

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**INDICADORES PARA A CARACTERIZAÇÃO DE  
SERVIÇOS AMBIENTAIS DE ÁREAS ÚMIDAS. ESTUDO  
DE CASO: A ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DAS  
ILHAS E VÁRZEAS DO RIO PARANÁ**

**ALESSANDRA RIBEIRO DE MORAES**

**ORIENTADOR: RICARDO SILVEIRA BERNARDES**

**TESE DE DOUTORADO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E  
RECURSOS HÍDRICOS**

**PUBLICAÇÃO: PTARH.TD - 11/11**

**BRASÍLIA/DF: NOVEMBRO – 2011**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

INDICADORES PARA A CARACTERIZAÇÃO DE SERVIÇOS  
AMBIENTAIS DE ÁREAS ÚMIDAS. ESTUDO DE CASO: A ÁREA DE  
PROTEÇÃO AMBIENTAL DAS ILHAS E VÁRZEAS DO RIO PARANÁ

ALESSANDRA RIBEIRO DE MORAES

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE  
TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE  
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
DOUTOR EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS.

APROVADA POR:

---

Prof. Ricardo Silveira Bernardes, PhD (UnB)  
(Orientador)

---

Prof. Néstor Aldo Campana, Dr. (UnB)  
(Examinador Interno)

---

Prof. Oscar de Moraes Cordeiro Netto, Dr. (UnB)  
(Examinador Interno)

---

Prof<sup>ª</sup>. Carolina Joana da Silva, Dra. (UNEMAT)  
(Examinadora Externa)

---

Prof<sup>ª</sup>. Rozely Ferreira dos Santos, Dra. (UNICAMP)  
(Examinadora Externa)

BRASÍLIA/DF, 11 DE NOVEMBRO DE 2011

## FICHA CATALOGRÁFICA

MORAES, ALESANDRA RIBEIRO DE

Indicadores para a caracterização de serviços ambientais de áreas úmidas. Estudo de caso: a Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do rio Paraná. [Distrito Federal] 2011. xiv, 180p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Doutor, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2011).

Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Áreas úmidas      2. Indicadores      3. Redes causais      4. Serviços ambientais

5. Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MORAES, A. R. (2011). *Indicadores para a Caracterização de Serviços Ambientais de Áreas Úmidas. Estudo de Caso: a Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná*. Tese de Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.TD – 11/2011, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 180p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: ALESANDRA RIBEIRO DE MORAES

TÍTULO: Indicadores para a Caracterização de Serviços Ambientais de Áreas Úmidas. Estudo de Caso: A Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná.

GRAU: Doutor      ANO: 2011

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

---

Alessandra Ribeiro de Moraes

Rod. BR 163 km 20,2 - Bairro Universitário  
79980-000 Mundo Novo/MS  
[alessandra@uems.br](mailto:alessandra@uems.br)

“ É inútil fechar os olhos à realidade. Se o fizermos, a realidade abrirá nossas pálpebras e nos imporá a sua presença.”

Presidente Juscelino Kubitschek

“... As classes dirigentes entre nós foram e são as responsáveis maiores por nosso fracasso histórico. Em nossas circunstâncias, é tarefa da Universidade criar intencionalmente elites novas. Elites orgulhosas do patrimônio que herdamos do passado - um território continental e um povo multitudinário, unificados em uma nação cheia de vontade de felicidade e de progresso, pronta para florescer como uma nova civilização. Elites fiéis ao nosso povo, prontas a reconhecer que nossa tarefa maior é nos elevarmos à condição de uma sociedade justa e próspera, de prosperidade generalizada a todos.”

Pronunciamento do Prof. Darcy Ribeiro, ao receber o título Doutor *Honoris Causa* da Universidade de Brasília, em 1994.

*“As long as wetlands remain more difficult to stroll through than a forest and more difficult to cross by boat than a lake, they will remain a misunderstood ecosystem to many people...”*

Mitsch & Gosselink, 1993

Dedico essa tese a todos que se doam, em atividades voluntárias,  
para o bem estar dos próximos.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, professor Ricardo S. Bernardes, por ter sempre depositado confiança em mim; pela sua visão ímpar de instituições e pessoas e pelas agradáveis conversas mantidas, pacientemente, durante todo o doutorado.

Aos excelentes profissionais da turma de mestrado 2007 do PTARH, os meninos: Bruno E. Távora, Diego A. R. Pabón, Davi T. B. Marwell, Bruno Goulart F. Machado, Bernardo S. Cordeiro, Bruno O. Freitas, Gustavo R. Lopes, Eduardo C. Mendonça, Rodolfo F. Alves; e as meninas: Marcely F. Nascimento, Melissa R. Costa, Dayany S. Salati, Lícia M., Débora T. L. Diniz, Amanda V. B. Ermel. Sem vocês, meus caros amigos, a fase “alunos em crédito”, teria sido intransponível!

Aos meus amigos doutores e doutorandos do PTARH que, nos cafés, cervejas, vinhos, caldos e chimarrão compartilhados, me deram a dimensão do que é um doutorado, com as conquistas e, como disse o professor Oscar, os sonhos que vão sendo abandonados pelo caminho: Orlandina M. S. Messias, Luciana R. S. Silva, Wendy F. Ataíde, Jussanã Milograna, Rosangela C. P. Pontara, Rogério P. M. Carvalho, Jaqueline F. Zago, Maria Leonor E., Ronaldo M. Santos, Welitom T. Silva, Morris S. Warren, Wilde C. Gontijo Júnior, Janaína B. Mesquita.

Aos professores das bancas de avaliação, pelas sugestões e críticas para o amadurecimento do trabalho: Oscar M. C. Netto, Néstor A. Campana, Marco Antônio A. Souza (membros internos) e Fernando S. Carneiro (membro externo).

Aos professores e técnicos do PTARH, por todos os exemplos.

Aos especialistas consultados para a avaliação dos indicadores.

À Brunna R. Werneck, pela disposição e paciência com os ensinamentos sobre ferramentas de geoprocessamento.

À amiga Celina M. L. Ferreira, pelos primeiros contatos em Brasília e sua querida família, por me proporcionarem uma sensação de “casa”.

Às amigas Gina L. Boemer e Luísa B. Deberdt e aos primos Adalberto Ribeiro e Neusinha, pela acolhida.

Ao amigo Ricardo T. Minoti, pelo apoio incondicional.

Aos meus velhos amigos: Paula Petracco, Adriana Paese, Maria Rita Avanzi, José Rildo O. Queiroz, Valmir Moraes e Eliza Madi.

Às companheiras de casa: Elyzangela, Aline e Mariana.

Ao pessoal do Lar dos Idosos Bezerra de Menezes e da Associação de Proteção aos Animais (Proanima), pelas oportunidades para que eu recuperasse as energias.

Ao Pepe, meu anjo, que me fez muito bem.

À Míria e família, por cuidarem do sítio.

Ao pessoal da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – Unidade Mundo Novo, por proporcionarem condições para a conclusão da tese, durante o retorno à Instituição.

À minha família, pelo apoio sempre.

A todos que colaboraram, indiretamente, para o desenvolvimento da tese.

## RESUMO

### **INDICADORES PARA A CARACTERIZAÇÃO DOS SERVIÇOS AMBIENTAIS DE ÁREAS ÚMIDAS. ESTUDO DE CASO: A ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DAS ILHAS E VÁRZEAS DO RIO PARANÁ**

**Autora: Alessandra Ribeiro de Moraes**

**Orientador: Ricardo Silveira Bernardes**

**Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos**

**Brasília, 11 de Novembro de 2011.**

As áreas úmidas são ecossistemas permanente ou periodicamente alagados, que abrigam vasta biodiversidade e apresentam elevada produtividade; portanto, prestam inúmeros serviços ambientais. A redução na área e o comprometimento dos serviços prestados são as principais consequências da utilização de forma inadequada desses ecossistemas. Apesar do Brasil abrigar áreas úmidas de importância mundial, a caracterização desses ambientes no país ainda é incipiente. Para lidar com a complexidade estrutural e funcional de áreas úmidas e a escassez de informações a respeito das mesmas, o uso de indicadores constitui-se em ferramenta promissora por serem capazes de sintetizar informações diversas sobre tais ambientes. Assim, foram propostos indicadores organizados em uma rede causal, baseada no modelo DPSIR (Forças-motrizes, Pressão, Estado, Impacto e Resposta do sistema), para caracterizar os serviços ambientais de áreas úmidas e identificar as possíveis alterações decorrentes da intensificação de atividades antrópicas. A consolidação da rede causal foi realizada por meio de consulta a 12 especialistas, que avaliaram a adequação dos indicadores propostos. Os indicadores foram então ordenados quanto à adequação e foram selecionados aqueles que atingiram pelo menos 75% na avaliação ponderada. Dos 63 indicadores propostos, 46 foram selecionados: 8 de Forças-motrizes, 7 de Pressão, 12 de Estado, 9 de Impacto e 10 de Resposta; todos os indicadores propostos de Estado e Resposta foram selecionados. Como estudo de caso, a rede causal foi aplicada para a caracterização dos serviços ambientais das áreas úmidas na Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do rio Paraná. A utilização de indicadores, estruturados no modelo DPSIR de rede causal, demonstrou ser uma abordagem efetiva, de primeira aproximação, para a caracterização da APA IVAP. Não foi possível, entretanto, verificar as relações causais a respeito das áreas úmidas na unidade de conservação devido, sobretudo, à disponibilidade dos dados que são dispersos, pontuais, estáticos e sem uniformidade temporal. Portanto, apesar da robustez do modelo, o mesmo não se aplicou ao estudo de caso. Embora se reconheçam as limitações da presente pesquisa, sem a utilização dos indicadores, a investigação seria mais dispendiosa tanto em tempo, esforço amostral e recursos financeiros empregados. Dessa forma, é possível afirmar que o estudo realizado representa uma contribuição ao conhecimento sobre a APA IVAP e sobre as relações causais para os serviços ambientais de áreas úmidas tropicais.

Palavras-chave: Áreas úmidas, Indicadores, Redes causais, Serviços ambientais e Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná.

## **ABSTRACT**

### **INDICATORS FOR WETLANDS ENVIRONMENTAL SERVICES CHARACTERIZATION. CASE STUDY: THE ENVIRONMENTAL PROTECTION AREA ISLANDS AND FLOODPLAINS OF THE PARANA RIVER**

**Author: Alessandra Ribeiro de Moraes**

**Supervisor: Ricardo Silveira Bernardes**

**Graduate Program in Environmental Technology and Water Resources**

**Brasília, November 2011.**

Wetlands are ecosystems permanent or periodically flooded that support broad biodiversity and are highly productive; therefore, they deliver a wide range of environmental services. Land use change is responsible for the degradation and loss of wetlands reducing the services provided by these ecosystems. In Brazil, there is a large number of wetlands; however, accurate information about them is scarce and restricted mainly to the Amazon and the Pantanal wetlands regions. Due to both the wetland dynamics and the lack of information about tropical environments, the characterization of pristine conditions and the impact analysis that wetlands are subject to are tasks of enormous complexity. Considering that the development and use of indicators is a promising tool to assess temporal patterns in the status and trends of ecosystems, a set of indicators were proposed for analysis of tropical wetlands environmental services, according to a causal network, the DPSIR (Driving force – Pressures - State – Impact – Response) framework. The adequacy of each indicator was assessed by wetland and water resources specialists. Then, the indicators were ranked according to the global evaluation and the ones that reached, at least, 75% were selected. The causal network established comprises 46 indicators (8 for Driving-forces, 7 for Pressures, 12 for State, 9 for Impacts and 10 for Responses); all State and Responses indicators were selected. The Environmental Protection Area Islands and Floodplains of the Parana River (EPA IVAP) was chosen as the case study for the causal network application. Although some indicators are not available, one can conclude that the DPSIR framework consisted of a suitable approach to the initial characterization of the EPA IVAP. However, it was not possible to check the causal relations specific for the wetlands environmental services due to the data availability which are spread, punctual, static and not temporally uniform. Despite of the model robustness, it didn't applied to the case study. Although the research limitations, without the indicators, the analysis of environmental services would be harder, not just in time and efforts spent, but also in cost. So, it can be concluded that this research contributed to the knowledge about the EPA IVAP and about the causal network for the environmental services of tropical wetlands.

**Keywords: Wetlands, Indicators, Causal Network, Environmental Services, Environmental Protection Area Islands and Floodplains of the Parana River.**



## SUMÁRIO

RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	viii
SUMÁRIO.....	ix
LISTA DE TABELAS .....	xi
LISTA DE FIGURAS .....	xii
LISTA DE SIGLAS .....	xiv
<b>1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 – OBJETIVOS.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 – OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>6</b>
<b>3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1 – ÁREAS ÚMIDAS .....</b>	<b>7</b>
3.1.1 – Caracterização .....	7
3.1.2 – Impactos .....	14
<b>3.2 – SERVIÇOS AMBIENTAIS .....</b>	<b>21</b>
3.2.1 – Conceito .....	21
3.2.2 – Serviços ambientais e áreas úmidas.....	26
3.2.3 – Manejo de áreas úmidas.....	31
<b>3.3 – INDICADORES E REDE CAUSAL.....</b>	<b>40</b>
3.3.1 – Caracterização de indicadores .....	40
3.3.2 – Indicadores ecológicos.....	45
3.3.3 – Indicadores ambientais e de sustentabilidade.....	48
3.3.4 – Rede Causal e o Modelo DPSIR .....	53
3.3.5 – Indicadores e áreas úmidas.....	58
<b>4 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>61</b>
<b>4.1 - PROPOSIÇÃO DE REDE CAUSAL E DE INDICADORES PARA ÁREAS ÚMIDAS TROPICAIS.....</b>	<b>61</b>
4.1.1 – Fontes de informações .....	61
4.1.2 – Estabelecimento da rede causal.....	61
4.1.3 – Proposição de indicadores.....	62
<b>4.2 - AVALIAÇÃO DA REDE CAUSAL E DOS INDICADORES PROPOSTOS.....</b>	<b>63</b>
4.2.1 – Consulta a especialistas (Ad hoc).....	63

4.2.2 – Ordenamento e seleção dos indicadores avaliados.....	64
<b>4.3 - SELEÇÃO DOS INDICADORES E CONSOLIDAÇÃO DA REDE CAUSAL</b>	
.....	64
<b>4.4 – APLICAÇÃO DA REDE CAUSAL CONSOLIDADA A UM ESTUDO DE CASO</b> .....	65
4.4.1 – Definição do Estudo de Caso .....	65
4.4.2 – Construção da base de dados.....	65
<b>5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>70</b>
5.1 - PROPOSIÇÃO DE REDE CAUSAL E DE INDICADORES PARA ÁREAS ÚMIDAS TROPICAIS .....	70
5.1.1 – Rede causal para áreas úmidas, de acordo com o modelo DPSIR .....	70
5.1.2 – Indicadores para a rede causal de áreas úmidas tropicais .....	72
5.2 – AVALIAÇÃO DA REDE CAUSAL E DOS INDICADORES PROPOSTOS .....	89
5.2.1 – Consulta a especialistas (Ad hoc).....	89
5.2.2 – Avaliação dos indicadores propostos na rede causal.....	91
5.2.3 – Ordenamento e seleção dos indicadores avaliados.....	108
5.3 - SELEÇÃO DOS INDICADORES E CONSOLIDAÇÃO DA REDE CAUSAL .....	110
5.4 – APLICAÇÃO DA REDE CAUSAL CONSOLIDADA A ESTUDO DE CASO .....	112
<b>6 – APLICAÇÃO DO MODELO DE REDE CAUSAL PARA INDICADORES DE ÁREAS ÚMIDAS AO ESTUDO DE CASO: AS ÁREAS ÚMIDAS DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DAS ILHAS E VÁRZEAS DO RIO PARANÁ. ....</b>	<b>113</b>
6.1 - CARACTERIZAÇÃO DA APA IVAP .....	113
6.2 – DESCRIÇÃO DAS INFORMAÇÕES OBTIDAS POR MEIO DA APLICAÇÃO DOS INDICADORES.....	118
6.2.1 – Indicadores de Forças-motrizes .....	118
6.2.2 – Indicadores de Pressão.....	127
6.2.3 – Indicadores de Estado .....	134
6.2.4 – Indicadores de Impacto .....	149
6.2.5 – Indicadores de Resposta.....	158
6.3 – CONSIDERAÇÕES SOBRE AS ATIVIDADES ANTRÓPICAS E OS SERVIÇOS AMBIENTAIS DE ÁREAS ÚMIDAS NA APA IVAP .....	163
<b>7 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>165</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>167</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Tipos de classificação das informações sobre as funções das áreas úmidas (adaptado de Hruby, 1999).....	27
Tabela 3.2 – Funções ambientais de áreas úmidas (adaptado de Millenium, 2005b).....	28
Tabela 3.3 - Avaliação de indicadores ecológicos (adaptado de US EPA, 2000).....	47
Tabela 3.4 – Critérios para a seleção de indicadores (adaptado de Fidalgo, 2003).....	48
Tabela 4.1 – Conceitos utilizados para avaliação dos indicadores.....	63
Tabela 4.2 – Pesos definidos aos conceitos atribuídos pelos especialistas. ....	64
Tabela 4.3 – Relação de fontes de dados digitais com referências espaciais.....	66
Tabela 4.5 – Datas disponíveis da cena 224.76 em períodos de cheia e seca do rio Paraná, nos anos de 1985, 2000 e 2009.....	68
Tabela 4.4 – Procedimentos operacionais para a obtenção de dados georreferenciados. ....	69
Tabela 5.1 - Indicadores propostos para os campos de análise de Forças-motrizes (D).....	74
Tabela 5.2 - Indicadores propostos para os campos de análise de Pressão (P). ....	75
Tabela 5.3 - Indicadores propostos para os campos de análise de Estado (S).....	76
Tabela 5.4 - Indicadores propostos para os campos de análise de Impacto (I). ....	83
Tabela 5.5 - Indicadores propostos para os campos de análise de Resposta (R).....	88
Tabela 5.6 – Instituição e área de atuação dos especialistas que responderam à consulta para avaliação da rede causal.....	90
Tabela 6.1 – Área territorial e porcentagem de contribuição dos municípios da APA IVAP. ....	116
Tabela 6.2 – Densidade demográfica nos municípios da APA IVAP. ....	120
Tabela 6.3 – Índice de desenvolvimento humano para os municípios da APA IVAP. ....	121
Tabela 6.4 – Taxa de escolarização nos municípios da APA IVAP.....	122
Tabela 6.5 – Ocupação do solo por lavouras nos municípios da APA IVAP, em 1995 e 2006.....	127
Tabela 6.6 – Ocupação do solo por pastagens nos municípios da APA IVAP, em 1995 e 2006.....	128
Tabela 6.7– Utilização das terras nos municípios da APA IVAP, em 1995 e 2006.....	129
Tabela 6.8 – Unidades de conservação no âmbito da APA IVAP.....	131
Tabela 6.9 – Distribuição dos municípios da APA IVAP nas Unidades de Planejamento e Gerenciamento (adaptado de Mato Grosso do Sul, 2010). ....	138
Tabela 6.10 – Cargas poluidoras (T/ano) de nutrientes nas UPG's da APA IVAP, adaptado de Mato Grosso do Sul, 2010. ....	142
Tabela 6.11 – Dados de balanço hídrico para as UPG's inseridas na APA IVAP. ....	150
Tabela 6.12 - Projetos desenvolvidos pela ONG GEBIO na região da APA IVAP.....	160

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Modelo DPSIR de rede causal (Niemeijer e De Groot, 2008).....	54
Figura 3.2 – Exemplificação do modelo DPSIR (Salles <i>et al.</i> , 2004). .....	56
Figura 4.1 – Grade de órbitas e pontos da passagem do LANDSAT na região da APA IVAP .....	67
Figura 5.1 - Rede causal proposta para áreas úmidas tropicais. ....	71
Figura 5.2 – Percentual ponderado da adequação dos conjuntos de indicadores. ....	91
Figura 5.3 – Avaliação dos indicadores de Forças-motrizas (A = forte adequação, B = média adequação, C = fraca adequação e N = não adequado). ....	93
Figura 5.4 – Avaliação dos indicadores de Pressão (A = forte adequação, B = média adequação, C = fraca adequação e N = não adequado).....	97
Figura 5.5 – Avaliação dos indicadores de Estado (A = forte adequação, B = média adequação, C = fraca adequação e N = não adequado).....	101
Figura 5.6 – Avaliação dos indicadores de Impacto (A = forte adequação, B = média adequação, C = fraca adequação e N = não adequado).....	103
Figura 5.7 – Avaliação dos indicadores de Resposta (A = forte adequação, B = média adequação, C = fraca adequação e N = não adequado).....	106
Figura 5.8 – Ordenamento dos indicadores quanto à adequação avaliada pelos especialistas consultados. ....	109
Figura 5.9 – Rede causal consolidada com indicadores selecionados a partir de consulta a especialistas. ....	111
Figura 6.1 – Localização da APA das Ilhas e Várzeas do rio Paraná. ....	114
Figura 6.2 – Taxa de crescimento da população nos municípios da APA IVAP. ....	119
Figura 6.3 – Distribuição da população rural e urbana nos municípios da APA IVAP. ...	120
Figura 6.4 - Localização de Usinas Hidrelétricas próximas à APA IVAP. ....	123
Figura 6.5 – Quantidade produzida de carvão vegetal na APA IVAP, em 1995, 2000 e 2009.....	124
Figura 6.6 – Quantidade produzida de lenha na APA IVAP, em 1995, 2000 e 2009. ....	124
Figura 6.7– Quantidade produzida de cana-de-açúcar na APA IVAP, em 1995, 2000 e 2009.....	125
Figura 6.8 – Unidades de conservação na região da APA IVAP. ....	131
Figura 6.9 – Consumo de energia elétrica nos municípios da APA IVAP .....	133
Figura 6.10 – Ocorrência de zonas de acúmulo de água na APA IVAP.....	135
Figura 6.11 – Estações de monitoramento da qualidade da água na APA IVAP.....	136
Figura 6.12 – Índice de qualidade da água na região da APA IVAP .....	137
Figura 6.13 – Qualidade da água superficial na UPG Ivinhema (Mato Grosso do Sul, 2010). ....	139

Figura 6.14 – Tipos de solo na APA IVAP (adaptado de MMA). .....	140
Figura 6.15 – Formações vegetacionais na APA IVAP, adaptado de PROBIO (2004) ....	141
Figura 6.16 – Índice de estado trófico na região da APA IVAP .....	143
Figura 6.20 - Planície de Inundação do Alto Rio Paraná (Comunello <i>et al.</i> , 2003).....	147
Figura 6.21 - Área ocupada pela FPIFL em <i>buffers</i> estabelecidos em relação ao rio Paraná. .....	148
Figura 6.22 – Hidrografia da região da APA IVAP.....	150
Figura 6.23 – Níveis fluviométricos do rio Paraná entre 2000 a 2010 .....	152
Figura 6.24 – Área ocupada por tanques, lagos, açudes e/ou área de águas públicas para exploração da aquicultura nos municípios sul mato-grossenses da APA IVAP. Dados do IBGE de 2006.....	155
Figura 6.25 – Quantidade de focos de calor na APA IVAP (adaptado de MMA .....	158

## LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APA	Área de Proteção Ambiental
APA IVAP	Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do rio Paraná
APP	Área de Preservação Permanente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CORIPA	Consórcio Intermunicipal da APA da Bacia do Rio Iguatemi
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DEM	<i>Digital Elevation Model</i> (Modelo Digital de Elevação)
DPSIR	<i>Driving force–Pressures–State–Impact–Response</i> (Força-motriz–Pressão–Estado–Impacto–Resposta)
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FPIFL	Formação Pioneira de Influência Fluvial e/ou Lacustre
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IET	Índice de Estado Trófico
IMASUL	Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IQA	Índice de Qualidade das Águas
NUPELIA/UEM	Núcleo de Pesquisa em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura – Universidade Estadual de Maringá
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i> (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico)
ONG	Organização Não Governamental
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PIB	Produto Interno Bruto
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
PNQA	Programa Nacional de Qualidade das Águas
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PQA	Portal Qualidade das Águas
PROAMBIENTE	Programa de Desenvolvimento Socioambiental da Produção Familiar Rural
PSA	Pagamento por serviços ambientais
PSR	<i>Pression – State – Response</i> (Pressão – Estado – Resposta)
SEMAC	Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SRTM	<i>Shuttle Radar Topographic Mission</i>
UC	Unidades de Conservação
UHE	Usina Hidrelétrica
UPG	Unidades de Planejamento e Gerenciamento
US EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i> (Agência de Proteção Ambiental Norte-americana)
ZEE	Zoneamento Ecológico Econômico

# 1 - INTRODUÇÃO

As áreas úmidas tropicais são ecossistemas caracterizados pela alternância entre períodos de inundação associados, principalmente, a sistemas fluviais. Devido à dinâmica complexa de tais ambientes e à diversidade de organismos, são inúmeros os serviços ambientais prestados pelas áreas úmidas.

Apesar da importância das áreas úmidas, informações sistematizadas a respeito de tais ambientes são escassas em regiões tropicais. No Brasil, destacam-se as pesquisas realizadas na Amazônia e no Pantanal, as áreas úmidas mais extensas do planeta.

A necessidade de inventários consistentes sobre as áreas úmidas, utilizando recursos tecnológicos que permitem a obtenção de dados de forma rápida e precisa, é expressa no documento “*Cuiabá Declaration on Wetlands*”<sup>1</sup>, que também destaca a intensificação de atividades antrópicas como uma ameaça potencial à integridade e ao fornecimento de serviços ambientais de áreas úmidas.

No sub-item 3.1 da tese, apresenta-se uma revisão bibliográfica que trata da caracterização de áreas úmidas e os impactos aos quais estão sujeitas.

Para garantir o fornecimento de serviços ambientais de áreas úmidas, é imprescindível a adoção de estratégias de manejo que considerem as características de tais ambientes. Os métodos de análise de sistemas ambientais que contemplam a abordagem de multicritérios representam uma das ferramentas para a definição de opções de manejo em áreas úmidas; esse assunto foi aprofundado no trabalho “*Wetlands management using multi-criteria methods*”, realizado por Moraes *et al.* (2008).

O conceito de serviços ambientais, a descrição de tais serviços em áreas úmidas e uma discussão sobre o manejo em tais ecossistemas são tratados no sub-item 3.2 da tese.

---

<sup>1</sup> Documento final do evento “*INTECOL International Wetlands Conference*”, realizado em Cuiabá (MT), em Julho de 2008.

A Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do rio Paraná (APA IVAP) é uma unidade de conservação (UC) federal, criada para auxiliar na proteção das áreas adjacentes e ilhas do rio Paraná, cuja importância das áreas úmidas é expressa no próprio nome da APA. Deve ser ressaltado que, apesar de ter sido criada em 1997, a UC não possui plano de manejo.

No 1º Seminário de Tese de Doutorado “Análise dos serviços ambientais prestados pelas áreas alagáveis na APA das Ilhas e Várzeas do rio Paraná”, foi apresentado o projeto que consistia na identificação dos serviços ambientais e aplicação de método multicritérios para auxiliar o ordenamento das opções de manejo das áreas úmidas na APA IVAP, com o envolvimento dos membros do Conselho Consultivo dessa unidade de conservação.

O levantamento de informações sobre a área de estudo revelou-se, porém, uma tarefa desafiadora. A UC ocupa uma área extensa e envolve 20 municípios de três Unidades da Federação. As informações oficiais sobre a região limitam-se à caracterização socioeconômica realizada por órgãos governamentais em intervalos de tempo irregulares. Na área ambiental, os poucos dados disponíveis são resultantes de pesquisas científicas pontuais e de estudos para a elaboração dos planos de manejo das demais unidades de conservação da região; destacam-se as pesquisas realizadas pela Universidade Estadual de Maringá na área da Planície de Inundação do rio Paraná.

A complexidade estrutural e funcional de áreas úmidas, os desafios para a realização de trabalhos de campo nesses ambientes e a escassez de dados a respeito de áreas úmidas tropicais estimulam a adoção de métodos de investigação capazes de fornecerem informações que contemplem a escala espacial e temporal da dinâmica de áreas úmidas, sem custo elevado; procedeu-se então ao estudo sobre indicadores ambientais, por reconhecer que tal instrumento poderia contemplar as peculiaridades das pesquisas em áreas úmidas.

A proposição de indicadores para áreas úmidas representa uma contribuição para aprimorar o processo de investigação científica sobre tais ambientes; isso porque, os indicadores são ferramentas capazes de sistematizar informações de natureza variada, disponibilizadas em diferentes fontes e que apresentam escalas temporais e espaciais não uniformes. A utilização de indicadores tem-se tornado frequente em estudos de caracterização e



planejamento ambiental, sendo que o desenvolvimento de indicadores ambientais subsidia ações estratégicas que tenham como premissa o desenvolvimento sustentável.

Dentre os modelos para estruturação de indicadores, destaca-se o modelo DPSIR (*Driving force* – forças-motrizes, *Pressure* – pressão, *State* – estado, *Impact* – impacto, *Response* - resposta) que, apesar das limitações de qualquer tentativa de representação da realidade, organiza os indicadores em relações de causa-efeito não lineares (modelo de rede causal).

O sub-item 3.3 da tese apresenta uma caracterização de indicadores, discute as denominações “indicadores ecológicos”, “indicadores ambientais” e “indicadores de sustentabilidade”, descreve o modelo de rede causal DPSIR e apresenta uma revisão do uso de indicadores em áreas úmidas.

A proposição de redes causais para seleção de indicadores em áreas úmidas foi apresentada no trabalho “*Causal network approach for selection of wetlands indicators in a brazilian environmental protection area*”, realizado por Moraes e Bernardes (2009a). Posteriormente, o desenvolvimento da rede causal foi publicado no artigo “O uso de redes causais e indicadores para promoção da qualidade ambiental: enfoque para os serviços ambientais de áreas alagáveis”, produzido por Moraes *et al.* (2010).

O aprofundamento da pesquisa sobre os métodos de estudo em áreas úmidas evidenciou a importância das ferramentas de geoprocessamento, cujo aperfeiçoamento tem possibilitado a caracterização remota em áreas extensas e com poucos recursos financeiros para a pesquisa, como ocorre no Brasil.

A estimativa de ocorrência de áreas úmidas na APA IVAP foi o primeiro produto da utilização de ferramentas de geoprocessamento no desenvolvimento da tese e originou o trabalho “Estimativa de áreas potencialmente alagáveis na Área de Proteção Ambiental das ilhas e várzeas do rio Paraná utilizando HEC-geoHMS”, realizado por Moraes e Bernardes (2009b). A comparação da área estimada com informações governamentais foi apresentada no trabalho “*An estimation of wetlands occurrence in a brazilian environmental protection area using geographic information systems*”, produzido por Moraes *et al.* (2011b). A estimativa de tais áreas, a partir de fonte de dados com maior precisão, será publicada na forma de artigo, ainda em preparação.

O estabelecimento de redes causais para as forças-motrizes na APA IVAP, a descrição dos indicadores, a estimativa de ocorrência das áreas úmidas e a delimitação das principais bacias de drenagem na APA IVAP foram apresentados no 2º Seminário de Tese de Doutorado “Áreas alagáveis da Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná: Caracterização remota e identificação dos serviços ambientais prestados utilizando indicadores ambientais”.

As áreas úmidas refletem a dinâmica dos processos que ocorrem tanto nos ambientes aquáticos, quanto terrestres. A análise do uso e ocupação do solo pode ser relacionada a algumas funções de áreas úmidas. Ressalta-se, no entanto, que a maior parte desse tipo de pesquisa é realizada em escalas espaciais reduzidas e em ambientes para os quais se dispõe de uma ampla série de dados. Mesmo não sendo essa a realidade da APA IVAP, procedeu-se a uma análise das mudanças no uso e ocupação do solo na região, a partir de imagens de satélite, sendo os anos de análise definidos em função dos empreendimentos hidrelétricos que se estabeleceram ao longo do rio Paraná, pelas modificações decorrentes na principal função de força das áreas úmidas: o pulso de inundação. Inferiu-se que a definição de classes de uso do solo para a APA IVAP e a alteração das mesmas ao longo dos anos, possibilitaria verificar as alterações também nas áreas úmidas, principalmente quanto a algumas métricas da paisagem. O resultado da análise do uso do solo na UC foi apresentado no trabalho “Alterações no uso do solo da APA Ilhas e Várzeas do Rio Paraná (MS/PR/SP) durante a década de 2000”, realizado por Moraes e Bernardes (2011a).

O contínuo desenvolvimento dos indicadores a partir da definição de campos de análise e do estabelecimento de códigos para os indicadores da rede causal permitiu uma organização lógica e sequencial dos indicadores.

No Exame de Qualificação da Tese de Doutorado “Indicadores para caracterização remota e identificação dos serviços ambientais de áreas alagáveis na Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do rio Paraná”, os resultados obtidos da análise do uso e ocupação do solo, das métricas de paisagem para as áreas úmidas e do desenvolvimento dos indicadores foram apresentados.

Para a consolidação da rede causal e de indicadores propostos, procedeu-se à descrição dos indicadores e, em seguida, à avaliação dos mesmos por meio de consulta a especialistas.

Os procedimentos metodológicos para a proposição da rede causal, para a realização da consulta aos especialistas e para a seleção de indicadores estão descritos no capítulo 4 da tese.

A consulta foi submetida a especialistas nos temas “áreas úmidas”, “indicadores” e “recursos hídricos” que, além de atribuírem conceitos para avaliar a adequação dos indicadores, também contribuíram com sugestões e críticas à rede causal proposta. O capítulo 5 apresenta a proposição da rede causal, a descrição dos indicadores, a avaliação pelos especialistas e a rede causal consolidada com os indicadores selecionados.

A rede causal consolidada e os indicadores selecionados foram também apresentados no trabalho “*A proposal for primary indicators of changes on environmental functions of tropical wetlands*”, produzido por Moraes *et al.* (2011c).

Para verificar a aplicabilidade da rede causal consolidada com os indicadores selecionados, um Estudo de Caso foi definido. Os critérios para a definição da região a ser escolhida como Estudo de Caso e o procedimento para levantamento de informações sobre a região estão descritos no sub-item 4.4 da tese.

A justificativa para a escolha das áreas úmidas da APA IVAP como Estudo de Caso para verificar a aplicabilidade da rede causal consolidada, a descrição da área de estudo, a análise das informações obtidas pela aplicação dos indicadores selecionados e considerações sobre as atividades antrópicas e os serviços ambientais de áreas úmidas na APA IVAP são apresentados no capítulo 6.

Finalmente, no capítulo 7, as conclusões obtidas da realização desta pesquisa e as recomendações são apresentadas.

## **2 – OBJETIVOS**

### **2.1 – OBJETIVO GERAL**

- Desenvolver um conjunto de indicadores, usando um modelo de rede causal que permita realizar uma caracterização de áreas úmidas tropicais e identificar possíveis alterações nos serviços ambientais de tais ambientes, decorrentes da intensificação de atividades antrópicas.

### **2.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estabelecer uma rede causal para representação de áreas úmidas tropicais baseada em indicadores sócioeconômicos e ambientais, a partir da explicitação das forças-motrizes, das pressões, do estado, dos impactos e das respostas (modelo DPSIR);

- Realizar uma avaliação da adequação dos indicadores propostos na rede causal, para que fosse possível a seleção dos indicadores e a consolidação da rede causal;

- Verificar a aplicabilidade da rede causal consolidada, com os indicadores selecionados, a um estudo de caso: as áreas úmidas na Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do rio Paraná (APA IVAP).

## 3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 – ÁREAS ÚMIDAS

#### 3.1.1 – Caracterização

As áreas úmidas são ecossistemas sujeitos a inundações periódicas ou permanentemente inundados, conhecidos regionalmente também como áreas alagáveis, várzeas, banhados, brejos, pântanos, entre outros. O termo *wetlands*<sup>2</sup> designa tais ambientes no idioma inglês, sendo também de uso consagrado no Brasil.

A Convenção Ramsar<sup>3,4</sup> define *wetlands* como áreas de pântano, charco, turfa, mangues, lagos, rios, campos úmidos, oásis, estuários, deltas e recifes de corais, naturais ou artificiais, permanentes ou temporárias, com água estagnada ou corrente, doce, salobra ou salgada, incluindo áreas de água marítima, com menos de seis metros de profundidade, na maré baixa.

Mitsch e Gosselink (1993) reconhecem que não há um consenso entre os cientistas sobre o que constitui uma área úmida, seja por conta do caráter dinâmico ou pelas dificuldades em definir os limites com precisão. Segundo os autores, tão importante quanto a definição de *wetlands* é o contexto no qual o termo é usado; de acordo com os objetivos de quem define, a definição pode tornar-se menos científica e mais política à medida que aumentam os interesses econômicos por tais ambientes.

---

<sup>2</sup> No presente texto, os termos “áreas úmidas” e “*wetlands*” são usados como sinônimos.

<sup>3</sup> Tratado intergovernamental, reconhecido por governos e organizações não-governamentais, cuja missão é o uso racional de *wetlands* através de ações locais, regionais e nacionais e cooperação internacional, numa contribuição para alcançar o desenvolvimento sustentável dessas áreas. Existem 1828 sítios Ramsar em todo o planeta, cobrindo 169 milhões de hectares, até o ano de 2010. São 159 países signatários; sendo que o Brasil possui 11 sítios.

<sup>4</sup> Serafini (2007) explica que a convenção de Ramsar é um tratado de proteção ao meio ambiente, portanto incluído dentro dos tratados de direitos humanos, sendo considerados os direitos relativos ao meio ambiente como direitos fundamentais.

Ao realizar um estudo sobre os aspectos jurídicos e fundiários da utilização social, econômica e ambiental de várzeas na Amazônia, Surgik (2004) verificou que não há um conceito jurídico claro sobre várzea, no Brasil. Além disso, a autora comenta que especialistas de sistemas terrestres tratam a várzea como um ecossistema terrestre periodicamente perturbado por inundação, enquanto os especialistas de sistemas aquáticos consideram o oposto, o que dificulta um consenso sobre a definição de tais sistemas.

Para Esteves (1998), a heterogeneidade na distribuição geográfica, o regime hidrológico, as características do solo, da água e das comunidades tornam a definição de *wetlands* um dos exercícios mais difíceis em Ecologia. O autor ressalta que, como a maior parte das definições é baseada nas características dos ambientes do hemisfério norte, as mesmas não se aplicam totalmente às áreas alagáveis brasileiras, que são relacionadas, principalmente, à dinâmica dos rios associados.

As áreas úmidas podem apresentar heterogeneidade espaço-temporal, com uma fase alagada e outra não, mas que estão interligadas e são dependentes entre si. Os contornos da superfície da paisagem, do solo, da geologia e das condições das águas subterrâneas influenciam a dinâmica dessas áreas, tornando-as ambientes únicos por conta das condições hidrológicas e da vegetação adaptada. Dessa forma, as definições de áreas úmidas como extensão de ecossistemas terrestres e aquáticos, ou ainda ecótonos (áreas de transição entre ambientes), não são adequadas.

Pouco ainda é conhecido sobre a extensão, a condição e a valoração de *wetlands* em escala global. Considerando uma abordagem regional, apenas parte da América do Norte e da Europa Ocidental apresenta um inventário adequado, sendo que muitas informações estão desatualizadas ou são incompletas (Ramsar, 2007d).

