **2** - criar a avaliação; **3** - associar as *layer*; **4** - criar a área de estudo - para esse caso foi eleita como área de estudo o estado do mato grosso, mas, poderia ser qualquer figura geométrica contendo os dados da avaliação; **5** - criar a análise; **6** - carregar a base de conhecimento; **7** - criar o tópico e **8** - executar a análise.



Os círculos com fundo branco e linha cheia referem-se ao local onde são executadas as ações e os círculos com fundo cinza e linha tracejada ao resultado da ação. 1 - Criar o projeto. 2 - Criar a avaliação. 3 - Associar as layers. 4 - Criar a área de estudo - para esse caso foi eleita como área de estudo o Estado do Mato Grosso, mas, poderia ser qualquer figura geométrica contendo os dados para da avaliação. 5 - Criar a análise. 6 - Carregar a base de conhecimento. 7 - Criar o tópico. 8 - Executar a análise.

**Figura 4.11. Visão geral do Projeto desenvolvido no EMDS um instante antes de se executar (run) a análise com a base de conhecimento gerada no NetWeaver.**

EMDS Details Window			
KB Data Link	Field Name	Layer Name	Available
POTENCIAL TURISTICO	POTENCIAL	tur_poly	Yes
DISTRITOS MINEIROS	PMINER	distritos_mineiros_poly	Yes
CAP ARMAZENAMENTO	CAP	Cappoly	Yes
POPULACAO	POPULACAO	polari_poly	Yes
VEGUSOSOLO_AMB	PVGAMB	UsoVeg	Yes
INFRA ESTR E ENERGIA	CLASSE01	inf_est_poly	Yes
TIPOLOGIA FUNCIONAL	TIPOLOGIA	Polyadm	Yes
EMPREGO	CONC	emprego	Yes
VEGUSOSOLO ECO	PVGECO	UsoVeg	Yes
POT EXPLO PESCA	POTEXPLO	bacia	Yes
POT ICTIOFAUNA	POTICTIO	bacia	Yes
PESQAPTECO	PESQAPTD	aptidao_poly	Yes
LONGEVIDADE	PLONGEV	long_poly	Yes
ABASTECIMENTO AGUA	QUANT	serv_pub_poly	Yes
ESTUDO	PESTUDO	sit_poly	Yes
CONDICAO VIDA	COND	c_vida_poly	Yes

Figura 4.12. Disponibilidade dos dados necessários à avaliação.

#### 4.7. Resultado das avaliações

Neste capítulo apresentou-se uma rápida contextualização do que é o Zoneamento Sócio Ecológico Econômico, objeto deste estudo de caso, e a aplicação da metodologia discutida no **Capítulo 3**, sendo demonstrado

- i) os métodos utilizados em sua elaboração;
- ii) os procedimentos adotados na avaliação da metodologia apresentada no relatório final do ZSEE-MT - onde se determinou os indicadores e estrutura da rede de avaliação adotados;
- iii) os dados disponibilizados pela Embrapa Solos que foram utilizados na pesquisa - que são os mapas temáticos gerados no ZSEE-MT e os bancos de dados desses, necessários ao processamento da avaliação pelo EMDS com o uso da base de conhecimento gerada no NetWeaver e
- iv) os procedimentos em cada programa (CDP, NetWeaver, EMDS, ArcGis) para o desenvolvimento da pesquisa;

Com o apresentado neste capítulo, tendo-se como suporte o embasamento teórico discutido no **Capítulo 2** e a metodologia explícita no **Capítulo 3**, torna-se possível a reprodução deste estudo na íntegra, dentro do que propõe a metodologia científica, reproduzindo-se os mesmos resultados a serem apresentados e discutidos no **Capítulo 5**.

## Capítulo 5 - Resultados alcançados

<sup>91</sup> *E, como o ar chuvoso no retorno  
do último raio, ao termo da procela,  
de suas diversas cores veste o adorno,*  
(ALIGHIERI, p. 166)

O objetivo desta dissertação é avaliar o uso das ferramentas computacionais do tipo Sistema de Suporte à Decisão e aplicação da técnica de Análise Multicritério para subsidiar o planejamento territorial. Para tanto, a metodologia proposta foi testada no Zoneamento Sócio Ecológico Econômico do Estado do Mato Grosso (ZSEE-MT).

Convém ressaltar que para se ter um resultado coerente com a realidade as avaliações implementadas através da apropriação de atributos e de ponderações entre esses devem ser realizadas por uma equipe de especialistas, como visto no **Capítulo 2** e ratificado nos capítulos 3 e 4.

Este trabalho objetiva propor um ambiente que facilite a execução dessas avaliações, a realização de novas avaliações, a geração de cenários, e conseqüentemente subsidiar a execução de um Zoneamento Ecológico Econômica (ZEE), sem, no entanto, preocupar-se com a realização de um ZEE, propriamente dito. Não houve o intuito de duplicar o resultado do Zoneamento Sócio Ecológico Econômico do Estado do Mato Grosso, nem mesmo houve a preocupação de se realizar o ZSEE-MT, mas utilizá-lo como exemplificação.

Este estudo restringiu-se a identificar a metodologia proposta nos quadros 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4 e nas equações 4.1, 4.2 e 4.3 (apresentados no **Tópico 4.2 do Capítulo 4**) e aplicá-la como estudo de caso. Inclusive, abdicou-se da apropriação do elemento de análise adotado no zoneamento que é a unidade sócio ecológica econômica (USEE), essa é uma região em que se considera uniforme a distribuição espacial das características sócio-ecológicas-econômicas em seu território. A equipe do ZSEE-MT identificou 94 USEE no estado, tendo realizado uma avaliação independente para cada uma, no entanto, não se teve acesso a esta informação.

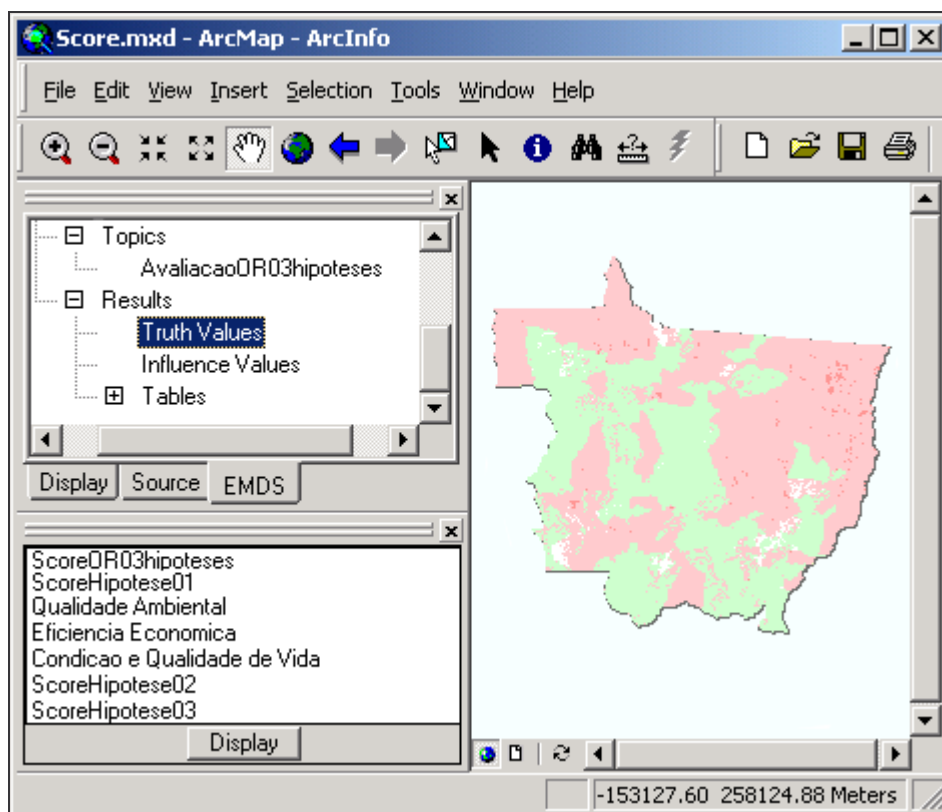
Em vista disso, neste estudo, optou-se pela integração de dados espaciais através do uso de análise multicritério em um sistema de suporte à decisão espacial, uma base de conhecimento e um SIG. Conjunto compreendido pelos programas: *i)* CDP; *ii)* Netweaver; *iii)* EMDS e *iv)* ArcGis.

A definição dos critérios/indicadores adotados neste estudo baseia-se nos quadros 4.1, 4.2, 4.3, utilizando-se os dados fornecidos pela Embrapa Solos do Rio de Janeiro, cuja análise encontra-se no **Tópico 4.3 do Capítulo 4**. A partir dessa análise obteve-se os parâmetros para

o fornecimento e seleção das funções *fuzzy* dos *Data Links* apresentadas no **Quadro 4.30** e ilustradas (para dois *Data Links*) na **Figura 4.6** Desse modo, será apresentado nesse capítulo os resultados obtidos na avaliação desenvolvida no **Capítulo 4** e a interpretação das informações geradas a partir do que se propôs na base metodológica desta dissertação.

### 5.1. Resultados da avaliação no EMDS

A avaliação gerada no EMDS, a partir da base de conhecimento elaborada no *NetWeaver*, fornece, de início, os resultados apresentados na **Figura 5.1**, abaixo.



**Figura 5.1.** Resultados do EMDS (Results - Truth Values) para a avaliação OrTresHipoteses.

Nessa figura é apresentado.

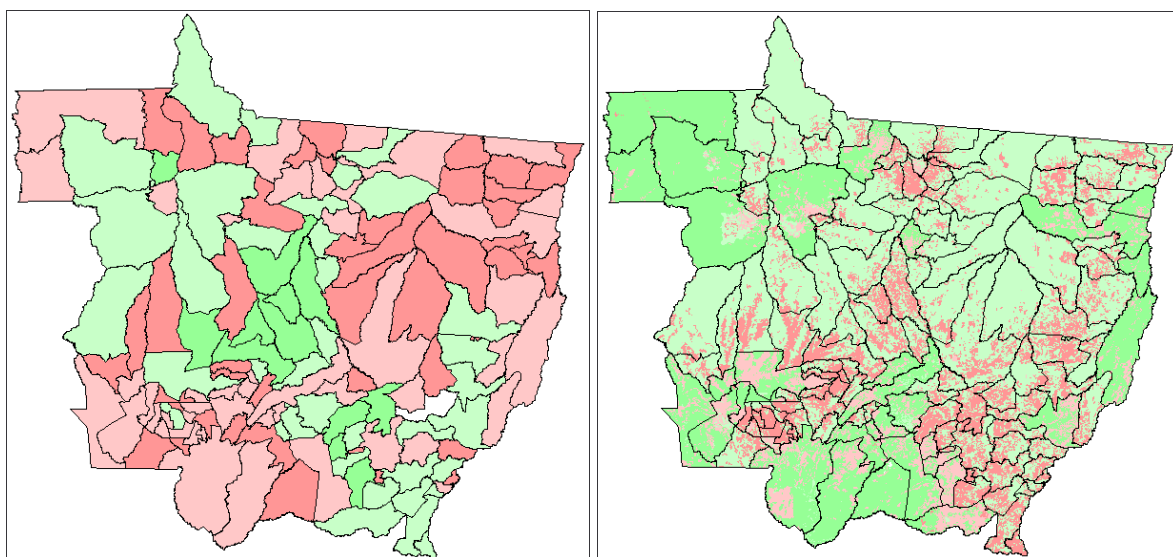
1. Painel do EMDS<sup>5.5</sup> – nesse constam os itens:
  - a. Topics – contém a avaliação executada e
  - b. Results – disponibiliza acesso aos resultados: *i*) não tabulares: *Truth values* – permite acessar mapas disponibilizados. Na **Figura 5.1**, a Janela de Detalhes do EMDS está exibindo todos os mapas que foram gerados e *Influence values* – viabiliza a leitura dos gráficos gerados na avaliação e *ii*) tabulares: apresenta

<sup>5.5</sup> Ver **Figura 3.11** – Interface gráfica do programa EMDS.

as tabelas com os valores numéricos da avaliação, como os apresentados no **Quadro 5.1**. Os valores tabulares que o EMDS disponibiliza são: *i*) tabela com valores de entrada (Input Table); *ii*) tabela de marcadores (Flag Table); *iii*) tabela com os valores de entrada (Output Table); *iv*) tabela com os valores das influências dos grupos de avaliação no resultado (Influence Table); *v*) tabela com o posicionamento dos grupos na rede de conhecimento (Rank Table) e *vi*) tabela sumário dos valores das influências (Influence Summary Table).

2. Janela de detalhes do EMDS – apresenta a lista de mapas que o EMDS e poderá gerar quando pressionado o botão *Display*.
3. Área de trabalho do ArcGis – exibe o mapa resultante da avaliação *ScoreOR03hipoteses*, que consta na lista apresentada na Janela de detalhes do EMDS.

A **Figura 5.2** exibe os mapas do grupo “Condições e Qualidade de Vida” e “Qualidade Ambiental”. Ambos os mapas foram obtidos pressionando-se o botão *Display* (**Figura 5.1**) após a seleção dessas opções. As cores presentes nessa figura e no mapa da **Figura 5.1** são o padrão de legenda do EMDS, que se encontra na **Figura 5.3**.



**Figura 5.2.** Avaliação utilizando a rede de avaliação elaborada para o grupo Condições e Qualidade de Vida, à esquerda e para o grupo Qualidade Ambiental, à direita.

Como se pode observar, na **Figura 5.3** e no **Quadro 5.1**, os valores calculados pelo EMDS variam de -1 a +1, o que era de se esperar devido ao *NetWeaver* gerar uma rede de dependência baseado em lógica *fuzzy*. Os valores adotados no ZSEE-MT, como demonstrado nos quadros **4.1**, **4.2**, **4.3** e, em especial, no **Quadro 4.4** (valores da sustentabilidade ambiental), encontram-se no intervalo [0, 10]. Portanto, as legendas propostas pelo EMDS

tiveram de ser alteradas para representarem as classes desse último quadro, ou seja, desenvolveu-se uma correspondência entre os intervalos  $[-1, +1]$  e  $[0, 10]$ .
















Legenda do EMDS			Legenda da avaliação da sustentabilidade		Legenda da áreas protegidas	
Sustentabilidade		Classe	Sustentabilidade	Classe	Categoria	
	0.000 - -1.000	No support		-1.000 - -0.400	Baixa	 U.C. Estadual
	0.000 - -0.510	Very low		-0.399 - 0.000	Média-baixa	 U.C. Federal
	0.000 - -0.010	Low		0.001 - 0.400	Média	 Terra Indígena
	0.000	Undetermined		0.401 - 0.800	Média-alta	
	0.000 - 0.500	Moderate		0.801 - 1.000	Alta	
	0.000 - 0.990	Strong				
	0.000 - 1.000	Full support				

Figura 5.3. Legendas dos mapas apresentados no capítulo 5.

Quadro 5.1. Vinte primeiros valores da análise OrTresHipoteses.

ID	OR Três hipótese	Cond Qual Vida	Qualid. Amb.	Efic. Econ.	Hipótese 1	Hipótese 2	Hipótese 3
1	0.130	0.307	0.360	-0.353	0.130	0.053	0.094
2	0.083	0.344	-0.608	0.167	-0.090	0.083	-0.051
3	0.075	0.344	-0.645	0.167	-0.105	0.075	-0.064
4	0.083	0.344	-0.608	0.167	-0.090	0.083	-0.051
5	0.062	0.344	-0.645	0.134	-0.115	0.062	-0.076
6	0.070	0.344	-0.608	0.134	-0.100	0.070	-0.063
7	0.075	0.344	-0.645	0.167	-0.105	0.075	-0.064
8	0.075	0.344	-0.645	0.167	-0.105	0.075	-0.064
9	0.101	0.344	-0.608	0.213	-0.076	0.101	-0.035
10	0.090	0.344	0.369	-0.535	0.090	-0.003	0.045
11	0.062	0.344	-0.645	0.134	-0.115	0.062	-0.076
12	0.132	0.307	0.360	-0.349	0.132	0.055	0.096
13	0.132	0.307	0.360	-0.349	0.132	0.055	0.096
14	0.083	0.344	-0.608	0.167	-0.090	0.083	-0.051
15	0.126	0.307	-0.617	0.316	-0.060	0.126	-0.013
16	0.132	0.307	0.360	-0.349	0.132	0.055	0.096
17	0.103	0.344	0.369	-0.494	0.103	0.014	0.060
18	0.062	0.344	-0.645	0.134	-0.115	0.062	-0.076
19	0.130	0.307	0.360	-0.353	0.130	0.053	0.094
20	0.126	0.307	-0.617	0.316	-0.060	0.126	-0.013

A transposição do intervalo  $[1, 10]$  para o  $[-1, +1]$  aconteceu segundo a formulação descrita na Equação 5.1 e na Tabela 5.1. Da Equação 5.1 conclui-se que 01 unidade da nota da sustentabilidade corresponde a 0,2 unidade da nota *fuzzy*, como apresentado na linha “Relação entre unidades” da Tabela 5.1.

Tabela 5.1. Cálculo da relação entre os valores adotados para o cálculo da sustentabilidade no Zoneamento Sócio Ecológico Econômico do Mato Grosso e os valores fuzzy do EMDS

	Intervalos	
	Sutentabilidade ZSEE-MT	Sustentabilidade EMDS
Valor mínimo	0	-1,00
Valor máximo	10	+1,00
Relação entre unidades	1	0,20

$$\frac{\text{Und. sustent.}}{\text{Intervalo sustent.}} = \frac{\text{Valor fuzzy}}{\text{Intervalo fuzzy}} \therefore \frac{1}{10-0} = \frac{x}{1-(-1)} \therefore \frac{1}{10} = \frac{x}{2} \therefore x = 0,20 \quad (\text{Eq.5.1})$$

A relação entre a nota fuzzy e a nota segundo o **Quadro 4.4** para cada unidade da classificação da sustentabilidade ambiental, bem como as classes de sustentabilidade é encontra-se no **Quadro 5.2**. O resultado calculado encontra-se, também, na **Figura 5.3**, sob o título de “Legenda da avaliação da sustentabilidade”.