As estimativas da extensão global de *wetlands* variam e são dependentes da definição e dos métodos de delineamento empregados. Estima-se que cubram uma área aproximada de 7 a 8 milhões de km<sup>2</sup>, ou cerca de 6% da superfície do planeta, sendo encontrados em todos continentes, com exceção da Antártica (Millennium, 2005b).

A América do Sul é portadora de imensas áreas úmidas, sazonais ou permanentes, cujas dimensões ainda não são conhecidas de forma satisfatória. O comportamento sazonal dessas áreas tampouco é conhecido, uma vez que demanda um levantamento de dados adequado ao seu comportamento temporal (estacional ou anual), climático e geológico (Martini, 2006).

De acordo com o Projeto INAU<sup>5</sup>, os dados sobre a extensão de áreas úmidas na América do Sul apresentam variação na literatura científica, além de subestimar a área total ocupada por tais ambientes. As razões apontadas para a subestimação da área referem-se à ausência de definição e de um sistema de classificação geral a serem adotados para o levantamento. O documento também menciona a baixa prioridade para pesquisas nesses ecossistemas.

Para inventários e monitoramento de áreas úmidas, o sensoriamento remoto é apropriado, especialmente em países em desenvolvimento onde os fundos são limitados e há pouca informação disponível (Ozesmi e Bauer, 2002). Os autores ressaltam que a utilização dos dados de sensoriamento remoto para a classificação de uso e cobertura do solo é mais barata e consome menos tempo do que levantamentos de campo e aerofotografias, especialmente em áreas extensas.

Valeriano e Abdon (2007) consideram que a utilização de bases topográficas digitais representa uma alternativa de grande interesse para suprir a carência de mapeamentos em áreas úmidas, sobretudo na África, Oceania e América do Sul. As autoras aplicaram dados do DEM do *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) para a caracterização de fitofisionomias no Pantanal Mato-Grossense.

Villeneuve (2005) utilizou modelos em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), a partir de informações derivadas de imagens LANDSAT e das características de áreas úmidas e obteve delineamentos, à distância, mais precisos que inventários anteriores, na região costeira de Houston, nos Estados Unidos. A autora integrou dados de fluxo acumulado, declividade e

---

<sup>5</sup> Projeto para criação do Instituto Nacional de Áreas Úmidas (INAU), disponível em: [http://cppantanal.org.br/documentos/projetos/projeto\\_inau.pdf](http://cppantanal.org.br/documentos/projetos/projeto_inau.pdf)

proximidade dos cursos d'água para gerar índices de probabilidade de ocorrência de áreas úmidas.

O Brasil possui *wetlands* tanto costeiros quanto continentais, destacando-se o Pantanal que é a maior planície de área alagável no mundo, com aproximadamente 138.000 km<sup>2</sup>. De acordo com a classificação de Esteves (1998), podem ser reconhecidos os seguintes sub-grupos de *wetlands* no país:

- Formados por sistemas de rios e planícies de inundação (várzea, igapó, pantanal), representam a maioria dos sistemas brasileiros;
- Associados a lagos ou lagoas (brejo);
- Localizados em áreas com águas subterrâneas em nível elevado e/ou por acúmulo de águas de cabeceira (brejo, pântano, campo úmido, lameiro, etc.) e
- Artificiais formados a partir da construção de reservatórios.

Os pulsos de inundação, característicos em áreas alagáveis, são responsáveis pela elevada produtividade desses sistemas, pois fornecem nutrientes e carregam detritos, influenciando assim a ciclagem de nutrientes. A produtividade primária e outras funções de *wetlands* são ampliadas por condições de inundação e pulsos ou diminuídas por condições estagnantes (Mitsch e Gosselink, 1993).

Ecossistemas de áreas úmidas dependem da manutenção dos regimes de água naturais quanto aos fluxos (quantidade e qualidade), temperatura e *timing* para manter a biodiversidade, as funções e os serviços ambientais. A variação espacial e temporal na profundidade da água, padrões de fluxo e qualidade da água, assim como a frequência e a duração da inundação, são determinantes do caráter ecológico das áreas alagáveis. Em condições pristinas, o regime de fluxo natural pode ser considerado a variável mais importante que regula a integridade ecológica de *wetlands* associados a rios (Ramsar, 2007b).

Por serem capazes de reduzir a inundação em períodos de precipitação intensa ou derretimento de geleiras e, armazenar e liberar água durante períodos de seca extrema, as áreas úmidas



contribuem para atenuar os impactos relacionados às mudanças climáticas em ambientes aquáticos (Ramsar, 2007c).

De acordo com Cabezas *et al.* (2008), o regime hidrológico atribuído a *wetlands* extensos e topograficamente heterogêneos não reflete os diversos tipos de regime que podem ocorrer em uma escala mais regional.

O regime hidrológico de áreas úmidas é a força-motriz que determina o desenvolvimento do solo, a composição das comunidades, o tipo e intensidade dos processos biogeoquímicos. Precipitação, escoamento superficial e água subterrânea são as principais fontes de água para *wetlands* continentais. As áreas úmidas associadas à inundação de rios são consideradas sistemas “abertos”, pois recebem água principalmente por fluxos superficiais, o que promove a intensa troca de materiais com áreas adjacentes (US EPA, 2008).

Pesquisas específicas sobre a dinâmica de inundação em áreas úmidas são relativamente recentes. Comunello (2001) aponta a escassez de dados ao fato de que as planícies de inundação sempre foram consideradas áreas com pouca aptidão agrícola. Sem interesse econômico ou social expressivos, o mapeamento dessas áreas, em escalas compatíveis com o interesse de modelagem hidrológica, é escasso. Na planície de inundação do Alto rio Paraná, o autor relacionou imagens LANDSAT, em situações de inundação distintas, com a construção de modelos numéricos de terreno para a inferência da área inundada.

Esteves (1998) comenta que devido à elevada produtividade primária e pouca decomposição, *wetlands* são capazes de armazenar carbono na biomassa vegetal sem que haja decomposição intensa, caracterizando-se assim, como ambientes que contribuem na manutenção das condições atmosféricas e climáticas. A degradação das áreas úmidas causa, entretanto, a liberação de CO<sub>2</sub> agravando as mudanças climáticas do planeta.

O solo de *wetlands* é um solo hidromórfico onde predominam condições anaeróbias, com uma fina camada oxidada na interface solo-água, resultando em pouca decomposição da matéria orgânica. As condições hidrológicas podem alterar as condições do solo permitindo o

estabelecimento de uma vegetação que se adapte às mudanças, principalmente quanto ao conteúdo de oxigênio. Estima-se que *wetlands* de água doce abriguem 40% de todas as espécies mundiais e 12% das espécies animais. A combinação de águas rasas, elevados níveis de nutrientes e altas taxas de produtividade primária caracteriza a biodiversidade de *wetlands* como a base de diversas teias alimentares (Mitsch e Gosselink, 1993).

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US EPA)<sup>6</sup> descreve as principais funções das áreas úmidas:

- Receber, armazenar e liberar água, seja fisicamente através da água subterrânea e superficial, assim como biologicamente, através da transpiração pela vegetação, contribuindo para o ciclo hidrológico, tanto local quanto global, mantendo fluxos de água quando as condições são mais secas ou reabastecendo as águas subterrâneas;
- Interceptar o escoamento superficial e amortecer a energia das correntes. As áreas úmidas reduzem os picos de inundação à jusante, evitando a inundação e a erosão. Essa proteção resulta em prejuízos financeiros menores, assim como na proteção da saúde humana, segurança e bem-estar. Também melhoram a navegação, já que reduzem a sedimentação nos canais fluviais;
- Remover ou reter nutrientes ou outras substâncias biodegradáveis, processar matéria orgânica e reduzir sedimentos suspensos, tornando-as mitigadores de problemas ambientais, como a eutrofização. A retenção de nitrogênio e fósforo é um dos atributos mais importantes de *wetlands*, particularmente as que recebem poluição de fontes não pontuais ou águas residuárias<sup>7</sup>.

A sucessão de inundações periódicas e eventos de seca é um componente indispensável na manutenção e evolução de *wetlands*. Apesar de os organismos serem adaptados às variações de seca e cheia, as condições extremas desses eventos são estressantes para as espécies (Esteves, 1998). Verificam-se muitos casos de endemismos em áreas úmidas e, por conta da degradação desses ambientes, tem ocorrido um declínio maior no número de tais espécies, em

---

<sup>6</sup> *Environmental Protection Agency (EPA). Wetlands functions and values.* Documento disponibilizado em <http://www.epa.gov/watertrain/wetlands/>; acesso em 23 de setembro de 2008.

<sup>7</sup> A construção de *wetlands* artificiais para remoção de nutrientes ou restabelecimento de outras funções já é consagrada em diversos países e tem apresentado crescimento expressivo no Brasil.

relação às espécies que são dependentes de ecossistemas terrestres, exclusivamente (Millennium, 2005b).

De acordo com Serafini (2007), o Brasil não apresenta uma política específica sobre as áreas úmidas, devendo os instrumentos e mecanismos de proteção e conservação serem identificados na Política Nacional de Meio Ambiente ou em outras políticas ambientais específicas. Essa constatação não afasta, porém, a necessidade da elaboração de uma política nacional sobre áreas úmidas, que preveja uma série de definições, objetivos, diretrizes e instrumentos para o uso adequado e preservação desses ecossistemas, bem como a articulação dos instrumentos existentes com esses objetivos. Destaca-se, entretanto, que através do Decreto Federal não numerado de 23 de outubro de 2003, foi criado o Comitê Nacional das Zonas Úmidas que, apresenta, dentre as suas competências, subsidiar a elaboração de um Plano Estratégico de Zonas Úmidas e orientar órgãos ambientais com relação ao uso adequado e proteção das áreas úmidas.

Considerando que o Brasil é signatário da Convenção Ramsar, o autor acima explica que as obrigações assumidas são exigíveis imediatamente, independentemente de regulação infraconstitucional. O autor esclarece que a proteção das áreas úmidas não pode ser entendida apenas como a atuação do Estado para evitar as violações das normas de proteção. Como direito coletivo socioambiental, a proteção das áreas úmidas constitui objeto de políticas públicas, ou seja, medidas positivas coordenadas pelo Estado e adotadas por este e pela coletividade; portanto, propõe que uma política nacional de áreas úmidas deve contemplar os seguintes aspectos:

- Definição da proteção legal de áreas úmidas, incluindo as práticas tradicionais a ela associadas;
- Inclusão das áreas úmidas nos processos de autorização de atividades potencialmente capazes de afetá-las, bem como sua inclusão nos estudos de impacto ambiental;
- Estabelecimento de competências para os agentes públicos;
- Estabelecimento de incentivos financeiros para a proteção e conservação das áreas úmidas;
- Inclusão de áreas úmidas nos processos de planejamento, especialmente naqueles ligados ao zoneamento do uso do solo;

- Estímulo à conscientização pública sobre os valores das áreas úmidas e criação de mecanismos de participação pública nas tomadas de decisões;
- Criação de mecanismos de punição de atividades ilegais;
- Criação de mecanismos judiciais de revisão de atividades públicas ou privadas degradadoras das áreas úmidas;
- Definição de reservas (unidades de conservação) de áreas úmidas e de ecossistemas a serem protegidos fora de reservas determinadas.

### **3.1.2 – Impactos**

Na história recente da sociedade, as áreas úmidas foram consideradas ambientes insalubres e que deveriam ser modificados para permitir o desenvolvimento econômico de uma região.

Estima-se que, globalmente, a extensão de *wetlands* tenha sido reduzida em mais de 50% (Schuyt e Brander, 2004). Até 1985, de 55 a 65% da área de *wetlands* foi drenada para produção agrícola na Europa e América do Norte; em regiões tropicais e sub-tropicais, essa modificação foi de 27% na Ásia, 6% na América do Sul e 2% na África (Galbraith *et al.*, 2005).

Serafini (2007) explica que na evolução histórica da regulação jurídica nas áreas úmidas (especialmente no caso dos países europeus), passou-se por três fases: a) uma incipiente ordenação promovida na Idade Média pelos monarcas e pela nobreza com o motivo de garantir esses espaços para seu desfrute da caça; b) uma segunda fase de erradicação ou drenagem por motivos de saúde pública e no interesse da economia nacional – aumento da superfície agrária – ao longo dos séculos XIX e início do século XX; e c) uma última etapa protecionista ou restauradora a partir dos anos setenta.

Kadlec e Knight (1996) argumentam que a necessidade de investimentos em drenagem e mecanismos de controle da inundação, além do custo adicional com fertilizantes em regiões agrícolas, fez com que *wetlands* fossem as últimas áreas naturais a serem modificadas para exploração econômica.

Como alerta Dimitriou e Zacharias (2010), a evolução da paisagem e as alterações consequentes das condições bióticas e abióticas dos ecossistemas podem ser mais aparentes numa escala local, mas, frequentemente, resultam em mudanças ambientais globais acumulativas.

Falkenmark *et al.* (2007) analisaram as causas e consequências das alterações em *wetlands* da região da Mesopotâmia (bacia dos rios Tigre e Eufrates), local que é considerado um dos berços da civilização ocidental e um centro de biodiversidade de importância global. Segundo os autores, a redução da área em 14% do tamanho original deve-se ao incremento da agricultura e de atividades de drenagem, o que resultou também em perda da fertilidade e em salinização do solo. As implicações ecológicas foram severas, incluindo a migração de pássaros, a extinção de espécies endêmicas e a redução da pesca no Golfo Pérsico; além de implicações sociais, pois cerca de 500.000 árabes tornaram-se refugiados ambientais. O autor explica que as causas da degradação são complexas, envolvendo ações diretas e indiretas na forma de uso e ocupação do solo e dos recursos hídricos da bacia hidrográfica.

Esteves (1998) lista exemplos de destruição de *wetlands* no Brasil, especialmente em áreas urbanas ou de elevado interesse econômico. Segundo o autor, o desconhecimento das funções das áreas úmidas pode ter sido responsável pela alteração de tais ambientes, ao mesmo tempo em que, em algumas regiões do País, pode ter contribuído para a preservação das mesmas.

O crescimento populacional e econômico tem sido a principal causa da degradação de áreas úmidas. Outros fatores apontados como ameaças são: urbanização e desenvolvimento de infraestrutura, conversão no uso do solo, utilização inadequada da água, eutrofização e poluição, desmatamento, drenagem, construção de reservatórios, pesca ilegal, aquicultura, pastagem intensiva e a introdução de espécies invasoras. As mudanças climáticas também podem acentuar a perda e degradação de vários *wetlands* (Millennium, 2005b).

Em 1999, a US EPA iniciou uma série de publicações intituladas “Métodos para avaliação da condição de *wetlands*”. Tais métodos são baseados no diagnóstico de comunidades biológicas e na caracterização do desequilíbrio de nutrientes, por ser este um dos primeiros agentes de

stress, prejudicando o funcionamento de *wetlands*. Uma análise de métodos de avaliação rápida para avaliar os impactos antrópicos aos sistemas de *wetlands* foi publicada em 2004 pela mesma agência (US EPA, 2004), no qual se reconhece que a classificação de áreas úmidas, seja em função das condições hidrológicas, vegetação, topografia ou solos é importante para reduzir a variabilidade inerente aos ecossistemas e assim, permitir uma sensibilidade maior para detectar as diferenças dos tipos de impactos aos quais tais ambientes estão sujeitos. O manual técnico produzido em 2008 (US EPA, 2008) admite que conhecimentos avançados sobre impactos específicos ainda são raros, e que pesquisas ideais raramente são conduzidas.

O documento Ramsar, que integra práticas conservacionistas de *wetlands* ao manejo de bacias hidrográficas (Ramsar, 2007b), descreve várias atividades antrópicas que acarretam prejuízo às funções desempenhadas pelas áreas úmidas. Modificações no regime hidrológico podem ter consequências detrimenais à integridade de *wetlands*. O aumento da produção de sedimentos e da concentração de nutrientes carreados, assim como a drenagem desses ambientes, reduz o volume de água armazenado. Efeito oposto é observado quando há desvios dos cursos d'água, seja por construção de barragens ou canais. A retirada de água subterrânea reduz o nível freático e também o fluxo de base, tanto para os *wetlands* quanto para ecossistemas terrestres. Atividades industriais podem prejudicar as áreas úmidas por meio da liberação de substâncias tóxicas e de vazamentos acidentais. O impacto da expansão de áreas urbanas se dá por redução na extensão das áreas úmidas e pelos danos associado à infraestrutura como estradas, portos, fornecimento de água e controle de inundação.

Bolca *et al.* (2007) analisaram o impacto da urbanização em áreas úmidas e terras agrícolas na Turquia por meio de geoprocessamento, sendo a aplicação de sensoriamento remoto destacada pelos autores como relevante para detectar as mudanças na cobertura e uso do solo.

A urbanização, mesmo quando não é o uso do solo dominante, exerce influências em termos de destinação dos resíduos, industrialização e uso intensivo de energia e recursos (Li *et al.*, 2010). Os autores explicam que as áreas úmidas são vulneráveis às pressões da urbanização, decorrentes do uso insustentável dos recursos e dos conflitos de manejo da paisagem.

Dimitriou e Zacharias (2010) relatam que a expansão de áreas urbanas em locais com ocorrência de *wetlands* acarreta a aceleração do escoamento (o que reduz a recarga de água subterrânea), aumenta o potencial de inundação local e também de poluição da água, especialmente em áreas onde não há tratamento de esgoto.

Para descrever os impactos ambientais do asfaltamento da BR 101 sobre as marismas (banhados salgados) localizadas na margem do estuário da Lagoa dos Patos (RS), Costa e Marangoni (2000) combinaram um método de quantificação visual e análise matricial discriminando os impactos estruturais e funcionais. Os autores constataram que os impactos estruturais mais frequentes e intensos são a pastagem, a canalização e a construção de aterros, enquanto os impactos funcionais mais importantes foram a deposição do lixo e a eutrofização.

Em relação aos impactos advindos da pecuária em *wetlands*, destacam-se as pesquisas desenvolvidas pelo MacArthur Agro-ecology Research Center<sup>8</sup>, na Flórida (EUA), cujo objetivo principal é investigar a resposta de *wetlands* às principais forças motrizes na atividade da pecuária, como a intensificação da pastagem, pastoreio e queimadas.

Steinman *et al.* (2003) diferenciam os impactos diretos e indiretos da pecuária em áreas úmidas. Os primeiros incluem a herbivoria da vegetação aquática, *input* de nutrientes por produtos excretados e retenção de sedimentos, enquanto, entre os indiretos, destacam-se mudanças na composição das comunidades de algas e macrófitas induzidas pelo carreamento de nutrientes e herbivoria seletiva, e, conseqüentemente, alterações na teia alimentar.

Como impactos negativos da pecuária, Gathumbi e Bohlen (2005) citam as alterações na estrutura e funções de sistemas de áreas úmidas pelo uso do solo, que resultam em mudanças nos ciclos biogeoquímicos, na eutrofização, na composição da comunidade e na conectividade entre os ambientes.

Em experimento realizado por Sigua *et al.* (2009), a pastagem em áreas úmidas alterou as características do ambiente devido, principalmente, às mudanças na hidrologia do sistema: os

---

<sup>8</sup> Disponível em: <http://www.maerc.org/html/research/projects/sefgwe.html>

níveis de carbono orgânico, nitrogênio total e potássio no solo diminuíram, enquanto os níveis de compostos fosfatados, além de cálcio, magnésio, manganês, ferro e do pH aumentaram.

O pastoreio promove o empobrecimento dos fragmentos florestais em áreas úmidas quando utilizados pelo gado como áreas de refúgio e caminamento, além de intensificar os processos de erosão do solo e assoreamento dos mananciais, especialmente nas situações de falta de práticas de manejo do solo e desrespeito aos limites das Áreas de Preservação Permanente (APP's) (Terramax, 2005).

Na Tanzânia, em áreas úmidas onde há criação de gado, Hongo e Masikini (2003) constataram que o pastoreio intensivo é a causa principal do aumento da erosão nesses ambientes. Os autores também descreveram alteração na composição das espécies nativas, mudanças no escoamento superficial da água, assoreamento e eutrofização.

Em relação à irrigação, Galbraith *et al.* (2005) realizaram uma análise dos trabalhos que descrevem os efeitos da atividade em áreas úmidas, especificamente em países em desenvolvimento. Os autores verificaram que os impactos variam entre próximos e de pouca magnitude a distantes e severos, podendo incluir a inundação de *wetlands* e a substituição da vegetação nativa por exótica. Salientam que retiradas de água para irrigação podem potencializar efeitos de outros agentes de estresse. Os demais efeitos apontados pelos autores são diminuição da área devido à drenagem, conversão de terras agricultáveis, mudanças no ciclo hidrológico, perda das funções por salinização, sedimentação, erosão, eutrofização, poluição e contaminação por uso de pesticidas e outros produtos químicos.

Poissant *et al.* (2008) afirmam que as respostas da biota e as funções de qualidade da água, relacionadas à carga de poluentes da agricultura, incluindo pesticidas, ainda não estão completamente esclarecidas. Os autores realizaram uma investigação sobre pesticidas em *wetlands* fluviais no Canadá, em áreas de atividade agrícola intensa e verificaram que a degradação de metabólitos e dos ingredientes ativos dos pesticidas variou de acordo com as características da bacia hidrográfica onde os ambientes estão inseridos.



Ao relatar os impactos em *wetlands* de zonas ripárias na Grécia devido à intensificação do uso do solo, Dimitriou e Zacharias (2010) descrevem o carreamento de produtos agroquímicos e as mudanças no regime hidrológico. O autor comenta que tais efeitos foram responsáveis pela deterioração da qualidade da água com implicações para a biota local e, conseqüentemente, para a população.

Informações geoprocessadas foram utilizadas para avaliar o efeito da drenagem das várzeas na planície de inundação do rio Paraná, por Kutchenski Júnior *et al.* (2004). De acordo com os autores, os canais de drenagem construídos para drenar as áreas alagadas e aumentar a área de utilização agropecuária resultaram numa elevada degradação da região.

Smith *et al.* (2011) relatam que o aumento na demanda de biocombustíveis tem pressionado a conversão de áreas nativas ou de conservação em plantações de milho trazendo impactos, não só nos *wetlands* da região de Playa (EUA), quanto nas bacias hidrográficas próximas, principalmente por conta da drenagem de áreas úmidas.

As atividades de mineração também acarretam impactos aos ecossistemas de áreas úmidas. No Plano de Manejo do Parque Nacional de Ilha Grande, são descritos alguns dos impactos físicos da atividade de mineração. Verifica-se a tendência de alteração da velocidade com que ocorrem os processos migratórios naturais do leito do rio Paraná, uma vez que a atividade remove barras e depósitos e aprofunda canais, alterações que influenciam o fluxo das águas. O aumento da turbidez da água ao redor das dragas e próximo aos portos de areia, onde se faz o beneficiamento do minério, traz impactos localizados sobre a ictiofauna e a macrofauna invertebrada, assim como alterações químicas, provocadas principalmente pelo aumento da concentração de alumínio oriundo da lavagem da areia durante o processo de dragagem. Especificamente nos portos de areia, os impactos negativos relatado são a remoção da vegetação ciliar, a alteração da qualidade das águas por dragagem e assoreamento e o impedimento do processo de sucessão natural sobre bancos de areia.

Para La Serna *et al.* (2008)<sup>9</sup>, a vulnerabilidade de várzeas, e outros locais onde ocorrem a extração de minerais, tornou-se mais intensa a partir da Resolução CONAMA n.º 369/2006 que, ao definir areia, argila, cascalho e saibro como bens minerais de utilidade pública, possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em APP's para a extração.

A respeito da construção de usinas hidrelétricas (UHE) em áreas úmidas, Tundisi (2007) descreve os impactos na Amazônia que, apesar das características regionais específicas, podem ser considerados semelhantes para outras áreas. Segundo o autor, a perda de serviços dos ecossistemas terrestres e aquáticos ocorre devido ao aumento da área inundada, à decomposição de vegetação terrestre submersa, à deterioração da qualidade da água e à emissão de gases do efeito estufa, especialmente metano e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Os impactos gerados pela UHE Porto Primavera sobre o meio físico e biótico foram descritos por Travassos (2001), com ênfase sobre a população do cervo-do-pantanal (*Blastocerus dichotomus*) e do gavião-caramujeiro (*Rostrhamus sociabilis*), espécies características de áreas úmidas. Segundo o autor, o deslocamento provocado pela alteração dos habitats representa uma ameaça ao equilíbrio populacional de tais espécies.

Apesar do crescente reconhecimento sobre a necessidade de se conservar *wetlands*, a redução na extensão dessas áreas e a pressão continuam, causando um alto custo social (Turner *et al.*, 2000). As fronteiras de tais ecossistemas são difíceis de serem delimitadas; portanto, a titularidade de domínio sobre as mesmas torna-se complexa, constituindo, assim, mais uma forma de ameaça. Os autores reconhecem as falhas no sistema de mercado devido à natureza pública de vários bens e serviços de *wetlands*, tornando-os expostos a pressões para o livre acesso e sem o amparo de direitos de propriedade permitindo, dessa forma, a depauperação irrestrita dos recursos desses ambientes. Comentam ainda que, embora ocorra a integração de estratégias de proteção às áreas úmidas em diferentes políticas nacionais norte-americanas, o desenvolvimento econômico local ainda ocorre à custa da degradação das mesmas.

---

<sup>9 9</sup> La Serna, H.A., Recuero, J.C., Rezende, M.M., Cavalcanti, V.M.M. (2008). *Agregados para Construção Civil*. Disponível em <http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriaDocumento/SumarioMineral2008/Agregados.pdf>.

De Groot *et al.* (2006) acrescentam as externalidades, que não levam em conta os custos ambientais e sociais totais, os incentivos perversos (como taxas e subsídios), a distribuição desigual de custos e benefícios e, finalmente, a não inclusão dos usuários locais nos processos de decisão, como fatores para justificar a sub-valorização e a sobre-utilização de áreas úmidas.

Em pesquisa realizada na região do Parque Nacional de Ilha Grande, Godoy (2000) constatou a alteração na qualidade de vida dos ilhéus a partir da intensificação das ações antrópicas sobre o ambiente, acarretando prejuízos econômicos e, conseqüentemente, sociais. Estima-se que entre 1950 e 1970 foram eliminados 50 mil km<sup>2</sup> de mata pluvial nativa, acelerando o processo de erosão e assoreamento dos rios. O crescimento da pecuária e de lavouras de cultura temporária resultou na diminuição de renda da população local que passou a buscar nas cidades da região outras ocupações. A situação descrita pela autora corrobora a afirmativa apresentada pelo documento da convenção Ramsar (Ramsar, 2007c) sobre a importância da manutenção de *wetlands* em condições naturais para manter os estilos de vida tradicionais das populações.

## **3.2 – SERVIÇOS AMBIENTAIS**

### **3.2.1 – Conceito**

O conceito de serviços e bens ambientais remonta ao final da década de 1960, embora esteja sujeito a várias interpretações, muitas vezes contraditórias. Hermann *et al.* (2011) comentam que devido à variedade de publicações referentes aos conceitos de serviços ambientais, existem diferentes abordagens e definições do conceito e que, a comunidade científica que se dedica à temática ainda é relativamente jovem, portanto há vários obstáculos ainda a serem superados.

De Groot *et al.* (2002) explicam que o conceito de serviços ambientais pode descrever o funcionamento interno dos ecossistemas, assim como relacionar os benefícios obtidos pelos seres humanos a partir das propriedades e processos dos ecossistemas. Uma vez que as

funções de um ecossistema são conhecidas, a natureza e magnitude do valor dessas funções para a sociedade podem ser avaliadas por meio dos serviços e bens ambientais.

Em Millennium (2005a), o termo serviços inclui tanto os benefícios tangíveis e intangíveis, identificados como bens e serviços, respectivamente, sendo que os bens, também denominados produtos, são utilizados para o consumo ou para serem comercializados.

Veiga Neto (2008) diferencia serviços ecossistêmicos e ambientais explicando que os primeiros podem ser definidos como sendo os serviços prestados pelos ecossistemas naturais e as espécies que os compõem, na sustentação e preenchimento das condições para a permanência da vida humana na Terra, mediante ou não alguma ação antrópica; já os serviços ambientais refletem toda ação antrópica que causa algum efeito em um ecossistema, com o objetivo de se apropriar ou utilizar um ou mais dos produtos gerados pelo ecossistema. Segundo o autor, o que o conceito de serviço ecossistêmico traz de novo é a relevância que assume os serviços que efetivamente dão sustentação à vida no planeta, considerados mais importantes (porque de maior dificuldade para a substituição) do que os produtos gerados.

De acordo com a proposta para a criação do PROAMBIENTE<sup>10</sup>, são considerados serviços ambientais todas as atividades envolvidas no processo produtivo que contribuam para a recuperação de áreas alteradas, APP's e reserva legal.

Veiga Neto (2008) comenta que, na Organização Mundial do Comércio, observa-se uma tendência de tratar serviços ambientais como quaisquer outros serviços (vinculados a bens de consumo tradicionais), para os quais, no processo de fabricação, considera-se a otimização de recursos naturais. De acordo com o autor, países em vias de desenvolvimento, ricos em recursos naturais, atuam no sentido de vincular o comércio internacional dos bens e serviços ambientais a objetivos de sustentabilidade, como conservação do estoque de capital natural e redução da pobreza. Pela definição da Organização de Cooperação e Desenvolvimento

---

<sup>10</sup> Programa de Desenvolvimento Socioambiental da Produção Familiar Rural, proposto pelos movimentos sociais rurais amazônicos que une controle social, desenvolvimento endógeno com enfoque territorial, planejamento econômico e ecológico das unidades de produção e remuneração de serviços ambientais (Mattos, 2010).

Econômico (OECD) o setor de serviços ambientais inclui a “medida, prevenção, minimização ou correção de danos ambientais a água, ar, solo e problemas relacionados aos resíduos, ruídos e ecossistemas”.

Os critérios de classificação de serviços ambientais variam de acordo com os interesses específicos de organizações e países (Oliveira, 2008). Norberg (1999) explica que os critérios ecológicos que classificam os serviços ambientais compreendem a abrangência (internos ou compartilhados por outros sistemas), origem (biótica ou abiótica) e nível de hierarquia.

A capacidade dos ecossistemas em fornecer serviços ambientais, de forma sustentável, depende das características bióticas e abióticas, que devem ser quantificadas com indicadores ecológicos apropriados. A importância dos ecossistemas tem sido difundida por cientistas, principalmente com referência às relações causais; por isso a necessidade de se levar em conta as interações dinâmicas entre funções, valores e processos do ecossistema (De Groot *et al.*, 2006).

A relação das mudanças no uso da terra com a degradação dos serviços ecossistêmicos é discutida por Lima (2011), que apresenta uma metodologia para a avaliação dos indutores de mudança (forças motoras). De acordo com o autor, a análise por meio das diferentes fases de evolução de uma paisagem, seus fluxos e vetores de mudança, e os seus processos de fragmentação proporcionam condições mais próximas da realidade para avaliar a oferta de tais serviços do que a interpretação pontual das classes de uso do solo.

Para Turner *et al.* (2000), a adoção de uma perspectiva funcional é a maneira correta de identificar os bens e serviços ambientais. Lembram os autores que, se cada serviço for identificado separadamente e atribuído a uma determinada função, pode ocorrer que o benefício seja considerado duplamente.

Para evitar incorrer no risco descrito anteriormente, Boyd e Banzhaf (2007) salientam a importância de identificar precisamente o que são processos, componentes, bens e serviços ambientais. Os autores destacam a importância de avaliar os serviços espacialmente e

reforçam a necessidade de padronizar as unidades ou classes de serviços ambientais para avaliar a relação entre o bem-estar humano e o desempenho ambiental, devendo considerar ainda a forma como tais serviços são ponderados.

Konarska *et al.* (2002) comentam que as imagens de sensores remotos orbitais, disponibilizadas com resoluções mais precisas, tornam-se ferramentas importantes para avaliação e monitoramento dos serviços ambientais, em um contexto espacial.

Norberg (1999) salienta que para entender as opções disponíveis para o manejo de serviços ambientais e os custos associados a esses, é fundamental o entendimento dos mecanismos ecológicos básicos que relacionam um certo produto ou serviço da natureza a seu ecossistema. De acordo com o autor, esse conhecimento também é importante para estimar a confiabilidade qualitativa desse serviço, ou seja, a capacidade de trabalhar sob demanda e a sensibilidade às mudanças ambientais aceleradas pelo ser humano, o que pode ser expresso pela integridade, resiliência e resistência de um ambiente.

A importância de se considerar a resiliência dos ecossistemas como guia para o manejo de serviços ambientais, também foi ressaltada por Howarth e Farber (2002). Segundo os autores, as incertezas científicas podem obscurecer a medida dos processos biofísicos: se, por exemplo, os pesquisadores superestimam a habilidade dos ecossistemas aquáticos em assimilar cargas excessivas de nutrientes, os economistas subestimariam o valor de outros serviços como sustentar populações de peixes, a manutenção da qualidade da água e as oportunidades de recreação prestadas por rios e lagos. Os autores advertem que as decisões quanto às medidas de conservação ou restauração podem conduzir a uma utilização inadequada dos recursos quando não são orientadas por algum conceito de valor.

Falkenmark *et al.* (2007) alertam que se a resiliência ecológica dos ambientes não for considerada, o aproveitamento econômico futuro dos recursos naturais pode ficar comprometido.

Veiga Neto (2008) comenta que pelo fato dos serviços ambientais terem valor econômico quantificável, podem gerar investimentos e práticas de restauração e manutenção dos mesmos, constituindo assim, os mercados por Pagamentos de Serviços Ambientais (PSA). O autor cita os cinco critérios (ou passos) para definir tais mercados: a) uma transação voluntária onde; b) um serviço ambiental (ou um uso de solo que claramente seja capaz de gerar aquele serviço) bem definido; c) é comprado por (pelo menos um) comprador de serviço ambiental; d) de (pelo menos um) vendedor de serviço ambiental; e) se e apenas se, o vendedor de fato entregar o serviço. Quase todos os PSA existentes compreendem serviços ambientais associados a uma das quatro categorias representadas por: retenção ou captação de carbono; conservação da biodiversidade; conservação de serviços hídricos e conservação de beleza cênica.

Ao refletir sobre o entendimento das razões pelas quais os mercados não foram estabelecidos anteriormente, posto seu potencial de geração de benefícios às comunidades locais, regionais e globais ou ainda por que os mercados não foram capazes de refletir os valores ambientais gerados pelos ecossistemas, Veiga Neto (2008) aponta, como principais razões, duas falhas do mercado citadas por economistas de diversas tendências: o fato dos serviços ambientais serem considerados externalidades positivas e por estarem classificados na categoria de bens públicos.

Jardim (2010) explica que quando se trata de PSA, o termo serviço ambiental é mais utilizado do que serviço ecossistêmico uma vez que este está relacionado diretamente com as práticas antrópicas. A natureza oferta o serviço ecossistêmico, mas o ser humano que trabalha na manutenção desses serviços presta um serviço ambiental. Torna-se claro que os serviços prestados pela natureza passam a desempenhar um papel diferenciado no âmbito social, mas, principalmente, no âmbito econômico, a partir do instante em que se reconhece a importância das práticas conservacionistas dos agentes responsáveis pela manutenção desses serviços. Diante desse cenário, a autora explica que a Agência Nacional de Águas (ANA) desenvolveu o programa “Produtor de Água” para incentivar produtores rurais a adotarem práticas adequadas de conservação de água e solo; em contrapartida, os produtores rurais são remunerados pelos trabalhos realizados de conservação na bacia hidrográfica.

Hussain e Badola (2008) ressaltam que a atitude da população local é um fator fundamental para o sucesso das ações de manejo e conservação em áreas protegidas. Afirmam os autores que, para garantir a sustentabilidade dos serviços fornecidos pelos ecossistemas naturais, é importante garantir a sustentabilidade dos agroecossistemas locais.

### **3.2.2 – Serviços ambientais e áreas úmidas**

Devido às importantes funções que desempenham, as áreas úmidas têm sido intensamente utilizadas; estima-se que contribuam com cerca de 40% dos serviços ambientais no planeta (Zedler, 2003).

Esteves (1998) comenta que o histórico da utilização de *wetlands* reprisa a história da própria civilização humana, que sempre se beneficiou dos serviços fornecidos pelos pulsos de inundação.

Mitsch e Gosselink (1993) usam as expressões “rins da paisagem” e “supermercados biológicos” para exprimir a importância das áreas úmidas no desenvolvimento e sustento de culturas através dos tempos. Os autores se referem às funções que esses ambientes desempenham como filtros e como base de diversas cadeias alimentares, respectivamente.

Cedfeldt *et al.* (2000) salientam que, apenas recentemente, passou-se a compreender melhor as funções associadas às áreas úmidas e seu valor para a sociedade. Em pesquisa realizada nos Estados Unidos, os autores basearam-se nas funções relacionadas à biodiversidade, qualidade da água e redução da inundação para ordenar *wetlands* em prioridade de preservação.

Hruby (1999) analisou os diferentes métodos empregados para gerar informações sobre as funções de áreas úmidas obtendo uma comparação entre as similaridades, diferenças e o tipo de informação fornecida. A Tabela 3.1 apresenta os tipos de classificação das informações sobre as funções das áreas úmidas.



Tabela 3.1 – Tipos de classificação das informações sobre as funções das áreas úmidas (adaptado de Hruby, 1999).

TIPOS DE CLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO
Caracterização	Grupamento baseado em características compartilhadas que diferem das demais.
Ordenamento	Classificação baseada no desempenho.
Avaliação	Estimativa ou determinação da importância ou valor.
Valoração	Classificação baseada em modelos econômicos.

De acordo com Hruby (1999), inicialmente, os métodos eram direcionados para determinadas espécies em particular, portanto mais restritos; além disso, havia pouca discussão sobre os fundamentos, critérios ou tipo de informações necessárias e sem validação dos resultados obtidos, o que, frequentemente, resultava em expectativas equivocadas por parte dos tomadores de decisão. Posteriormente, devido ao surgimento do contexto regulatório, assim como de planejamento, foram desenvolvidos métodos capazes de integrar um conjunto maior de informações e também mais compreensíveis para a sociedade em geral. Os métodos que geram informações sobre as funções desempenhadas por áreas úmidas podem ter uma abordagem lógica ou mecanicista. A abordagem lógica é uma descrição verbal qualitativa, na qual as variáveis são combinadas por conectores lógicos (e, ou, se, então), também são denominados modelos baseados em regras ou descritivos; já a abordagem mecanicista faz uma agregação matemática de dados numéricos.

Para inferir sobre quais as funções mais prováveis desempenhadas por áreas úmidas, é necessário que, a partir do inventário, seja realizada uma avaliação funcional inicial, processo no qual as características gerais, físicas e biológicas do sistema, são analisadas (Ramsar, 2007b).

De acordo com Millenium (2005b), os serviços ambientais podem ser classificados quanto à função, organização ou aspectos descritivos. A classificação das funções ambientais desempenhadas pelas áreas úmidas está descrita na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Funções ambientais de áreas úmidas (adaptado de Millenium, 2005b).

FUNÇÃO	DESCRIÇÃO
REGULAÇÃO	Capacidade de regular processos ecológicos essenciais e sistemas de suporte à vida. Essa função é associada aos serviços que têm benefícios diretos e indiretos aos seres humanos, entretanto, muitas vezes, os benefícios indiretos não são reconhecidos até que sejam perdidos ou alterados. A regulação do clima, do ciclo hidrológico, da erosão, o fornecimento de água e tratamento de resíduos, a prevenção de distúrbios naturais e a polinização, são alguns exemplos.
SUPORTE	Ambientes naturais constituem refúgios e local de reprodução, contribuindo para a conservação da diversidade biológica e manutenção dos processos evolutivos. A formação do solo, a ciclagem de nutrientes e a fotossíntese são exemplos.
PRODUÇÃO	Representam os recursos naturais renováveis resultantes da produção primária bruta que podem ser utilizados de forma sustentável, como alimentos, água doce, madeira, fibras e combustíveis, bioquímicos e recursos genéticos.
INFORMAÇÃO	Ambientes naturais constituem-se uma referência e contribuem para a saúde humana fornecendo oportunidades para reflexão, inspiração (artística e cultural), enriquecimento espiritual, desenvolvimento cognitivo, recreação e contemplação, assim como, atividades educativas e científicas.

De Groot (1992) alerta que as funções de regulação são melhor desempenhadas por ecossistemas naturais, não perturbados e, para que o ser humano se beneficie dessas funções, é necessário garantir a existência continuada dos ambientes e a integridade dos processos; já a utilização das funções de suporte, pelos diferentes usos do solo, implica uma alteração significativa das condições ambientais naturais, especialmente quando o uso envolve infraestrutura permanente, sendo o uso do meio para essas funções, geralmente, exclusivo.

Os serviços culturais, apesar de desempenharem uma parte essencial no bem estar humano, estão marginalmente presentes em pesquisas científicas (Hermann *et al.*, 2011). Segundo os

autores, isso é considerado um problema quando o conceito de serviços ambientais é aplicado em paisagens culturais com história antiga de uso e ocupação do solo, interações dinâmicas entre seres humanos e natureza, padrões culturais e relações consolidadas de identidade e valores. Portanto, os autores sugerem que a abordagem dos serviços ecossistêmicos deve ser expandida para o “paradigma da paisagem cultural”, no qual inclui os seres humanos como parte integral das paisagens, uma vez que outros modelos os consideram como observadores imparciais, indutores externos ou beneficiários dos serviços.

As áreas úmidas proporcionam excelentes oportunidades para contemplação da natureza, atividades educativas e, ainda, como inspiração para diferentes manifestações artísticas. Mais de 30% dos sítios Ramsar têm importância arqueológica, histórica, cultural, religiosa, mística ou artística (Millennium, 2005b).

A compreensão do papel desempenhado pelos serviços ambientais em áreas úmidas pode ser constatada no documento produzido pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) ao se manifestar sobre a alteração do Código Florestal<sup>11</sup>. Os cientistas alertam para o risco de comprometimento dos serviços ambientais, citam o papel das áreas alagadas na prestação de tais serviços e finalizam o documento recomendando a integração entre os diversos atores sociais envolvidos na questão:

*"...Portanto, o país tem a chance única na história de conciliar uma agricultura altamente desenvolvida com vastos ecossistemas naturais preservados e ou conservados que produzem uma gama de **serviços ambientais** dos quais a própria agricultura depende, dentre eles se destacam a manutenção da fertilidade dos solos e suas propriedades físicas e a produção e sustentabilidade dos regimes hídricos dos ecossistemas."*

*"...Em decorrência, a comunidade científica brasileira se encontra extremamente preocupada frente às mudanças propostas, pois esta comunidade antevê a possibilidade de um aumento considerável na substituição de áreas naturais por áreas agrícolas em*

---

<sup>11</sup> Jornal da Ciência. e-mail 4045, de 05 de Julho de 2010. *SBPC e ABC manifestam preocupação com mudanças propostas ao Código Florestal*. A alteração do Código Florestal Brasileiro (instituído pela Lei nº 4.771/65) foi aprovada na Câmara dos Deputados (Projeto de Lei nº 1.876/99) em 25 de março de 2011, mas encontra-se sob forte discussão em função de pontos polêmicos, como as áreas de preservação permanente e de reserva legal.

*locais extremamente sensíveis como são as áreas alagadas, a zona ripária ao longo de rios e riachos, os topos de morros e as áreas com alta declividade. Esta substituição levará, invariavelmente, a um decréscimo acentuado da biodiversidade, a um aumento das emissões de carbono para a atmosfera, no aumento das perdas de solo por erosão com conseqüente assoreamento de corpos hídricos, que conjuntamente levarão a perdas irreparáveis em **serviços ambientais** das quais a própria agricultura depende sobremaneira, e também poderão contribuir para aumentar desastres naturais ligados a deslizamentos em encostas, inundações e enchentes nas cidades e áreas rurais. "*

*"...Desta forma podemos chegar a decisões consensuais, entre produtores rurais, legisladores, e a sociedade civil organizada, pautadas por recomendações com base científica, referendadas pela academia e não a decisões pautadas por grupos de interesses setoriais, que comprometam de forma irreversível nossos ecossistemas naturais e os **serviços ambientais** que desempenham."*

Ainda sobre a alteração do Código Florestal, Tundisi e Tundisi (2010) salientam:

*"...todos os **serviços ambientais** dos ecossistemas aquáticos ficam comprometidos com o desmatamento e remoção de áreas naturalmente alagadas, portanto a preservação destas áreas é essencial para regular tanto o ciclo hidrológico como os ciclos biogeoquímicos. A remoção destas áreas torna insustentável a agricultura em curto prazo. "*

La Peyre *et al.* (2001) constataram que, apesar do reconhecimento dos serviços ambientais prestados pelas áreas úmidas, as informações não são precisas e, muitas vezes, estão dispersas, sendo que os métodos para quantificação estão melhores estabelecidos do que os de avaliação da qualidade de *wetlands*.

A habilidade das áreas úmidas servirem como reservatório de nutrientes é fundamental em paisagens de áreas agrícolas onde, geralmente, as cargas de nutrientes são elevadas e ameaçam a integridade dos cursos d'água à jusante (Gathumbi e Bohlen, 2005). Os autores comentam que *wetlands*, em áreas de pastagens, fornecem múltiplos serviços ambientais incluindo a oferta de água, a produção de forragem de qualidade, áreas para o gado se refrescar em dias quentes, habitat para vida selvagem, capacidade de assimilação e estocagem de nutrientes contribuindo, dessa maneira, para uma maior produtividade vegetal.

### 3.2.3 – Manejo de áreas úmidas

O conceito de manejo ou uso racional (*wise use*) de *wetlands*, adotado pela Convenção de Ramsar<sup>12</sup>, implica a utilização sustentável para o benefício da espécie humana de uma maneira compatível com a manutenção das propriedades naturais dos ecossistemas. Uma definição atualizada pela própria Convenção trata da manutenção das características ecológicas, em um contexto de desenvolvimento sustentável, alcançado por meio da implementação de abordagens ecossistêmicas. A partir de vários exemplos, os documentos da Convenção destacam a relação custo-benefício, ao manter áreas úmidas em condições naturais, comparada à drenagem ou conversão em outros usos, para depois tentar fornecer o mesmo serviço por meio de medidas estruturais relacionadas à utilização da água, como a construção de reservatórios ou de sistemas de tratamento.

A avaliação funcional de áreas úmidas, embora focada nas funções ecológicas, deve reconhecer a importância do contexto social e dos valores associados às decisões para o manejo de tais ambientes (Findlay *et al.*, 2002).

Serafini (2007) ressalta que em decorrência de todos os valores associados às áreas úmidas, elas constituem bens essenciais para a garantia dos direitos coletivos socioambientais previstos na Constituição Federal. O autor explica que a proteção dos processos ecológicos fundamentais está diretamente relacionada ao conteúdo da cláusula de uso adequado das áreas úmidas, já que esse uso envolve a manutenção das características e funções essenciais dessas áreas para o atendimento das necessidades das presentes e futuras gerações e a manutenção das propriedades naturais dos ecossistemas. Conclui que atividades que comprometam a ocorrência desses processos implicam tanto no descumprimento do mandamento constitucional de uso adequado e de preservação e restauração dos processos ecológicos fundamentais e esclarece que o uso adequado não implica necessariamente o não uso das áreas úmidas.

---

<sup>12</sup> Desde a promulgação da Convenção Ramsar, em 1971, foram estabelecidos diversos documentos que orientam os países signatários a adotar a prática do *wise use of wetlands*.

De acordo com Millennium (2005b) as propostas de utilização de áreas úmidas precisam comparar o fornecimento de serviços múltiplos em relação a outros usos do solo para melhor subsidiar as decisões políticas, levando-se em conta que, ao se extraírem os recursos, os benefícios advindos devem ser ponderados em relação aos valores funcionais perdidos.

Bodini *et al.* (2000) afirmam que para estratégias otimizadas de manejo em áreas úmidas e minimizar conflitos, é necessário lidar com a natureza multidimensional do manejo, de forma a garantir uma utilização sustentável dos recursos naturais. Ludin e Hosni (2006) complementam que se deve avaliar as diretrizes para o manejo, assim como elementos que possam ameaçar a condição natural dos sistemas e conservar os atributos ecológicos de tais áreas.

Para Loiselle *et al.* (2004), o desafio para o manejo de serviços ambientais é fornecer benefícios econômicos enquanto se mantêm a integridade e o valor funcional dos ambientes. O desenvolvimento de estratégias para tal manejo requer a disponibilidade de instrumentos, com diferentes escalas, que indiquem qual tipo de desenvolvimento pode ser suportado pelos ecossistemas. Dessa forma, a utilização de novas tecnologias combinadas com abordagens multidisciplinares pode subsidiar os tomadores de decisão quanto às opções de manejo, seja em nível regional ou local.

Hermann *et al.* (2011) comentam que enquanto nos níveis locais e regionais o conceito de serviço ecossistêmico possa atuar como uma ferramenta de suporte a decisão para alcançar um manejo sustentável, na escala global a valoração dos serviços ecossistêmicos pode ser vista como um sistema de alerta e encorajar o repensar dos sistemas políticos globais para alcançar futuros desafios, como os efeitos das mudanças climáticas globais, por exemplo.

Para a implementação de estratégias de manejo apropriadas, deve-se reconhecer a existência de valores ambientais e sociais, ou seja, a compreensão das pessoas e dos processos ecológicos únicos de sistemas de *wetlands* e usar esse conhecimento no planejamento do manejo (Herath, 2004; Wattage e Mardle, 2007).

A valoração econômica de *wetlands* permite que esses sejam considerados como sistemas economicamente produtivos, tornando-se, assim, uma ferramenta poderosa para que os tomadores de decisão valorizem esses ambientes em estratégias de conservação e desenvolvimento (Millennium, 2005b).

Woodward e Wui (2001) realizaram uma análise de diversos estudos de valoração dos serviços ambientais prestados por *wetlands*. Apesar de reconhecerem algumas tendências, os autores comentam que ainda há incertezas na estimativa dos valores e salientam a necessidade de estudos que considerem as características locais, inclusive para estabelecer os recursos públicos e privados das áreas que poderiam ser usados para proteção e restauração.

Um exemplo do exposto verifica-se na Tanzânia, onde as áreas úmidas são consideradas um ecossistema valioso, pelo número de espécies que abrigam e por sustentar outras atividades ligadas aos cursos d'água, principalmente o fornecimento de alimentos. Devido à importância, foram delimitadas várias áreas de proteção, não sendo permitidas a pesca e a pastagem nesses locais (Kashaigili *et al.*, 2006).

O programa de recuperação e proteção de *wetlands* em áreas agrícolas desenvolve indicadores das funções e apresenta uma estimativa dos valores dos serviços que tais ambientes desempenham nas diferentes regiões dos Estados Unidos, como pode ser verificado nos trabalhos de Jenkins *et al.* (2010), Euliss Jr *et al.* (2011) e Smith *et al.* (2011). No relatório do programa, evidencia-se que o principal impacto da conversão de áreas agrícolas em *wetlands* protegidos foi a redução da erosão do solo (Faulkner *et al.*, 2010).

No vale do Mississipi, os serviços ambientais de *wetlands* valorados foram a mitigação dos gases do efeito estufa, a redução dos estoques de nitrogênio e a condição dos habitats para aves aquáticas (Jenkins *et al.*, 2010). Os autores concluem que a restauração de *wetlands* tem um valor social superior aos usos pela agricultura tradicional, principalmente quanto a redução dos estoques de nitrogênio. Porém, reconhecem que a escassez de programas públicos e novos mercados de pagamento de serviços ambientais fazem com que se mantenha o uso da terra pelas atividades agrícolas.

Bohlen *et al.* (2009) descrevem alguns serviços ambientais prestados pelas áreas úmidas na região de Everglades - Estados Unidos (EUA) associados à atividade da pecuária e apresentam um projeto de pagamento de tais serviços formulado, conjuntamente, por organizações não ambientais (ONG's) ambientais, agências federais e estaduais, fazendeiros e pesquisadores. Dentre os vários desafios para implantação do projeto, os autores reconhecem, como fatores que influenciam os custos de transação, a documentação de tais serviços (coleta e análise de dados), o estabelecimento de contratos e o atendimento à legislação ambiental.

O projeto “Manejo de recursos hídricos e proteção de *wetlands* em áreas de desenvolvimento do turismo”<sup>13</sup>, desenvolvido na região mediterrânea da Europa, mostra que, apesar da atividade promover a urbanização de áreas turísticas e o desenvolvimento de infraestrutura de suporte aos empreendimentos, provoca modificações dos serviços ambientais de áreas úmidas, tais como: alterações na qualidade da água, redução na área de *wetlands*, caça e pesca predatórias.

Cardoni *et al.* (2008) comentam que são poucos os estudos que analisam os efeitos do turismo em áreas úmidas. Ao investigarem os impactos de atividades recreacionais sobre a avifauna em *wetlands* argentinos, os autores verificaram que o abuso sobre os serviços ecossistêmicos afetam, não apenas a abundância e riqueza de espécies, mas, também, a forma de uso do habitat.

A escassez de ferramentas para uma avaliação rápida e plausível é um dos argumentos apresentados por Findlay *et al.* (2002) para justificar a dificuldade em proteger, realizar o manejo e recuperar áreas úmidas. Os autores reconhecem que muitos objetivos não são realistas quanto à capacidade de produção e suporte de áreas úmidas, em condições específicas. Para avaliar as funções das áreas úmidas nos EUA, os autores reuniram um grupo de especialistas de diferentes áreas de conhecimento. Inicialmente, os especialistas descreveram as classes de *wetlands* de interesse para conservação e recuperação, restringindo a avaliação apenas às áreas que apresentassem disponibilidade de informações.

---

<sup>13</sup> Disponível em:

<http://www.manwater.greekregistry.eu/images/stories/Articles/THE%20IMPACT%20OF%20TOURISM%20ON%20WATER%20DEMAND%20AND%20WETLANDS.pdf>



Ausseil *et al.* (2007) aplicaram um método rápido para mapeamento e ordenamento de áreas úmidas na Nova Zelândia, considerando a proteção de ambientes e a otimização de visitas públicas como opções de manejo. A análise foi realizada a partir da interpretação de imagens LANDSAT e por meio de indicadores da paisagem. Segundo os autores, o uso de tais ferramentas permite que inventários consistentes possam ser produzidos a custos razoáveis, facilitando o planejamento de atividades de conservação em *wetlands*.

Kashaigili *et al.* (2006) explicam que, para entender as mudanças no uso e ocupação do solo e prever os cenários, são necessários dados quantitativos e espacialmente identificados. No caso específico de áreas úmidas, os autores reconhecem que as características de tais ambientes como a extensão das áreas e a dificuldade de acesso, limitam a viabilidade de levantamentos de campo e monitoramento, sendo o geoprocessamento adequado para suprir tais dificuldades, uma vez que podem ser obtidos dados remotamente.

Cedfeld *et al.* (2000) afirmam que o uso de SIG torna a análise das funções associadas às áreas úmidas e seu valor para a sociedade, mais rápida e objetiva, embora reconheçam que as técnicas ainda não estivessem tão desenvolvidas quanto os métodos de avaliação em campo que utilizam indicadores de funções ou a abordagem hidrogeomórfica. Os autores basearam-se nas funções relacionadas à biodiversidade, qualidade da água e redução de inundação de *wetlands* para, por meio de SIG, ordená-los em prioridade de preservação. Informações do Modelo Digital de Elevação (*Digital Elevation Model* - DEM), de imagens do satélite LANDSAT e de indicadores selecionados a partir de avaliações em campo, foram combinadas para identificar o desempenho de áreas úmidas quanto à alteração no fluxo de inundação, melhoria da qualidade da água e como habitat da vida selvagem.

Análises envolvendo a combinação de imagens de satélite, fotografias aéreas e informações de campo relativas ao uso e cobertura do solo, em múltiplas escalas, estão sendo usadas para desenvolver ferramentas que possam auxiliar a tomada de decisão a respeito de usos futuros do solo em *wetlands*, especialmente, em regiões com atividades agrícolas ou de pesca intensiva (Rebelo *et al.*, 2009).

Simonit *et al.* (2005) afirmam que a conversão de *wetlands* em usos que afetam os níveis e a qualidade da água impactam os serviços ambientais fornecidos por esses ecossistemas. Os autores desenvolveram um modelo para avaliar o efeito da construção do reservatório de Yaciretá (localizado entre a Argentina e o Paraguai) e o consequente aumento na extensão dos *wetlands* sobre a produção de arroz na região de Esteros Del Iberá.

Meirelles e Lourenço (2009) constataram que o uso inadequado das áreas de várzea na Amazônia pode afetar severamente a cadeia produtiva do ecossistema, além de causar conflitos de interesses entre pecuaristas, agricultores e pescadores.

O valor funcional das áreas úmidas depende, entre outros fatores, do tamanho e da localização na paisagem, assim como da relação com áreas aquáticas adjacentes (Galbraith *et al.*, 2005). Esse reconhecimento faz com que se oriente o manejo de áreas úmidas e de recursos hídricos, de forma integrada, na escala da bacia hidrográfica, especificamente por considerar também a alocação de água para os ecossistemas.

Embora as áreas úmidas sejam resultado da interação das características hidrológicas, de solo e vegetação, medidas de recomposição da vegetação e solo em áreas degradadas não são tão efetivas quanto o manejo adequado dos recursos hídricos (Ramsar, 2007c).

Apesar de áreas úmidas serem valoradas por diferentes razões, saber como esses ambientes são usados em determinado local pode ser útil na avaliação de bens e serviços em outro ambiente. A percepção, pela sociedade, dos valores não econômicos de um *wetland* pode também indicar onde é necessário um maior investimento em pesquisa e educação (Drew *et al.*, 2005).

Veiga Neto (2008), ao comentar sobre o pagamento de serviços ambientais, relata a diferença na percepção dos provedores de serviços em relação aos valores a serem recebidos em função das características de uma propriedade rural no Estado do Rio de Janeiro. No caso de áreas de mata ciliar, onde a declividade do rio é pequena e ele é cercado por áreas de várzea de grande fertilidade natural, a produtividade das pastagens é alta, trazendo, como consequência natural,

uma alta lotação de gado, o que resulta em altas taxas de rentabilidade por hectare. Nessas áreas baixas, a rejeição ao reflorestamento, e conseqüentemente ao pagamento dos serviços, é muito maior, dado o elevado custo de oportunidade das mesmas.

As áreas úmidas oferecem oportunidades para o turismo através do uso recreacional, experiência cultural e contemplativa. Considerando que o turismo é um negócio em expansão mundial, o valor econômico das áreas úmidas pode ser considerável. A manutenção de *wetlands* em condições adequadas para a prática do turismo e, conseqüentemente, a capitalização desse tipo de uso pode trazer mais renda às comunidades locais, representando assim uma alternativa valiosa para usos com potencial de degradação mais acentuados (Ramsar, 2007b).

Carvalho (2007) realizou uma investigação sobre os valores atribuídos pela população que usufrui dos recursos da região da planície de inundação do rio Paraná e verificou que as mudanças progressivas na paisagem podem comprometer o fluxo de turismo no local, assim como a atividade profissional dos pescadores. Foi estimado para a região da planície de inundação, um fluxo anual de 28.500 turistas enquanto, nos finais de semana são, em média, 500 visitantes. A autora ressalta a necessidade de investimentos em educação como forma de garantir a integridade das funções desempenhadas pelas áreas úmidas.

Migliorini e Tonello (2005) defendem que a herança proporcionada pelas áreas úmidas deve ser divulgada para as pessoas de forma a envolver todos num manejo integrado, balanceado, que não seja apenas por meio do consumo dos seus recursos, mas também pela restauração e a proteção frente às ameaças externas. Para os autores, é errado acreditar que a criação de uma área protegida representa para a comunidade local o resultado de uma visão idílica e romântica da natureza, já que as necessidades dos cidadãos estão centralizadas na dicotomia desenvolvimento/ambiente.

Drew *et al.* (2005), em pesquisa realizada na Micronésia, constataram que dois terços da população entrevistada reconheciam a proteção do solo contra erosão, melhorias na qualidade da água e aumento da produção de grãos como funções de *wetlands* locais. A pesquisa

investigou também a percepção dos produtores locais quanto às atribuições do poder público e da iniciativa privada em relação aos planos de manejo para a região.

Em processos de tomada de decisão, geralmente a população local (mais beneficiada quando os ambientes são conservados) não é considerada, o que pode provocar a perda de informações sobre a conexão entre a condição de *wetlands* e o fornecimento de serviços benéficos à população. Como muitos serviços não possuem um valor de mercado, os indivíduos não são incentivados a mantê-los em benefício à sociedade. Entretanto, quando uma ação resulta na degradação de serviços que afetam outras pessoas, não existem mecanismos de mercado que compensem os indivíduos pelos danos causados. À medida que muitos ambientes são perdidos, o valor relativo de conservação dos remanescentes aumenta (Millennium, 2005b).

Novos regimes de direito de propriedade, adaptados à utilização econômica recente e que ameaçam as áreas úmidas, devem ser introduzidos para prevenir uma degradação ainda maior de *wetlands* (Turner *et al.*, 2000). Os autores ressaltam, entretanto, que mesmo em situações em que os direitos de propriedade já estão bem estabelecidos, muitas das funções de *wetlands* promovem benefícios em locais onde os proprietários do recurso não se beneficiam. A ausência de mercado para essas funções limita os incentivos para manutenção, uma vez que os benefícios privados obtidos não refletem os benefícios totais para a sociedade.

Figuerola (1996) argumenta que o processo de degradação de áreas úmidas tem sido um caso claro de destruição de grandes benefícios sociais que, a princípio, seriam monetariamente inexpressivos, em favor de pequenos benefícios, mas tangíveis monetariamente, gerados por projetos de desenvolvimento econômico. Para o autor, a ineficiência social do uso das áreas úmidas é ligada ao fato de que essas representam recursos multifuncionais e que geram alguns conflitos de uso entre si.

Turner *et al.* (2000) e Drew *et al.* (2005) sugerem que quantificar e valorar os benefícios da conservação de *wetlands*, numa forma que possam ser comparáveis aos retornos advindos de usos alternativos, pode facilitar o processo social de tomada de decisão entre a proteção e outras situações que caracterizam conflitos. Afirmam os autores que, para predizer em

detalhes o impacto de uma ação no funcionamento de *wetlands*, é necessário transpor as fronteiras do conhecimento ecológico do ambiente.

Mattos (2010) explica que, dentro dos princípios da Economia Ecológica<sup>14</sup>, é mais salutar que a valoração de serviços ambientais se dê de forma indireta, a partir dos custos de oportunidades de mudanças qualitativas de uso da terra e dos recursos naturais. O autor reconhece que, em termos gerais, dentro das instituições públicas, existem manifestas carências no domínio de metodologias de análise ambiental, de ferramentas estatísticas e de indicadores sociais, econômicos e ambientais que poderiam facilitar a gestão governamental do meio ambiente. Para o autor, o alcance do desenvolvimento econômico endógeno e sustentável não pode prescindir de alguns desafios prévios a serem assumidos pela ciência e tecnologia no uso dos recursos naturais, sendo eles:

- conhecimento do patrimônio ambiental da nação e das particularidades patrimoniais ambientais de cada território, por meio de (a) análises quantitativas de determinem estoques e capacidade de renovação dos recursos bióticos e abióticos, (b) análises qualitativas das relações entre recursos bióticos e abióticos e (c) estudos de interação entre biodiversidade, complexidade, estabilidade e resiliência de ecossistemas;
- determinação de escalas sustentáveis de uso dos recursos naturais, pela definição de (a) taxas de exploração de recursos naturais renováveis dentro da capacidade de renovação do meio ambiente e (b) taxas de exploração dos recursos naturais não renováveis dentro de prazo compatível para sua substituição por alternativas renováveis e
- determinação de taxas de emissão de resíduos dentro da capacidade de assimilação do meio ambiente. Assim, a pauta científica e tecnológica gerará demandas no campo político-econômico por mudanças institucionais e criação de instrumentos econômicos que garantam a prestação dos serviços ambientais.

---

<sup>14</sup> A Economia Ecológica pressupõe que o caminho para a sustentabilidade está na lógica econômica cíclica com novos estilos de vida, produção e consumo. A ciência e tecnologia devem promover estudos que determinem escalas locais sustentáveis de uso dos recursos naturais, a partir de estudos integrados de conhecimento físico e de relações sociais dos territórios, sendo que a determinação das escalas só pode ser realizada por meio de processos coletivos de tomadas de decisão (entre entes públicos e privados), subsidiadas por informações oficiais e científicas (Mattos, 2010).

### **3.3 – INDICADORES E REDE CAUSAL**

#### **3.3.1 – Caracterização de indicadores**

O indicador é definido pela OECD (2003) como uma variável ou um conjunto de variáveis capaz de fornecer informações relevantes sobre um fenômeno, ambiente ou área. São descritos como algo que fornece uma pista para um assunto ou torna perceptível uma tendência ou processo que não é imediatamente detectável. Portanto, o significado de um indicador se estende, além do que é de fato medido, para um alcance maior do fenômeno de interesse.

A OECD foi um dos organismos pioneiros no desenvolvimento de indicadores. Após a fase de elaboração de indicadores sociais, nos anos 70 e 80, a organização se concentrou sobre as iniciativas de indicadores ambientais, atendendo a uma solicitação dos países do G-7, em 1989. Essa abordagem refletiu-se em listas de indicadores de sustentabilidade preparadas pela Comissão de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas e pelo Banco Mundial (Magalhães Junior, 2007).

Salles *et al.* (2004) explicam que os indicadores são comparáveis a uma meta, um objetivo ou um valor de referência, além de mostrarem a diferença entre valores desejados e valores correntes.

Por serem variáveis que sumarizam ou simplificam um conjunto de informações a respeito de um fenômeno, de modo que o mesmo seja perceptível e mensurável, os indicadores contribuem para os processos de tomada de decisão, monitoramento e avaliação de um fenômeno, porque fornecem informações valiosas, em assuntos complexos, de uma maneira relativamente acessível (Gallopín, 1997; Fidalgo, 2003; Niemeijer e De Groot, 2008).

Os indicadores têm sido instrumentos básicos de planejamento, análise de tendências e medidas do alcance de metas. Além de objetivos de gestão, condicionados de forma jurídica (quadro legal), os indicadores atendem também a objetivos científicos (recomendações), especialmente úteis na ausência de normas de referência (Magalhães Júnior, 2007).

Segundo Venturelli e Galli (2006), os indicadores representam as propriedades estruturais e funcionais em um processo de gestão, podendo demonstrar os pontos falhos e favorecer a avaliação do planejamento, por permitir uma revisão contínua dos objetivos, ferramentas e ações de tal processo.

Santos (2004) apresenta uma descrição minuciosa sobre a utilização de indicadores em planejamento ambiental. A autora comenta que embora existam diferentes tipos de dados cujas informações podem ser comparadas, transformadas ou combinadas em um diagnóstico ambiental, é vital que se reconheçam os limites da sua interpretação e capacidade de avaliação do meio.

Côrtes (2009) alerta que um requisito importante e, frequentemente, negligenciado para a utilização e aceitação de indicadores é o entendimento do que seja essa ferramenta e da sua real função no processo de tomada de decisão. A autora explica que os indicadores são meios de comunicação, e como qualquer forma de comunicação, requerem seu entendimento pelos participantes do diálogo no processo de tomada de decisão em direção ao desenvolvimento sustentável; esses elementos devem ser claros e os usuários devem estar habilitados a compreender o seu sentido, assim como sua significância em termos de valores.

A concepção errônea da utilidade dos indicadores é salientada por Maranhão (2007). Segundo o autor, indicadores mal escolhidos podem distorcer a percepção da realidade, não apontar mudanças e induzir decisões erradas, apesar da funcionalidade da utilização de indicadores nos dias atuais, dado o volume de informações produzido nas diversas áreas de conhecimento.

Turnhout *et al.* (2007) reconhecem que o uso de indicadores permite a ligação entre a produção e o uso do conhecimento científico, por tratar-se de uma área de interface entre ciência e política. Dessa forma, recomendam a inclusão da perspectiva de atores sociais no processo de seleção dos indicadores que, segundo os pesquisadores, não podem ser avaliados apenas com os tradicionais critérios científicos de qualidade, devendo incluir aspectos de interdisciplinaridade, relevância e também do ponto de vista dos usuários.

Recomendação semelhante é feita por Shields *et al.* (2002), ao apontarem que os indicadores de sustentabilidade só serão efetivos se permitirem aprendizagem social por prover os usuários com informações que possam entendê-las e relacioná-las. Segundo os autores, o alcance de objetivos públicos pode ser facilitado por meio do uso de indicadores derivados de processos participativos, que sejam significativos para o público e reflitam o entendimento de seus valores e objetivos.

Apesar dos benefícios advindos da crescente utilização de indicadores, existe uma carência de terminologia, regras, métodos e princípios para a formulação e aplicação dos mesmos (Müller e Lenz, 2006). No documento pioneiro produzido pela US EPA sobre indicadores ambientais (US EPA, 2000), considera-se que, devido ao incremento no conjunto de indicadores, torna-se necessário o aprimoramento de métodos de estruturação e análise dos indicadores, assim como as interconexões com o eixo ambiente/sociedade.

Niemeijer e De Groot (2008) apontam as características desejáveis dos indicadores: especificidade, mensurabilidade, acessibilidade, relevância e sensibilidade às mudanças ao longo do tempo, além de apresentarem relação custo-benefício efetiva e serem compatíveis com indicadores usados em outros locais.

Maranhão (2007) recomenda que o indicador deva ser flexível quanto à escala de observação e análise, permitindo o agrupamento ou reagrupamento dos dados que o originam, segundo diferentes níveis de agregação, possibilitando o seu exame sob diferentes perspectivas geográficas, políticas, sócio-demográficas e sócioeconômicas, conforme suscite o problema examinado.

A construção de indicadores implica um processo de seleção, integração e agregação de um conjunto de observações, dados e conhecimentos. Parâmetros considerados relevantes são selecionados a partir de dados disponíveis e potencialmente importantes sobre o sistema em estudo (Fidalgo, 2003; Turnhout *et al.*, 2007).



Um processo de seleção de indicadores lógico, rigoroso e transparente que contemple a inclusão social vai aumentar tanto o valor, quanto a credibilidade científica dos procedimentos em relação às questões ambientais (Niemeijer e De Groot, 2008).

Na opinião de Maranhão (2007), o sistema classificatório mais comum aplicado a indicadores é aquele que se vale da área temática a que se referem. As estruturas temáticas baseiam-se no foco principal atribuído a cada indicador e são usadas quando os indicadores se encontram em uma base de dados e os usuários consultam uma lista por tópico ou categoria. Salles *et al.* (2004) explicam que os indicadores podem ser classificados quanto ao tipo, uso e posição na cadeia de causalidade (relação causa-efeito).

Fry *et al.* (2009) afirmam que a disponibilidade de dados é um fator decisivo no uso de indicadores e que a falta de procedimentos robustos para selecionar os indicadores dificulta a validação da informação fornecida.

No documento intitulado “Indicadores básicos de saúde no Brasil” (REDE, 2002), justifica-se que a qualidade e a comparabilidade dos indicadores de saúde podem ser asseguradas pela aplicação sistemática de definições operacionais e de procedimentos padronizados de medição e cálculo. Os autores explicam que a seleção do conjunto básico de indicadores – e de seus níveis de desagregação – pode variar em função da disponibilidade de sistemas de informação, fontes de dados, recursos, prioridades e necessidades específicas em cada região ou país. A manutenção desse conjunto depende, também, da simplicidade dos instrumentos e métodos utilizados, de modo a facilitar a operação regular dos sistemas de informação.

Zurlini e Girardin (2008) reconhecem que as informações obtidas a partir de um conjunto de indicadores não correspondem ao sistema como um todo, uma vez que os indicadores individuais carregam apenas informações parciais. Portanto, indicadores precisam ser constantemente reavaliados e reinterpretados à luz do aumento da compreensão da organização e do funcionamento dos sistemas. De acordo com OECD (2003), é importante reconhecer que os indicadores não são uma medida mecânica do desempenho, sendo necessário complementá-los com informações adicionais.

Embora seja importante distinguir entre os critérios que se aplicam aos indicadores, como um conjunto, daqueles que se aplicam a um indicador especificamente, a utilidade dos mesmos pode ser melhorada se uma seleção formal dos critérios for aplicada, não apenas aos indicadores individualmente, mas, também em relação a uma utilidade analítica do indicador, a partir do conjunto selecionado (Dale e Beyeler, 2001).

No Brasil, o desenvolvimento de indicadores apresenta um processo mais consolidado, principalmente na área de saúde e saneamento, destacando-se os trabalhos de *Andreazzi et al.* (2007), *Bernardes et al.* (2004) e *Heller et al.* (2004) e em estudos de drenagem urbana (*Castro et al.*, 2004, *Côrtes*, 2009).

Na área ambiental, a utilização de indicadores ainda é difusa, sobressaindo-se nas análises de qualidade da água, por meio da elaboração de índices (composição de indicadores).

O documento intitulado “Consolidação da Seleção de Índices e Indicadores de Qualidade da Água”<sup>15</sup>, apresenta uma revisão detalhada sobre as características dos indicadores e índices utilizados, as vantagens e desvantagens dos mesmos.

*Simões et al.* (2008) elaboraram um índice de qualidade de água (como um indicador de poluição) relacionado à aquicultura para subsidiar ações de manejo em uma bacia hidrográfica do Estado de São Paulo.

Um índice de qualidade da água baseado na lógica Fuzzy foi desenvolvido por *Lermontov et al.* (2009). A performance do índice proposto para a bacia do Rio Ribeira do Iguape foi comparada com outros índices de qualidade de água consagrados. Considerando o desempenho satisfatório do índice, os autores sugerem o uso do mesmo como ferramenta alternativa para o processo de tomada de decisão em planejamento ambiental.

---

<sup>15</sup> Produzido pela Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco. Disponível em <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/pnma2/qualidade-agua/selecaoIndiceIndicadoresFinal.pdf>.

### **3.3.2 – Indicadores ecológicos**

Na Ecologia, uma ciência integradora que lida com séries de dados em formatos e escalas distintos, o uso de indicadores constitui-se em ferramenta de importância fundamental para a manipulação de informações complexas sobre os ambientes.

Embora seja frequente o uso dos termos indicadores ecológicos e ambientais como sinônimos, decorrente da tradução livre de tais termos em outros idiomas, é necessário que se estabeleça a distinção dos mesmos quanto à abrangência dos aspectos envolvidos.

Os indicadores ecológicos são específicos para retratar as funções e os processos ecológicos do ecossistema (unidade de estudo da Ecologia), enquanto os indicadores ambientais assumem um caráter mais amplo, pois incorporam, além dos aspectos específicos dos ecossistemas, fatores de ordem econômica e social. Já os indicadores de sustentabilidade agregam a avaliação de metas, num contexto temporal.

De acordo com Maranhão (2007), a avaliação do estado ou qualidade de um ecossistema é uma tarefa difícil, já que ecossistemas não são estáticos, impondo-se assim, distinguir as variações devidas aos ciclos naturais daquelas provocadas pela ação humana. Um parâmetro ambiental deve, idealmente, possuir um valor limite de referência ou um objetivo a ser atingido para ser qualificado como um indicador ambiental. Os indicadores de sustentabilidade representam um aprofundamento dos indicadores ambientais no sentido de integrar o território dos indicadores econômicos, sociais e ambientais, tornando-se, portanto, multidimensionais.

Vale ressaltar que a natureza do indicador pode refletir também o processo de desenvolvimento dos mesmos, pois novos conjuntos de informações vão sendo agregados à medida que aumenta a demanda por instrumentos capazes de refletir mais precisamente a realidade e os possíveis cenários de mudança.

Em documento produzido pela US EPA (2000) os indicadores ecológicos são definidos como medida, índice de medidas ou modelo que caracteriza um ecossistema ou um dos seus componentes. Segundo o documento, um indicador é capaz de refletir os atributos biológicos, químicos ou físicos de uma condição ecológica.

De acordo com Fry *et al.* (2009), o desenvolvimento de indicadores ecológicos representa um campo de pesquisa promissor, pois a habilidade de extrair um conjunto comum de indicadores pode fornecer um suporte valioso para o planejamento de usos múltiplos de recursos em sistemas ambientais, resultando em uma variedade de medidas e índices compostos com forte base conceitual em princípios ecológicos.

Turnhout *et al.* (2007) explicam a necessidade emergente de indicadores ecológicos devido à mudança de orientação das políticas ambientais que, a partir da década de 80, passaram a ser avaliadas quanto aos efeitos produzidos. Segundo os autores, os indicadores ecológicos possibilitam que, com um conjunto limitado de parâmetros, possa ser feita uma avaliação de um atributo que não seja diretamente mensurável (a qualidade do ambiente, por exemplo), além do conhecimento dos mecanismos de causa e efeito nos ecossistemas.

Os indicadores ecológicos podem ser usados para avaliar a condição do ambiente, subsidiar o diagnóstico das possíveis causas de um problema ou monitorar tendências ao longo do tempo (Dale e Beyeler, 2001). Os autores sugerem que os indicadores ecológicos devam capturar a complexidade do ecossistema, porém mantendo-se simples o suficiente para serem monitorados, de forma fácil e rotineira; devem ainda, responder às alterações causadas por ações antrópicas.

No documento intitulado “Diretrizes para Avaliação de Indicadores Ecológicos”, produzido pela US EPA (US EPA, 2000), atribui-se a cada etapa de avaliação questões norteadoras que devem ser consideradas e que estão descritas a seguir (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 - Avaliação de indicadores ecológicos (adaptado de US EPA, 2000).

AVALIAÇÃO	QUESTÃO NORTEADORA
Relevância conceitual	O indicador é relevante para responder à utilização proposta?
Facilidade de implementação	Os métodos de coleta e medição das variáveis são, tecnicamente, acessíveis, apropriados e eficientes para uso num programa de monitoramento?
Variabilidade das respostas	Os erros de medição e a variabilidade natural, no tempo e no espaço, são entendidos e documentados, suficientemente?
Interpretação e utilidade	O indicador carrega informação, de forma significativa, para os tomadores de decisão?