**Quadro 5.2. Relação entre o intervalo fuzzy do EMDS e o intervalo de valores do cálculo da sustentabilidade ambiental do Zoneamento Sócio Ecológico Econômico do Estado do Mato Grosso.**

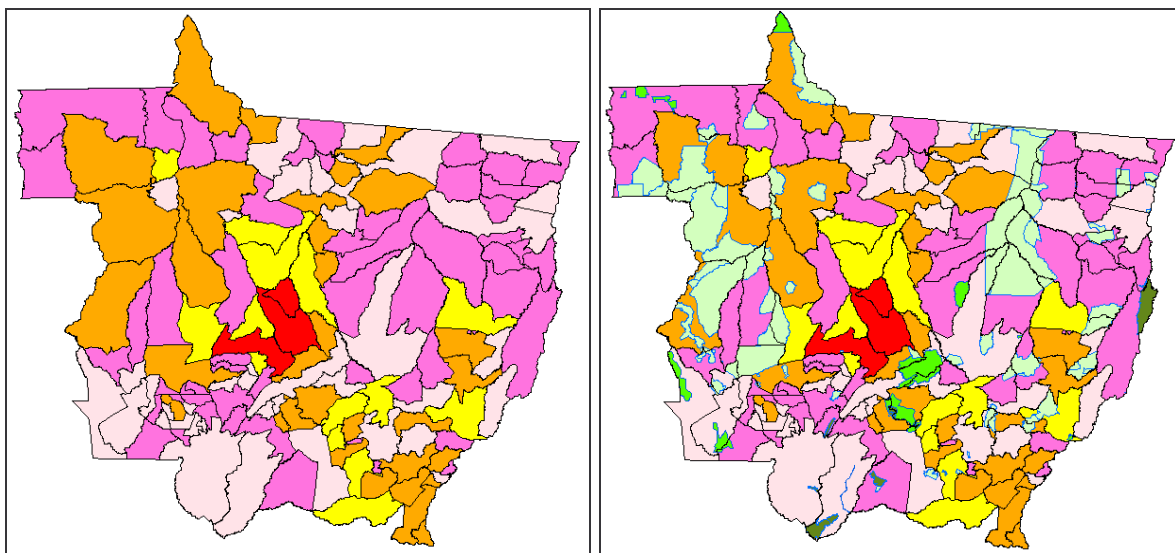
	Classe										
	Baixa				Média-baixa		Média		Média-alta		Alta
Sustentabilidade ZSEE-MT	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Intervalo Fuzzy do EMDS	-1,00	-0,80	-0,60	-0,40	-0,20	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00

Outro porém da avaliação são as áreas protegidas, que possuem legislação específica. Como é o caso das Unidades de Conservação (UC), regidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), implantado pela Lei Federal 9985/2000 e regulamentado pelo Decreto nº 4340/2002. Nesse caso verificou-se como melhor alternativa sobrepor as áreas protegidas sobre o resultado calculado. A legenda dessas áreas também se encontra na **Figura 5.3**, sob o título de “Legenda da áreas protegidas”.

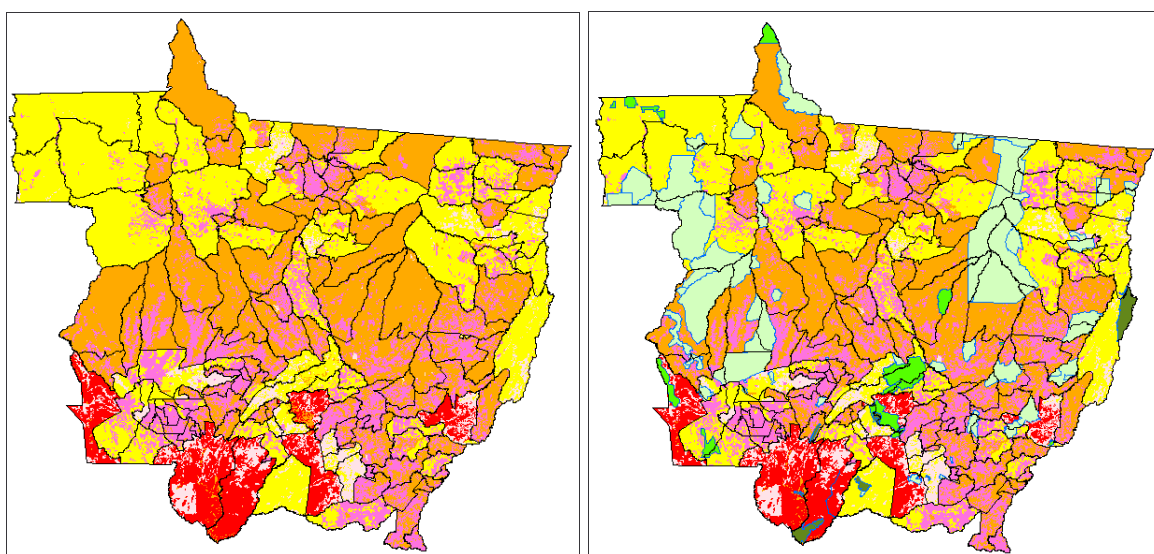
Dado o exposto, encontra-se da **Figura 5.4** à **Figura 5.10** os resultados das avaliações executadas com o uso do EMDS no ambiente ArcGis com o uso da base de conhecimento desenvolvida no *NetWeaver* com os pesos dos critérios definidos como o uso do Criterium Decision Plus.

As cores dessas figuras correspondem às da legenda da avaliação da sustentabilidade e à legenda das áreas protegidas. Em todas essas figuras a imagem da esquerda refere-se ao resultado da avaliação sem a sobreposição das áreas protegidas e a imagem da direita conta com essa sobreposição.

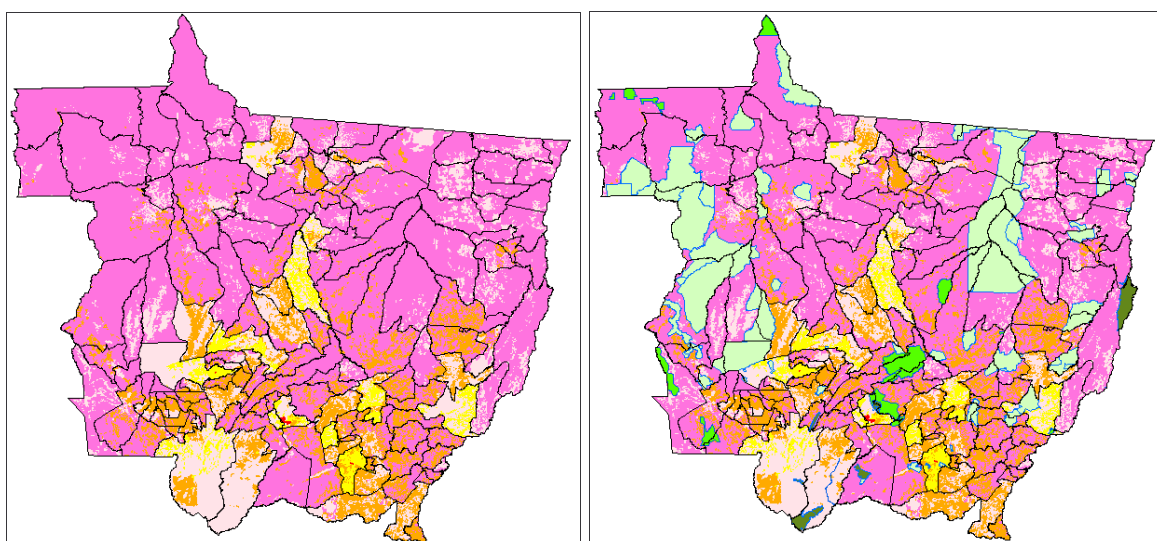
Na Figura 5.4 é apresentado o resultado da rede de dependência “Condições e qualidade de vida”, na Figura 5.5 da rede “Qualidade ambiental” e na Figura 5.6 da rede “Eficiência econômica”.



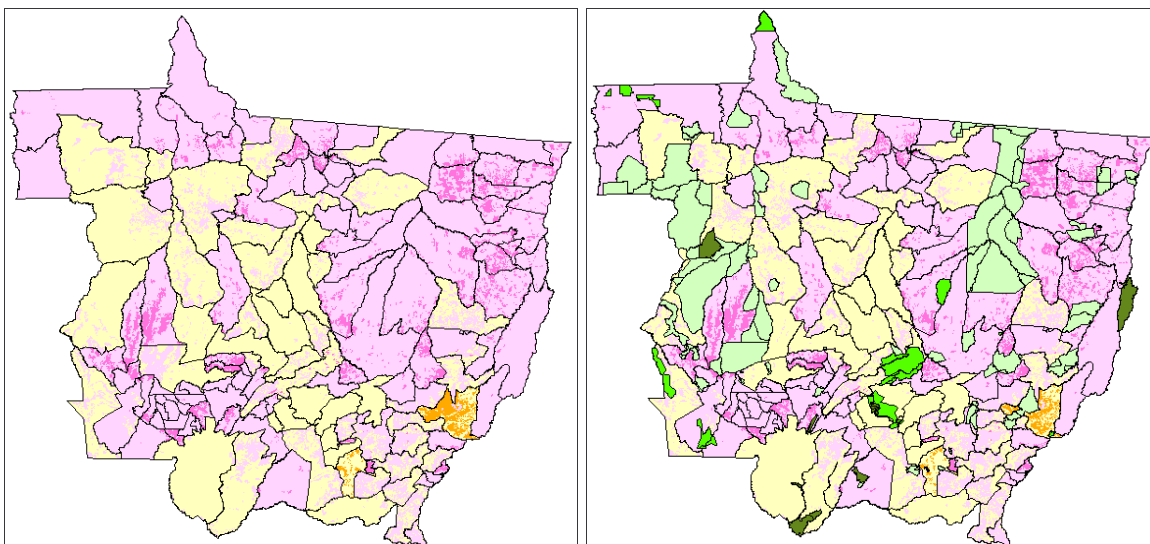
**Figura 5.4. Avaliação com a rede de avaliação elaborada para o grupo Condições e Qualidade de Vida.**