Para a US EPA (2000), é essencial entender os componentes da variabilidade nos resultados de um indicador para distinguir entre fatores externos e um sinal ambiental. A variabilidade total inclui erros de medida introduzidos durante atividades de campo e laboratório e a variação natural de agentes causadores de stress no ambiente. A variabilidade natural pode incluir componentes temporais (relacionados à época do ano ou entre os anos) e espacial (entre os locais). O processo de coletar, transportar e analisar dados ecológicos gera erros que podem obscurecer a habilidade discriminatória de um indicador. A variabilidade introduzida pelos seres humanos ou pelo desempenho dos instrumentos deve ser estimada e relacionada para todas as medidas dos indicadores.

Fidalgo (2003) aponta critérios que devem ser considerados na seleção de indicadores ecológicos (Tabela 3.4). Embora os indicadores possam não atender a todos os critérios (de forma equânime), por conta das características específicas de cada indicador, tais critérios constituem uma representação das funções que os indicadores desempenham.

Turnhout *et al.* (2007) justificam algumas críticas ao uso de indicadores ecológicos. Embora reconheçam que um conjunto limitado de parâmetros possa não ser suficiente para representar a complexidade e as incertezas dos ecossistemas e que a qualidade de um ambiente depende de vários atributos, os autores explicam que, por meio dos indicadores, constrói-se um cenário dos ecossistemas apenas os fatores considerados relevantes.

Tabela 3.4 – Critérios para a seleção de indicadores (adaptado de Fidalgo, 2003).

ASPECTOS	CRITÉRIOS
ESPACIAIS	Exatidão cartográfica e temática Abrangência geográfica Capacidade dos limites serem implantados e gerenciados
TEMPORAIS	Exatidão temporal Capacidade de representar a evolução e dinâmica
USO	Interpretabilidade Caráter prescritivo Acesso ao banco de dados

### 3.3.3 – Indicadores ambientais e de sustentabilidade

Heink e Kowarik (2010) realizaram uma revisão sobre as diferentes definições de indicadores no campo da Ecologia e Planejamento Ambiental. Os autores comentam que, apesar da diversidade de definições, nenhuma é completa e exata quanto ao significado dos indicadores. Considerando que os indicadores podem ser tanto medidas quanto componentes (descritivos, avaliativos ou prescritivos) e também usados para avaliar condições e tendências, os autores apresentam a seguinte definição: “Um indicador, em Ecologia e Planejamento Ambiental, é um componente ou uma medida de fenômenos, ambientalmente relevantes, usados para retratar ou avaliar as condições ambientais, as mudanças ou a definição de metas ambientais”.

Indicadores foram usados por Pedreira *et al.* (2009) para estimar o potencial agroturístico de uma propriedade rural no Estado de São Paulo e também os impactos decorrentes da visitação pública. Os autores explicam que o agrupamento de indicadores em três temáticas diferentes (ambiente, agropecuária e turismo) foi uma estratégia válida, que facilitou a organização, a ponderação, a hierarquização e a avaliação dos atributos da propriedade. Dessa forma, recomendam a utilização de indicadores em planejamento de atividades ambientais.

O uso de indicadores torna-se de extrema utilidade na Ecologia da Paisagem<sup>16,17</sup>, já que a composição, a estrutura, a função e as mudanças da paisagem podem ser representadas em uma escala ampla, seja espacial ou temporal, assim como a análise das alterações no uso e ocupação do solo que podem significar pressão e impacto sobre os elementos naturais, sendo considerado um elo importante entre as informações dos meios biofísico e socioeconômico (Santos, 2004). A autora afirma que o número de indicadores a ser utilizado num planejamento está fortemente ligado à escala e ao espaço físico; com o objetivo de tentar obter o indicador ideal, vários são os critérios ou características desejáveis que permitam avaliar a qualidade dos indicadores.

Zurlini e Girardin (2008) afirmam que o reconhecimento das consequências dos diferentes usos do solo no contexto dos sistemas socioeconômicos e ecológicos, em diferentes níveis de organização, aumentou a demanda por indicadores de sustentabilidade.

De acordo com Passos *et al.* (2007), o progresso na área de desenvolvimento de indicadores ambientais se iniciou no final da década de 1980, no Canadá e em alguns países da Europa, sendo os sistemas rurais um dos principais alvos desses estudos. Para os autores, a diversidade de indicadores e metodologias para avaliar a sustentabilidade ambiental de agroecossistemas, torna tais estudos complexos, específicos e de difícil reaplicação em realidades diferentes. Comentam que as dificuldades encontradas na definição, seleção e escolha de métodos e instrumentos dirigidos à avaliação da sustentabilidade ambiental de agroecossistemas têm suas raízes fundadas na inexperiência que as ciências ainda têm acerca da temática.

Para garantir resultados em um nível amplo de análises, Müller e Lenz (2006) sugerem a combinação de indicadores de estruturas, processos, funções e organização, associando fatores biológicos e não biológicos dos ambientes. Papadimitriou (2002) reconhece entretanto, que os desafios aumentam quando aspectos estruturais (quantitativos) e funcionais (qualitativos) da paisagem são considerados para avaliar sua complexidade.

---

<sup>16</sup> Área de conhecimento da Ecologia, definida por Metzger (2001) como a ciência da integração da heterogeneidade espacial e do conceito de escala, na análise ecológica.

<sup>17</sup> O estudo de causas, processos e consequências das mudanças no uso e cobertura do solo é um dos principais tópicos em Ecologia da Paisagem (Bürgi *et al.*, 2004).

Venturelli e Galli (2006), ao desenvolverem um método que permitisse uma abordagem holística para análise e manejo da paisagem, reconheceram que os princípios teóricos fundamentais ainda são um tanto quanto abstratos para alcançar o modo de pensar dos executores e, portanto, indicadores ambientais representariam uma ferramenta adequada. Entretanto, os autores constataram que a escassez de informações derivadas do diálogo interdisciplinar (entre diferentes profissionais) representa um obstáculo à implementação do método proposto.

Lenz e Peters (2006) reforçam a necessidade de uma abordagem interdisciplinar no manejo da paisagem, porém reconhecem que, ainda não há uma tradição nesta área, inclusive quanto ao suporte de instituições.

Hermann *et al.* (2011) reconhecem que encontrar indicadores apropriados aos serviços ambientais específicos ainda é limitado por dados insuficientes ou com baixa capacidade de transmitir informações.

Maranhão (2007) lamenta que o desenvolvimento de indicadores ambientais ainda esteja restrito, principalmente, pela escassez de dados confiáveis e as limitações de recursos, por não serem considerados estratégicos, como os indicadores econômicos.

Santos e Moret (2009) comentam que os indicadores de desenvolvimento têm servido como uma importante ferramenta de legitimação do conceito e do paradigma do desenvolvimento sustentável, pois alguns aspectos não são considerados nas abordagens tradicionais de indicadores, mais reconhecidos facilmente na área econômica, como o Produto Interno Bruto (PIB), por exemplo. Os autores apresentam uma lista atualizada com os principais indicadores de desenvolvimento e reconhecem que a necessidade atual de se produzirem indicadores ambientais, deve-se ao fato de que a incorporação da temática ecológica no desenvolvimento econômico e social tornou-se fundamental no planejamento e na ação governamental.

Azevedo *et al.* (2002) apresentam conceitos importantes relativos à construção de indicadores e destacam quatro categorias para o uso dos indicadores ambientais: medir performance



ambiental; integrar preocupações ambientais em políticas setoriais; integrar ambiente e economia de forma ampla na tomada de decisão e informar sobre o estado do ambiente.

Bessa Júnior e Muller (2000) afirmam que a aplicação dos indicadores ambientais deverá estar incorporada por uma orientação técnica e política de gestão voltada à valorização de atributos, como a manutenção da diversidade biológica em diversos níveis estruturais, a diversidade paisagística, a manutenção dos ciclos biogeoquímicos da biosfera e a utilização sustentada dos recursos dos ecossistemas.

Para o uso de indicadores associados às diferentes esferas de gestão ambiental ou aos diferentes níveis estruturais dos sistemas naturais, Bidone *et al.* (2004) recomendam que se deve voltar atenção às questões de abordagem em multi-escalas. De acordo com os autores, a principal limitação às extrapolações de escala reside na necessidade de se estabelecerem as “tipologias” ambientais; isto é, indicadores do condicionamento ambiental podem apresentar comportamento (físico, químico, biológico etc.) diferenciado de uma região para outra e, essas diferenças dificilmente poderão ser compatibilizadas. Os autores realizaram um estudo de caso na baía de Guanabara (Estado do Rio de Janeiro) e constataram que para a tipologia socioeconômica e ambiental das pequenas bacias que a drenam, há uma relação significativa entre o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e os indicadores de qualidade ambiental.

Lausch e Herzog (2002) avaliaram o impacto da escala, assim como a resolução espacial e temporal de instrumentos de sensoriamento remoto, na interpretação dos atributos métricos de paisagens na Alemanha. Tais atributos são considerados indicadores que refletem as condições do ambiente, assim como as pressões e respostas da sociedade.

A partir de informações geradas por sensoriamento remoto é possível obter indicadores de integridade dos habitats, que constituem uma ferramenta para avaliações ambientais em larga escala. Coletivamente, representam uma avaliação da condição do ambiente que pode ser rapidamente atualizada e, portanto, servir como monitoramento efetivo e também, como ferramenta educacional para auxiliar a compreensão dos impactos humanos sobre os ambientes (Tiner, 2004).

A avaliação da sustentabilidade dos recursos naturais em área de várzea, na região do Paraná do Parintins (Estado do Amazonas), foi realizada por meio de indicadores levantados em conjunto com os atores da comunidade local por Meirelles e Lourenço (2009).

Salles *et al.* (2004) fazem referência à Agenda 21 como importante marco referencial, não apenas pelo mandato de produzir indicadores (Capítulo 40), mas também como organização temática em quadros referenciais que apresentam relações causais. Os autores apresentam uma discussão sobre as metas da Agenda em “Objetivos do Milênio: 7 - Garantir a Sustentabilidade Ambiental” e o uso de indicadores para monitorar a sustentabilidade ambiental no Brasil que sejam capazes de incluir informações incompletas, incertas e expressas qualitativamente. São apontadas algumas dificuldades para a execução do trabalho, entre elas a comparabilidade dos dados, por conta das diferenças de metodologia na constituição das bases consultadas.

No intuito de corroborar a questão do desenvolvimento de indicadores, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) tem organizado, desde 2002, a publicação “Indicadores de Desenvolvimento Sustentável”. Um dos objetivos da publicação é disponibilizar um sistema de informações para o acompanhamento da sustentabilidade do padrão de desenvolvimento do País, contribuindo assim com os tomadores de decisões por apresentar, periodicamente, um panorama abrangente dos principais temas relacionados ao desenvolvimento sustentável no Brasil.

Como uma das iniciativas a tratar do estabelecimento de indicadores para a gestão ambiental, o governo brasileiro publicou, em 2007, um documento sobre indicadores de acompanhamento da Iniciativa Latino-Americana e Caribenha para o Desenvolvimento Sustentável. Tal iniciativa foi proposta no Fórum de Ministros de Meio Ambiente da América Latina e do Caribe, durante a Conferência Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável realizada em Johannesburgo, na África do Sul, em 2002. O documento estabeleceu uma série de diretrizes, no formato de metas e ações em áreas prioritárias para a gestão ambiental e o desenvolvimento sustentável, representadas por indicadores agrupados nas seguintes áreas temáticas: Biodiversidade; Gestão dos recursos hídricos; Vulnerabilidade, assentamentos humanos e cidades sustentáveis; Saúde, desigualdade e pobreza; Comércio e padrões de

produção e consumo e Aspectos institucionais de gestão ambiental e desenvolvimento sustentável.

Bastian e Lutz (2006) comentam a importância de se estabelecer um conjunto completo de indicadores que integrem as relações entre agricultura e ambiente, para fornecer suporte para um programa político de agricultura sustentável. Os autores desenvolveram um método específico para avaliar informações agro-ambientais, baseado na análise de indicadores de estado, pressão e avaliação das funções da paisagem.

Niemeijer e De Groot (2008) ressaltam que os indicadores desempenham um papel vital na área ambiental por serem capazes de refletir, primariamente, o efeito das pressões, do estado e da adequação das medidas políticas em relação ao ambiente. Ao discutirem as bases conceituais para o processo de seleção de indicadores ambientais, os autores sugerem o uso de modelos cujas abordagens podem ser causais, baseadas em metas, setoriais, ou em assuntos de interesse da comunidade. Dentre as abordagens causais, os autores recomendam o modelo DPSIR (descrito a seguir) e apresentam, de forma minuciosa, as etapas que devem ser consideradas para a adoção desse procedimento.

A capacidade de gerar modelos que representem as realidades também é apontada por Santos (2004); a autora destaca que os pesquisadores, atualmente, preocupam-se em estruturar os indicadores e parâmetros correlatos na forma de modelos que orientem a seleção de indicadores e permitam melhor entendimento e descrição dos sistemas ambientais estudados. Como os indicadores são indicativos das mudanças e condições no ambiente, a rede de causalidades presente num determinado meio pode ser representada com a utilização de tais recursos.

### **3.3.4 – Rede Causal e o Modelo DPSIR**

O modelo DPSIR (*Driving force* – forças-motrizes, *Pressure* – pressão, *State* – estado, *Impact* – impacto, *Response* - resposta) é uma das ferramentas mais comuns em estudos baseados em indicadores, pois é capaz de organizá-los e estruturá-los a partir de uma avaliação hierárquica,

em redes causais (Niemeijer e De Groot, 2008). A Figura 3.1 apresenta um esquema do modelo.

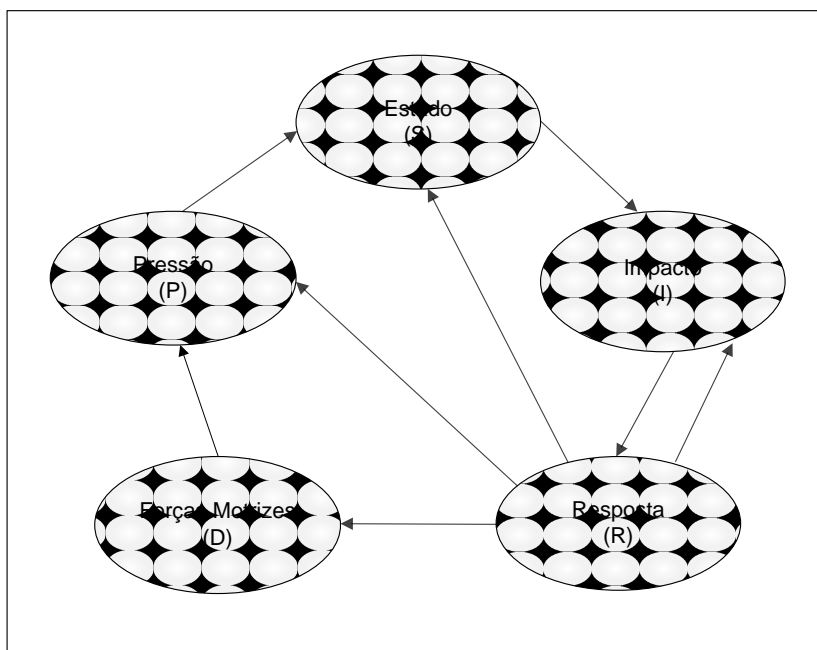


Figura 3.1 – Modelo DPSIR de rede causal (Niemeijer e De Groot, 2008).

O modelo DPSIR baseia-se em uma ferramenta conceitual denominada Modelo PSR (Pressão – Estado – Resposta), desenvolvido pela OECD para categorizar os indicadores ambientais. Tal modelo engloba indicadores de atividades humanas que exercem pressão e são transformadas em processos que alteram as condições ambientais, desencadeando as ações sociais resultantes (US EPA, 2000).

Salles *et al.* (2004) apresentam uma descrição dos componentes do modelo PSR. O componente Pressão fornece informações, por exemplo, sobre o uso excessivo de recursos naturais, mudanças no uso da terra e emissões (de produtos químicos, resíduos, radiações, barulho) para o ar, a água e a terra. Os indicadores de pressão apontam diretamente para as causas dos problemas. As condições ambientais (componente Estado) são refletidas por mudanças na quantidade e qualidade dos recursos naturais ou de um fenômeno físico, químico ou biológico; é expresso por parâmetros de qualidade do ar, da água e do solo. O componente Resposta corresponde às ações com a intenção de prevenir, controlar, contabilizar, reverter e

evitar impactos negativos, gerar, reforçar ou promover os impactos positivos, formuladas por grupos sociais, ONG's e autoridades públicas.

A Agência Ambiental Europeia incorporou dois novos componentes ao modelo PSR: Força-motriz (D) e Impacto (I). Os indicadores de forças-motrizes descrevem o desenvolvimento social, demográfico e econômico nas sociedades e as mudanças correspondentes nos padrões de produção e consumo que causam impactos na sustentabilidade do sistema. Dessa forma, acomodam, de modo mais acurado, a adição de indicadores sociais, econômicos e institucionais. Modificações rápidas de tendências das forças-motrizes constituem uma das principais causas das pressões exercidas sobre o meio ambiente, já que afetam de maneira significativa sua adaptação à(s) nova(s) situação(ões). Os indicadores de impacto descrevem as mudanças nas condições ambientais e os efeitos do ambiente modificado sobre os ecossistemas, a saúde humana e o bem estar econômico e social da população (Magalhães Júnior, 2007; Maranhão, 2007).

De acordo com Bürgi *et al.* (2004), forças-motrizes são as forças que causam mudanças na paisagem, ou seja, são processos que formam um sistema complexo de dependências, interações e retro circuitos em vários níveis espaciais e temporais. Basicamente, podem ser distinguidos cinco tipos de forças-motrizes: socioeconômicas, políticas, tecnológicas, naturais e culturais. Tais forças podem ser classificadas em primárias, secundárias e terciárias; intrínsecas ou extrínsecas e em intencionais ou acidentais. A abordagem metodológica geralmente empregada para os estudos de forças-motrizes é baseada na teoria de sistemas; portanto, definir o sistema em estudo, seus limites e componentes é essencial para descrever o estado, os processos e os impactos na paisagem.

A função do indicador na abordagem DPSIR é, em termos analíticos, relacionar as conexões lógicas entre causa-efeito ou corrigir outros fatores externos. Embora esse modelo possa sugerir uma interação linear entre atividades e ambiente, deve-se considerar que, devido às relações múltiplas e paralelas, trata-se de uma abordagem complexa (Niemeijer e De Groot, 2008).

De acordo com a US EPA (2000), o Modelo DPSIR é útil para descrever as relações entre as origens e as consequências dos problemas ambientais, mas, para entender sua dinâmica, é necessário focar nas relações entre os elementos.

O modelo DPSIR reduz o problema da linearidade causa-efeito, dada a apresentação das interações entre a resposta da sociedade e os outros compartimentos do modelo. Amplia ainda a tipologia para os indicadores, que passam a ser agrupados em indicadores descritivos, de desempenho, de eficiência e de bem-estar total (Santos, 2004).

Salles *et al.* (2004) apresentam uma representação do modelo DPSIR (Figura 3.2).

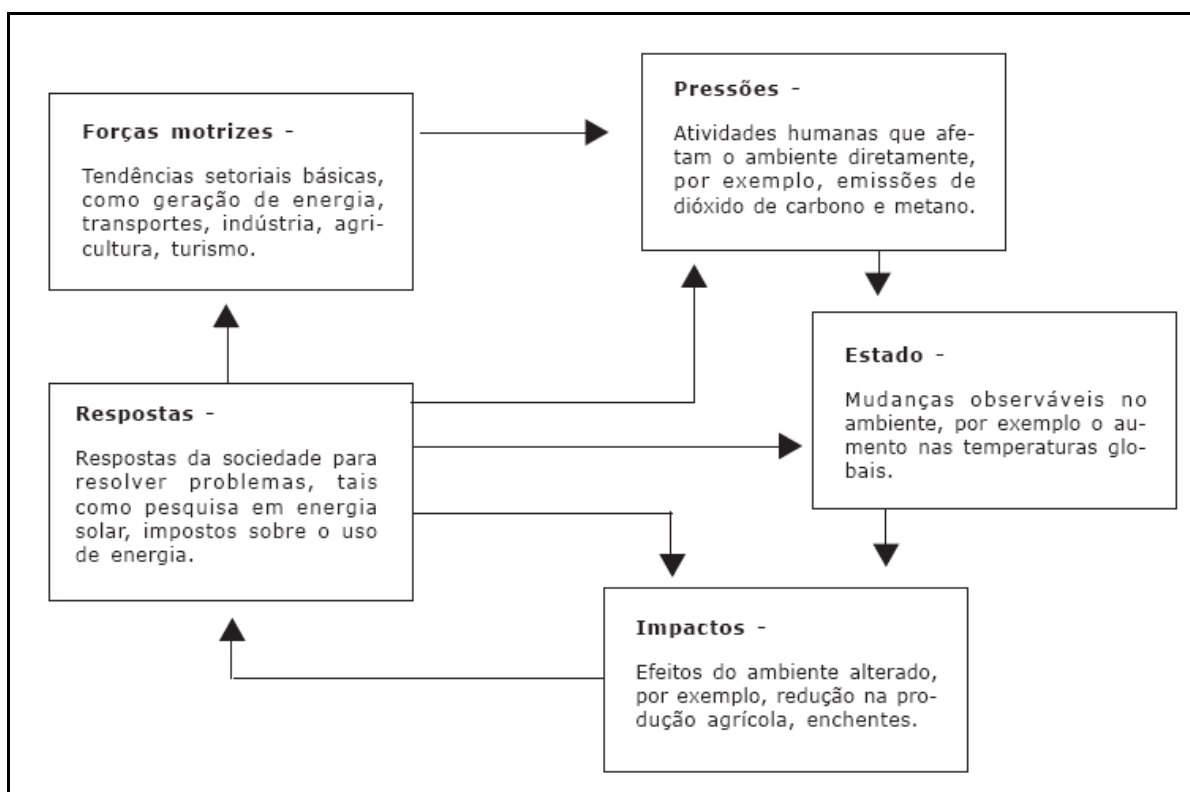


Figura 3.2 – Exemplificação do modelo DPSIR (Salles *et al.*, 2004).

Bürgi *et al.* (2004) comentam que o modelo DPSIR é apropriado também para a análise de mudanças da paisagem, pois é capaz de apresentar uma descrição gráfica das relações causais, considerada um pré-requisito para a modelagem das mudanças do uso e ocupação do solo e para estudos preditivos. Geralmente, o estudo de relações de causa e efeito requer uma

abordagem integrativa, na qual dados quantitativos são usados com informações qualitativas e elementos narrativos.

Uma adaptação do modelo DPSIR foi usada para a avaliação de impacto na saúde das ações de saneamento por Bernardes *et al.* (2004). Os autores comentam que, para explicar a relação de causalidade, são utilizados, frequentemente, modelos que representam um esforço de aproximação e explicação da realidade, mas que tal esforço não deve ser apenas para levantar um conjunto de indicadores, mas sim, definir a finalidade dos mesmos. No documento, os autores apresentam as características de um sistema de indicadores voltado, principalmente, para a avaliação de políticas públicas em saneamento.

Para a aplicação do modelo DPSIR, Niemeijer e De Groot (2008) recomendam que se adote a sequência de etapas estabelecida a seguir:

- 1) Definição do domínio de interesse;
- 2) Determinação das condições de contorno;
- 3) Estabelecimento dos limites do sistema;
- 4) Identificação dos indicadores para os principais fatores e processos e
- 5) Representação dos indicadores num gráfico direcional.

Embora o domínio de interesse possa ser abrangente, o delineamento de um objetivo específico faz com que se mantenha a rede causal manipulável. As condições de contorno referem-se ao contexto ecológico, climático ou socioeconômico em que a situação está inserida, enquanto o estabelecimento dos limites do sistema define o que vai ser incluído e o que será considerado como entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*). Os indicadores poderão ser concretos ou abstratos, sendo que o grau de detalhamento pode variar entre os mesmos. Para a representação da rede causal, os indicadores devem ser agrupados quanto às características comuns, estabelecendo os nós e os arcos de conexão.

Turnhout *et al.* (2007) salientam que existem diferentes níveis para os indicadores ecológicos, ou seja, um critério que possa ser avaliado por um indicador pode ser o indicador de outro critério. Os autores reconhecem que, à primeira vista, isso pode fazer com que o uso de

indicadores se torne confuso, mas lembram que é preciso se considerar que indicador é um conceito relativo.

De acordo com Salles *et al.* (2004), a ambiguidade de um indicador é uma característica inerente de modelos qualitativos. Os autores comentam que, em geral, não há como evitá-las, pois as representações qualitativas são menos detalhadas e, apenas com base em informações qualitativas, pode ser difícil resolver influências. Dessa forma, ambiguidades podem ser vistas como reveladoras de situações em que os conhecimentos sobre determinado assunto são incompletos; não são portanto, um aspecto negativo dos modelos qualitativos, mas motivadoras de discussões e de estudos em busca de soluções.

Segundo Gallopin (1997), o termo “valor” de um indicador pode descrever o conceito como utilidade e importância relativa, associada ao julgamento dado pelo analista, ou ainda, ao estado de uma variável no contexto geral do sistema, podendo ser uma quantidade numérica ou não numérica, alocada por meio de observações, medidas, cálculos ou inferências.

### **3.3.5 – Indicadores e áreas úmidas**

A necessidade de desenvolver indicadores dos impactos das atividades humanas e das pressões ambientais sobre a qualidade de *wetlands*, em áreas protegidas ou não, foi salientada no documento da *European Environmental Agency*<sup>18</sup>.

Os indicadores permitem avaliar padrões temporais no status e tendências dos ecossistemas, habitats e espécies, assim como a pressão e as ameaças que enfrentam e quais as respostas produzidas (Ramsar, 2007a). O documento aponta que, especificamente para as áreas úmidas, os indicadores não são elaborados visando fornecer uma avaliação completa e compreensiva de todos os aspectos de sua dinâmica, mas sim pretendendo que forneçam uma série de imagens desses padrões, para elaborar cenários e focar a tomada de decisão.

---

<sup>18</sup> Disponível em <http://www.eea.europa.eu/publications/signals-2000/page015.html>.



Para caracterizar *wetlands*, quanto à dinâmica de nutrientes em regiões com intensa atividade agrícola nos Estados Unidos, a US EPA (US EPA, 2008) baseou-se na relação causal entre indicadores, estabelecendo níveis diferenciados entre os mesmos, de acordo com as características de obtenção e resposta das informações. Admite-se, porém, que conhecimentos avançados sobre impactos específicos são raros. Uma das dificuldades apontadas no documento é identificar se as mudanças nas características são decorrentes de flutuações naturais ou se são decorrentes das ações antrópicas.

O caráter integrador e interdisciplinar de alguns indicadores em áreas úmidas pode ser constatado na pesquisa conduzida por Cole (2002). Ao identificar a relação da cobertura de plantas herbáceas com as funções desempenhadas por *wetlands*, o autor sugeriu que indicadores como morfometria da bacia, hidroperíodo, densidade de árvores e área basal fossem usados conjuntamente.

A influência das ações antrópicas nos indicadores de áreas úmidas foi verificada por Brazner *et al.* (2007), sendo que a vegetação, os peixes e as aves foram as comunidades cujos indicadores revelaram mais diretamente tais influências. Os autores alertam que a variação na escala espacial deve ser considerada na avaliação.

A consideração de várias escalas espaciais é importante em avaliações ecológicas porque a paisagem influencia os corpos d'água por múltiplos caminhos e mecanismos que operam em diferentes escalas espaciais. Em pesquisa realizada para avaliar o efeito de ações antrópicas na biodiversidade de *wetlands*, Mensing *et al.* (1998) constataram que as áreas úmidas consideradas mais impactadas apresentam tanto degradação local (modificações no canal e margens) quanto alteração da paisagem (elevada porcentagem de área urbana ou agrícola). Os grupos de organismos responderam de forma diferenciada às diferentes características da paisagem em escalas espaciais múltiplas; alguns grupos de peixes, pássaros e arbustos foram mais influenciados pela extensão da área cultivada, enquanto anfíbios e outros grupos de peixes responderam de acordo com a extensão dos corpos d'água e das áreas de pastagem.

Ao realizar uma análise sobre as diferentes abordagens para o manejo de áreas úmidas nos Estados Unidos, La Peyre *et al.* (2001) elaboraram uma lista de indicadores, a partir de sugestões das pessoas envolvidas diretamente no manejo dessas áreas, avaliando os recursos disponíveis e as ações necessárias. A harmonização de indicadores foi proposta, em nível nacional, para permitir a comparação entre os planos de manejo e medidas sistemáticas de proteção.

Findlay *et al.* (2002) avaliaram as funções de *wetlands* costeiros por meio de indicadores. Segundo os autores, os indicadores validados constituem-se em ferramentas valiosas para extrapolar as funções de *wetlands* considerados de referência para outros ambientes com carência de informações. Reconhecem, entretanto, que a escolha de ambientes de referência, assim como a seleção de indicadores das funções desempenhadas é subjetiva e que uma lista mais extensa dos indicadores evitaria a possível perda de informações; porém, muitas vezes não é exequível. Estudos em pequena escala e de curta duração significam que a maior parte dos *wetlands* ainda não foram devidamente pesquisados, embora haja a necessidade de compreensão do funcionamento de tais ambientes, em escalas maiores.

Minoti (2006) reconhece a carência de indicadores a respeito de áreas úmidas nos órgãos governamentais brasileiros, sendo a produção científica sobre o assunto voltada, principalmente, ao aprimoramento da agricultura em bacias hidrográficas rurais. Moraes *et al.* (2010) consideram que a escassez de informações relacionada às condições iniciais, o monitoramento deficiente e a intensificação do uso do solo, evidencia uma provável deficiência nos planejamentos do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) quanto às áreas úmidas.

## **4 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

### **4.1 - PROPOSIÇÃO DE REDE CAUSAL E DE INDICADORES PARA ÁREAS ÚMIDAS TROPICAIS**

#### **4.1.1 – Fontes de informações**

Para a proposição da rede causal e dos indicadores, segundo o modelo DPSIR (Niemeijer e De Groot, 2008), foram consultadas diversas pesquisas que abordam o ecossistema de áreas úmidas, sobretudo quanto à dinâmica de tais ambientes e as modificações nos serviços ambientais decorrentes da intensificação de atividades antrópicas; devem ser destacadas, como referências principais, os documentos da Convenção Ramsar (Ramsar, 2007a, b, c, d, e) e a publicação “*Ecosystems and human well-being: wetlands and water synthesis*” (Millenium, 2005b).

Os indicadores socioeconômicos propostos foram extraídos do banco de dados do IBGE<sup>19</sup> e da publicação “Indicadores de Desenvolvimento Sustentável” (Brasil, 2010).

#### **4.1.2 – Estabelecimento da rede causal**

A construção da rede causal seguiu as etapas propostas pelo modelo DPSIR, que consistem em:

- Definição do domínio de interesse;
- Determinação das condições de contorno;
- Estabelecimento dos limites do sistema;
- Identificação dos indicadores para os principais fatores e processos e,
- Representação dos indicadores em um gráfico direcional.

---

<sup>19</sup> Banco de dados – Cidades. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>

A partir da identificação das forças-motrizas (D), foi estabelecida a rede causal identificando as pressões (P) que tais forças exercem, qual é o estado (S) das variáveis nas quais as pressões são exercidas, quais os impactos (I) resultantes e os mecanismos de resposta (R) desenvolvidos.

#### **4.1.3 – Proposição de indicadores**

Para cada componente da rede causal (D, P, S, I, R), foram identificados campos de análise. Esses campos são compostos por indicadores variados, sendo que o código dos indicadores foi determinado de acordo com o código do campo de análise correspondente. O método de organização dos indicadores foi baseado no modelo desenvolvido por Bernardes *et al.* (2004).

Para a seleção dos indicadores, foram considerados alguns dos critérios listados nas Tabelas 3.3 e 3.4, quais sejam: relevância conceitual, facilidade de implementação, variabilidade das respostas, utilidade, abrangência geográfica e a capacidade de representar a dinâmica dos processos.

Os indicadores de Forças-motrizas, Pressão e Resposta foram descritos em conjunto, por serem indicadores de uso consagrado e não diretamente relacionados às áreas úmidas. Procurou-se manter a denominação dos indicadores, tal como se encontram nos documentos de referência.

Os indicadores de Estado e Impacto foram descritos, individualmente, quanto aos seguintes tópicos:

- *Justificativa* – características que definem o indicador e sua relevância para o estabelecimento das relações causais;
- *Obtenção dos dados* – indica como os dados podem ser obtidos indiretamente (dados secundários). Apesar de reconhecer que a obtenção de dados primários (por meio de medidas diretas em campo, por exemplo) seja de importância fundamental, devido à complexidade do ecossistema de áreas úmidas e de acesso a tais ambientes, muitas vezes, a obtenção dos mesmos se torna inviável para um levantamento inicial.

- *Categorias de análise* – apresenta as variáveis quanto à análise dos dados. A abrangência dos indicadores propostos varia de acordo com a natureza da informação, ou seja, a escala geográfica para obtenção do dado pode ser por município, por estado ou para o país (divisão político-administrativa) ou por bacia hidrográfica.

## 4.2 - AVALIAÇÃO DA REDE CAUSAL E DOS INDICADORES PROPOSTOS

### 4.2.1 – Consulta a especialistas (*Ad hoc*)

Para avaliar, qualitativamente, a adequação dos indicadores propostos, foi realizada uma consulta a especialistas (*Ad hoc*). Buscou-se profissionais com experiência profissional nos temas “áreas úmidas”, “recursos hídricos” e “indicadores”, de diferentes instituições de ensino e pesquisa, órgãos governamentais e não governamentais.

O instrumento de consulta consistiu num texto introdutório sobre o tema e instruções para o procedimento de avaliação. Os indicadores foram organizados em uma tabela contendo os campos de análise da rede causal e a identificados por meio de códigos específicos. Foi solicitado aos especialistas que atribuíssem um conceito para cada indicador, de acordo com a Tabela 4.1 e que, se necessário, fizessem considerações a respeito dos mesmos. O documento enviado para consulta está no Anexo I.

Tabela 4.1 – Conceitos utilizados para avaliação dos indicadores.

<b>CONCEITO</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
<b>A</b>	Forte adequação
<b>B</b>	Média adequação
<b>C</b>	Fraca adequação
<b>N</b>	Não adequado

#### 4.2.2 – Ordenamento e seleção dos indicadores avaliados

Após a avaliação qualitativa dos indicadores pelos especialistas, foram definidos pesos aos conceitos atribuídos na avaliação, conforme a Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Pesos definidos aos conceitos atribuídos pelos especialistas.

CONCEITO	PESO
A	3
B	2
C	1
N	0

Para o ordenamento dos indicadores quanto à adequação, foi realizada uma soma ponderada do número de especialistas que atribuíram cada conceito aos indicadores com os pesos definidos aos conceitos, utilizando-se a seguinte equação:

$$\text{Adequação} = \sum_{i=1}^n w_i V \quad [\text{Eq. 4.1}]$$

onde:  $n$  = número de conceitos,  $w_i$  é o peso definido ao conceito e  $V$  é o número de especialistas.

Em seguida, foi estabelecido o percentual de adequação em relação à situação em que todos os especialistas tivessem atribuído o conceito A.

#### 4.3 - SELEÇÃO DOS INDICADORES E CONSOLIDAÇÃO DA REDE CAUSAL

Para a consolidação da rede causal de áreas úmidas tropicais, foram selecionados os indicadores que alcançaram, pelo menos, 75% na adequação estabelecida anteriormente.

## **4.4 – APLICAÇÃO DA REDE CAUSAL CONSOLIDADA A UM ESTUDO DE CASO**

### **4.4.1 – Definição do Estudo de Caso**

A modelagem em sistemas ambientais requer a verificação da sua aplicabilidade, portanto, procedeu-se à definição de um Estudo de Caso.

A APA IVAP foi escolhida devido a ocorrência de áreas úmidas, como elementos característicos da paisagem, e a perspectiva que a aplicação da rede causal pudesse contribuir para a análise dos serviços ambientais prestados por tais ambientes.

Apesar de composta por 20 municípios, distribuídos em três Estados, o presente texto tratará apenas da porção sul-mato-grossense da APA IVAP para a caracterização socioeconômica e ambiental. A opção por restringir a análise da APA IVAP apenas ao Estado de Mato Grosso do Sul justifica-se por ser o estado que recobre a maior área da UC e pela tentativa de uniformidade das informações oficiais.

### **4.4.2 – Construção da base de dados**

#### *4.4.2.1 – Levantamento de informações*

Para o levantamento de informações sobre a região definida como Estudo de Caso foram analisados dados secundários disponíveis em fontes variadas como órgãos governamentais, relatórios, publicações científicas e planos de manejo das unidades de conservação.

#### *4.4.2.2 – Produção de dados por geoprocessamento*

Para as análises de geoprocessamento foi utilizado o software *ArcGIS 9.3* (ESRI, 2010). Os dados digitais foram obtidos dos órgãos listados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Relação de fontes de dados digitais com referências espaciais.

ÓRGÃO	DADOS
<p>Agência Nacional das Águas (ANA)</p> <p><a href="http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?TocItem=4100">http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?TocItem=4100</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Distribuição das massas d'água</li> <li>- Hidrografia da Bacia do rio Paraná</li> <li>- Localização de usinas hidrelétricas</li> <li>- Localização das estações de monitoramento</li> <li>- Índices de qualidade da água</li> <li>- Índices de estado trófico</li> </ul>
<p><i>Earth Remote Sensing Data Analysis Center</i> (ERSDAC)</p> <p><a href="http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/search.jsp">http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/search.jsp</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelos digitais de elevação do ASTER (<i>Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer</i>)</li> </ul>
<p>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)</p> <p><a href="http://www.dgi.inpe.br/CDSR/">http://www.dgi.inpe.br/CDSR/</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cenas LANDSAT 5 TM da região da APA IVAP</li> </ul>
<p>Ministério do Meio Ambiente (MMA)</p> <p><a href="http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm">http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm</a></p> <p><a href="http://siscom.ibama.gov.br/shapes/">http://siscom.ibama.gov.br/shapes/</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Representação vetorial das unidades de conservação</li> <li>- Formações vegetacionais (PROBIO<sup>20</sup>)</li> <li>- Tipos de solo</li> <li>- Focos de calor</li> </ul>
<p>Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental (SISLA)</p> <p><a href="http://sisla.imasul.ms.gov.br/Downloads/dados_complementares/">http://sisla.imasul.ms.gov.br/Downloads/dados_complementares/</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hidrografia do Mato Grosso do Sul</li> </ul>

Lemos *et al.* (2011) comentam que apesar do potencial apresentado pelas imagens de sensoriamento remoto para o monitoramento de áreas inundáveis, o uso destas ainda é restrito devido à baixa disponibilidade de imagens livres de nuvens, assim como imagens de resolução espacial e temporal adequada. Entretanto, os autores relatam que o uso das imagens CBERS-2 e 2B mostrou-se satisfatório para a estimativa das áreas inundadas, pois sua resolução temporal permitiu encontrar imagens próximas aos picos máximo e mínimo de vazão do rio Paraguai, e também encontrar imagens com diferença reduzida entre seus dias de visada.

<sup>20</sup> Classificação dos biomas do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica (PROBIO), escala 1:250.000, ano base 2002.



Em relação à escolha temporal de imagens de satélite, optou-se por usar as imagens do satélite LANDSAT TM dos anos de 1985, 2000 e 2009, pois há um registro contínuo ao longo dos anos do período em estudo, embora a quantidade de cenas disponível, a cada ano, não seja uniforme. Os anos escolhidos (1985, 2000 e 2009) representam, respectivamente, o período anterior à construção do reservatório de Porto Primavera, o ano após a conclusão das obras de barragem do reservatório e um ano recente, sem eventos hidrológicos extremos.

Para identificar os períodos de cheia e seca do rio Paraná foram consultados os dados de nível fluviométrico da base avançada de pesquisa do Núcleo de Pesquisa em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (NUPELIA/UEM), em Porto Rico (PR)<sup>21</sup>.

Devido à extensão da APA IVAP (10.030 km<sup>2</sup>), são necessárias cinco cenas (223.75, 223.76, 224.75, 224.76 e 224.77) do LANDSAT 5TM para cobrir a área total da Unidade de Conservação (Figura 4.1).

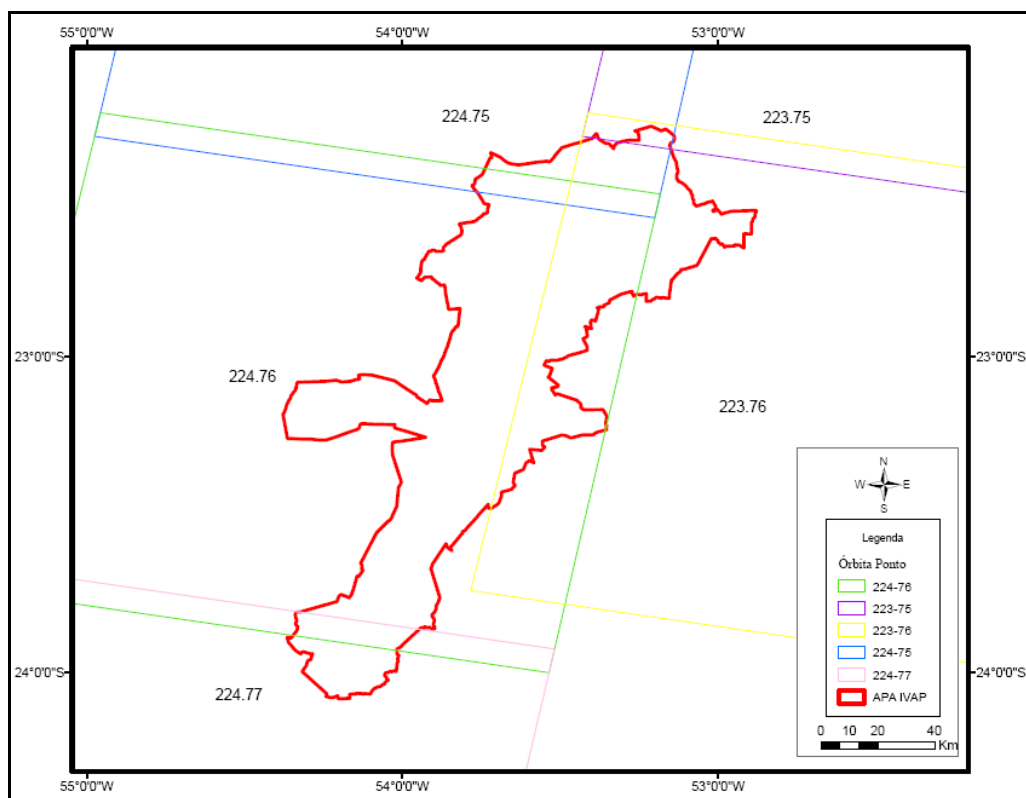


Figura 4.1 – Grade de órbitas e pontos da passagem do LANDSAT na região da APA IVAP.

<sup>21</sup> Dados disponíveis em: [http://www.peld.uem.br/peld-Nivel\\_fluviometricohtm](http://www.peld.uem.br/peld-Nivel_fluviometricohtm)

Como há um intervalo de passagem do satélite de 16 dias entre as órbitas, o mosaico das cinco cenas não representaria a situação real de um período (seca ou cheia) para análise, mesmo que fossem realizadas as correções radiométricas e geométricas. Portanto, foi utilizada apenas a cena 224.76, que recobre a maior parte da área da Unidade de Conservação, em datas disponíveis que mais se aproximam dos períodos de cheia e seca do rio Paraná (Tabela 4.5).

Tabela 4.5 – Datas disponíveis da cena 224.76 em períodos de cheia e seca do rio Paraná, nos anos de 1985, 2000 e 2009.

ANO	PERÍODO	DATA DISPONÍVEL
1985	Cheia	31/03/1985
	Seca	22/08/1985
2000	Cheia	09/04/2000
	Seca	25/04/2000
2009	Cheia	18/04/2009
	Seca	21/06/2009

A qualidade das imagens e a mínima cobertura de nuvens foram critérios para a escolha das cenas.

Lucas Rosa e Sanches (2011) realizaram uma avaliação espacial e temporal do alagamento no Pantanal mato-grossense, a partir de diferentes composições de bandas espectrais do LANDSAT. A composição R5G4B3 apresentou boa definição para a água, vegetação e solo exposto, sendo uma das mais utilizadas para a distinção de recursos naturais. A mesma composição foi usada por Cinquini *et al.* (2011) para identificar as fitofisionomias do chaco, em períodos de seca e cheia.

Foi realizada uma composição colorida de cada cena (RGB345) e, em seguida, o georreferenciamento usando o *shapefile* de massas d'água.

A Tabela 4.4 apresenta os procedimentos realizados em ambiente SIG para obtenção dos dados sobre as áreas úmidas.

Tabela 4.4 – Procedimentos operacionais para a obtenção de dados georreferenciados.

DADOS	PROCEDIMENTO
Zonas de ocorrência de acúmulo de água	Identificação dos <i>pixels</i> nos quais o valor do DEM é inferior ao dos <i>pixels</i> vizinhos.
Área superficial	Somatório dos polígonos de Formação Pioneira com Influência Fluvial e Lacustre, massa d'água permanente, e área inundada em cada ano (obtida pela subtração dos polígonos de massa d'água dos períodos de seca em relação aos de cheia).
Distância a elementos referenciais da paisagem	Geração de <i>buffers</i> em classes de distâncias: 0-30; 30-50; 50-100; 100-200; 200-500 metros que representam as faixas de proteção de matas adjacentes aos leitos dos rios, conforme o Código Florestal (Lei nº 4771/65). Determinação da extensão de áreas úmidas em cada <i>buffer</i> (expressos em porcentagem de área ocupada).

## **5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 - PROPOSIÇÃO DE REDE CAUSAL E DE INDICADORES PARA ÁREAS ÚMIDAS TROPICAIS**

#### **5.1.1 – Rede causal para áreas úmidas, de acordo com o modelo DPSIR**

Seguindo as etapas do modelo DPSIR para a rede causal, proposto por Niemeijer e De Groot (2008), foi definido que:

- O domínio de interesse da rede causal foi a análise das alterações nos serviços ambientais de áreas úmidas, decorrentes do comportamento demográfico e do desenvolvimento não sustentável, em uma abordagem de primeira aproximação;
- As condições de contorno referem-se ao conjunto de características ambientais das áreas úmidas tropicais associadas às planícies de inundação;
- Para a definição dos limites do sistema, foram consideradas as modificações na estrutura e função das áreas úmidas, decorrentes da intensificação da ação antrópica. Não foram considerados na análise os processos naturais de evolução dos ecossistemas; tal restrição refere-se à indisponibilidade de tais indicadores, em regiões tropicais.

A Figura 5.1 apresenta a rede causal proposta, contendo os campos de análise (identificados por códigos), de acordo com os modelos de Niemeijer e De Groot (2008) e Bernardes *et al.* (2004).

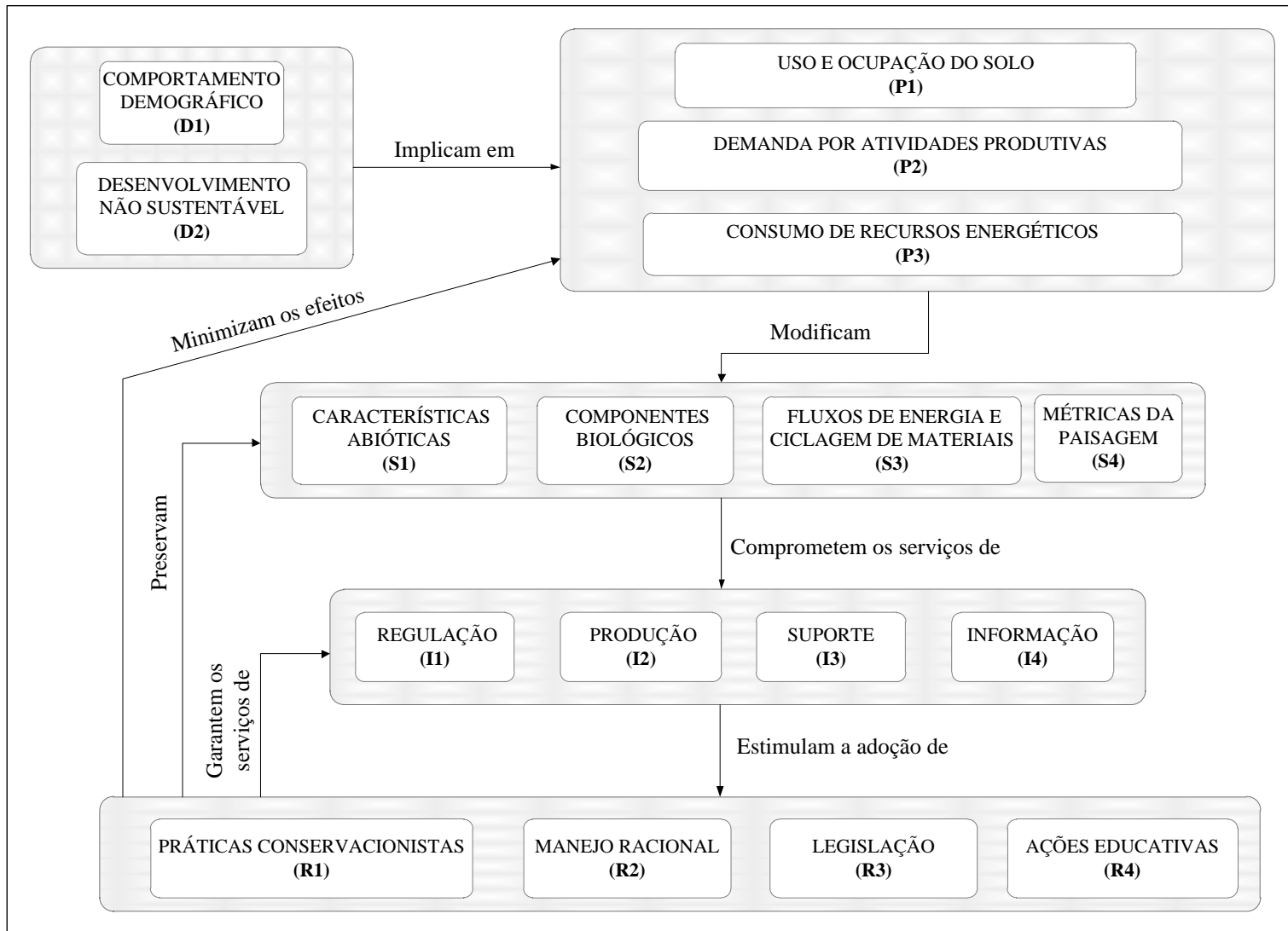


Figura 5.1 - Rede causal proposta para áreas úmidas tropicais.

O comportamento demográfico<sup>22</sup> e o desenvolvimento não sustentável são as forças-motrizes que provocam a intensificação no uso do solo e o aumento da demanda por recursos naturais e atividades produtivas, exercendo pressão sobre os ecossistemas; no caso específico, as áreas úmidas. Os efeitos da pressão modificam a estrutura de tais ecossistemas, que são refletidos no comprometimento dos serviços ambientais, o que resulta no desenvolvimento de mecanismos de resposta pela sociedade.

A resposta da sociedade se dá pela adoção de ações que visem à minimização dos efeitos da pressão exercida pelas atividades antrópicas sobre as condições das áreas úmidas, assim como preservar a estrutura e funcionamento do ecossistema e, portanto, garantir os serviços ambientais das áreas úmidas tropicais.

As áreas úmidas desempenham uma ampla variedade de funções, como resultado dos atributos físicos, químicos e biológicos, numa hierarquia de escalas (de mais específicas para mais abrangentes). No nível mais elevado da escala, está a manutenção da integridade ecológica, uma função que envolve a estrutura e os processos dos ecossistemas. Há uma relação direta entre a função e a condição do ambiente; por exemplo, se a condição é excelente (igual a uma condição de referência), então a integridade ecológica está intacta e as funções típicas estão de acordo com os níveis de referência (US EPA, 2004).

Em documento posterior (US EPA, 2008), afirma-se que o intervalo de tempo entre a ação que desencadeia as modificações no sistema e a resposta dos mesmos é variável e depende de fatores diversos tais como: o tipo de ação, o clima e a hidrologia do sistema.

### **5.1.2 – Indicadores para a rede causal de áreas úmidas tropicais**

A rede causal para as áreas úmidas tropicais contém indicadores de ambientes terrestres e aquáticos por tratar-se de um ecossistema com características comuns a tais ambientes. Devido

---

<sup>22</sup> No documento submetido à consulta pelos especialistas, a denominação do campo de análise era “Crescimento populacional”; optou-se por substituí-la no presente documento por “Comportamento demográfico” uma vez que tal conceito engloba de forma mais ampla os indicadores propostos. Ressalta-se que tal substituição não comprometeu a descrição do resultados.

à variedade de serviços ambientais prestados pelas áreas úmidas, foi necessário contemplar indicadores de natureza diversa (sociais, econômicos e ambientais).

Alguns indicadores foram apresentados em mais de um campo de análise, pois são capazes de expressar a causa ou o efeito de determinados fenômenos.

Os indicadores propostos estão relacionados nas tabelas específicas para cada componente (D, P, S, I e R) da rede causal.

#### *5.1.2.1 – Indicadores de Forças-Motrizes (D)*

A Tabela 5.1 contém os indicadores, por campo de análise, para as forças-motrizes identificadas.

Os indicadores de forças-motrizes descrevem o desenvolvimento social, demográfico e econômico nas sociedades e as mudanças correspondentes nos padrões de produção e consumo que causam impactos na sustentabilidade do sistema (Magalhães Júnior, 2007).

Lima (2011) utiliza a denominação forças-motrizes para descrever os indutores responsáveis por mudanças do meio, ou seja, as influências que provocam o tipo, a intensidade e a direção da mudança. Segundo o autor, essas forças podem ter natureza diversa e serem expressas em diferentes níveis ou escalas no território.

Os indicadores para o campo de análise Comportamento Demográfico foram obtidos do banco de dados do IBGE. Embora o Censo Nacional seja realizado a cada 10 anos, os municípios disponibilizam dados populacionais para intervalos de tempo mais curto, geralmente anuais.

No campo de análise, denominado Desenvolvimento Não Sustentável, são propostos 14 indicadores que variam quanto às escalas espaciais e temporais. Tais indicadores correspondem às dimensões econômica, social e ambiental, cuja articulação compõe o eixo integrador do desenvolvimento sustentável, portanto tais indicadores foram extraídos da publicação “Indicadores de Desenvolvimento Sustentável” (Brasil, 2010).

Tabela 5.1 - Indicadores propostos para os campos de análise de Forças-motrizes (D).

CAMPOS DE ANÁLISE		INDICADORES	
Código	Denominação	Código	Denominação
D1	Comportamento demográfico	D1.1	Taxa de crescimento da população
		D1.2	Densidade demográfica
		D1.3	Distribuição da população em áreas urbanas e rurais
D2	Desenvolvimento não sustentável	D2.1	Produto interno bruto <i>per capita</i>
		D2.2	Índice Gini de distribuição do rendimento
		D2.3	Índice de desenvolvimento humano
		D2.4	Adequação da moradia
		D2.5	Escolaridade da população
		D2.6	Oferta de serviços básicos de saúde
		D2.7	Acesso a serviços de coleta de lixo
		D2.8	Acesso a sistemas de abastecimento de água
		D2.9	Acesso a esgotamento sanitário
		D2.10	Oferta de fontes renováveis de energia
		D2.11	Percentual de reciclagem dos resíduos
		D2.12	Ratificação de acordos globais
		D2.13	Existência de conselhos ambientais
		D2.14	Investimentos em pesquisa e desenvolvimento

#### 5.1.2.2 – Indicadores de Pressão (P)

Os indicadores para os campos de análise de Pressão estão listados na Tabela 5.2.

Os indicadores de pressão apontam diretamente para as causas (ou as variáveis que podem causar) os problemas ambientais (US EPA, 2000).



Tabela 5.2 - Indicadores propostos para os campos de análise de Pressão (P).

CAMPOS DE ANÁLISE		INDICADORES	
Código	Denominação	Código	Denominação
P1	Uso e ocupação do solo	P1.1	Terras em uso agrossilvipastoril
		P1.2	Planos diretores
		P1.3	Áreas protegidas
		P1.4	Zoneamento ecológico econômico
P2	Demanda por atividades produtivas	P2.1	Consumo de alimentos de origem animal
		P2.2	Consumo de produtos agrícolas
		P2.3	Extração de recursos naturais
		P2.4	Consumo de substâncias destruidoras da camada de ozônio
		P2.5	Crescimento do turismo
P3	Consumo dos recursos energéticos	P3.1	Consumo de energia <i>per capita</i>
		P3.2	Intensidade energética
		P3.3	Consumo mineral <i>per capita</i>
		P3.4	Vida útil das reservas de petróleo e gás natural
		P3.5	Emissões de origem antrópica dos gases associados ao efeito estufa

Os campos de análise para analisar a pressão sobre áreas úmidas, resultante das forças-motrizes identificadas anteriormente, foram separados em três grupos: Uso e ocupação do solo; Demanda por atividades produtivas e Consumo dos recursos energéticos. São representados por 14 indicadores que podem ser obtidos em órgãos governamentais, além do banco de dados do IBGE e da publicação “Indicadores de Desenvolvimento Sustentável” (Brasil, 2010), e que apresentam, assim como os indicadores das forças-motrizes, variação nas escalas espaciais e temporais. A obtenção de tais dados, em nível regional, permitiria uma análise precisa das pressões que as áreas úmidas estão sujeitas.

### 5.1.2.3 – Indicadores de Estado (S)

A Tabela 5.3 apresenta os indicadores propostos para os campos de análise do componente “Estado”.

Tabela 5.3 - Indicadores propostos para os campos de análise de Estado (S).

CAMPOS DE ANÁLISE		INDICADORES	
Código	Denominação	Código	Denominação
S1	Características abióticas	S1.1	Padrão climático
		S1.2	Regime hidrológico
		S1.3	Ocorrência de zonas de acúmulo de água
		S1.4	Qualidade da água
		S1.5	Características e propriedades do solo
S2	Componentes biológicos	S2.1	Estrutura e composição da vegetação
		S2.2	Estrutura e composição da fauna
		S2.3	Comunidade microbiana
S3	Fluxo de energia e ciclagem de matéria	S3.1	Biomassa
		S3.2	Dinâmica de nutrientes
S4	Métricas da paisagem	S4.1	Área superficial
		S4.2	Distância a elementos referenciais da paisagem

Os campos de análise representam os elementos constituintes da estrutura dos ecossistemas. A seguir, apresenta-se uma descrição dos indicadores relacionados a cada elemento.

#### **S1.1 – Padrão climático**

*Justificativa:* Por meio da análise de fatores que caracterizam o clima de uma região, é possível verificar se houve alteração no padrão climático, em um período determinado. Algumas variáveis climatológicas, como temperatura e umidade do ar, refletem as mudanças ocorridas no uso do solo por estarem associadas, principalmente, às características da vegetação. A precipitação, apesar de tratar-se de um evento resultante de fatores em uma escala mais ampla que a regional, também pode expressar algumas das modificações ocorridas. Salienta-se que o clima é um fator para explicar a distribuição de comunidades

biológicas. Sendo assim, a determinação das alterações no padrão climático constitui-se num importante indicador de modificações das funções ambientais de áreas úmidas.

*Fonte e obtenção de dados:* Os dados de temperatura, precipitação e umidade do ar podem ser obtidos a partir de registros de estações meteorológicas.

*Categorias de análise:* Valores médios ou extremos (máxima e mínima) das variáveis, variação temporal (dados anuais, mensais ou diários) e abrangência espacial (dados para o estado, município ou bacia hidrográfica).

### **S1.2 – Regime hidrológico**

*Justificativa:* A vazão e os eventos associados aos cursos d'água (cheias, inundações e estiagens) caracterizam o regime hidrológico dos rios e são determinantes na dinâmica de áreas úmidas. Embora os efeitos das modificações no regime hidrológico sejam diferenciados na bacia hidrográfica (em função das características de cada região da bacia), a análise temporal dos componentes do regime permite que se possa avaliar o papel que as áreas úmidas desempenham na manutenção das características do mesmo. Além disso, é possível inferir os impactos resultantes de tais modificações sobre os processos físicos e químicos e sobre as comunidades de áreas úmidas, que são adaptadas às oscilações naturais do regime hidrológico.

*Fonte e obtenção de dados:* Os dados de vazão ou cota dos rios podem ser obtidos a partir de registros de estações fluviométricas.

*Categorias de análise:* Valores de vazão (máxima, mínima, média e ecológica), região de amostragem (entrada, intermediária e saída), tempo de duração, intensidade e frequência dos eventos.

### **S1.3 – Ocorrência de zonas de acúmulo de água**

*Justificativa:* As zonas de acúmulo de água correspondem às regiões onde, por conta da declividade do terreno ou das propriedades do solo, a água tende a acumular. A localização de áreas úmidas é determinada, em parte, pela ocorrência de tais zonas. Embora as características geomorfológicas não apresentem variação em uma escala de tempo curta, a intensificação de ações antrópicas altera algumas propriedades do solo. Dessa forma, a variação temporal na ocorrência de zonas de acúmulo de água, por meio da análise das condições do solo, representa um indicador de mudanças ocorridas.

*Fonte e obtenção de dados:* Mapas de declividade, modelos numéricos de elevação do terreno e mapas de solo disponibilizados em formato digital ou cartográfico.

*Categorias de análise:* Abrangência espacial (dados para o estado, município ou bacia hidrográfica).

#### **S1.4 – Qualidade da água**

*Justificativa:* A análise dos parâmetros físicos e químicos dos corpos hídricos possibilita a avaliação qualitativa dos mesmos. Embora ocorra a variação espacial e temporal nos valores dos parâmetros, mesmo em condições naturais, a intensificação de atividades antrópicas resulta em mudanças significativas em tais valores. Por meio da análise de parâmetros que sejam capazes de refletir mais diretamente a relação com as áreas úmidas, é possível inferir sobre os impactos que as modificações antrópicas nos corpos hídricos causam às áreas úmidas; assim como, à função que tais ambientes desempenham na manutenção da qualidade da água.

*Fonte e obtenção de dados:* Dados obtidos em estações de monitoramento da qualidade da água, operadas por órgãos governamentais ou em instituições de pesquisa.

*Categorias de análise:* Parâmetros físicos (temperatura, transparência, material em suspensão, turbidez e cor) e químicos (oxigênio dissolvido, pH, condutividade, alcalinidade, demanda bioquímica de oxigênio – DBO, demanda química de oxigênio – DQO), tipo de coleta (pontual, estratificada e composta), variação temporal (dados sazonais, mensais ou diários).

#### **S1.5 – Características e propriedades do solo**

*Justificativa:* A ocorrência de áreas úmidas é associada à presença de solo hidromórfico (caracterizado por saturação hídrica elevada e condições anaeróbias) que apresenta características distintas quando não está coberto por água ou sujeito aos efeitos da inundação de rios. Como o solo representa a ação conjugada de inúmeros fatores (clima, composição de rochas e atividade de organismos) que ocorrem numa região, a análise das mudanças nas características e propriedades do solo de áreas úmidas pode refletir as pressões que tais ambientes estão sujeitos.

*Fonte e obtenção de dados:* Mapas de solo disponibilizados em formato digital ou cartográfico e dados disponibilizados por órgãos governamentais ou instituições de pesquisa.

*Categorias de análise:* Parâmetros físicos (temperatura, cor, textura, granulometria, matéria orgânica, umidade, densidade) e químicos (oxigênio dissolvido e pH), tipo de coleta (superficial, estratificada e composta), variação temporal (dados sazonais).

### **S2.1 – Estrutura e composição da vegetação**

*Justificativa:* O tipo de vegetação é um dos fatores determinantes (juntamente com regime hidrológico e solo) para a ocorrência de áreas úmidas. A estrutura e a composição da vegetação refletem a adaptação da comunidade às condições variadas de inundação. A distribuição dos grupos de macrófitas aquáticas (emergentes, flutuantes, submersas) está relacionada aos diferentes níveis hidrológicos, de acordo com um padrão de zonação. Condições de umidade em diferentes estratos também caracterizam a estrutura da vegetação em áreas úmidas. As modificações na estrutura e composição da vegetação refletem as alterações do regime hidrológico, do padrão climático e também do uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas tornando-se assim, importante indicador de áreas úmidas.

*Fonte e obtenção de dados:* Levantamentos florísticos, fitossociológicos e imagens de satélite, disponibilizados por órgãos governamentais ou instituições de pesquisa.

*Categorias de análise:* Parâmetros fitossociológicos (densidade, dominância, altura, diâmetro e área basal), índices de vegetação (biomassa, índice de área foliar e percentagem de cobertura vegetal), variação espacial (dados coletados em diferentes regiões das áreas úmidas), variação temporal (dados sazonais).

### **S2.2 – Estrutura e composição da fauna**

*Justificativa:* As áreas úmidas desempenham importante função de suporte para as comunidades animais, sendo fundamentais para organismos que passam parte, ou toda sua vida, em ambientes aquáticos. As alterações ambientais, decorrentes da intensificação de atividades antrópicas, resultam em modificações na estrutura e composição da fauna afetando, sobremaneira, espécies migratórias e que utilizam esses ambientes para a reprodução e alimentação. As modificações na estrutura e composição da fauna constituem importante indicador das ações antrópicas.

*Fonte e obtenção de dados:* Informações disponibilizadas por instituições de pesquisa, órgãos governamentais ou não governamentais.

*Categorias de análise:* Composição da comunidade (abundância, biomassa e estrutura trófica), variação espacial (dados coletados em diferentes regiões das áreas úmidas), variação temporal (dados sazonais ou mensais).

### **S2.3 – Comunidade microbiana**

*Justificativa:* A comunidade de microrganismos desempenha papel fundamental em áreas úmidas, principalmente em relação aos processos biogeoquímicos característicos de tais ambientes. A variação do nível hidrológico implica variações nos parâmetros físicos e químicos, seja nos ambientes aquáticos ou terrestres, sujeitando os organismos a diferentes estratégias adaptativas. Por conta das elevadas taxas de reprodução e do metabolismo dinâmico, os microrganismos são considerados importantes indicadores de alterações nas condições ambientais de áreas úmidas.

*Fonte e obtenção de dados:* Informações disponibilizadas por instituições de pesquisa.

*Categorias de análise:* Composição da comunidade (abundância, biomassa e metabolismo), variação espacial (dados coletados em diferentes regiões das áreas úmidas), variação temporal (dados sazonais ou mensais).

### **S3.1 – Biomassa**

*Justificativa:* As áreas úmidas são considerados ambientes com elevadas taxas de produtividade devido, sobretudo, à dinâmica de nutrientes característica. Embora a disponibilidade de água seja variável, em função do regime hidrológico, os vegetais adaptados mantêm a produção de biomassa estável, quando o ecossistema está em equilíbrio. Entretanto, as modificações decorrentes da intensificação da ação antrópica podem alterar as taxas de produção da biomassa. Dessa forma, a variação nas taxas de produção de biomassa constitui-se um indicador das modificações em áreas úmidas.

*Fonte e obtenção de dados:* Informações disponibilizadas por instituições de pesquisa, órgãos governamentais ou não governamentais.

*Categorias de análise:* Biomassa ( $ML^{-2}$ ) e taxas de produção ( $ML^2T^{-1}$ ), variação espacial (dados coletados em diferentes regiões das áreas úmidas), variação temporal (dados sazonais ou anuais).

### **S3.2 – Dinâmica de nutrientes**

*Justificativa:* A ciclagem de nutrientes é um dos fatores principais responsáveis pela elevada produtividade de áreas úmidas. A decomposição da serrapilheira, os pulsos de inundação e o efeito de bombeamento/filtração de macrófitas aquáticas fazem com que os nutrientes circulem pelos diferentes compartimentos nesses ambientes. O sistema radicular da vegetação desempenha papel fundamental na retenção de nutrientes, principalmente quando o aporte é excessivo (o que ocorre em situações de eutrofização dos corpos d'água). A eutrofização, a drenagem, o aumento da vazão em rios e outras alterações no uso do solo podem causar desequilíbrios na dinâmica dos nutrientes, por isso deve ser considerado um indicador das mudanças de estado das áreas úmidas.

*Fonte e obtenção de dados:* Informações disponibilizadas por instituições de pesquisa e órgãos governamentais.

*Categorias de análise:* Fração (nutrientes particulados, dissolvidos, quelados ou formas elementares), tipo de coleta (superficial, estratificada e composta), variação espacial (dados coletados em diferentes regiões das áreas úmidas), variação temporal (dados sazonais ou anuais).

### **S4.1 – Área superficial**

*Justificativa:* A determinação da área superficial que as áreas úmidas ocupam constitui uma das informações básicas para caracterizar tais ambientes. Embora a determinação, muitas vezes, só possa ser estimada, a partir de informações indiretas, é fundamental para que possa subsidiar a análise da relação que as áreas úmidas possuem com o seu entorno e de conectividade com outras áreas. A redução e a fragmentação de áreas úmidas altera o efeito de borda, comprometendo o fluxo gênico e o desempenho das demais funções características. Dessa forma, as alterações na área superficial, ao longo do tempo, representa um indicador, não só das modificações ocorridas no uso e ocupação do solo, assim como nos demais atributos de tais ambientes.

*Fonte e obtenção de dados:* Mapas disponibilizados em formato digital ou cartográfico, imagens de satélite, informações disponibilizadas por instituições de pesquisa e órgãos governamentais.

*Categorias de análise:* Valores de área ( $L^2$ ) ou perímetro (L) da área úmida.

#### **S4.2 – Distância a elementos referenciais da paisagem**

*Justificativa:* As áreas úmidas são elementos da paisagem e, como tal, estão relacionadas aos demais elementos. A proximidade dos corpos d'água, de fontes poluidoras ou de unidades de conservação são fatores determinantes na dinâmica dos processos que ocorrem em áreas úmidas, favorecendo ou prejudicando o desempenho das funções de tais ambientes. A determinação da distância dos elementos da paisagem em relação às áreas úmidas e a variação dessa distância ao longo do tempo permite a análise das modificações ocorridas; portanto, caracteriza-se como indicador do estado dos ecossistemas.

*Fonte e obtenção de dados:* Mapas disponibilizados em formato digital ou cartográfico, informações disponibilizadas por instituições de pesquisa e órgãos governamentais.

*Categorias de análise:* Valor linear ou *buffers* da distância (L), classificação dos efeitos dos elementos da paisagem em positivos ou negativos em relação às áreas úmidas.

##### *5.1.2.4 – Indicadores de Impacto (I)*

Os indicadores de impacto estão listados na Tabela 5.4

Os quatro campos de análise apresentados referem-se aos tipos de serviços ambientais prestados pelos ecossistemas de áreas úmidas. A descrição dos indicadores encontra-se a seguir.



Tabela 5. 4 - Indicadores propostos para os campos de análise de Impacto (I).

CAMPOS DE ANÁLISE		INDICADORES	
Código	Denominação	Código	Denominação
I1	Regulação	I1.1	Balanço hídrico
		I1.2	Outorgas de utilização dos recursos hídricos
		I1.3	Taxas de erosão do solo
I2	Produção	I2.1	Extração de recursos vegetais
		I2.2	Extração de recursos animais
		I2.3	Extração de recursos minerais
		I2.4	Ocorrência de organismos exóticos
		I2.5	Ocorrência de organismos ameaçados de extinção
I3	Suporte	I3.1	Caracterização de habitats naturais
I4	Informação	I4.1	Atividades culturais, educativas e científicas

### **I1.1 – Balanço hídrico**

*Justificativa:* O balanço hídrico se dá pela interação dos fenômenos de precipitação, escoamento superficial e infiltração. A partir desses eventos, decorrem outros fenômenos, tais como a vazão de rios, os pulsos de inundação e a recarga de aquíferos que caracterizam o regime hidrológico de áreas úmidas. Dados de precipitação, associados à vazão de rios e ao escoamento superficial podem ser usados para estimar o balanço hídrico e, assim, avaliar os impactos decorrentes da intensificação das ações antrópicas no papel desempenhado pelas áreas úmidas, pois a manutenção do balanço hídrico é uma importante função de regulação desempenhada por tais ambientes.

*Fonte e obtenção de dados:* O balanço hídrico pode ser estimado a partir de dados obtidos dos registros de estações meteorológicas e fluviométricas ou determinados em campo, por meio de instrumentos específicos.

*Categorias de análise:* Intervalo de tempo (dados anuais ou mensais) e abrangência espacial (dados para o Estado, município ou bacia hidrográfica).

## **11.2 – Outorgas de utilização dos recursos hídricos**

*Justificativa:* São várias as possibilidades de utilização dos recursos hídricos associados às áreas úmidas. Entretanto, para as formas de utilização por contato primário, como abastecimento e recreação, é necessário que a água seja fornecida não só em quantidade, mas, essencialmente, em qualidade adequada. Alteração nas características físico-químicas (como a eutrofização, por exemplo) e, conseqüentemente, os gastos com o tratamento da água (no caso de abastecimento) ou mesmo a interdição do uso, podem refletir o comprometimento de alguma das funções de regulação desempenhadas por áreas úmidas, assim como o aumento ou diminuição da vazão de rios utilizada para a irrigação ou geração de energia elétrica. Dessa forma, a análise temporal dos usos múltiplos de recursos hídricos, associados a tais ambientes, caracteriza-se como indicador das modificações decorrentes da intensificação do uso antrópico de áreas úmidas.

*Fonte e obtenção de dados:* Dados obtidos junto a órgãos de regulação (Agência Nacional de Águas - ANA e Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL), empresas de saneamento e secretarias estaduais ou municipais de meio ambiente e recursos hídricos.

*Categorias de análise:* Finalidade, período e condições de concessão da outorga.

## **11.3 – Taxas de erosão do solo**

*Justificativa:* A erosão do solo é um dos principais fatores de perda da produtividade, seja na agricultura ou pecuária, ocasionando ainda, problemas de assoreamento nos corpos d'água. Devido às características da estrutura e composição das comunidades vegetais em áreas úmidas, tais ambientes desempenham um importante papel de regulação da erosão do solo nas bacias hidrográficas que estão inseridas, pois a agregação do solo é favorecida pelo sistema radicular da vegetação terrestre. A avaliação das taxas de erosão é, portanto, um importante indicador das modificações no uso e ocupação do solo.

*Fonte e obtenção de dados:* Aplicação da equação universal da perda do solo, modelos hidrossedimentológicos, tais como o *Soil and Water Assessment Tools* (SWAT).

*Categorias de análise:* Variação espacial (dados coletados em diferentes regiões das áreas úmidas), variação temporal (dados sazonais ou anuais).

### **I2.1 – Extração de recursos vegetais**

*Justificativa:* Devido à diversidade da flora e da elevada produção de biomassa em áreas úmidas, tais ambientes fornecem recursos vegetais que são utilizados de diversas formas, seja como alimento, fibras ou combustíveis, por exemplo. Entretanto, a extração de tais recursos é realizada de forma rudimentar, desrespeitando, muitas vezes, as determinações legais; com isso, a possibilidade de utilização em bases sustentáveis, torna-se comprometida a longo prazo. Para subsidiar a avaliação das alterações na função de produção de áreas úmidas, a análise de dados sobre a extração de recursos vegetais representa um importante indicador.

*Fonte e obtenção de dados:* Secretarias estaduais e municipais de comércio, postos de receita fiscal, levantamento de informações junto à população local.

*Categorias de análise:* Tipos de recursos vegetais utilizados, quantidade comercializada, formas de comercialização (material bruto ou processado) e destino dos produtos.

### **I2.2 – Extração de recursos animais**

*Justificativa:* Assim como os recursos vegetais, também são inúmeros os recursos animais de áreas úmidas utilizados intensivamente. Destaca-se, sobretudo, a atividade de pesca realizada tanto em rios e reservatórios, quanto em cursos d'água no interior de áreas úmidas, como lagoas e riachos. Apesar da extração regular de tais recursos, amparada por legislação específica, é frequente o comércio de produtos extraídos de forma irregular, principalmente por meio da caça ou usando apetrechos proibidos. O papel de produção de recursos animais desempenhado pelas áreas úmidas e a possível exaustão de tais recursos pode ser avaliado utilizando, como indicador, a extração de tais recursos.

*Fonte e obtenção de dados:* Secretarias estaduais e municipais de comércio, postos de receita fiscal, levantamento de informações junto à população local.

*Categorias de análise:* Tipos de recursos animais utilizados, quantidade comercializada, formas de comercialização e destino dos produtos.

### **I2.3 – Extração de recursos minerais**

*Justificativa:* Os recursos minerais de uma região são produto da composição mineral e dos processos geomorfológicos que predominam no local. Em áreas úmidas, devido à complexa interação entre ambientes aquáticos e terrestres, é comum a ocorrência de minerais destinados,

principalmente, à cadeia produtiva da indústria da construção civil, como a areia e a argila. A legislação específica disciplina a extração e a comercialização de tais recursos, de forma a mitigar impactos ambientais. Por conta das características de áreas úmidas (como a extensão da área superficial e as dificuldades de acesso), a fiscalização quanto ao cumprimento da legislação pode não ser suficiente para garantir a extração sustentável dos recursos minerais. Para contribuir na avaliação do papel de produção de áreas úmidas, propõe-se a utilização, como indicador, de informações sobre a extração de recursos minerais.

*Fonte e obtenção de dados:* Secretarias estaduais e municipais de comércio, postos de receita fiscal, levantamento de informações junto à população local.

*Categorias de análise:* Tipos de recursos minerais utilizados, quantidade comercializada, formas de comercialização e destino dos produtos.

#### **I2.4 - Ocorrência de organismos exóticos**

*Justificativa:* A ocorrência de organismos exóticos, seja acidental ou introduzida intencionalmente, é um fenômeno que vem se tornando cada vez mais comum, tanto em ecossistemas aquáticos quanto terrestres. Devido à ausência de predadores específicos, tais organismos podem tornar-se rapidamente abundantes, ocasionando o desequilíbrio das comunidades e conseqüentemente, comprometendo as funções de produção em áreas úmidas. Dessa forma, a ocorrência de organismos exóticos é um indicador dos impactos causados pela intensificação do uso do solo.