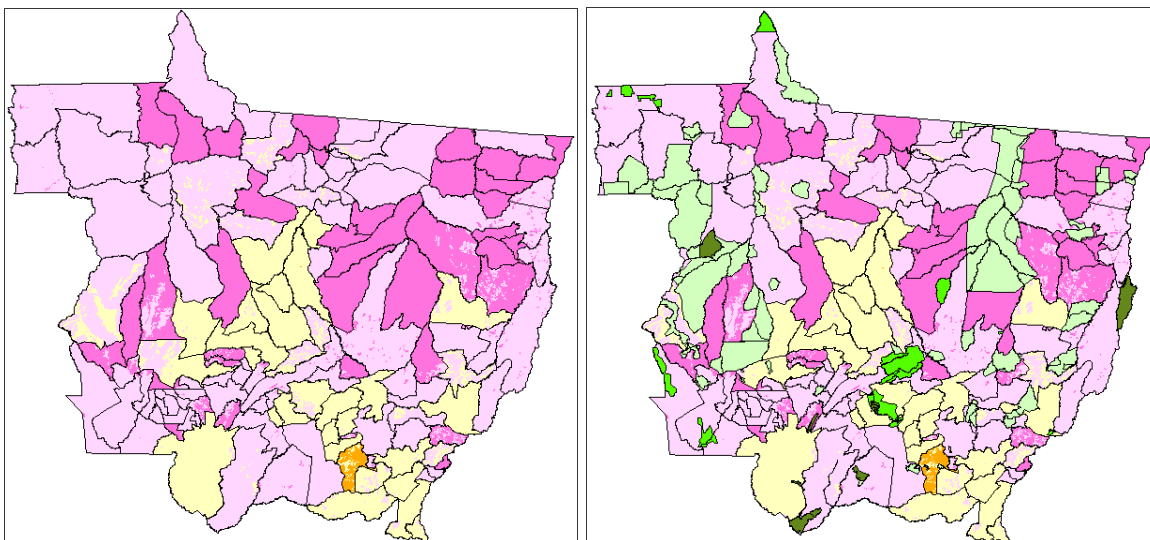
**Figura 5.5. Avaliação com a rede de avaliação elaborada para o grupo Qualidade Ambiental.**



**Figura 5.6. Avaliação com a rede de avaliação elaborada para o grupo Eficiência Econômica.**

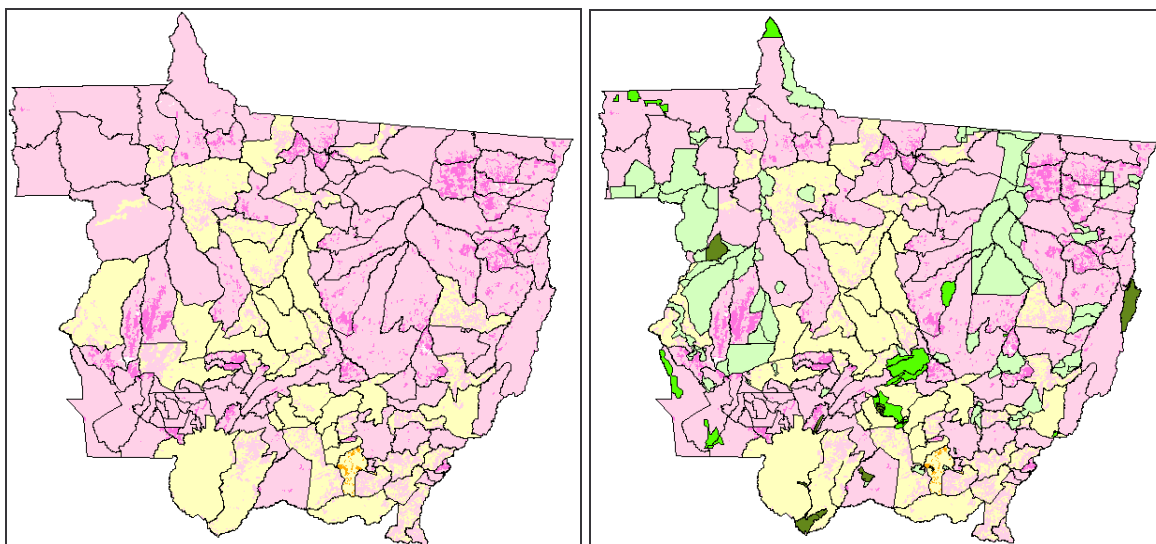


**Figura 5.7. Resultado da hipótese 01.**

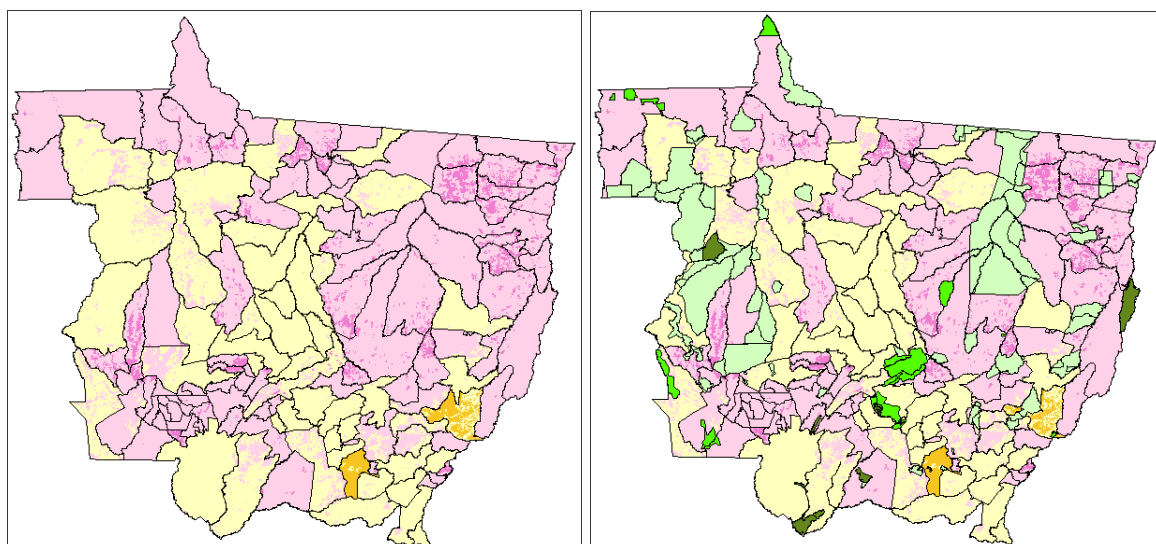


**Figura 5.8. Resultado da hipótese 02.**

Na Figuras 5.7, 5.8 e 5.9 são divulgados os resultados das hipóteses 01, 02 e 03. Como visto no tópico 4.2 na hipótese 01 considera-se o somatório de 40% da Qualidade Ambiental com 30% da Eficiência econômica e 30% da Qualidade de vida, na hipótese 02 o somatório de 20% da Qualidade Ambiental, 40% da Eficiência econômica e 40% da Qualidade de vida e na hipótese 03, 35% da Qualidade Ambiental com 35% da Eficiência econômica e 30% da Qualidade de vida. E, na **Figura 5.10** encontra-se o mapa com os melhores resultados das três hipóteses.



**Figura 5.9.** Resultado da hipótese 03.



**Figura 5.10.** Avaliação considerando-se os melhores valores de cada hipótese.

Lembra-se serem esses mapas a expressão espacial dos resultados numéricos da avaliação, que são apresentados parcialmente no **Quadro 5.1**. O total de polígonos gerados nesse processo foi 38.182 (trinta e oito mil cento e oitenta e dois). Esse número pode ser reduzido aplicando-se convenientemente as ferramentas disponibilizadas pelo ArcGis, agrupando, por exemplo, as regiões com mesma nota dentro de um município.

O EMDS disponibiliza, ao usuário, a informação dos fatores mais ou menos favoráveis para cada unidade territorial. Isso é possível através do *HotLink Browser*, uma ferramenta que acessa a base de conhecimento, após a execução da avaliação, e retorna tanto em forma de figura quanto em valores numéricos o resultado da avaliação para cada grupo e cada data link da região selecionada.

A **Figura 5.11** exhibe essa funcionalidade para a área destacada na parte inferior da figura.

Nesse exemplo adotou-se a rede de avaliação CQVd (Condições e Qualidade de Vida), vista na Janela que se encontra no centro e ao topo da figura. A janela “Condição e Qualidade de vida” corresponde ao grupo desse nome, tendo os *Data links* da avaliação ligados ao operador *fuzzy* Union (U), a outras janelas são os valores dos *Data Links* “Tipologia Funcional”, “Longevidade” e “Estudo” nos bancos de dados de origem.