*Fonte e obtenção de dados:* Informações obtidas junto a instituições de pesquisa e órgãos não governamentais.

*Categorias de análise:* Listagem das espécies exóticas, estimativa da época de introdução.

#### **I2.5 - Ocorrência de organismos ameaçados de extinção**

*Justificativa:* A redução da biodiversidade é um fenômeno que ocorre em escala mundial. A ocupação de novas áreas, a intensificação do uso do solo e a extração não sustentável dos recursos são alguns dos fatores que provocam mudanças na composição das comunidades, ocasionando, muitas vezes, a extinção de organismos. Em áreas úmidas, o risco de extinção de espécies é agravado, pois tais ambientes comportam espécies tanto de ecossistemas aquáticos, quanto terrestres. Com isso, as funções de produção que os ambientes desempenham podem

ficar comprometidas. Justifica-se assim, a ocorrência de organismos ameaçados de extinção como indicador das modificações antrópicas.

*Fonte e obtenção de dados:* Informações obtidas junto a instituições de pesquisa, órgãos não governamentais e listagens oficiais resultantes da compilação de trabalhos de diversas instituições e publicadas periodicamente.

*Categorias de análise:* Grau de vulnerabilidade de extinção.

### **I3.1 – Caracterização de habitats naturais**

*Justificativa:* Por habitat, compreende-se o espaço físico e as condições para o estabelecimento das espécies nos ambientes. As áreas úmidas comportam ambientes aquáticos e terrestres, em diferentes níveis de conectividade, propiciando assim, uma diversidade de habitats favoráveis para alimentação, reprodução e abrigo (entre outros) para os organismos. A intensificação de atividades antrópicas prejudica a manutenção da integridade dos habitats, verificada, principalmente, pela fragmentação dos ambientes. Portanto, a análise das modificações das características de habitats naturais permite avaliar as mudanças decorrentes da intensificação das atividades antrópicas em áreas úmidas.

*Fonte e obtenção de dados:* Informações obtidas junto a instituições de pesquisa e órgãos não governamentais.

*Categorias de análise:* Grau de alteração do habitat (forte, médio, fraco e não alterado), grau de fragmentação (forte, médio, fraco e não alterado), ocorrência de áreas propensas a incêndios (risco e tamanho da área), variação temporal (dados anuais ou sazonais) e variação espacial (dados coletados em diferentes regiões das áreas úmidas).

### **I4.1 - Atividades culturais, educativas e científicas**

*Justificativa:* Apesar da urbanização e do desenvolvimento tecnológico vertiginoso, o ser humano remete-se à natureza, sua fonte básica de inspiração e contemplação, para a realização de atividades culturais, educativas e científicas. A complexa interação dos ambientes e a diversidade de organismos fazem com que o ecossistema de áreas úmidas seja considerado um local potencial de oportunidades para realizar as atividades mencionadas anteriormente. Mesmo considerando os processos de degradação e perda de áreas úmidas, tais ambientes podem ser utilizados como espaço para a análise e compreensão das modificações decorrentes

da intensificação das atividades antrópicas. Portanto, a avaliação das atividades desenvolvidas em áreas úmidas subsidia a identificação das alterações que ocorrem em tais ambientes.

*Fonte e obtenção de dados:* Secretarias estaduais e municipais de educação, cultura e lazer, instituições de pesquisa, órgãos governamentais e não governamentais.

*Categorias de análise:* Tipo de atividade, quantidade de pessoas envolvidas, resultados obtidos.

#### 5.1.2.5 – Indicadores de Resposta (R)

A Tabela 5.5 apresenta os indicadores propostos para os campos de análise de Resposta.

Tabela 5.5 - Indicadores propostos para os campos de análise de Resposta (R).

CAMPOS DE ANÁLISE		INDICADORES	
Código	Denominação	Código	Denominação
R1	Práticas conservacionistas	R1.1	Ações governamentais
		R1.2	Ações da sociedade civil organizada
		R1.3	Pagamento por serviços ambientais
		R1.4	Aplicação de tecnologias sustentáveis
R2	Manejo racional	R2.1	Ordenamento do uso do solo
		R2.2	Estabelecimento de cadeias produtivas sustentáveis
R3	Legislação	R3.1	Coletânea de documentos legais
		R3.2	Mecanismos de fiscalização
R4	Ações educativas	R4.1	Divulgação dos serviços ambientais
		R4.2	Pesquisa científica

Os indicadores de resposta demonstram os esforços da sociedade para a solução de problemas. De acordo com Salles *et al.* (2004), as respostas visam prevenir, mitigar, melhorar ou diminuir as mudanças no ambiente; por exemplo, tais respostas podem buscar mudar ou redirecionar tendências prevalentes na produção e no consumo de bens e serviços, aperfeiçoar o monitoramento e o controle de poluentes ou desenvolver tecnologias limpas.

Para caracterizar o componente Resposta em relação às áreas úmidas, foram propostos 10 indicadores, reunidos nos seguintes campos de análise: Práticas conservacionistas, Manejo racional, Legislação e Ações educativas. Os dados podem ser obtidos não só nos órgãos governamentais, mas também em organizações não governamentais, instituições de pesquisa e educação. Mesmo que as informações não sejam específicas para áreas úmidas, com tais indicadores é possível estimar os esforços da sociedade para minimizar os impactos em tais ambientes.

## **5.2 – AVALIAÇÃO DA REDE CAUSAL E DOS INDICADORES PROPOSTOS**

### **5.2.1 – Consulta a especialistas (*Ad hoc*)**

Para a avaliação qualitativa da rede causal e dos indicadores propostos, a consulta *Ad hoc* foi enviada a 26 especialistas por correio eletrônico. Dos especialistas contatados, três responderam que não se sentiam aptos a realizarem a avaliação; um confirmou que faria a avaliação, mas não a enviou, e dez não se manifestaram; dessa forma, os indicadores foram avaliados por doze especialistas. A Tabela 5.6 apresenta as instituições e as áreas de atuação dos especialistas.

Tabela 5.6 – Instituição e área de atuação dos especialistas que responderam à consulta para avaliação da rede causal.

<b>ESPECIALISTA</b>	<b>INSTITUIÇÃO*</b>	<b>ATUAÇÃO</b>
E1	Universidade Estadual (PR)	Docente pesquisador em Ecologia Aquática
E2	Universidade Estadual (MS)	Docente pesquisador em Ecologia Aquática
E3	Universidade Estadual (MT)	Docente pesquisador em Ecologia Aquática
E4	Universidade Federal (GO)	Docente pesquisador em Indicadores
E5	Universidade Federal (DF)	Pesquisador em Ecologia Aquática e Indicadores
E6	Ministério do Meio Ambiente	Analista ambiental na Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano – Departamento de Revitalização de Bacias
E7	Ministério do Meio Ambiente	Analista ambiental na Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano – Coordenação Geral de Políticas e Planejamento de Recursos Hídricos
E8	Ministério do Meio Ambiente	Analista ambiental na Secretaria de Biodiversidade – Gerencia de Biodiversidade Aquática e Recursos Pesqueiros
E9	Ministério do Meio Ambiente	Especialista em Recursos Hídricos - Agência Nacional das Águas
E10	Ministério do Meio Ambiente	Especialista em Recursos Hídricos - Agência Nacional das Águas
E11	Ministério do Meio Ambiente	Analista Ambiental na Diretoria de Licenciamento Ambiental – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
E12	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (MS)	Pesquisador A - EMBRAPA - Pantanal

\* A sigla ao lado da instituição representa as Unidades Federativas de origem.



Os especialistas que realizaram a avaliação atuam com os temas “áreas úmidas”, “recursos hídricos” e “indicadores” em universidades e órgãos governamentais distintos. Apesar de não ter sido obtido o resultado da avaliação por nenhum dos especialistas representantes de organizações não-governamentais, o retorno de 46% das consultas, foi considerado satisfatório.

### 5.2.2 – Avaliação dos indicadores propostos na rede causal

A avaliação dos indicadores, por cada componente da rede causal, será descrita nos próximos itens.

A Figura 5.2 apresenta o percentual ponderado da adequação dos conjuntos de indicadores para representar os componentes da rede causal, avaliados pelos especialistas. A apresentação da avaliação em percentual faz-se necessária, pois o número de indicadores propostos é variável entre os componentes.

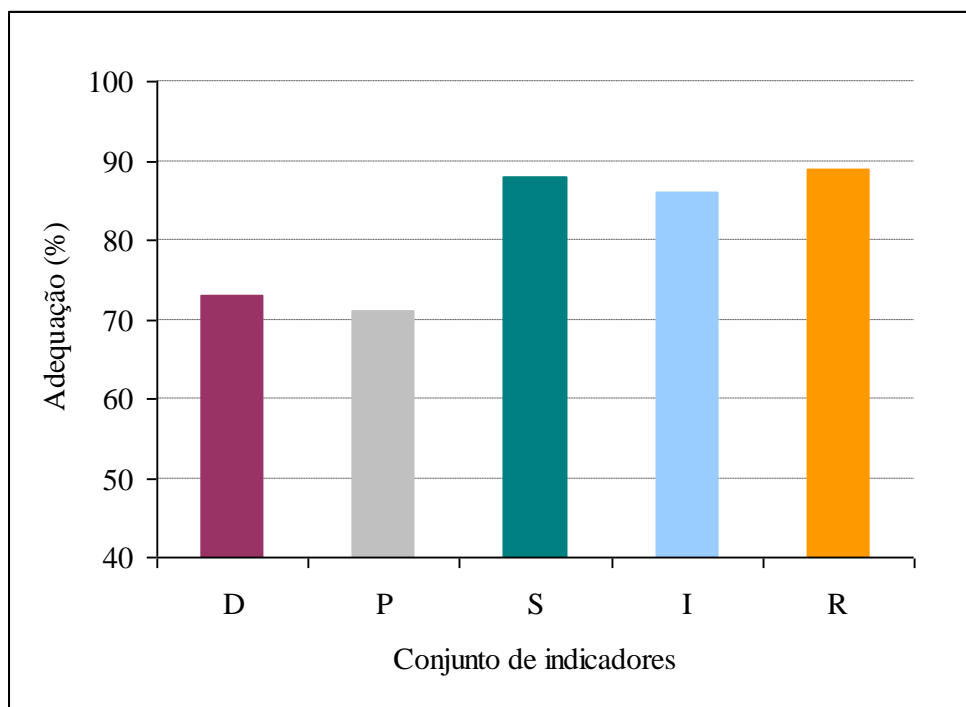


Figura 5.2 – Percentual ponderado da adequação dos conjuntos de indicadores.

De uma forma geral, pode-se afirmar que os indicadores foram considerados adequados, pois nenhum componente da rede causal obteve menos que 70,0% de adequação para o conjunto proposto.

Embora o conjunto de indicadores de Estado não tenha obtido a maior avaliação, deve-se destacar que um dos indicadores desse grupo foi considerado como “forte adequação” por todos os especialistas, conforme a descrição em 5.2.2.3.

Para os componentes Forças-motrizes e Pressão, a adequação do conjunto ter sido considerada menor que 80% pode ser atribuída ao fato dos indicadores não terem sido descritos individualmente, o que pode ter dificultado a interpretação dos mesmos pelos especialistas.

Além da avaliação qualitativa dos indicadores, alguns especialistas sugeriram novos indicadores e campos de análise para a rede causal.

#### *5.2.2.1 – Avaliação dos indicadores de Forças-motrizes*

A avaliação dos indicadores propostos para o componente Forças-motrizes encontra-se na Figura 5.3.

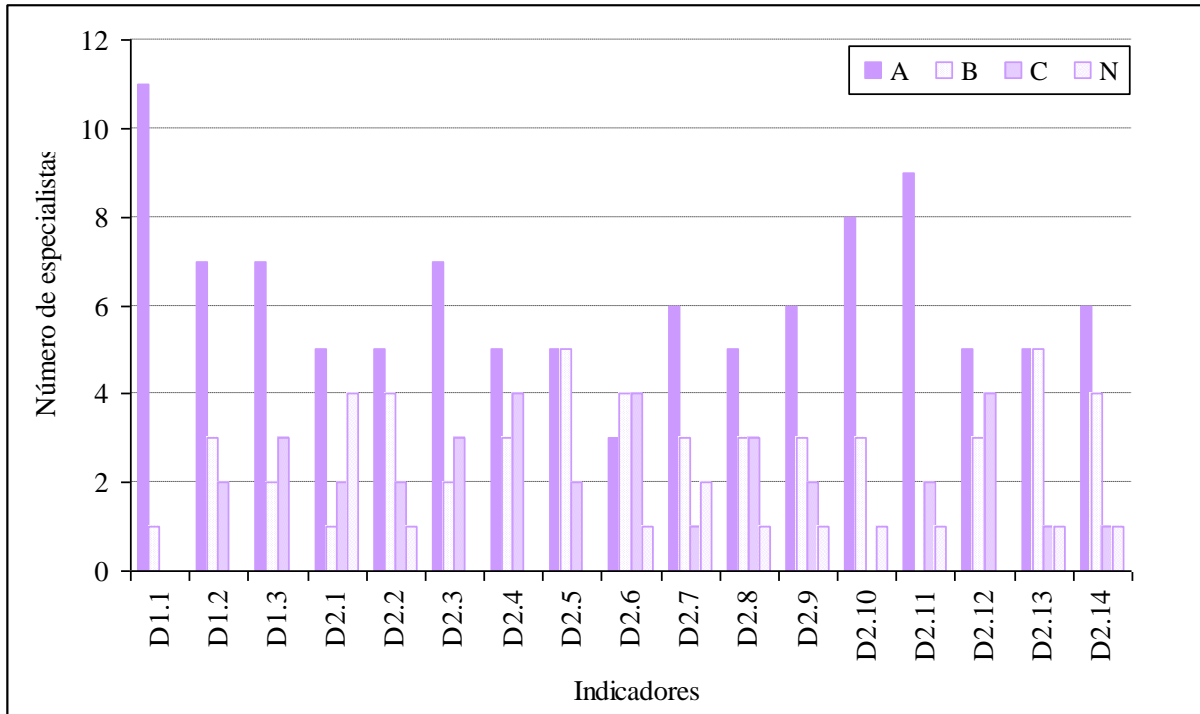


Figura 5.3 – Avaliação dos indicadores de Forças-motrizas (A = forte adequação, B = média adequação, C = fraca adequação e N = não adequado).

Dos 17 indicadores propostos, oito foram considerados como “forte adequação” por, pelo menos, metade dos especialistas. A “Taxa de crescimento da população” (D1.1) foi o indicador considerado de “forte adequação” pelo maior número de especialistas, onze; como não recebeu nenhuma avaliação “fraca adequação” nem “não adequado”, seguramente é o indicador considerado mais adequado do grupo.

O indicador “Produto interno bruto *per capita*” (D2.1) foi considerado não adequado pelo maior número de especialistas (quatro), embora cinco especialistas o tenham considerado como “forte-adequação”.

Para os indicadores do campo de análise “Comportamento demográfico” (D1), o especialista E7 comenta: “O crescimento populacional poderia ser reduzido com ações educativas, por exemplo. Neste caso, os mecanismos de resposta deveriam ser pensados de uma maneira mais ampla, para todo o país, não somente para as áreas úmidas”. Sugere a substituição da denominação do campo de análise “Comportamento demográfico” por “Densidade

demográfica”, justificando que os três indicadores do grupo refletem a densidade populacional, que o especialista reconhece como o problema que causa a pressão sobre os ambientes.

Ainda para o grupo de indicadores D1, o especialista E6 comenta:

*“‘Densidade demográfica’ (D1.2) e ‘Distribuição da população em áreas urbanas e rurais’ (D1.3) seriam ótimos indicadores de adensamento urbano e êxodo rural, possuindo baixa relação com o Crescimento Populacional propriamente dito. Porém, considerando que atualmente a maioria da população encontra-se no meio urbano, o adensamento populacional não pode ser descartado como um indicador de crescimento populacional.”*

O mesmo especialista considerou cinco, dos 14 indicadores propostos para o campo de análise “Desenvolvimento não sustentável” (D2), como “não adequado”, justifica:

*“No meu entendimento o Desenvolvimento não Sustentável é o contrário do Desenvolvimento Sustentável, ou seja, implica crescer/desenvolver sem considerar a sustentabilidade, ou continuidade, dos componentes. A partir desse entendimento, o Produto Interno Bruto (como renda per capita) e o IDH apresentam maior compatibilização com o Desenvolvimento, Sustentável ou não. Por outro lado, dentre os indicadores propostos neste item, a adequação da moradia e a oferta de serviços básicos de saúde são os menos adequados para mensurar o grau de desenvolvimento sustentável, pois uma moradia de luxo pode, ou não, apresentar quesitos de sustentabilidade. Quanto à oferta dos serviços de saúde, entendo que esta encontra-se intimamente ligada ao bem estar humano, sem, contudo, afetar questões de sustentabilidade ambiental, social ou econômica. A melhoria em aspectos ambientais afeta positivamente na melhoria da saúde, mas o inverso não apresenta tanta analogia. Os indicadores de Acesso a serviços de coleta de lixo, Acesso a sistemas de abastecimento de água, Oferta de fontes renováveis de energia, Acesso a esgotamento sanitário e Percentual de reciclagem dos resíduos estão intimamente ligados a aspectos de desenvolvimento sustentável e, dessa forma, podem ser adequados para conhecer o grau de desenvolvimento não sustentável, mas não indicá-lo (estabelecer um indicador).”*

Do conjunto de indicadores propostos para o componente Forças-motrizes, o especialista E2 julgou três como sendo de “média adequação” e justifica:

*“... coloquei B para as questões associadas à educação, serviços de saúde e moradia para a primeira tabela, pois entendi que se temos reservas como Mamirauá onde não existem condições adequadas para a saúde, escolaridade, etc.... e mesmo assim a reserva existe, então acredito que a baixa escolaridade não é empecilho para conservação dos recursos.....o que não quer dizer que uma população melhor educada não tenha mais preocupação em conservação dos recursos naturais...”*

Para o indicador “Adequação da moradia” (D2.4), o especialista E3 lembra que:

*“Em áreas úmidas sujeitas à inundação, as moradias são adaptadas à amplitude das cheias (palafitas, na Amazônia) e, muitas vezes, isso pode ser confundido com pobreza, favelização, etc... Tal adaptação corre no Pantanal, com a construção de aterros de até 1 metro de altura.”*

Quanto ao indicador “Oferta de fontes renováveis de energia” (D2.10), o especialista chama a atenção para o valor desse indicador explicando que as áreas úmidas, como o Pantanal, são totalmente dependentes do pulso de inundação, sendo que a construção de hidrelétricas afeta essa função ambiental (serviço de regulação).

O especialista E7 questionou o indicador “Investimento em pesquisa e desenvolvimento” (D2.14); argumentou que, se for geral, não é possível dizer se a pesquisa será para promover o desenvolvimento sustentável ou, por exemplo, a exploração dos recursos naturais, portanto o avaliou como “não adequado”. O mesmo indicador foi usado como exemplo pelo especialista E8 para ressaltar que o grupo de indicadores do campo de análise (D2) deve ser utilizado sempre em uma análise temporal, pois são variáveis em um tempo indeterminado. Também o especialista E5 julgou o indicador abrangente e recomendou a especificação do mesmo.

O especialista E5 sugeriu a inclusão de dois campos de análise para o componente Forças-motrizas: “Inexistência ou inadequação de políticas públicas” e “Financiamento público instável ou insuficiente”. Sugere a inclusão do “Índice de pobreza humana (IPH)” justificando:

*“O indicador IPH envolve a medição da duração da vida, a falta de educação elementar e a falta de acesso aos recursos públicos e privados, tendo muito a ver com os indicadores D2.3 a D2.9. O IDH mede a riqueza das cidades, e não como essa riqueza é distribuída; o IPH agrega ainda mais informações que o Índice de Gini.”*

O mesmo especialista recomenda também os indicadores: “Existência de comitê de bacia hidrográfica relacionado às áreas de ocorrência de *wetlands*”, pois são os órgãos correlatos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) ligados à gestão mais local ou regional e “Taxa de urbanização”, sendo este último relacionado ao aumento excessivo de áreas impermeáveis. Para o especialista, é fundamental que os indicadores sejam descritos por municípios diretamente relacionados às áreas úmidas ou pelas bacias hidrográficas onde as mesmas estejam inseridas.

Para o campo de análise “Desenvolvimento não sustentável”, o especialista E11 sugere a inclusão dos indicadores: “Tonelada de CO<sub>2</sub> emitida/megawatt de energia produzido”, “Área de pasto/cabeça de gado”, “Utilização de queimadas para limpeza de solo cultivável”, “Tratamento de efluentes industriais”, entre outros, para agregar peso à análise.

Por se tratar de um componente da rede causal composto, em maioria, por índices e indicadores generalizados (sem especificação dos limites de abrangência), a análise do componente forças-motrizes revelou uma amplitude de relações causa-efeito entre os indicadores propostos e a caracterização de áreas úmidas. A taxa de crescimento da população, considerado o indicador mais adequado do grupo, tem um efeito direto sobre a pressão exercida em áreas úmidas; por outro lado, para os indicadores de natureza econômica (como o Índice Gini, por exemplo), a relação é indireta.

#### *5.2.2.2 – Avaliação dos indicadores de Pressão*

A avaliação dos indicadores do componente Pressão pelos especialistas consultados encontra-se na Figura 5.4.

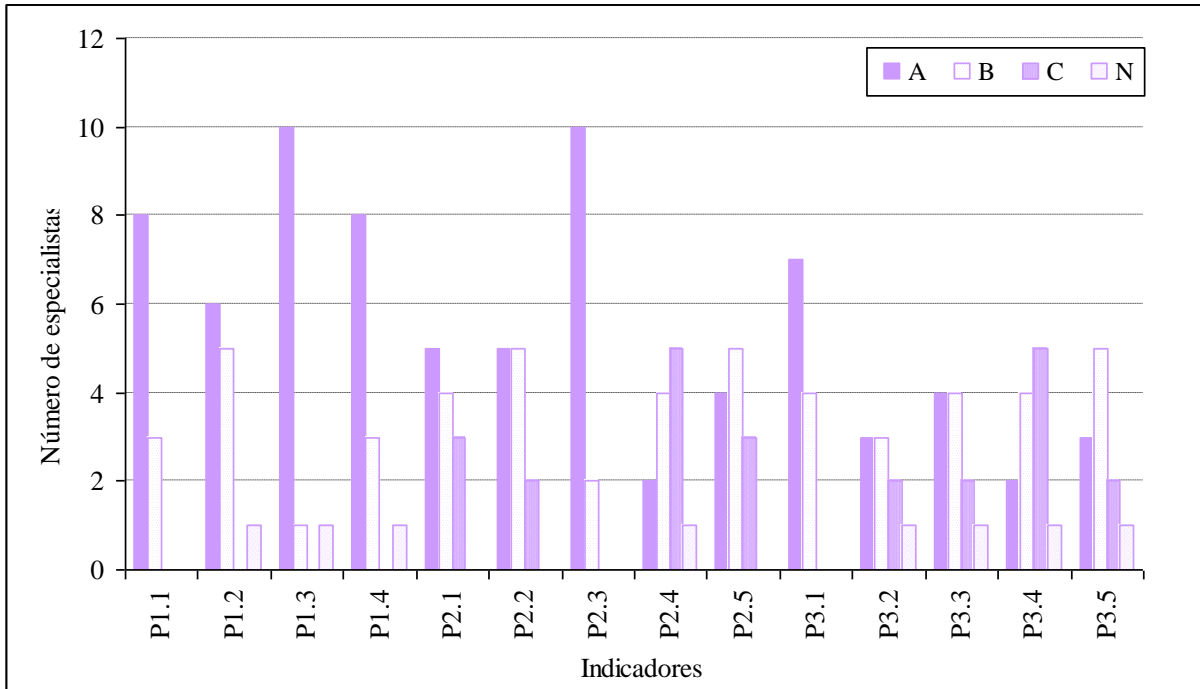


Figura 5.4 – Avaliação dos indicadores de Pressão (A = forte adequação, B = média adequação, C = fraca adequação e N = não adequado).

Para o componente da rede causal Pressão, também foram propostos 14 indicadores, dos quais seis foram considerados como “forte adequação” por, pelo menos, metade dos especialistas. Os indicadores “Áreas protegidas” (P1.3) e “Extração dos recursos naturais” (P2.3) receberam a avaliação “forte adequação” por dez especialistas, sendo que P2.3 por não ter recebido nenhuma avaliação “fraca adequação” nem “não adequado”, pode ser considerado o mais adequado do grupo de indicadores do componente da rede causal Pressão.

A respeito do indicador “Terras em uso agrossilvipastoril” (P1.1) o especialista E9 comenta o registro de conflitos por usos múltiplos, e para o indicador “Planos diretores” (P1.2), alerta: “os planos diretores só serão efetivos se estiverem sendo utilizados, pois apenas no papel não garantem nada.” Sugere ainda a inclusão do indicador “Crescimento da construção civil” no campo de análise “Demanda crescente por atividades produtivas” (P2).

O especialista E6 reconhece o indicador P1.1 adequado para avaliar o uso e ocupação do solo, no meio rural; para o espaço urbano, sugere o indicador “mapeamento das áreas de risco nos grandes centros urbanos”, pois considera importante avaliar as áreas de risco (encostas,

margens de rios,...), já que essas oferecem um esboço da ocupação desordenada nesses ambientes. Para os demais indicadores do campo de análise P1, por ele avaliados como “não adequado”, o especialista justifica:

*“... são instrumentos de planejamento, que após entrarem em prática, e quando fielmente cumpridos, servem para evitar a ocupação e uso desordenada, ou seja, não servirão para indicar o grau de uso e ocupação desordenada. As áreas protegidas são espaços legalmente instituídos para a proteção dos recursos naturais, o que determina que não poderá haver uso e ocupação desordenada.”*

O especialista E9 julgou que o indicador P1.1 deveria estar no campo de análise P2, atribuindo o conceito “média adequação”. Para esse mesmo campo, o especialista sugere os indicadores “Consumo ou outorga de água” e “Consumo de energia” e, assim como o especialista E10, corrige a denominação do indicador P3.3 “Consumo mineral *per capita*” para “Consumo de minério *per capita*”.

A inclusão de indicadores para relacionar o consumo de água na bacia que afeta diretamente o nível d’água dos rios e a existência de represamentos à montante foi sugerida pelo especialista E5.

Sobre o indicador “Zoneamento ecológico econômico” (P1.4), o especialista E7 pondera:

*...“apesar de ser adequado, temos exemplos no Brasil em que o zoneamento ecológico econômico na verdade não “ordena” o território de forma sustentável, mas segue os interesses do agronegócio, por exemplo. Assim, como distinguir a qualidade das informações, mesmo sendo oficiais? Isso vale para o P1.2 também...”*

Já o especialista E5 alerta que embora existam vários planos de Zoneamento ecológico econômico (ZEE), os que estão aprovados são muito poucos, portanto sugere a especificação do indicador como “ZEE aprovado por Lei”.

Para o indicador “Consumo mineral *per capita*” (P3.3), o especialista E7 questiona se o mesmo não estaria contemplado em P2.3. Deve ser esclarecido que, apesar dos minerais serem recursos naturais, o indicador P3.3 está proposto no campo de análise “Consumo de recursos energéticos”.



Uma característica do uso de indicadores em redes causais é a flexibilidade quanto a sua alocação, como afirma Moraes *et al.* (2010):

*... cada elemento da rede causal, dependendo da sua natureza, pode ser considerado um indicador ou ser representado por outros indicadores. A metodologia possibilita, quando necessário, a indicação de variáveis relacionadas à determinação de cada indicador.*

Santos (2004) comenta que é difícil definir um indicador dentro de um único fator de causalidade, pois, muitas vezes, em um determinado tempo, ele mede pressão e, em outros, resposta; ou seja, os efeitos de determinadas ações são causas de outros. A ambiguidade de classificação dos indicadores e a dificuldade em obter indicadores ajustados aos modelos e em evidenciar as relações no espaço são apontadas como alguns fatores que dificultam a aplicação prática do modelo causal, apesar do esforço dos pesquisadores em adaptá-lo ou melhorá-lo.

Para o indicador P2.3, o especialista E3 comenta que se a extração referir-se a peixes, o impacto é grande em ecossistemas de áreas úmidas, como a Amazônia, Pantanal e Araguaia. Quanto ao indicador “Crescimento do turismo” (P2.5) aponta que o turismo em áreas úmidas é uma atividade em crescimento e o seu desenvolvimento pode significar mais uma alternativa de renda. O especialista reafirma para o indicador “Consumo de energia *per capita*” (P3.1), que o aumento do consumo de energia, na matriz brasileira, significa mais hidrelétricas, e maior impacto sobre os serviços de regulação desses ecossistemas.

Em relação ao indicador P2.2 “Consumo de produtos agrícolas”, o especialista E12 aponta a necessidade de definição do modo de produção dos mesmos e sugere a inclusão do indicador “Crescimento da atividade industrial”.

Em relação à denominação “Consumo excessivo dos recursos energéticos” (P3), os especialistas E9 e E10 sugeriram substituir a palavra ‘consumo’ por ‘uso’, justificando que, algumas vezes, o indicador não se refere a consumo (ex. ‘Emissões de origem antrópica dos gases associados ao efeito estufa’ – P3.5) e a palavra ‘uso’ tem uma conotação mais genérica. Recomendam que o indicador P3.5 deveria estar no campo de análise P2.

O especialista E5 recomenda a inclusão de outro campo de análise “Demanda crescente por recursos”, por considerá-lo diferente da “Demanda crescente por atividades produtivas”, por achar que poderia ser mais específico, assim como indicadores relacionados à questão dos recursos hídricos; o especialista argumenta:

*As áreas úmidas são sistemas de interface que sofrem interferência tanto dos recursos terrestres como dos recursos aquáticos. O indicador “uso e ocupação desordenada do solo” trata apenas de uma das questões. Isso é refletido na PNMA, onde percebe-se que os indicadores “áreas protegidas” e “ZEE” são os próprios instrumentos da política. Mas e os recursos hídricos? Como possível indicador de pressão poderia ser adicionado um indicador do tipo “Uso racional dos recursos hídricos” ou “Uso irracional de recursos hídricos”.*

“Uso de recursos hídricos” também foi sugerido, como campo de análise, pelo especialista E12.

O especialista E5 sugere ainda que a denominação do campo de análise P3 “Consumo excessivo de recursos energéticos” deveria incluir também os recursos minerais, passando a ser denominado “Consumo excessivo de recursos energéticos e minerais”. Ainda no mesmo campo, o especialista E12 sugere a inclusão do indicador “Consumo de carvão de mata nativa”.

O especialista E5 sugere um indicador relacionado especificamente ao uso agrícola do solo ou sobre a porcentagem de dominância de um tipo específico de ocupação agrícola. Critica a proposição de apenas indicadores espaciais estáticos, como “Terras em uso agrossilvipastoril”:

*“Não foi mencionada uma evolução no tamanho dessas áreas, tais como Taxa de expansão de áreas agrícolas, ou mais especificamente, Taxa de diminuição das áreas úmidas (quando comparada a dados históricos).”*

Deve ser ressaltado, entretanto, que a alteração de formas de uso e ocupação de áreas está contemplada no componente Estado da rede causal.

Os especialistas E5 e E11 não julgaram o indicador “Intensidade energética” (P3.2), justificando não terem compreendido o significado do mesmo. Tal indicador foi extraído da publicação “Indicadores do Desenvolvimento Sustentável” (Brasil, 2010) que o define como: a

eficiência no consumo final de energia em um determinado território, sendo as variáveis utilizadas o consumo final de energia e o Produto Interno Bruto (PIB). De acordo com o documento, quanto maior a eficiência energética de um país, maiores são os benefícios, tais como: redução do peso da conta de energia nos custos totais de produção, menores impactos e custos ambientais decorrentes do processo produtivo, diminuição ou, em alguns casos, adiamento dos investimentos para a expansão da oferta de energia.

A análise dos especialistas para os indicadores de pressão explicitou a necessidade de identificar, precisamente, o objetivo do indicador para que os dados obtidos possam estabelecer mais diretamente as relações causais; isso pode ser verificado não só nas sugestões de alterar a denominação dos mesmos, assim como na inclusão de novos indicadores.

### 5.2.2.3 – Avaliação dos indicadores de Estado

Para os indicadores de Estado, a avaliação dos especialistas está representada na Figura 5.5.

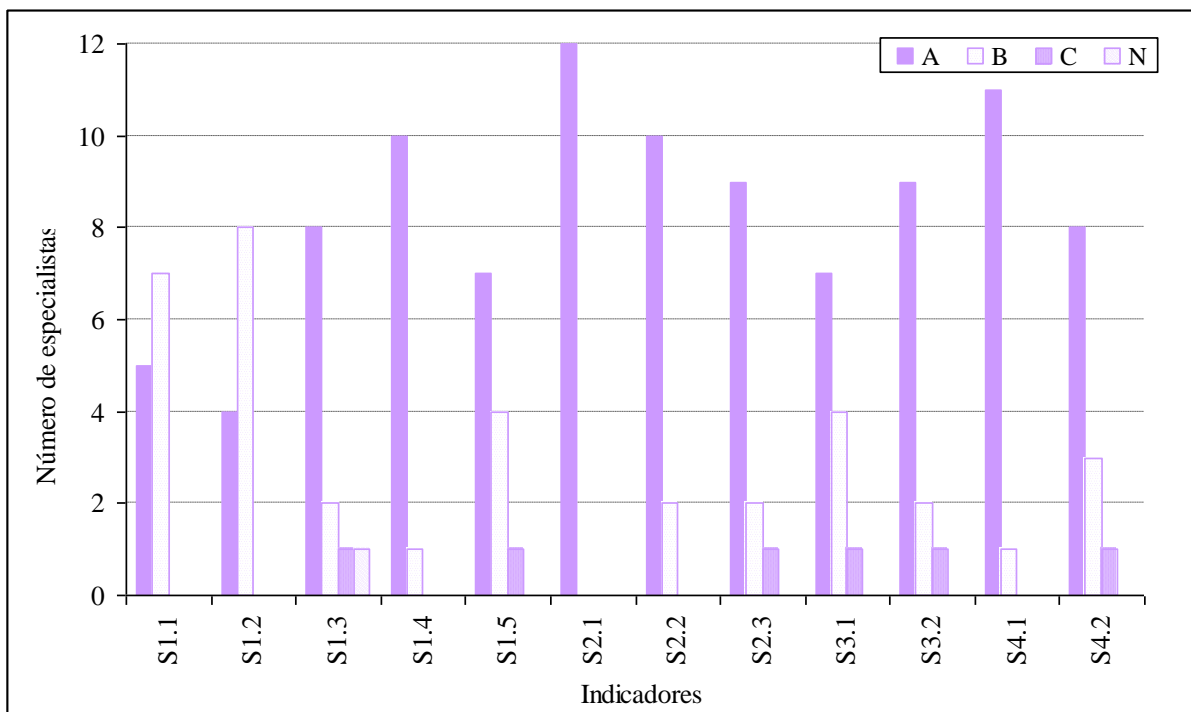


Figura 5.5 – Avaliação dos indicadores de Estado (A = forte adequação, B = média adequação, C = fraca adequação e N = não adequado).

Dos 12 indicadores de Estado propostos, dez foram considerados como “forte adequação” por, pelo menos, metade dos especialistas. O especialista E3 afirma:

*“...os indicadores sugeridos são todos recomendáveis, pois os dados podem ser encontrados nas universidades, centros de pesquisa e o grau de informação tende a crescer e serem consolidados.”*

O indicador “Estrutura e composição da vegetação” (S2.1) recebeu, de todos os especialistas, a avaliação “forte adequação”, seguido pelo indicador “Área superficial” (S4.1) por 11 especialistas. Já o indicador “Ocorrência de zonas de acúmulo de água” (S1.3) foi o único considerado “não adequado”, sendo que o especialista que atribuiu esse conceito entende que o indicador estaria englobado no S4.1.

O especialista E12 propõe, para os indicadores “Características e propriedades do solo” (S1.5), “Estrutura e composição da vegetação” (S2.1) e “Estrutura e composição da fauna” (S2.2), a avaliação do estado de conservação dos mesmos. Para o indicador “Padrão climático” (S1.1), ressalta que deve-se conhecer muito bem o padrão de variação natural para se poder considerar que se trata de alteração antrópica, por isso julgou-o como “média adequação”. Em relação ao indicador “Ocorrência de zonas de acúmulo de água” (S1.3), o especialista sugeriu a inclusão do indicador “Áreas de recarga”. Para o indicador “Qualidade da água” (S1.4), o especialista recomenda que seja incluído, nos parâmetros químicos, a avaliação de pesticidas e metais pesados; para o indicador “Dinâmica de nutrientes” (S3.2), deve ser considerado o aumento ou diminuição da área de inundação e para o indicador “Área superficial” (S4.1), a periodicidade natural da inundação. Conclui que, de uma forma geral, para os indicadores do componente Estado, deve ser avaliado se as alterações são naturais ou decorrentes das ações antrópicas; ressalta ainda que raras são as regiões em que há série de dados completas ou anteriores às principais intervenções humanas. Deve ser esclarecido que foi proposto no componente Impacto o indicador I2.1 “Outorgas de utilização de recursos hídricos”.

A ausência da avaliação dos contaminantes tóxicos, tanto na água como nos sedimentos das áreas úmidas (indicador S1.4) também foi apontada pelo especialista E5 que sugeriu ainda, como indicadores de estado, “Demanda de água por bacia”, “Uso atual da água por bacia” e algum relacionado à manutenção da vazão ecológica (vazões mínimas).

O especialista E9 não avaliou o indicador “Qualidade da água” (S1.4) para o componente Estado, por julgar que o mesmo deveria estar alocado no componente Impacto, no qual receberia o conceito “forte adequação”.

O indicador “Biomassa” (S3.1) foi considerado como “média adequação” pelo especialista E6, que explica que a ciclagem de materiais está fortemente ligada à quantidade de biomassa e sua taxa de decomposição.

O detalhamento de alguns indicadores, como sugeridos pelos especialistas, demonstra que para a avaliação de mudanças nas características de áreas úmidas tropicais é fundamental que se considere a variação espaço-temporal dos dados.

#### 5.2.2.4 – Avaliação dos indicadores de Impacto

A Figura 5.6 apresenta a avaliação pelos especialistas dos indicadores do componente da rede causal Impacto.