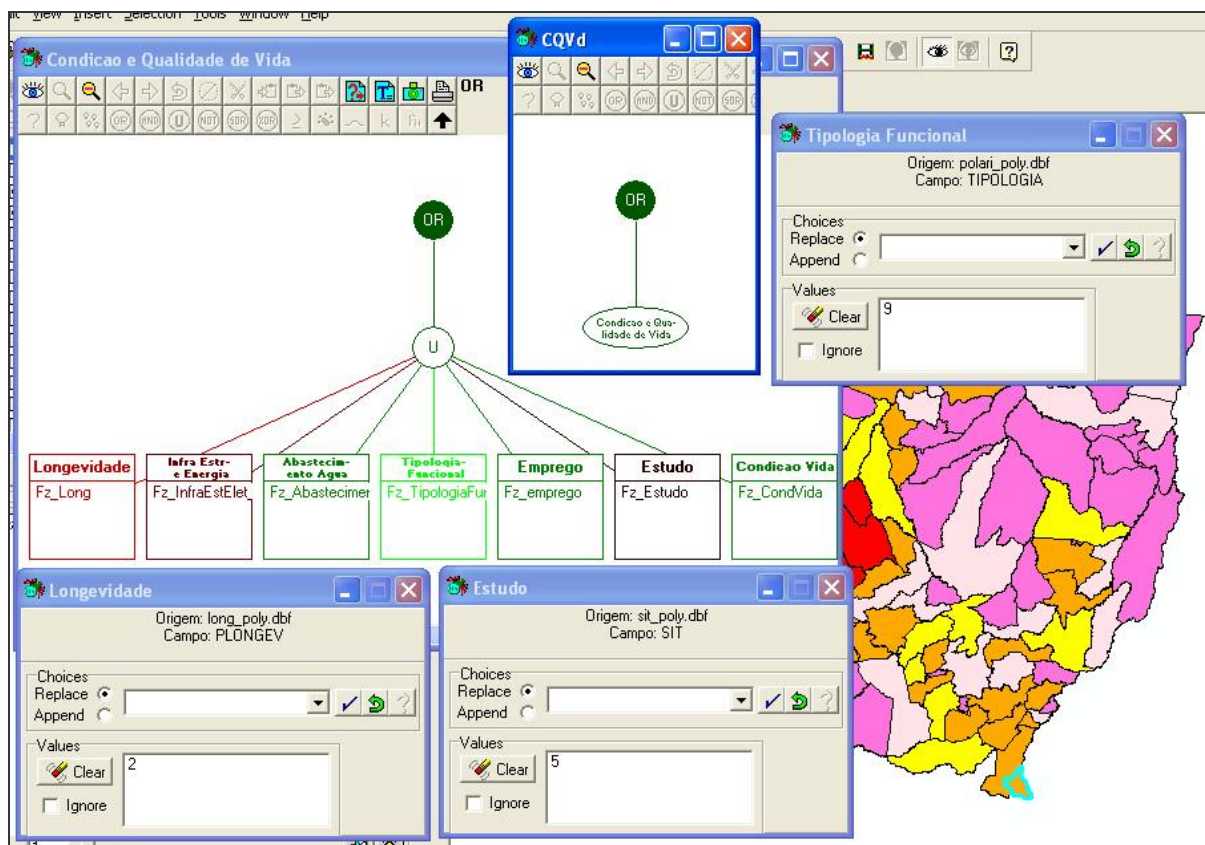
A legenda do mapa dessa figura é a da avaliação da sustentabilidade da **Figura 5.3**, o significado das cores dessa legenda difere do sentido das cores dos *Data Links* e dos Grupos. Nessa figura o *Data Link* vermelho é o que apresenta a contribuição para a avaliação com o valor -1, o *Data Link* preto com 0 (zero) e o *Data Link* verde claro com +1. Os pontos da curva *fuzzy* deste estudo de caso encontram-se no **Quadro 4.30** e o que vem a representar os valores de cada argumento é explicado do **Quadro 4.5** ao **4.19**.

Na **Figura 5.11**, ao se avaliar os valores dos *Data Links* “Tipologia Funcional”, “Longevidade” e “Estudo”, baseando-se no **Quadro 4.30** e do **Quadro 4.5** ao **4.19**, verifica-se:

- i) Tipologia Funcional - pelo **Quadro 4.5** esse indicador classifica os municípios de acordo com o grau de diversificação e de especialização das funções urbanas de seus centros urbanos e tem no **Quadro 4.16** o esclarecimento dos valores adotados, onde se lê que é 1 representa a cidade menos diversificado e especializado e 9 o mais diversificado e especializado. No **Quadro 4.30** lê-se que para esse *Data Link* utiliza-se a curva *fuzzy* *Fz\_TipologiaFunc\_Eco* tanto na rede dependente ‘Condições e Qualidade de Vida’ quanto na rede dependente ‘Eficiência Econômica’ e que essa curva retorna indeterminado para o valor 0, -1 para o valor 1 e +1 para os valores maiores ou iguais a 8. Como o valor lido na **Figura 5.11** é 9 o valor que o *Data Link* está retornando é +1, por isso, a cor é verde claro.
- ii) Longevidade - pelo **Quadro 4.5** esse indicador define as classes dos municípios de acordo com o índice de qualidade de vida (icv) e tem no **Quadro 4.11** o esclarecimento dos valores adotados, onde se lê que é 1 representa  $icv < 20\%$  e 10 o  $icv \geq 80\%$ , estando o icv dividido nas classes: a) pior; b) má; c) média; d) boa e e) melhor. No **Quadro 4.30** lê-se que para esse *Data Link* utiliza-se a curva *fuzzy* *Fz\_Long* e que essa curva retorna -1 para o valor 1 e +1 para o valor 10. Como o valor lido na **Figura 5.11** é 2 o valor que o *Data Link* está retornando é -0,80, por isso, a cor é vermelha. Cabe observar, neste tópico, que a adoção de um Sistema de Suporte à Decisão Espacial (SDSS) permite dispensar a adoção de classes para

classificar o indicador, podendo-se lançar mão do valor calculado, permitindo um melhor comparação entre regiões distintas.

- iii) Estudo - pelo **Quadro 4.5** esse indicador define as classes dos municípios de acordo a porcentagem de indivíduos com mais de 8 anos de estudo entre aqueles maiores de 25 anos e tem no **Quadro 4.7** o esclarecimento dos valores adotados, onde se lê que existem as situações (classes) melhor, média e pior, sendo os valores dessa classes, no banco de dados do Mapa temático, **9, 5 e 1**, respectivamente. No **Quadro 4.30** lê-se que para esse *Data Link* utiliza-se a curva fuzzy *Fz\_Long* e que essa curva retorna -1 para valores menores ou iguais a **2** e +1 para valor maiores ou iguais a **9**. Como o valor lido na **Figura 5.11** é **5** o valor que o *Data Link* está retornando é **0,00** (indeterminado), por isso, a cor é preta. Ressalta-se, para esse *Data Link*, a mesma observação que se fez para o *Data Link* Longevidade no tópico anterior.



**Figura 5.11.** Síntese metodológica de aplicação dos sistemas.

Como dito no decorrer da dissertação o elenco de critérios e as relações entre esses foram definidos unicamente pelo autor dessa dissertação, desse modo, a comparação dos resultados alcançados como a realidade, ou seja, a eleição de uma área de estudo para comparar a validade dos critérios não foi executada, pois faltou neste contexto a presença de uma equipe

formada por especialistas. Desse modo a execução do fluxo apresentado na **Figura 3.4** deu-se apenas uma vez, visto não ser coerente novas inferências como nessa figura propostas.

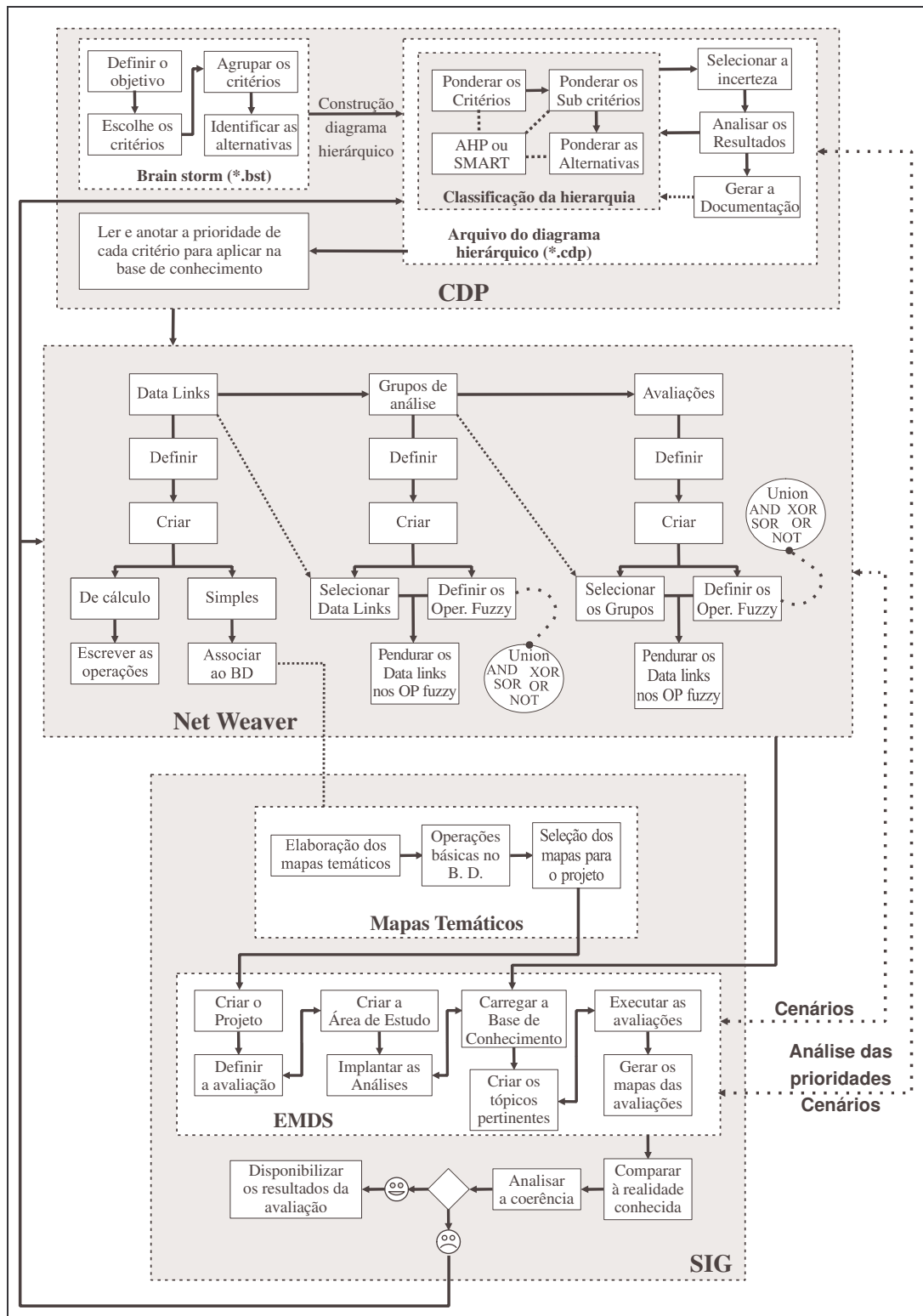
## **5.2. Considerações finais**

Pode-se afirmar que os objetivos propostos foram atendidos, como descrito abaixo:

1. a estrutura de trabalho (vista na **Figura 3.4**) desenvolvida para assistir ao ZEE e à geração de cenários com o uso integrado das ferramentas computacionais mostrou-se apropriada, fornecendo um ambiente que, uma vez montado, propicia a realização de múltiplas integrações temáticas, e geração de cenários e avaliações.
2. a apropriação do CDP possibilitou a aplicação da AHP satisfatoriamente ao estudo de caso na definição dos pesos e critérios de análise, permitindo, como apresentado nos capítulos **3** e **4** a análise da consistência das comparações entre os critérios com um peso mais coerente para esses na avaliação proposta;
3. a rede de dependência (base de conhecimento) desenvolvida atendeu como se esperava às integrações dos dados pertinentes ao estudo de caso. Com isso conseguiu-se os resultados vistos no **Tópico 5.1**.
4. com o descrito nos itens 1, 2 e 3 verificou-se ser possível o uso das ferramentas propostas nesta dissertação para auxiliar o diagnóstico e subsidiar a elaboração de Zoneamentos Ecológico-econômicos junto a uma base de conhecimento aplicada em um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Ressaltando-se que a apropriação de um Sistema de Suporte à Decisão (neste caso o CDP) para a verificação da importância, do peso, da nota de um critério no contexto da avaliação facilita o trabalho e reduz a necessidade de repetições nas integrações temática para adequar a forma de tratamento dos dados à realidade em estudo;
5. como os dados disponibilizados pela Embrapa Solos e as informações transmitidas no relatório final do ZSEE-MT foi possível a utilização desse como estudo de caso, porém, não foi possível a comparação dos resultados da avaliação sustentabilidade elaborada no ZSEE-MT com a obtida neste estudo por não se ter disponível o mapa com as unidades sócio-ecológico-econômicas (USEE) adotadas no zoneamento em questão.

Alcançados os objetivos específicos, que compreendem os quesitos necessários para se atingir

o **Objetivo Geral**<sup>5,6</sup>, admite-se que a metodologia proposta, sintetizada na **Figura 3.4** e abaixo reproduzida (**Figura 5.12**), presta-se como subsídio ao ordenamento territorial.



**Figura 5.12. Síntese metodológica de aplicação dos sistemas.**

<sup>5,6</sup> Propor uma metodologia para subsidiar o ordenamento territorial através da aplicação de técnicas de suporte à decisão e análise multicritério facilitando a geração de cenários e estimativas para a avaliação ambiental, planejamento territorial e ZEE.

## Referências bibliográficas

- AGUIAR, M. de J.N. et al. *Zoneamento pedoclimático para a cultura do cajueiro (Anacardium occidentale L.) no Nordeste do Brasil e Norte de Minas Gerais*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical / Recife: Embrapa-CNPS-ERP-NE, 2000. 30p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa, 27). Disponível em <[http://www.uep.cnps.embrapa.br/publicacoes/bp\\_27\\_zoneamentocajueiroNE.pdf](http://www.uep.cnps.embrapa.br/publicacoes/bp_27_zoneamentocajueiroNE.pdf)>. Acesso em 15 Ago 2006
- \_\_\_\_\_. et al. *Zoneamento pedoclimático para a cultura do cajueiro (Anacardium occidentale L.) no Estado da Bahia*. - Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; Recife: Embrapa Solos-UEP Recife, 2003. 32p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 13). Disponível em <[http://www.cnpat.embrapa.br/publica/pub/BolPesq/bd\\_13.pdf](http://www.cnpat.embrapa.br/publica/pub/BolPesq/bd_13.pdf)>. Acesso em 15 Ago 2006
- ALIGHIERI, D. (1265-1321). *A divina comédia. Purgatório*. São Paulo: Ed 34, 1998. 224p. 1 ed, v. 2. Traduzido por Italo Eugenio Mauro.
- ARAÚJO, P. H. de M. *Utilização de redes bayesianas na representação do conhecimento empírico*. DF: UCB. Programa de pós-graduação strictu sensu em informática, 2001.
- ARGENTO, M. S. F.; COSTA, D. T. de M. A. *Instrumentação Ambiental. Formulação de métodos e conceitos*. Rio de Janeiro, RJ: Publicação própria. 2004.
- BUENO, M. do C. D. *Utilização de Redes de Dependência e Lógica Nebulosa em Estudos de Avaliação Ambiental*. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro. UERJ. PPGECC, RJ, 2003. 121p.
- \_\_\_\_\_.; MEIRELLES, M. S. P.; COUTINHO, H. L. da C. *Utilização de Redes de Dependência para a Avaliação do Impacto Erosivo na Bacia do Alto Taquari*. In: IV Congresso Brasileiro da Sociedade Brasileira de Informática Aplicada à Agropecuária e à Agroindústria, v. 1. Porto Seguro, Bahia. 2003. p. 233-238.
- BRAGA, F. C.; NOGUEIRA, G. M. F.; GALVÃO, C. de O. *Modelagem da tomada de decisão com múltiplos participantes em gestão de recursos hídricos*. In XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa, PB, 2005.
- Brasil. MMA. *Programa de Zoneamento Ecológico-Econômico: diretrizes metodológicas para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil*. Brasília: MMA/SDS, 2001a. 110p.
- \_\_\_\_\_. *Zoneamento Ecológico-econômico do Baixo Rio Parnaíba. Relatório Preliminar: Fase de Diagnóstico*. Brasília, DF: Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. Consórcio ZEE Brasil. 2001b
- \_\_\_\_\_. *Cenários para o bioma Caatinga*. Brasília, DF: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Caatinga. 2004. Cd-Room
- CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1999. 1 ed. 236p.
- COSTA, T. C. e C. da et al. *Aplicação do método de análise multicritério (AMC/AHP/WLC) para indicação de terras potenciais para agricultura familiar*. In: COSTA, Thomaz Corrêa e Castro da; RAMOS, Doracy Pessoa; PEREIRA, Nilson Rendeiro; BACA, Jesus Mansilla; BUENO, Maria do Carmo D.; FRAGOSO, Elaine. *Terras potenciais para a agricultura familiar – uma abordagem metodológica*. Rio de Janeiro: INCRA, 2004-. cap. 1.

\_\_\_\_\_. et al. *Suporte a decisão para qualidade de terras para a agricultura familiar*. In Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 2005. p. 73-82

EASTMAN, J. R. Idrisi 3.2 - *Guide to GIS Image processing*. v. 2. Worcester, MA, USA: Clark Labs. Clark University. 1999.

ASSIS, D. S. et al. *Zoneamento Agroecológico de Microbacias da Costa do Descobrimento: Município de Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália, Bahia*. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2003.

EMBRAPA SOLOS. UEP. Página institucional. Disponível em < <http://www.uep.cnps.embrapa.br/>>. Acesso em 01 Nov 2006.

FALCETTA, M.; et al. *Bases técnicas e metodológicas do DSS e aplicações em outros países*. PROGES (Progetti di Sviluppo). in Seminário Projeto TAGUBAR (Tangencial Guanabara Bay Aeration and Recovery). 03/04/2006 – UERJ

GALVÃO, C. de O. & VALENÇA, M. J. S (Organizadores) et al. *Sistemas Inteligentes. Aplicações a Recursos Hídricos e Ciências Ambientais*. Porto Alegre, SC: Ed. Universidade / UFRGS / ABRH, 1999. Coleção ABRH de recursos hídricos; 7.

GUSTAFSSON, T. *A comparison of prime decisions with other tools for decision analysis*. Helsinki University of Technology: Systems Analysis Laboratory, 1999.

HÄMÄLÄINEN, R. P. *Value Tree Analysis*. Helsinki University of Technology: Systems Analysis Laboratory, 2002. Disponível em <[http://www.mcda.hut.fi/value\\_tree/theory/theory.pdf](http://www.mcda.hut.fi/value_tree/theory/theory.pdf)> . Acesso em 28/02/2006.

HENRIQUES, L. F. de C. *Sistema de suporte à decisão. Planejamento estratégico & CommonKADS*. Dissertação de Mestrado. Brasília: UCB, DF, 2001. 66p.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. de S. *Dicionário Houaiss da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Instituto Antonio Houaiss: Objetiva, 2001

MANZATTO, C. V.; COSTA, T. C. e C. da; MEIRELLES, M. P. S. *A agricultura familiar no Brasil*. In: COSTA, T. C. e C. da; RAMOS, D. P.; PEREIRA, N. R.; BACA, J. M.; BUENO, M. do C. D.; FRAGOSO, E. *Terras potenciais para a agricultura familiar – uma abordagem metodológica*. Rio de Janeiro: INCRA, 2004-. cap. 1.

MATO GROSSO (Estado). *Zoneamento Sócio-econômico-ecológico do Estado de Mato Grosso. –Proposta e minuta de Projeto de Lei*. Cuiabá, MT: Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral (SEPLAN). Projeto de Desenvolvimento Agroambiental do Estado de Mato Grosso - PRODEAGRO. 2004a. Disponível em < [http://www.seplan.mt.gov.br/arquivos/A\\_da54fd0cef9049f33059d79947da90cbRelatorio%20Tecnico%20ZONEAMENTO.pdf](http://www.seplan.mt.gov.br/arquivos/A_da54fd0cef9049f33059d79947da90cbRelatorio%20Tecnico%20ZONEAMENTO.pdf)>. Acesso em 22 Set 2004

\_\_\_\_\_. *Zoneamento Sócio-econômico-ecológico do Estado de Mato Grosso. – Mapa do Zoneamento na escala 1:3.000.000*. Cuiabá, MT: Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral (SEPLAN). Projeto de Desenvolvimento Agroambiental do Estado de Mato Grosso - PRODEAGRO. 2004b. Disponível em <[http://www.seplan.mt.gov.br/arquivos/A\\_bc03c174afcd22ab4ec05d74b5b7e0ccMapa%20Zoneamento\\_1\\_3000000.pdf](http://www.seplan.mt.gov.br/arquivos/A_bc03c174afcd22ab4ec05d74b5b7e0ccMapa%20Zoneamento_1_3000000.pdf)>. Acesso em 22 Set 2004.

MEIRELLES, M. P. S. *Análise integrada do ambiente através de geoprocessamento – Uma proposta metodológica para elaboração de zoneamento*. Tese de doutorado em geografia; Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro. IGEO, 1997. xii, 192p. Disponível em <<http://www.geomatica.eng.uerj.br>> acesso em 23 Set 2004.

\_\_\_\_\_ et al. *Sistema de suporte a decisão para avaliação do risco de impactos ambientais em bacias hidrográficas por redes de dependência e lógica fuzzy*. In Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 2005. p. 2259-2266.

MILLER, B. J.; SAUNDERS, M. C. *NetWeaver reference manual. A compendium of NetWeaver and NetWeaver related terms, concepts and functions*. Penn State University and the Heron Group LLC, 2002a.

\_\_\_\_\_. *A tutorial for Using the NetWeaver<sup>tm</sup> and GeoNetWeaver<sup>tm</sup> Knowledge Engineering Tools*. Penn State University and the Heron Group LLC, 2002(b).

MOREIRA, F. R. da S. *Uso e avaliação de técnicas de integração e análise espacial de dados em pesquisa mineral aplicadas ao Planalto de Poços de Caldas*. São Paulo: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, 2001.

MURPHY, P. et al. *The Complete Decision Formulation, Analysis, and Presentation for Windows*. V. 3.0 - User's Guide. Seattle, WA: Info Harvest Inc., 2002. Disponível com o pacote de instalação do EMDS.

OFFICE OF THE DEPUTY PRIME MINISTER (ODPM). INGLATERRA. *DTLR multi-criteria analysis manual*. Londres: ODPM, 2004. Disponível em <[http://www.odpm.gov.uk/stellent/groups/odpm\\_about/documents/source/odpm\\_about\\_source\\_608524.doc](http://www.odpm.gov.uk/stellent/groups/odpm_about/documents/source/odpm_about_source_608524.doc)> Acesso em 06 Jul 2004.

PEREIRA, S. E. M. *Modelagem de banco de dados para sistema de informações georreferenciadas de apoio à gestão de unidades de conservação - aplicação ao Parque Municipal Natural de Nova Iguaçu, RJ*. Monografia de Graduação. - Rio de Janeiro, UERJ.

PONTES, R. *Sistemas de Suporte (Apoio) a Decisão*. Recife, PE: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) - UFPE - Centro de Informática. Programa de Doutorado em Informática. Disciplina – Seminários, 2000. Disponível em <<http://www.cin.ufpe.br/~mac/seminario/dss20-roberta-reduzid.ppt>> Acesso em 3 Jun 2004.

REYNOLDS, K. M. *NetWeaver for EMDS User Guide (version 1.1): a Knowledge Base Development System*. 1999. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-471, Portland, OR. 75 p.

\_\_\_\_\_. *Fuzzy Logic Knowledge Bases in Integrated Landscape Assessment: Examples and Possibilities*. 2001. Gen. Tech. Rep. PNW- G T R - 5 2 1, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, OR. 24 p.

\_\_\_\_\_. *Building EMDS models and applications. The Ecosystem Management Decision Support System Version 3.0*. Seattle, WA: InfoHarvest, 2002. Disponível no pacote de instalação do EMDS posto em <<http://www.institute.redlands.edu/emds/index.htm>>. Acesso em 17/09/2006.

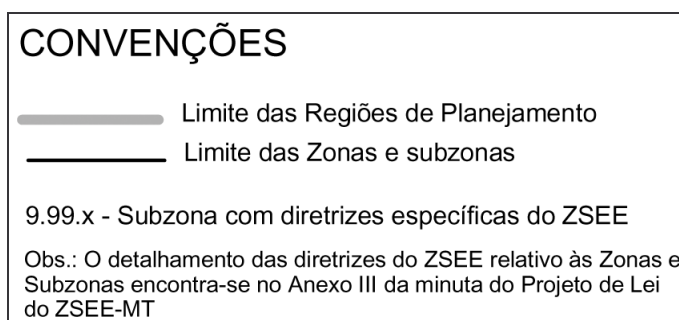
\_\_\_\_\_; HOHLER, D. *EMDS 3.0: decision support for integrated landscape evaluation and planning*. . Seattle, WA: InfoHarvest, 2002. Disponível em <<http://www.fsl.orst.edu/emds/download/EMDS3%20overview.exe>> , acesso em 27 Abr 2004.

SHARIFI, M. A. *Introduction to Decision Support Systems & Multicriteria Evaluation Techniques*. GIR-3/GIR-2. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), 1995.

VIANA, M.M. *Programação de computadores para ciências e engenharia*. Fortaleza: Editora da Universidade Federal do Ceará, 2001. 260p.

## **Anexo 1 – Mapa do Zoneamento Sócio Ecológico Econômico do Estado do Mato Grosso.**

Devido ao tamanho original do mapa, o mesmo foi dividido nas figuras: A1.1. Legenda das convenções do mapa do Zoneamento Sócio-econômico-ecológico; A1.2. Mapa Legenda Usos Restritos; A1.3. Legenda Usos Controlados; A1.4. Legenda Usos a Readequar; A1.5. Legenda Usos a Consolidar; A1.6. Legenda Áreas Legalmente Protegidas; A1.7. Mapa do Zoneamento Sócio Econômico Ecológico do Estado do Mato Grosso.



Fonte: MATO GROSSO, 2004. Editada pelo autor.

**Figura A1.1. Legenda das convenções do mapa do Zoneamento Sócio-econômico-ecológico.**

	<b>1. USOS RESTRITOS</b>
	Compreende as áreas consideradas de interesse à manutenção e/ou melhoria de seu estado de conservação, delimitadas com o intuito de permitir o uso dos recursos naturais de forma planejada e limitada, compatibilizando este uso com proteção ambiental
Zona 1.1	Usos Restritos em Ambientes com Predomínio de Florestas, na região localizada entre os Rios Juruena e Madeirinha
Zona 1.2	Usos Restritos em Ambientes de Floresta e Savana, na Área de Influência do Pólo Regional de Vila Rica
Zona 1.3	Usos Restritos em Ambientes Pantaneiros da Planície do Rio Araguaia, na Área de Influência do Pólo Regional de Vila Rica
Zona 1.4	Usos Restritos em Ambientes Pantaneiros da Planície do Rio Araguaia, na Área de Influência do Pólo Regional de Barra do Garças
Zona 1.5	Usos Restritos em Ambientes de Contato Savana Florestada / Savana, nas Altas Cabeceiras dos afluentes do Rio Xingu, na Área de Influência do Pólo Regional de Rondonópolis
Zona 1.6	Usos Restritos em Ambientes da Superfície Circumplanáltica do Alto Juruena, na Área de Influência do Polo Regional de Cáceres
Zona 1.7	Usos Restritos em Ambientes Frágeis da Borda da Chapada dos Parecís, na Área de Influência do Pólo Regional de Tangará da Serra
Zona 1.8	Usos Restritos em Ambientes Frágeis da Borda da Chapada dos Parecís, na Área de Influência do Pólo Regional de Diamantino
Zona 1.9	Usos Restritos em Ambientes Rampeados nas Bordas do Planalto dos Guimarães, limitada a implantação de infra-estruturas
Zona 1.10	Usos Restritos em Ambientes Pantaneiros, na Área de Influência do Pólo Regional de Cáceres
Zona 1.11	Usos Restritos em Ambientes Pantaneiros, na Área de Influência do Pólo Regional de Cuiabá

Fonte: MATO GROSSO, 2004. Editada pelo autor.

**Figura A1.2. Mapa Legenda Usos Restritos.**

## 2. USOS CONTROLADOS

Compreende as áreas de interesse à manutenção ou melhoria de seu estado de conservação e/ou que possuem fragilidade específicas e/ou que destinam à contenção da pressão antrópica sobre as Zonas de Usos Restritos, Terras Indígenas ou Unidades de Conservação. Para essas áreas são admitidos usos diversificados, obedecendo normais especiais de controle

- Zona 2.1 Usos Controlados em Ambientes com Predomínio de Florestas, na Área de Influência do Pólo Regional de Alta Floresta
- Zona 2.2 Usos Controlados em Ambientes com Predomínio de Formações Florestais na Bacia dos Rio Iriri Novo e Kurumaro, na Área de Influência do Pólo Regional de Alta Floresta.
- Zona 2.3 Usos Controlados em Ambientes Florestais e de Contato de Formações Florestais/Savânicas, na Área de Influência do Pólo Regional de Juína
- Zona 2.4 Usos Controlados em Ambientes com Predomínio de Florestas, na Área de Influência do Pólo Regional de Sinop
- Zona 2.5 Usos Controlados em Ambientes com Predomínio de Florestas, do Contato de Formações Florestais/ Savânicas, na Área de influência do Pólo Regional de Sinop
- Zona 2.6 Usos Controlados em Ambientes com Predomínio de Florestas, com Ocorrência de Formações Savânicas, na Área de Influência do Pólo Regional de Vila Rica
- Zona 2.7 Usos Controlados em Ambientes com Predomínio de Florestas, na Área de Influência do Pólo Regional de Diamantino
- Zona 2.8 Usos Controlados em Ambientes com Predomínio do Contato de Formações Florestais/ Savânicas, na Área de Influência do Pólo Regional de Tangará da Serra
- Zona 2.9 Usos Controlados em Ambientes da Superfície Circumplanáltica Rio Papagaio Rio do Sangue na Área de Influência do Pólo Regional de Tangará da Serra
- Zona 2.10 Usos Controlados em Ambientes do Planalto de Comodoro, na Área de Influência do Pólo Regional de Cáceres
- Zona 2.11 Usos Controlados em Ambientes das Altas Vertentes do Guaporé, na Área de Influência do Pólo Regional de Cáceres
- Zona 2.12 Usos Controlados em Ambientes do Contato Formações Florestais/ Savânicas, na Área de Influência do Pólo Regional de Rondonópolis
- Zona 2.13 Usos Controlados em Ambientes com Predomínio de Florestas, na Área de Influência do Pólo Regional de Barra do Garças
- Zona 2.14 Usos Controlados para a Conservação da Cobertura Vegetal Natural e Preservação dos Recursos Hídricos dos Formadores do Reservatório do Rio Manso
- Zona 2.15 Usos Controlados em Ambientes de Savana, com Capacidade de Suporte Diversificada no Chapadão da Serra Azul
- Zona 2.16 Usos Controlados em Ambientes de Relevo Fragmentado, na Região do Planalto dos Alcantilados
- Zona 2.17 Usos Controlados em Ambientes Frágeis da Depressão do Alto Taquarí, na Área de Influência do Pólo Regional de Rondonópolis
- Zona 2.18 Usos Controlados em Ambientes Frágeis das Altas Cabeceiras dos Rios Araguaia, Taquarí e Itiquira, na Área de Influência do Pólo Regional de Rondonópolis