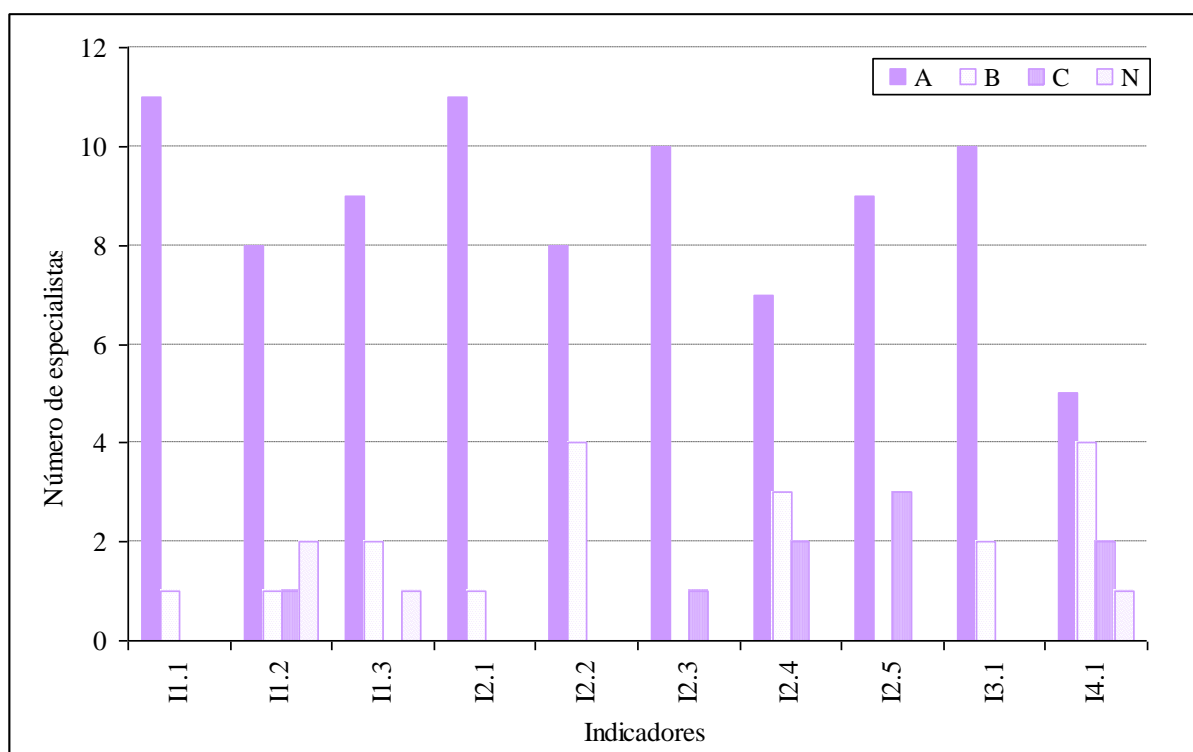


Figura 5.6 – Avaliação dos indicadores de Impacto (A = forte adequação, B = média adequação, C = fraca adequação e N = não adequado).

Foram propostos dez indicadores para o componente Impacto, sendo nove considerados como “forte adequação” por, pelo menos, metade dos especialistas. Os indicadores “Balanço hídrico” (I1.1) e “Extração dos recursos vegetais” (I2.1) foram considerados como “forte adequação” por 11 dos 12 especialistas. No mesmo campo, o indicador “Outorgas de utilização dos recursos hídricos” (I1.2) não foi considerado adequado por dois especialistas.

O especialista E3 recomenda:

*“... para melhorar os indicadores de regulação, facilmente mensuráveis, como os atributos do pulso de inundação: amplitude, frequência e duração, duração da estiagem e ocorrência de secas drásticas, incluir número e potências de hidrelétricas construídas na bacia da área alagável, devido o impacto nos serviços de regulação.”*

No campo de análise “Regulação” (I1), o especialista E10 também sugere a inclusão do indicador “Qualidade da água” (S1.4), justificando que a eutrofização ou o fluxo de nutrientes, por exemplo, pode desempenhar importante papel na composição, produtividade e biomassa dos ambientes alagados. Ainda no mesmo campo de análise, o especialista E5 inclui o indicador “Estimativa das cargas de sedimentos aos sistemas de áreas úmidas”.

A determinação da evapotranspiração foi recomendada no indicador I1.1, pelo especialista E12, que afirma a necessidade de dados de longo prazo para compor o indicador. O especialista sugere que a influência das outorgas (demanda) e do uso do solo deveriam ser avaliados nesse indicador. O especialista E5 sugere, como fonte de obtenção de dados, o uso de modelos de simulação hidrológica e, também como componente do indicador, a estimativa das taxas de escoamento superficial.

Para o indicador “Outorgas de utilização dos recursos hídricos” (I1.2), o especialista E12 recomenda a determinação do limite de uso, ou vazão ambiental (hidrograma ecológico) e para o indicador “Extração de recursos vegetais” (I2.1), a inclusão das secretarias de agricultura como fonte de dados.

O especialista E5 recomenda a utilização de indicadores preditivos, por exemplo, “Número de licenças ambientais concedidas a novos empreendimentos potencialmente impactantes”, argumentando:

*“...se as outorgas indicam algo direto, as licenças indicam um possível impacto indireto. Isso ajudaria a reforçar que está lidando com as duas políticas, antes tinham sido mencionados apenas indicadores relacionados à PNMA, e agora mencionou um relacionado a PNRH. Isso fica confuso. Existem as duas políticas e, na medida do possível, por estar trabalhando com ambientes de interface, vale a pena continuar com as duas até o fim.”*

O especialista E6 avaliou o indicador “Ocorrência de organismos exóticos” (I2.4) como “não adequado” pois, pode, ou não, estar ligado a aspectos de produção, já que os organismos exóticos podem ter sido introduzidos por várias razões, segundo o especialista.

Para o indicador “Caracterização de habitats naturais” (I3.1), o especialista anterior destaca as diversas alterações que ocorrem no habitats naturais e não a caracterização do habitat natural, por isso o considerou como “média adequação”. O especialista E12 destaca a importância de identificar as alterações de habitats naturais, enquanto o especialista E5 sugere a substituição do indicador por “Integridade dos habitats naturais”.

O especialista E3 considera que os serviços de informação caracterizam uma área com aporte de dados maior e mais fácil, por isso reconhece que a forte adequação do indicador proposto “Atividades culturais, educativas e científicas” (I4.1). Por sua vez, o especialista E7 argumenta que o que se deve avaliar são os resultados obtidos de tais atividades, portanto o considerou como “média adequação”. O especialista E12 atribuiu o conceito B (média adequação), porém, afirma que atribuiria o conceito A (forte adequação) se o uso dos recursos for intenso, lembra, ainda, que devido ao potencial de utilização de áreas úmidas para o turismo, deve-se considerar as secretarias de turismo também como fonte de dados.

Embora o campo de análise Impacto abrigue os indicadores que expressam os serviços ambientais de áreas úmidas, a avaliação da adequação dos mesmos não é uniforme entre os especialistas. Deve ser destacado que a sugestão de inclusão de indicadores apresentados em

outros campos de análise não configuram a flexibilidade (propriedade dos indicadores em modelos de redes causais, discutida anteriormente), mas sim a compreensão ainda limitada do que é um serviço ambiental, conceito que, embora recente, adquire importância crescente para o manejo de ecossistemas.

#### 5.2.2.5 – Avaliação dos indicadores de Resposta

A avaliação dos indicadores para o campo de análise Resposta está na Figura 5.7.

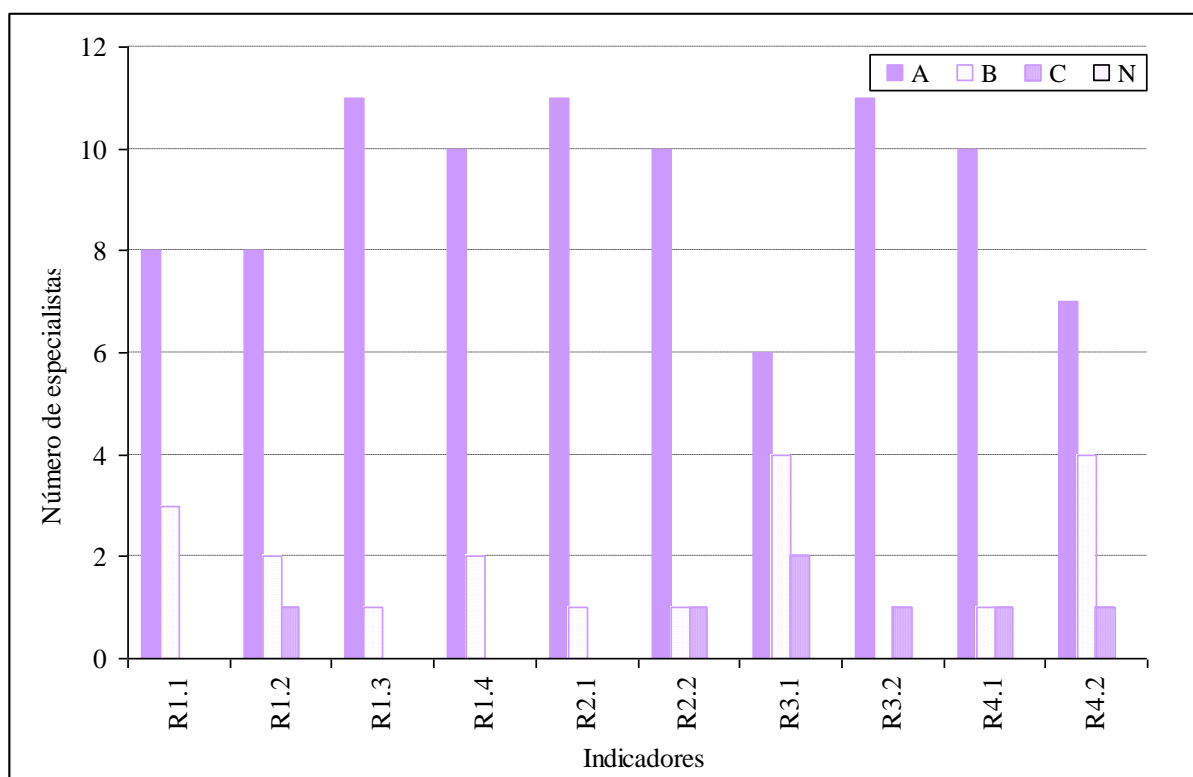


Figura 5.7 – Avaliação dos indicadores de Resposta (A = forte adequação, B = média adequação, C = fraca adequação e N = não adequado).

Para o componente Resposta também foram propostos dez indicadores, sendo que nenhum foi avaliado como “não adequado”. Os indicadores “Pagamento por serviços ambientais” (R1.3) e “Ordenamento do uso do solo” (R2.1) foram considerados como “forte adequação” por 11 especialistas, portanto, a melhor avaliação do conjunto proposto.



O indicador “Coletânea de documentos legais” (R3.1) recebeu a avaliação “forte adequação” de seis especialistas, porém quatro o consideraram como “média adequação” e um como “fraca adequação”; o especialista E10 sugeriu a substituição da palavra ‘coletânea’ por ‘existência’ ou ‘existência de marco legal’.

O especialista E9 preferiu não avaliar os indicadores “Ações governamentais” (R1.1) e “Ações da sociedade civil organizada” (R1.2) pois, segundo o mesmo, não foram especificados os tipos de ações. Para o R1.1, o especialista E12 sugere, como indicadores específicos, “Programas de monitoramento qualitativo e quantitativo da água”, “Comitês de bacia” e “Políticas públicas”, enquanto para o indicador “Aplicação de tecnologias sustentáveis” (R1.4), recomenda a inclusão de análise dos modos de produção; exemplifica a adoção do ZEE e dos planos de bacia para os indicadores “Ordenamento do uso do solo” (R2.1) e “Coletânea de documentos legais” (R3.1), respectivamente.

Para o campo “Práticas conservacionistas” (R1), o especialista E5 recomenda a inclusão do indicador “Ações de empresas”. No campo “Manejo racional”, critica a ausência de indicadores ligados ao saneamento:

*“Em manejo racional, tem que pensar se houver áreas urbanas, rodovias, aí o manejo seria relacionado às práticas avançadas de contenção de escoamento e tratamento de água de escoamento. Em relação às Estações de Tratamento de Esgotos, aos aterros, a melhoria da eficiência não deveria fazer parte de “Respostas”, caso essas estações estivessem presentes em áreas próximas às áreas úmidas?”*

Quanto ao campo de análise “Ações educativas” (R4), o especialista E6 recomenda que as ações educativas poderiam ser melhor mensuradas em programas de educação ambiental (mobilização, campanhas educativas, seminários, dias de campo). Para o especialista E5, poderiam ser incluídos indicadores como “Educação ecológica”, “Educação para sustentabilidade”, “Mobilização social”, além da divulgação dos serviços ambientais e de informações sobre o estado do ambiente. No mesmo campo, o especialista E12 sugere a inclusão de ações de sensibilização junto às ações educativas e a divulgação da necessidade de conservação dos serviços ambientais (R4.1), como estratégia para fomentar o uso sustentável dos recursos naturais.

Apesar de ter sido o componente da rede causal cujos indicadores foram considerados os mais adequados pelos especialistas, ainda sim há a necessidade de detalhar os mesmos para que as informações fornecidas possam ser melhor relacionadas aos demais componentes da rede causal, uma vez que o componente Resposta pode refletir diretamente nos indicadores de pressão, estado e impacto, conforme modelo apresentado por Niemeijer e de Groot (2008).

### **5.2.3 – Ordenamento e seleção dos indicadores avaliados**

A ponderação, a partir da definição de pesos aos conceitos atribuídos na avaliação qualitativa pelos especialistas, foi necessária para a seleção dos indicadores. O ordenamento dos indicadores avaliados pelos especialistas, após a ponderação, encontra-se na Figura 5.8.

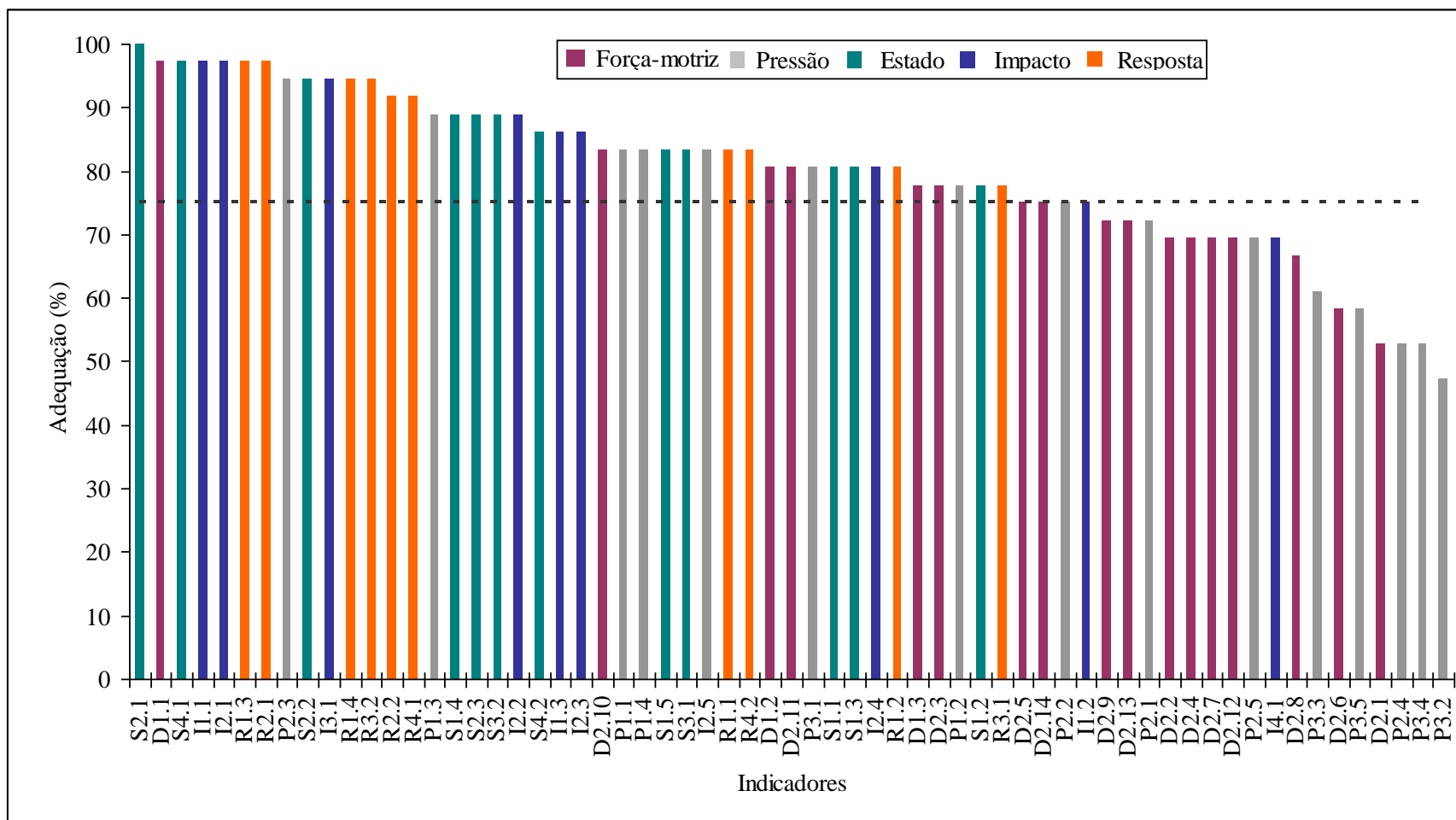


Figura 5.8 – Ordenamento dos indicadores quanto à adequação avaliada pelos especialistas consultados.

Embora os especialistas tenham realizado uma avaliação qualitativa, por meio da atribuição de conceitos de adequação aos indicadores propostos, é necessário considerar o que afirma Santos (2004):

*“Quando se tem um conjunto de indicadores de qualidade heterogênea costuma-se, na prática, atribuir pesos diferentes a cada um deles, diretamente proporcionais ao valor médio de qualidade, atribuído em função da análise do conjunto de características apresentadas. No entanto, essa estratégia sempre se baseia em uma análise subjetiva, motivo de crítica por parte de muitos planejadores. Apesar da existência de inúmeros métodos, a valoração das informações é sempre uma difícil tarefa. A maioria dos métodos admite que os valores atribuídos aos elementos ponderados são subjetivos, de forma comum enunciados pelos chamados opinadores – especialistas a quem se confia a tarefa de tal decisão. Dessa maneira, o resultado é dependente de fatores como tipo de formação do opinador, o grau de informação que ele tem sobre os elementos a serem valorados ou até mesmo em função das características de sua personalidade, como tendências pessoais de atribuir valores sempre altos, ou sempre baixos.”*

### **5.3 - SELEÇÃO DOS INDICADORES E CONSOLIDAÇÃO DA REDE CAUSAL**

Dos 63 indicadores propostos, foram selecionados 46 (ordenamento acima de 75%). Embora se reconheça a subjetividade do método de seleção, foi possível estabelecer uma rede causal mais específica para as áreas úmidas tropicais, eliminando alguns indicadores não diretamente relacionados aos objetivos da proposição da rede causal. A rede causal consolidada com os indicadores selecionados está representada na Figura 5.9.

Todos os indicadores propostos para os campos de análise Estado e Resposta foram selecionados. Dos 10 indicadores de Impacto, apenas um não foi selecionado, o indicador “Atividades culturais, educativas e científicas” (I4.1). Dos 17 indicadores propostos para Forças-motrizes e 14 para Pressão, foram selecionados 8 e 7, respectivamente.

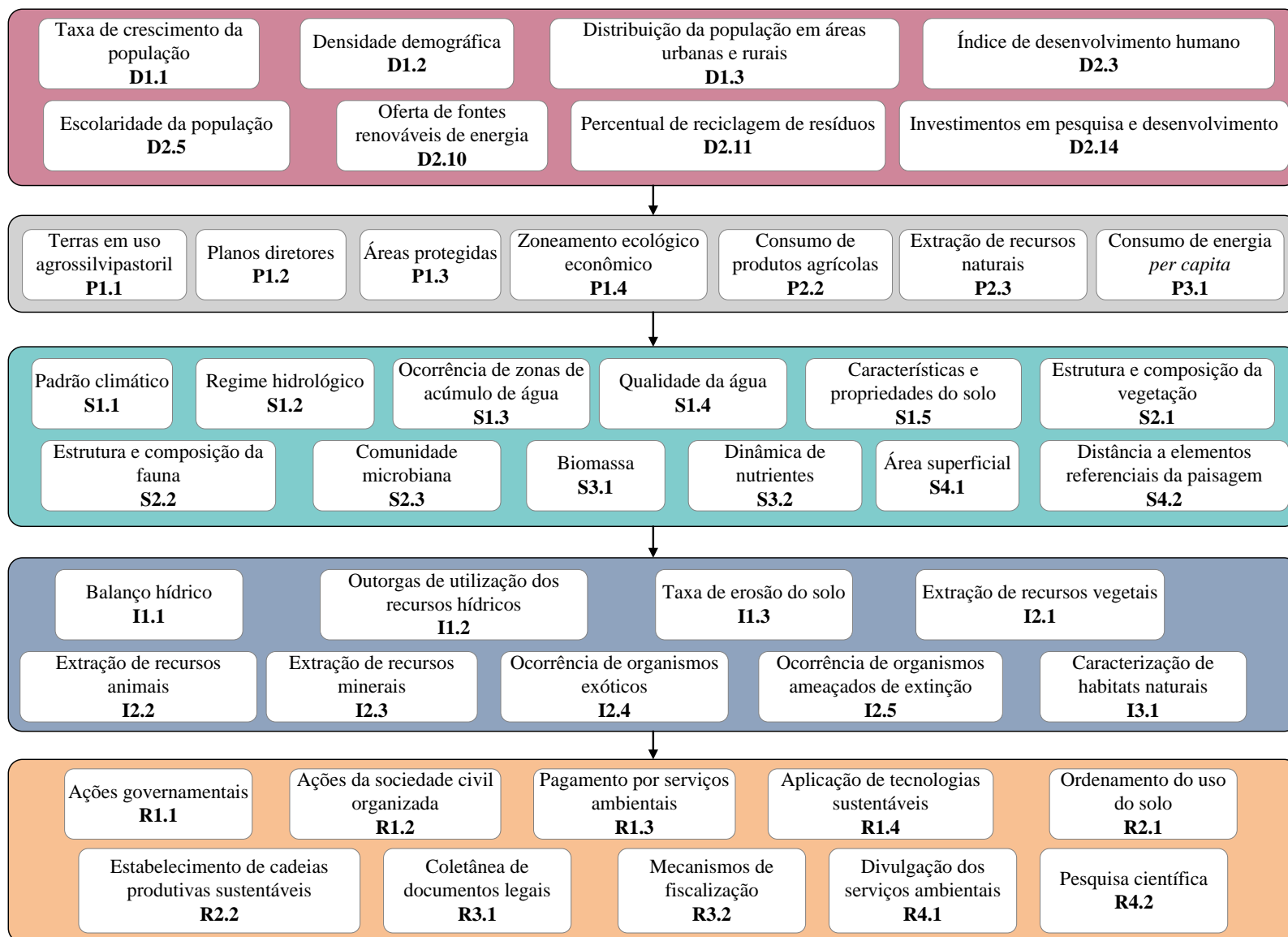


Figura 5.9 – Rede causal consolidada com indicadores selecionados a partir de consulta a especialistas.

A respeito da utilização de modelos para representação de sistemas, de Wit (1993) esclarece que tentativas de construção de modelos baseados no conhecimento completo de todos os processos físicos, químicos e biológicos não são realistas, sendo a simplificação da realidade caracterizada pelo número limitado de variáveis consideradas. Segundo o autor, o número de variáveis usadas para construção do modelo deve levar em conta os objetivos da representação; apesar da aplicabilidade de um modelo aumentar com o aumento das variáveis, até um determinado limite, a inclusão de um número elevado de variáveis, diminui a aplicabilidade do modelo. Dessa forma, o autor conclui que à medida que “modelos globais” se tornam mais complexos, a confiança no resultado da modelagem é reduzida.

#### **5.4 – APLICAÇÃO DA REDE CAUSAL CONSOLIDADA AO ESTUDO DE CASO**

A Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do rio Paraná (descrita no capítulo a seguir) foi definida como Estudo de Caso para aplicação da rede causal consolidada (Figura 5.9), pois abriga em seu interior extensão considerável de áreas úmidas; como não há plano de manejo aprovado para a unidade de conservação, presumiu-se que os serviços ambientais das áreas úmidas estivessem ameaçados.

A necessidade de verificar a aplicabilidade de indicadores é apontada por Santos (2004).

De Wit (1993) reconhece que, embora cada estudo de caso represente sistemas com características específicas, sistemas únicos possuem elementos recorrentes que podem ser isolados e tornarem-se acessíveis para a modelagem, conseqüentemente esses sistemas podem ser parcialmente analisados e sujeitos à experimentação.

## **6 – APLICAÇÃO DO MODELO DE REDE CAUSAL PARA INDICADORES DE ÁREAS ÚMIDAS TROPICAIS AO ESTUDO DE CASO: AS ÁREAS ÚMIDAS DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DAS ILHAS E VÁRZEAS DO RIO PARANÁ.**

O potencial da utilização de indicadores, organizados em um modelo de rede causal, estimulou a utilização dos mesmos como ferramenta para lidar com as complexidades do sistema de áreas úmidas na Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do rio Paraná (APA IVAP).

Justifica-se a escolha da APA IVAP, como Estudo de Caso, pois trata-se de uma unidade de conservação na qual as áreas úmidas são elementos característicos da paisagem. A importância das áreas úmidas para a região pode ser constatada no nome das unidades de conservação abrigadas no interior da APA IVAP: Parque Nacional de Ilha Grande, Parque Estadual das Várzeas do rio Ivinhema e Área de Proteção Ambiental do rio Iguatemi.

Entretanto, as áreas úmidas na região do estudo estão sujeitas a impactos advindos da utilização antrópica de forma não planejada na bacia hidrográfica que ameaçam a integridade e as funções dos recursos naturais.

Diante do exposto no decorrer da tese, torna-se possível reconhecer a importância da caracterização das áreas úmidas na APA IVAP e de tentar realizar, por meio da rede causal consolidada, uma análise da possível alteração dos serviços ambientais, por conta das mudanças no uso e ocupação do solo.

### **6.1 - CARACTERIZAÇÃO DA APA IVAP**

A Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do rio Paraná (APA IVAP) ocupa 10.030 km<sup>2</sup>, nos Estados do Mato Grosso do Sul, Paraná e São Paulo (Figura 6.1).

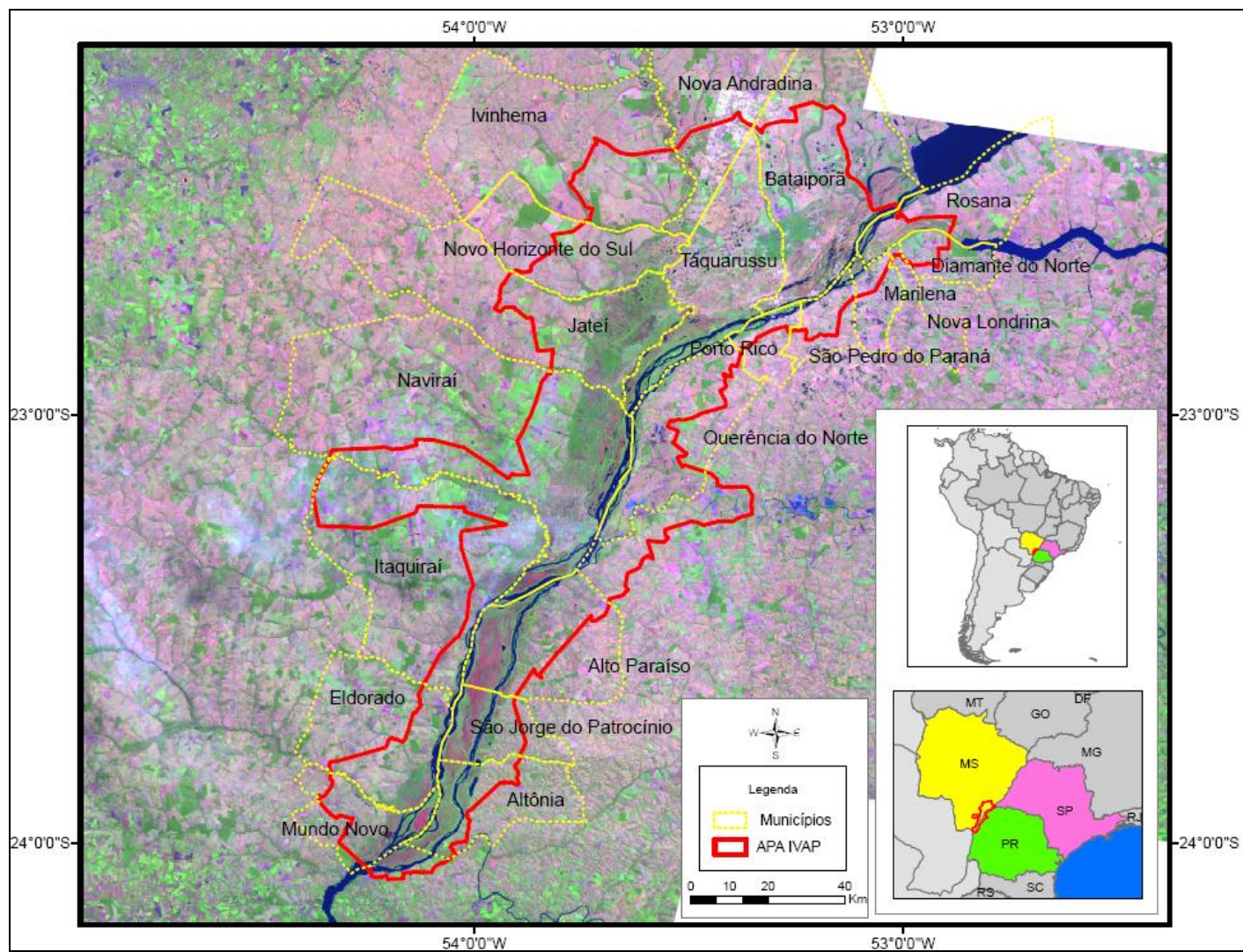


Figura 6.1 – Localização da APA das Ilhas e Várzeas do rio Paraná.



Criada em 30 de setembro de 1997, a APA IVAP tem como objetivo proteger as áreas adjacentes e as ilhas do rio Paraná, além de servir como zona de amortecimento para o Parque Nacional de Ilha Grande. A APA IVAP abriga também o Parque Estadual das Várzeas do Rio Ivinhema e a Estação Ecológica de Caiuá.

O artigo 15º da Lei 9.985/00 (Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC) descreve Áreas de Proteção Ambiental como: “área em geral extensa, constituída por terras públicas ou privadas, com certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas” cujos objetivos básicos são proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

No Plano de Manejo da APA do rio Iguatemi (CORIPA, 2008), afirma-se:

*“Um dos fatores que diferencia uma APA das demais Unidades de Conservação é o fato de contornando um dos grandes problemas que é a desapropriação das terras, permitir que as mesmas permaneçam sob o domínio dos proprietários, mesmo que submetidas a restrições de uso do solo e dos recursos naturais, de acordo com os planos de manejo elaborados para atender aos objetivos de proteção.”*

Por envolver municípios de estados diferentes, a APA IVAP é uma UC federal. Possui um escritório regional em Dourados (Estado de MS) e é administrada por um analista ambiental<sup>23</sup>.

A Tabela 6.1 apresenta a distribuição dos municípios, por Estado, que compõe a APA IVAP, a área territorial e percentual de contribuição à área total da UC.

De acordo com Pereira (comunicação pessoal)<sup>24</sup>, a APA IVAP apresenta vários problemas decorrentes do elevado processo de urbanização e de expansão das atividades agrícolas, dentre os quais destacam-se ocupações irregulares das margens de corpos d'água, alteração do regime hidrológico do rio Paraná provocado, principalmente, por usinas hidrelétricas,

---

<sup>23</sup> O atual chefe da Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do rio Paraná é Arthur Henrique Sakamoto.

<sup>24</sup> Sandro Pereira, chefe da APA IVAP entre 2004 a 2010.

drenagem inadequada das áreas de várzea, incêndios criminosos, empobrecimento dos recursos pesqueiros e presença de empreendimentos potencialmente poluidores.

Tabela 6.1 – Área territorial e porcentagem de contribuição dos municípios da APA IVAP.

UF	MUNICÍPIOS	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÁREA NA APA IVAP (%)
MS	Bataiporã (BAT)	1.828	7,6
	Eldorado (ELD)	1.018	4,2
	Itaquiraí (ITA)	2.064	8,6
	Ivinhema (IVI)	2.010	8,3
	Jateí (JAT)	1.928	8,0
	Mundo Novo (MUN)	479	2,0
	Naviraí (NAV)	3.194	13,3
	Nova Andradina (NVA)	4.776	19,8
	Novo Horizonte do Sul (NVH)	849	3,5
	Taquarussu (TAQ)	1.041	4,3
PR	Alto Paraíso	968	4,0
	Altônia	662	2,7
	Diamante do Norte	243	1,0
	Marilena	232	1,0
	Nova Londrina	269	1,1
	Porto Rico	218	0,9
	Querência do Norte	915	3,8
	São Jorge do Patrocínio	405	1,7
	São Pedro do Paraná	251	1,0
SP	Rosana	741	3,1

Embora várias medidas já tenham sido tomadas para atingir os objetivos determinados pelo decreto de criação da APA IVAP e pela legislação pertinente (como a criação do conselho consultivo), o Plano de Manejo ainda não foi aprovado, o que, possivelmente, possa contribuir para agravar a ameaça ao funcionamento dos ecossistemas e aos recursos naturais da região.

Devido à extensão e complexidade da APA IVAP, foram utilizados dados secundários disponíveis em: planos de manejo do Parque Nacional de Ilha Grande (ICM-Bio, 2008), Parque Estadual das Várzeas do rio Ivinhema (IMASUL, 2008), Área de Proteção Ambiental do rio Iguatemi (CORIPA, 2008), no Zoneamento Ecológico e Econômico do Mato Grosso do Sul (Mato Grosso do Sul, 2008b), Plano Estadual de Recursos Hídricos do Mato Grosso do Sul (Mato Grosso do Sul, 2010); dados municipais da Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia – SEMAC/MS (Mato Grosso do Sul, 2008a) e dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)<sup>25</sup>.

O Estado de Mato Grosso do Sul apresenta uma carência de informações em diversos setores, especialmente quanto às séries temporais. A consolidação das instituições é recente, até porque se trata de uma unidade federativa relativamente jovem, resultante da divisão territorial do Estado do Mato Grosso, em 1977. O registro de informações não é contínuo e, muitas vezes, desatualizado.

No documento que descreve os indicadores para garantir a sustentabilidade ambiental (Objetivos do Milênio), Salles *et al.* (2004) relatam que à exceção de algumas organizações ambientalistas, as fontes de dados foram, em sua maioria, órgãos do governo. Explicam que o IBGE foi o mais consultado, devido à tradição, à disponibilidade de séries históricas e à diversidade de temas abrangidos nos trabalhos divulgados, tendo, muitas vezes, sido a única fonte de dados. Afirmam ainda que, sobre o Pantanal, apesar de sua grande importância ecológica e estratégica, praticamente não existem dados.

A APA IVAP está localizada na bacia do rio Paraná; a menção ao Pantanal (localizado na bacia do rio Paraguai) no parágrafo anterior ilustra a grave situação da disponibilidade de dados, pois se nem mesmo para um bioma de reconhecida importância mundial há dados disponíveis, é de se esperar que para outros ecossistemas o conjunto de informações seja deficitário.

---

<sup>25</sup> Banco de dados – Cidades. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>

Loiselle *et al.* (2004) comentam que a carência de informações ecológicas, hidrológicas e sócioeconômicas, em regiões neotropicais, é um fator que compromete o manejo racional.

## **6.2 – DESCRIÇÃO DAS INFORMAÇÕES OBTIDAS POR MEIO DA APLICAÇÃO DOS INDICADORES**

Apesar do objeto de estudo da tese ser a APA IVAP, os dados obtidos muitas vezes extrapolaram os limites da UC, isso porque os mesmos variam quanto às escalas espaciais, sendo disponibilizados por municípios (dados socioeconômicos), bacias hidrográficas ou unidades de gerenciamento (dados ambientais).

### **6.2.1 – Indicadores de Forças-motrizes**

#### *6.2.1.1 - DI.1 – Taxa de crescimento da população*

A população da APA IVAP, na porção sul-matogrossense, de acordo com o Censo do IBGE de 2000, é estimada em 174.735 habitantes (8,4% da população total do Estado).

A Figura 6.2 apresenta a taxa de crescimento da população para os períodos de 1996 e 2000 (Mato Grosso do Sul, 2008a). A taxa para 2010 foi estimada a partir de dados do censo da população de 2010 do IBGE.

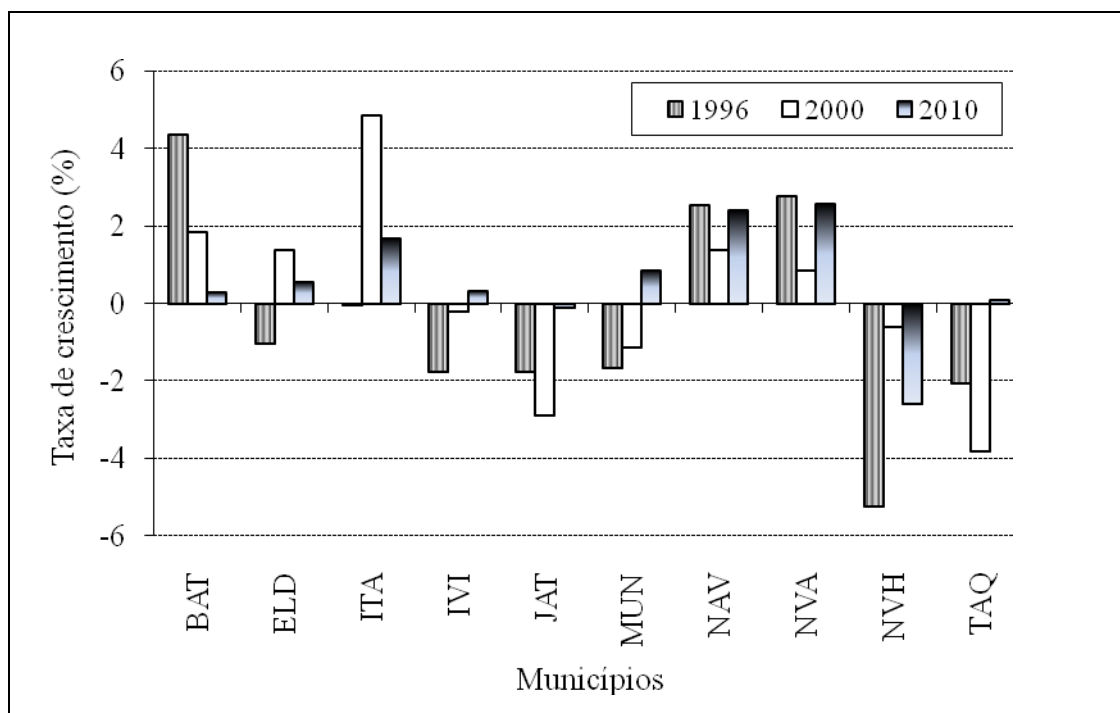


Figura 6.2 – Taxa de crescimento da população nos municípios da APA IVAP.

Verifica-se que, apesar de alguns municípios apresentarem uma redução na taxa de crescimento, como Bataiporã, Eldorado, Itaquiraí e Novo Horizonte do Sul, há um crescimento da população na APA IVAP. O município de Itaquiraí, embora tenha tido uma redução no crescimento em 2010, apresentou a maior taxa em 2000 (4,84%), período no qual vários assentamentos rurais foram estabelecidos no município. Em Naviraí e Nova Andradina, apresentam-se as taxas mais elevadas (2,39 e 2,57%, respectivamente) de crescimento da população em 2010, possivelmente devido à implantação de empreendimentos industriais, notadamente usinas de açúcar e álcool em Naviraí e desenvolvimento do setor terciário em Nova Andradina.