Fonte: MATO GROSSO, 2004. Editada pelo autor.

**Figura A1.3. Legenda Usos Controlados.**

### 3. USOS A READEQUAR

Compreende áreas de ocupação antiga ou em processo de consolidação, para as quais são necessárias ações de recuperação ambiental, ou reordenação de estrutura produtiva, ou fortalecimento da agricultura familiar e fomento das atividades não agrícolas nas áreas rurais, de forma a garantir o seu desenvolvimento sustentável

#### 3.1. USOS A READEQUAR PARA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

Inclui as áreas de ocupação antiga, com baixa capacidade de suporte, utilizadas com manejo inadequado, que requerem ações de recuperação ambiental e promoção de usos compatíveis

#### 3.2. USOS A READEQUAR PARA REORDENAÇÃO DA ESTRUTURA PRODUTIVA

Inclui as áreas em processo de consolidação, para as quais é indicada a alteração do uso do solo / atividade produtiva e / ou adequação do sistema de manejo, de modo a possibilitar alternativas para apropriação dos recursos naturais ou intensificação das atividades existentes, de forma sustentada

- Zona 3.2.1 Usos a Readequar para Reordenação da Estrutura Produtiva, em Ambientes com Predomínio de Florestas, na Área de Influência do Pólo Regional de Alta Floresta
- Zona 3.2.2 Usos a Readequar para Reordenação da Estrutura Produtiva, em Ambientes com Predomínio do Contato de Formações Florestais / Savânicas, com Ocorrência de Savanas, na Área de Influência do Pólo Regional de Vila Rica
- Zona 3.2.3 Usos a Readequar para Reordenação da Estrutura Produtiva, em Ambientes com Predomínio de Floresta, na Área de Influência do Pólo Regional de Juara
- Zona 3.2.4 Usos a Readequar para Reordenação da Estrutura Produtiva em Ambientes com Predomínio de Formações Savânicas, na Área de Influência do Pólo Regional de Barra do Garças
- Zona 3.2.5 Usos a Readequar para Reordenação da Estrutura Produtiva, em Ambientes Diversificados do Vale do Guaporé, na Área de Influência do Pólo Regional de Cáceres
- Zona 3.2.6 Usos a Readequar para Reordenação da Estrutura Produtiva, em Ambientes de Formações Savânicas da Depressão de Paranatinga, na Área de Influência do Pólo Regional de Rondonópolis
- Zona 3.2.7 Usos a Readequar para Reordenação da Estrutura Produtiva, em Ambientes de Formações Savânicas, na Área de Influência do Pólo Regional de Barra do Garças
- Zona 3.2.8 Readequação para Reordenação da Estrutura Produtiva, em Ambientes Frágeis recobertos por Formações Savânicas, na Borda do Planalto dos Guimarães/Alcantilados

#### 3.3. USOS A READEQUAR PARA FORTALECIMENTO DA AGROPECUARIA, FOMENTO E DIVERSIFICAÇÃO DA PEQUENA E MÉDIA PRODUÇÃO FAMILIAR

Compreende as áreas de ocupação antiga e consolidada, que estão em processo de depressão econômica, para as quais são recomendadas ações de fomento às atividades econômicas, com ênfase para pequenos e médios produtores e de atendimento às demandas sociais

- Zona 3.3.1 Usos a Readequar para Fomento às Atividades Agroindustriais e Revigoração das Atividades Agropecuárias nas Áreas consolidadas com ênfase na Pequena e Média Produção, na Área de Influência do Pólo Regional de Cáceres
- Zona 3.3.2 Usos a Readequar para Fortalecimento das Atividades Agropecuárias Modernas, na Área de Influência do Pólo Regional de Cáceres

Fonte: MATO GROSSO, 2004. Editada pelo autor.

**Figura A1.4. Legenda Usos a Readequar.**

#### 4. USOS A CONSOLIDAR

Compreende as áreas que se encontram em processo de consolidação das atividades produtivas ou já consolidadas, que concentram a porção mais dinâmica da economia estadual, para as quais são recomendadas ações e intervenções para a manutenção e / ou intensificação das atividades existentes, tendo em vista a sustentabilidade ambiental e econômica

- Zona 4.1 Usos a Consolidar, em Área com Predomínio da Agricultura Moderna, Pecuária e Silvicultura, na Área de Influência do Pólo Regional de Tangará da Serra
- Zona 4.2 Usos a Consolidar, em Área com Predomínio da Agricultura Moderna, Pecuária e Silvicultura, na Área de Influência do Pólo Regional de Sorriso
- Zona 4.3 Usos a Consolidar em Área com Predomínio da Agroindústria Madeireira, Atividades Agropecuárias e Silvicultura, em Ambientes Florestais, na Área de Influência do Pólo Regional de Sinop
- Zona 4.4 Usos a Consolidar, em Área com Predomínio da Agricultura Moderna, Pecuária e Silvicultura, na Área de Influência do Pólo Regional de Cáceres
- Zona 4.5 Usos a Consolidar, em Área com Predomínio da Agricultura Moderna e Pecuária, na Área de Influência do Pólo Regional de Diamantino
- Zona 4.6 Usos a Consolidar com Predomínio da Pecuária Moderna, na Área de Influência do Pólo Regional de Barra do Garças
- Zona 4.7 Usos a Consolidar com Agropecuária Tecnificada e Diversificada e Presença de Pequena e Média Produção Familiar, na Área de Influência do Pólo Regional de Tangará da Serra
- Zona 4.8 Usos a Consolidar com Agropecuária Moderna e Diversificada e Presença Significativa de Pequena e Média Produção Familiar, na Área de Influência do Pólo Regional de Diamantino
- Zona 4.9 Usos a Consolidar com Agricultura Moderna e Pecuária, na Área de Influência do Pólo Regional de Rondonópolis
- Zona 4.10 Usos a Consolidar com Predomínio da Pecuária Moderna, na Área de Influência do Pólo Regional de Rondonópolis
- Zona 4.11 Usos a Consolidar com Agricultura Moderna e Pecuária, em ambiente fragmentado do Planalto dos Guimarães, na Área de Influência do Pólo Regional de Rondonópolis


Fonte: MATO GROSSO, 2004. Editada pelo autor.

**Figura A1.5. Legenda Usos a Consolidar.**

## 5. USOS ESPECIAIS

Compreendem as Ilhas, Terras Indígenas e Unidades de Conservação sujeitas à legislação específica.

### 5.1 ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS

	Ilhas		Unidade de Conservação Estadual
	Terra Indígena		Unidade de Conservação Municipal
	Unidade de Conservação Federal		



### 5.2 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO PROPOSTAS

- Zona 5.2.1 Unidade de Proteção Integral Apiacás
- Zona 5.2.2 Unidade de Proteção Integral Rio Madeirinha
- Zona 5.2.3 Unidade de Uso Sustentável - Área de Proteção Ambiental Serra dos Caiabis
- Zona 5.2.4 Unidade de Proteção Integral Rio Arinos
- Zona 5.2.5 Unidade de Proteção Integral Rio Manissauá-Miçu
- Zona 5.2.6 Unidade de Uso Sustentável - Área de Proteção Ambiental Rio Ronuro
- Zona 5.2.7 Unidade de Uso Sustentável - Área de Proteção Ambiental Rio das Mortes
- Zona 5.2.8 Unidade de Uso Sustentável - Área de Proteção Ambiental Rio AraguaiaRio das Mortes
- Zona 5.2.9 Unidade de Uso Sustentável - Área de Proteção Ambiental Rio Cristalino do Araguaia
- Zona 5.2.10 Unidade de Uso Sustentável - Área de Proteção Ambiental Serra de São Vicente
- Zona 5.2.11 Unidade de Uso Sustentável - Área de Proteção Ambiental Província Serrana
- Zona 5.2.12 Unidade de Uso Sustentável - Área de Proteção Ambiental Serra do Culuene
- Zona 5.2.13 Unidade de Uso Sustentável - Área de Proteção Ambiental Serra de Santa Bárbara
- Zona 5.2.14 Unidade de Uso Sustentável - Área de Proteção Ambiental Pantanal do Barbado
- Zona 5.2.15 Unidade de Uso Sustentável - Área de Proteção Ambiental Corixo Grande/Rio Paraguai

Fonte: MATO GROSSO, 2004. Editada pelo autor.

**Figura A1.6. Legenda Áreas Legalmente Protegidas.**