#### 6.2.1.2 - D1.2 – Densidade demográfica

Na APA IVAP, a densidade demográfica média, em 2009, foi 10,6 hab/km<sup>2</sup>, valor acima da média do Estado e inferior à do Brasil que são 5,8 e 19,9 hab/km<sup>2</sup>, respectivamente. A Tabela 6.2 apresenta os valores da densidade demográfica em 2000 e 2009 nos municípios da APA IVAP. Em 2009, Mundo Novo apresentou a maior densidade demográfica (34,4 hab/km<sup>2</sup>) e Jateí, a menor (2,0 hab/km<sup>2</sup>).

Tabela 6.2 – Densidade demográfica nos municípios da APA IVAP.

MUNICÍPIOS	DENSIDADE DEMOGRÁFICA (Hab/km <sup>2</sup> )	
	2000	2009
Bataiporã	5,8	5,9
Eldorado	10,9	12,2
Itaquiraí	7,6	8,5
Ivinhema	10,8	10,5
Jateí	2,1	2,0
Mundo Novo	35,4	34,4
Naviraí	11,6	14,3
Nova Andradina	7,4	9,6
Novo Horizonte do Sul	7,6	5,8
Taquarussu	3,3	3,0

6.2.1.3 - D1.3 – Distribuição da população em áreas urbanas e rurais

Dos municípios da área de estudo, destaca-se a maior proporção da população rural em Itaquiraí (Figura 6.3). Deve ser ressaltado que esse município apresenta 5,7% da área ocupada por assentamentos rurais. Outros municípios que também possuem assentamentos na APA IVAP são Bataiporã, Ivinhema, Mundo Novo, Naviraí e Nova Andradina.

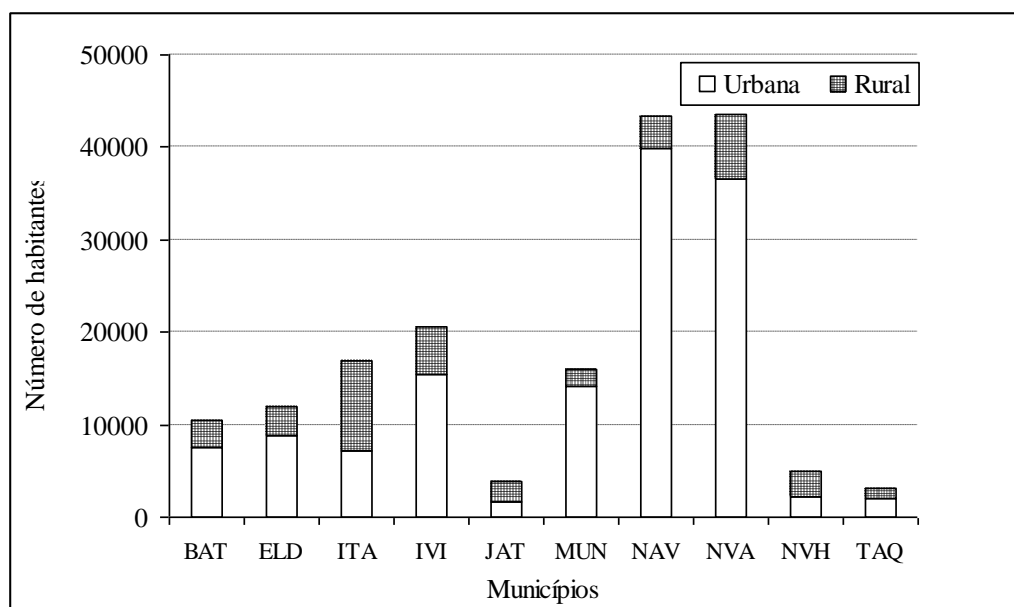


Figura 6.3 – Distribuição da população rural e urbana nos municípios da APA IVAP.

#### 6.2.1.4 - D2.3 – Índice de desenvolvimento humano

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é a composição de indicadores de renda, educação e longevidade da população. A média nacional do IDH é 0,794. Dentre os municípios da APA IVAP, Nova Andradina e Bataiporã destacam-se com o maior e o menor valor: 0,786 e 0,704, respectivamente, conforme Tabela 6.3.

Tabela 6.3 – Índice de desenvolvimento humano para os municípios da APA IVAP.

MUNICÍPIOS	ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO	
	1991	2000
Bataiporã	0,642	0,704
Eldorado	0,642	0,710
Itaquiraí	0,613	0,710
Ivinhema	0,655	0,737
Jateí	0,608	0,715
Mundo Novo	0,703	0,761
Naviraí	0,696	0,751
Nova Andradina	0,703	0,786
Novo Horizonte do Sul	0,579	0,708
Taquarussu	0,644	0,705

#### 6.2.1.5 - D2.5 – Escolaridade da população

A escolaridade da população é expressa pela “Taxa de Escolarização” que, de acordo com o IBGE, é a percentagem dos estudantes de um grupo etário em relação ao total de pessoas do mesmo grupo etário. A Tabela 6.4 apresenta os valores da taxa de escolarização para os municípios da APA IVAP.

A taxa de escolarização média na APA IVAP é 94,4%, portanto um pouco menor que a média brasileira que é 95,3%. Dos cinco municípios que possuem a taxa maior que a média nacional (Bataiporã, Ivinhema, Mundo Novo, Naviraí e Nova Andradina), apenas Bataiporã não possui ensino superior, demonstrando assim a melhoria na qualidade de vida da população com

investimentos em educação. As unidades universitárias instaladas nos outros municípios oferecem cursos em várias áreas, qualificando, de forma diversificada, a população.

Tabela 6.4 – Taxa de escolarização nos municípios da APA IVAP.

MUNICÍPIOS	TAXA DE ESCOLARIZAÇÃO (%) <sup>2</sup>
Bataiporã	97,68
Eldorado	92,77
Itaquiraí	91,64
Ivinhema	95,72
Jateí	90,81
Mundo Novo	95,55
Naviraí	95,50
Nova Andradina	97,07
Novo Horizonte do Sul	94,27
Taquarussu	92,95

<sup>2</sup>Crianças de 7 a 14 anos – Censo 2000 do IBGE.

#### 6.2.1.6 - D2.10 – Oferta de fontes renováveis de energia

As principais fontes de energia renováveis são: hidráulica, eletricidade, lenha, carvão vegetal e derivados da cana-de-açúcar.

A publicação Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (Brasil, 2010) alerta que a utilização de fontes renováveis de energia também implica impactos ao meio ambiente, tais como: a inundação de áreas (hidrelétricas); derrubada de vegetação nativa (lenha e carvão vegetal); e ampliação de áreas agrícolas (cana-de-açúcar), afirmando assim que, em termos de proteção ao meio ambiente e à qualidade de vida das populações, o aumento da eficiência no uso e a mudança nos padrões do consumo de energia são fundamentais, sendo tão ou mais importantes que a utilização de fontes renováveis de energia. Segundo o documento, após um período de redução quase contínua da participação das fontes renováveis na oferta de energia no Brasil, observa-se, a partir do ano de 2002, uma retomada na participação relativa destas fontes na matriz energética brasileira.



Na APA IVAP, destaca-se a produção de energia hidrelétrica, sendo inclusive a delimitação da UC definida pela localização das usinas (Figura 6.4). A vazão do rio Paraná é controlada à montante, pela Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta (Porto Primavera) e Usina Hidrelétrica de Rosana e, à jusante, pela Usina Hidrelétrica de Itaipu. Tais usinas entraram em funcionamento em 2000, 1987 e 1984, respectivamente.

A Figura 6.5 apresenta a quantidade produzida de carvão vegetal na APA IVAP em 1995, 2000 e 2009. Pode ser observado que, com exceção dos municípios de Ivinhema e Nova Andradina, a atividade está praticamente encerrada na região.

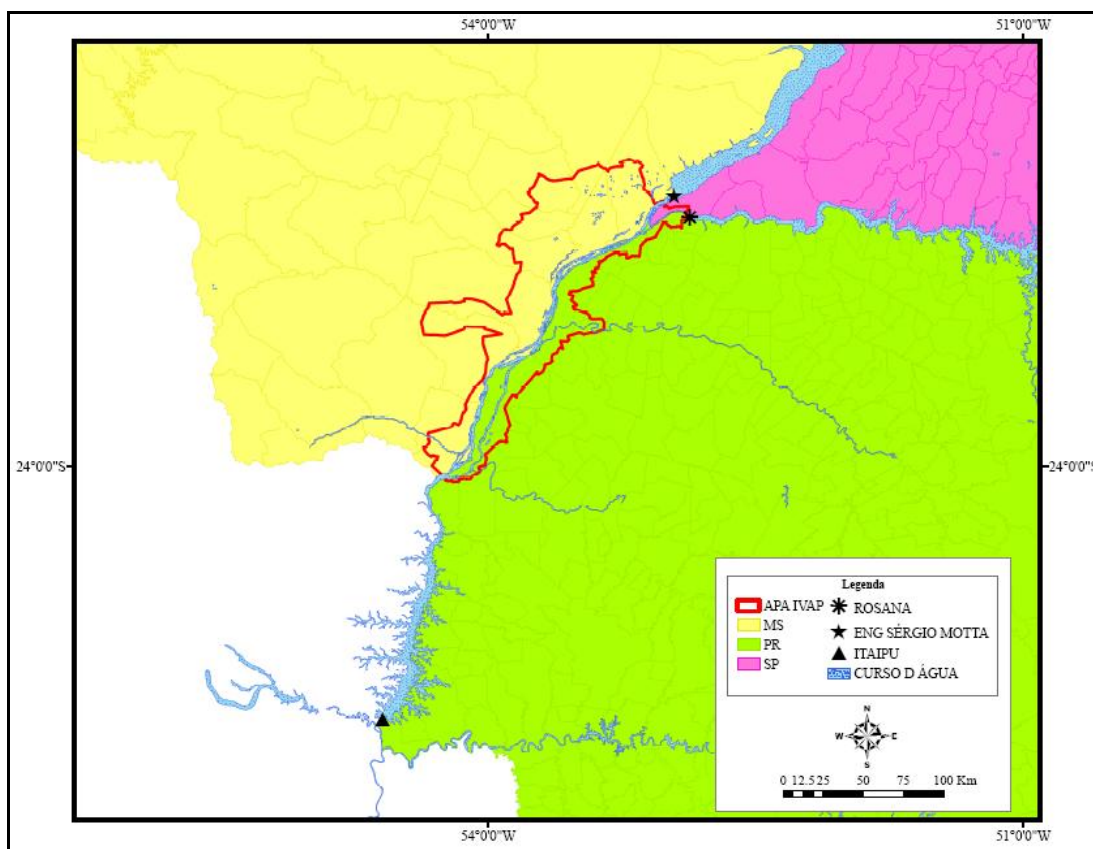


Figura 6.4 - Localização de Usinas Hidrelétricas próximas à APA IVAP.

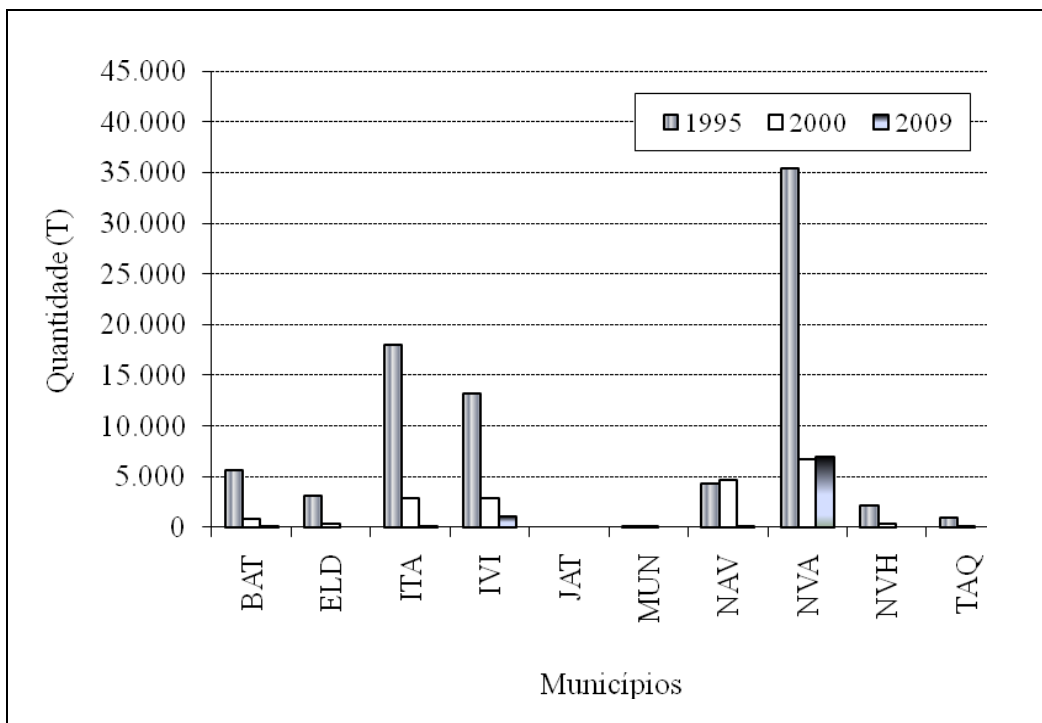


Figura 6.5 – Quantidade produzida de carvão vegetal na APA IVAP, em 1995, 2000 e 2009.

Quanto à produção de lenha, pode ser verificada uma redução ao longo do período entre 1995 a 2009, embora ainda ocorra em praticamente todos os municípios da APA IVAP (Figura 6.6).

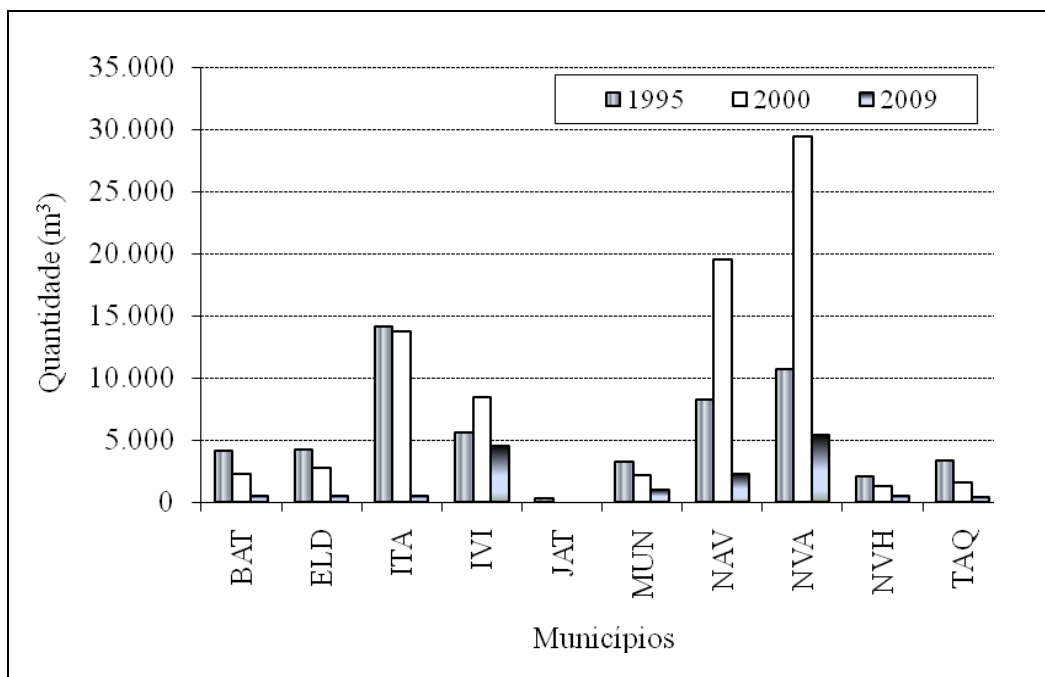


Figura 6.6 – Quantidade produzida de lenha na APA IVAP, em 1995, 2000 e 2009.

Das principais fontes renováveis de energia na APA IVAP, destaca-se a de cana-de-açúcar. A Figura 6.7 apresenta o crescimento da produção, nos anos de 1995, 2000 e 2009.

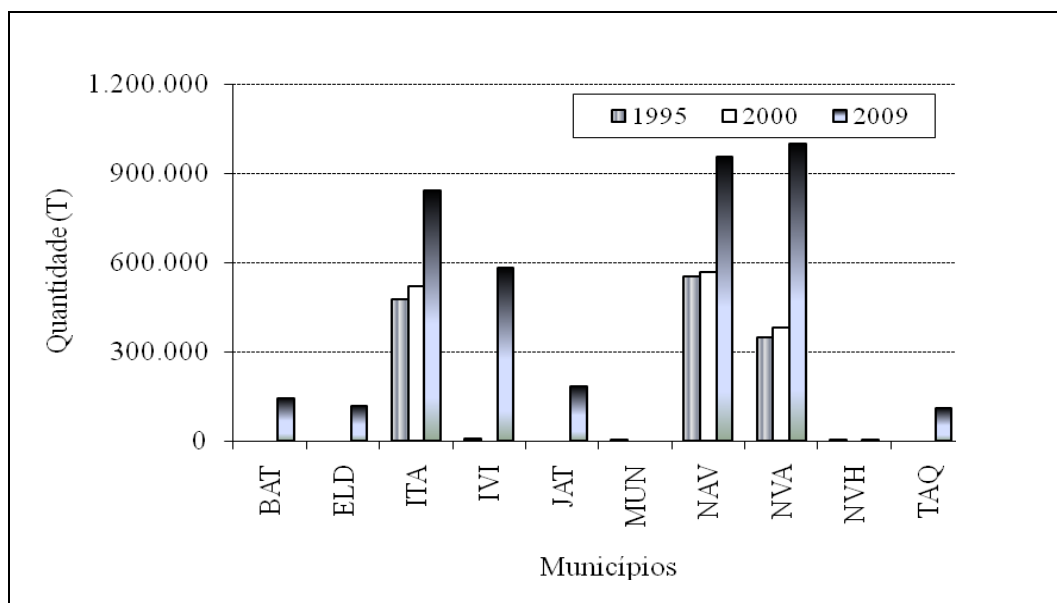


Figura 6.7– Quantidade produzida de cana-de-açúcar na APA IVAP, em 1995, 2000 e 2009.

#### 6.2.1.7 - D2.11 – Percentual de reciclagem dos resíduos

De acordo com Brasil (2010), as variáveis utilizadas neste indicador são as quantidades, em toneladas/dia, de matéria-prima total e de material reciclado consumidos por alguns tipos de indústrias. Os materiais acompanhados são as latas de alumínio, o papel, o vidro, as embalagens de resina de polietileno tereftalato (PET), as latas de aço e as embalagens longa vida. O indicador é a razão, expressa em percentagem, entre a quantidade de material reciclado e a quantidade total de cada matéria-prima consumida pelas indústrias.

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do IBGE apresenta dados de reciclagem apenas para os municípios das capitais brasileiras, portanto não há informações para os municípios da APA IVAP.

Em consulta ao site do Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE)<sup>26</sup>; verifica-se que dos 446 municípios da região Centro-Oeste apenas 19 realizam atividades de reciclagem,

<sup>26</sup> Disponível em <http://www.cempre.org.br>.

ou seja, 4,3%; valor pouco menor que a percentagem nacional, 5,9%. Em relação à coleta seletiva dos resíduos (necessária para que haja a reciclagem), dos municípios da APA IVAP, apenas Nova Andradina realiza a coleta seletiva; vale destacar que em todo o Estado do Mato Grosso do Sul, são apenas dois municípios que realizam tal coleta.

#### *6.2.1.8 - D2.14 – Investimentos em pesquisa e desenvolvimento*

O indicador é apresentado na dimensão institucional da publicação Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (Brasil, 2010). Apresenta o esforço nacional voltado à Pesquisa e Desenvolvimento, medido pelos investimentos público e privado. As informações utilizadas para a construção do indicador são o Produto Interno Bruto (PIB) e os investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) realizados pelo setor empresarial e pelos governos estadual e federal. Os gastos relacionados com Pesquisa e Desenvolvimento expressam o grau de preocupação do País com o progresso científico e tecnológico.

De acordo com o documento citado anteriormente, para assegurar um processo de desenvolvimento sustentável, é necessário que uma parte adequada do esforço nacional esteja destinado à pesquisa científica – básica e aplicada, e ao desenvolvimento experimental. O próprio surgimento e a adoção de inovações tecnoprodutivas, orientadas ao desenvolvimento sustentável, dependem do investimento em P&D. Além disso, a produção sistemática de conhecimentos científicos sobre mudanças no clima; esgotamento dos recursos naturais; crescimento demográfico; e degradação do meio ambiente, é essencial à avaliação das condições atuais e perspectivas futuras e, logo, à formulação de estratégias de desenvolvimento a longo prazo e políticas públicas na perspectiva do desenvolvimento sustentável.

No Brasil, o investimento em P&D é em torno de 1% do PIB anual. O nível desejável é acima de 3% do PIB, sendo que os Estados Unidos estão muito próximos disso (2,69%) e o Japão supera esse percentual (3,44%)<sup>27</sup>. Trata-se de um indicador nacional, portanto não há informações específicas sobre a APA IVAP.

---

<sup>27</sup> Dados disponíveis em: <http://www.unifal-mg.edu.br/nipi/?q=node/93>. Acesso em 21 de agosto de 2011.

## 6.2.2 – Indicadores de Pressão

### 6.2.2.1 - P1.1 – Terras em uso agrossilvipastoril

A definição desse indicador, segundo Brasil (2010), é a proporção de terras imediatamente disponíveis para a produção agrícola, pecuária e silvicultura, em um determinado território.

A Tabela 6.5 apresenta a ocupação do solo na APA IVAP por lavouras permanentes e temporárias, nos anos de 1995 e 2006.

Em geral, verifica-se o predomínio de lavouras temporárias em relação às permanentes. Praticamente todos os municípios da APA IVAP apresentaram um aumento na área cultivada por lavouras, tanto permanentes quanto temporárias, entre os anos de 1995 a 2006. Deve ser ressaltado o aumento das lavouras de cana-de-açúcar na região. Em 2009, foram registradas 10 usinas de açúcar e álcool nos municípios da APA IVAP, sendo que três estão localizadas em Naviraí.

Tabela 6.5 – Ocupação do solo por lavouras nos municípios da APA IVAP, em 1995 e 2006.

MUNICÍPIOS	ÁREA DE LAVOURAS (Ha)			
	Permanentes		Temporárias	
	1995	2006	1995	2006
Bataiporã	119	42	9.714	10.043
Eldorado	300	368	5.085	11.387
Itaquiraí	67	387	20.085	47.110
Ivinhema	1.551	1.464	6.499	13.347
Jateí	11	139	2.393	11.226
Mundo Novo	98	147	1.763	5.548
Naviraí	93	1.085	18.753	52.357
Nova Andradina	96	4.841	17.864	33.715
Novo Horizonte do Sul	183	1.271	4.653	3.799
Taquarussu	35	1.220	6.276	14.746
<b>TOTAL</b>	<b>2.553</b>	<b>10.964</b>	<b>93.085</b>	<b>203.278</b>

A Tabela 6.6 apresenta a área ocupada por pastagens naturais e plantadas na APA IVAP, nos anos de 1995 e 2006. Os valores apresentados para o campo “pastagens plantadas, em 2006” são resultantes do somatório de valores para “pastagens plantadas em boas condições” e “pastagens plantadas degradadas”; tais dados não estão disponíveis para o ano de 1995.

Tabela 6.6 – Ocupação do solo por pastagens nos municípios da APA IVAP, em 1995 e 2006.

MUNICÍPIOS	ÁREA DE PASTAGENS (Ha)			
	Naturais		Plantadas	
	1995	2006	1995	2006
Bataiporã	11.409	27.449	116.941	95.473
Eldorado	2.659	37.211	72.772	46.888
Itaquiraí	12.438	26.198	145.154	82.943
Ivinhema	1.515	38.317	147.778	113.561
Jateí	23.792	8.235	122.462	129.875
Mundo Novo	1.085	2.559	22.590	16.629
Naviraí	12.801	41.396	205.929	120.951
Nova Andradina	24.216	92.336	325.051	236.777
Novo Horizonte do Sul	1.928	308	62.228	50.782
Taquarussu	17.998	7.010	42.220	35.743
<b>TOTAL</b>	<b>109.841</b>	<b>281.019</b>	<b>1.263.125</b>	<b>929.622</b>

As informações sobre a ocupação do solo por matas e ou florestas não são uniformes. Os dados disponíveis anteriores ao Censo Agropecuário de 2006 são de 1995, porém trazem apenas informações sobre “áreas de matas e florestas naturais” e “áreas de matas e florestas naturais plantadas”; a Tabela 6.7 apresenta o somatório dessas áreas (MF), assim como a área ocupada pelos outros tipos de utilização da terra, de acordo com a classificação do IBGE (dados de 2006).

Em 2006, verifica-se que a classe “Matas e/ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal” ocupa a maior extensão de terras, possivelmente, por conta da abundante rede hidrográfica, pois, de acordo com o Código Florestal (Lei nº 4771/65), a mata das margens dos rios deve ser preservada, proporcionalmente à largura dos corpos d’água.

Tabela 6.7– Utilização das terras nos municípios da APA IVAP, em 1995 e 2006.

MUNICÍPIOS	1995	2006						
	MF	MFP	MFU	FPEF	SAF	TLAA	TD	TI
Bataiporã	15.607	26.451	2.874	73	0	942	0	3.205
Eldorado	12.627	9.764	0	35	0	76	0	3.082
Itaquiraí	28.807	18.880	1.852	298	218	378	94	3.619
Ivinhema	15.394	22.970	1.614	58	119	67	0	808
Jateí	19.156	18.765	5.732	119	31	120	219	2.234
Mundo Novo	1.418	2.815	348	111	14	225	0	2.076
Naviraí	30.654	21.231	4.169	593	279	465	0	1.188
Nova Andradina	82.365	59.974	17.806	1.053	3.725	955	99	4.387
Novo Horizonte do Sul	6.754	10.252	278	79	0	160	12	216
Taquarussu	8.476	5.204	392	0	0	86	0	1.462
<b>TOTAL</b>	<b>221.258</b>	<b>196.306</b>	<b>35.065</b>	<b>2.419</b>	<b>4.386</b>	<b>3.474</b>	<b>424</b>	<b>22.277</b>

MF = Área de Matas e Florestas Naturais + Área de Matas e Florestas Plantadas; MFP = Matas e/ou florestas - naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal; MFU = Matas e/ou florestas - naturais (exclusive área de preservação permanente e as em sistemas agroflorestais); FPEF = Matas e/ou florestas - florestas plantadas com essências florestais; SAF = Sistemas agroflorestais - área cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastejo por animais; TLAA = Tanques, lagos, açudes e/ou área de águas públicas para exploração da aquíicultura; TD = Terras degradadas (erodidas, desertificadas, salinizadas, etc.) e TI = Terras inaproveitáveis para agricultura ou pecuária (pântanos, areais, pedreiras, etc.). Área em hectares.

As atividades realizadas em áreas denominadas “Sistemas agro-florestais” e “Tanques, lagos, açudes e/ou área de águas públicas para exploração da aquíicultura” serão descritas nos indicadores I2.1 – Extração de recursos vegetais e I2.2 – Extração de recursos animais, respectivamente.

A classe “Terras inaproveitáveis para agricultura ou pecuária” contempla pântanos, areais, pedreiras, etc.; embora não tenha sido encontrado o que o IBGE considera como pântano; acredita-se que as áreas úmidas estejam incluídas nessa definição.

#### 6.2.2.2 - Pl.2 – Planos diretores

Plano Diretor é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana e de gestão do território. O Estatuto da Cidade (Lei 10.257/01) amplia a obrigatoriedade do Plano

Diretor, estabelecida genericamente na Constituição de 1988, aos municípios com população superior a 20 mil habitantes. Assim, o Plano Diretor é também obrigatório aos municípios integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, às áreas de especial interesse turístico e às áreas de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional (Carvalho, 2001).

Dos municípios da APA IVAP, apenas Naviraí possui Plano Diretor (aprovado em 2006), em Novo Horizonte do Sul, o Plano Diretor encontra-se na forma de projeto de lei. Os municípios de Bataiporã, Eldorado, Itaquiraí e Mundo Novo fazem parte de uma ação do governo estadual para implantação do Plano Diretor dentro de um prazo de três anos, a partir de 2011.

#### *6.2.2.3 - P1.3 – Áreas protegidas*

De acordo com Brasil (2010), o indicador “Áreas Protegidas” expressa a dimensão e a distribuição dos espaços territoriais que estão sob estatuto especial de proteção. A APA IVAP pertence à categoria “Áreas de Proteção Ambiental”. Trata-se de um tipo de unidade de conservação de uso sustentável; tais unidades visam compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos recursos naturais, diferenciando-as, assim, das unidades de proteção integral, nas quais se admite a utilização somente por meio do uso indireto dos recursos naturais.

A Figura 6.8 apresenta as demais unidades de conservação que ocorrem na região, assim como, as inseridas na APA IVAP. As modalidades de uso, o nome, a localização, a data da criação e de aprovação do plano de manejo das unidades de conservação, no âmbito da APA IVAP, estão na Tabela 6.8.



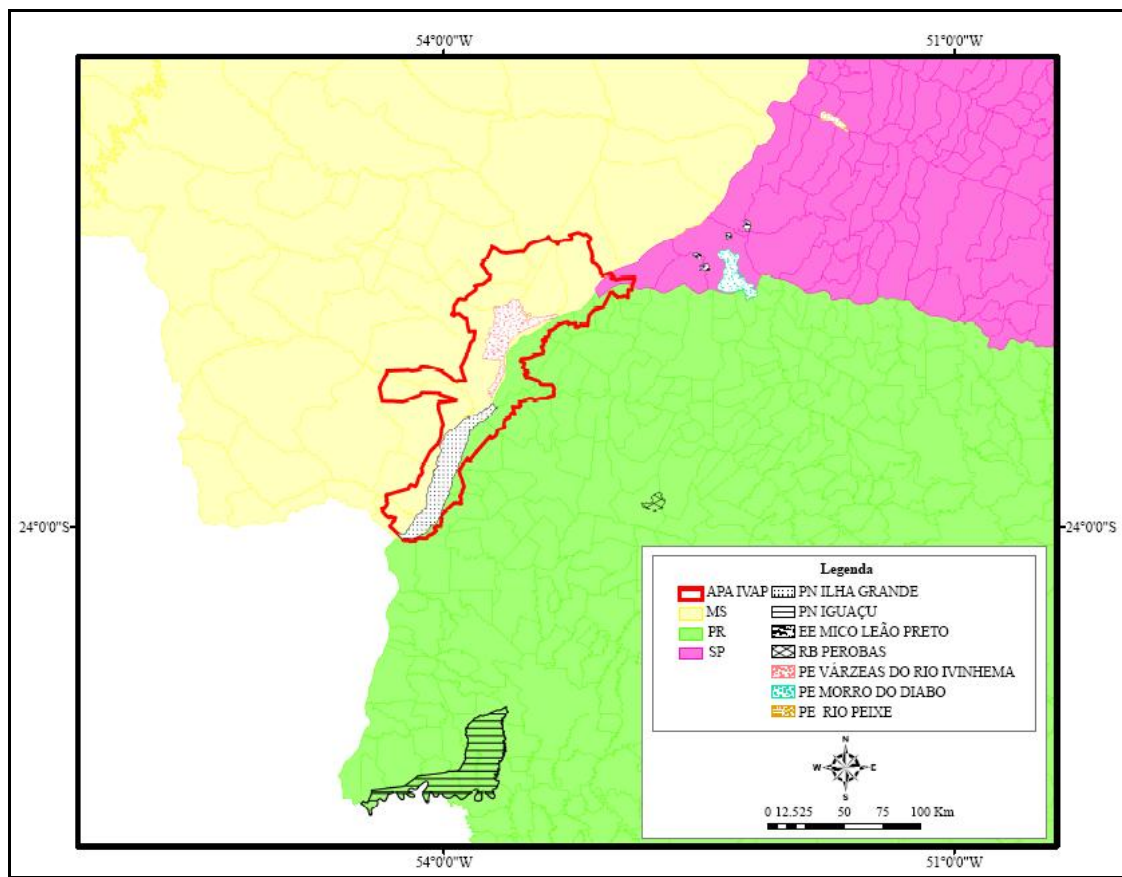


Figura 6.8 – Unidades de conservação na região da APA IVAP.

Tabela 6.8 – Unidades de conservação no âmbito da APA IVAP.

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO				
USO	NOME	UF	C	PM
Integral	Parque Nacional de Ilha Grande	PR e MS	1997	2008
	Parque Estadual das Várzeas do rio Ivinhema	MS	1998	2008
	Estação Ecológica de Caiuá	PR e SP	1994	EE
Sustentável	Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do rio Paraná	MS, PR e SP	1997	EE
	Área de Proteção Ambiental do rio Iguatemi	MS	2003	2008

UF= Unidade Federativa, C = Ano de criação, PM = Ano de aprovação do Plano de Manejo, EE = Em elaboração

De acordo com o Plano de Manejo da APA do rio Iguatemi (CORIPA, 2008), as APA's podem, legalmente, se sobrepor a outras UC's, pois nessa modalidade não há a desapropriação das terras pelo Estado, mas apenas a regulamentação dos usos possíveis.

#### *6.2.2.4 - P1.4 – Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE)*

O ZEE do Estado do Mato Grosso do Sul foi aprovado em Dezembro de 2009, vale ressaltar que a estrutura do mesmo se baseia na análise de indicadores inseridos na matriz Pressão – Estado – Impacto – Resposta (PEIR). Trata-se de um instrumento que atua na organização territorial, com o objetivo geral de organizar, de forma vinculada, as decisões dos agentes públicos e privados quanto a planos, programas, projetos e atividades que, direta ou indiretamente, utilizem recursos naturais, assegurando a plena manutenção do capital e dos serviços ambientais dos ecossistemas. Em linhas gerais, o ZEE/MS define as áreas de expansão agrícola, a localização de eixos de industrialização do Estado, estabelece os polos urbanos que articulam as redes de cidades e define parâmetros para conservação de áreas de relevância ambiental e aumento das áreas protegidas ambientalmente.

De acordo com o documento, a APA IVAP está inserida na região denominada Arco Sul, para a qual são feitas as seguintes considerações: - propõe-se o aumento da competitividade territorial da sua área de influência, mediante a implantação de processos de desenvolvimento local sustentável, visto que há potencialidade para uma produção que recupere a tradição cultural de extrativismo vegetal, incentivando a recuperação de áreas degradadas com silvicultura nativa e as relações de fronteira; - deve ser considerada a condição fronteiriça com o Paraguai, que estimula o comércio de reexportação e outras formas de complementaridades, assim como a hidrovía do Rio Paraná e a divisa com os Estados do Paraná e São Paulo; - considerando a fragilidade do solo associado ao potencial de hidroenergia fica evidente a necessidade de atenção especial quanto à ocupação de fundos de vale e atividades que possam expor os solos a intempéries e formação de processos erosivos. Assim as atividades a serem desenvolvidas devem priorizar a manutenção da vegetação nativa, o uso racional e preservação de recursos hídricos e restauração ecológica de áreas de preservação permanente e cabeceiras de rios.

#### 6.2.2.5 - P2.2 – Consumo de produtos agrícolas

Não há dados disponíveis para a APA IVAP.

#### 6.2.2.6 - P2.3 – Extração de recursos naturais

Não há dados disponíveis para a APA IVAP.

#### 6.2.2.7 - P3.1 – Consumo de energia per capita

O consumo de energia de um país pode ser associado ao seu grau de desenvolvimento, pois engloba a quantidade de energia utilizada em processos produtivos e na manutenção do bem-estar da população. Nos últimos trinta anos, o aumento da produção de energia primária no Brasil tem acompanhado o crescimento do PIB, mas o consumo de eletricidade tem aumentado mais rapidamente, em razão da eletrificação crescente do país e da instalação de indústrias eletrointensivas, como as de alumínio (Brasil, 2008).

A Figura 6.9 mostra o consumo de energia elétrica nos municípios da APA IVAP, nos anos de 1995, 2000 e 2010, de acordo com dados da SEMAC (Mato Grosso do Sul, 2008a).

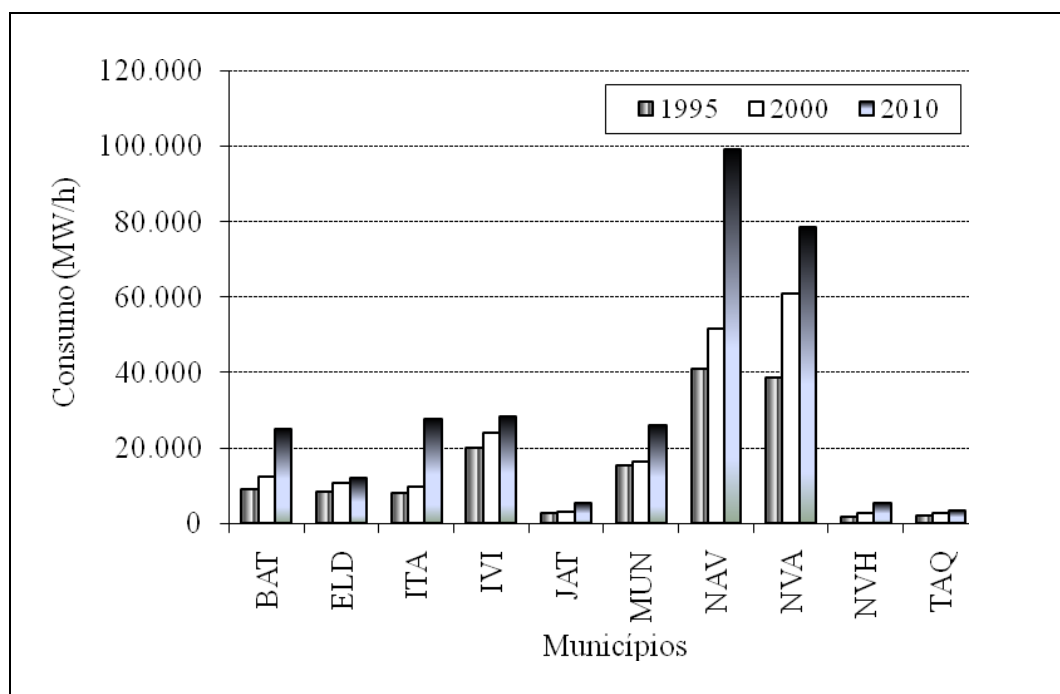


Figura 6.9 – Consumo de energia elétrica nos municípios da APA IVAP.

Observa-se o consumo crescente de energia elétrica ao longo do período, destacando-se os municípios de Naviraí e Nova Andradina, os mais populosos da APA IVAP.

### **6.2.3 – Indicadores de Estado**

#### *6.2.3.1 - S1.1 – Padrão climático*

O clima predominante na região da APA IVAP enquadra-se, segundo a classificação climática de Koeppen, no tipo aW (tropical chuvoso), caracterizado por verões chuvosos e invernos secos. A temperatura média anual é de 20° C, com amplitude entre 7 e 9° C. As chuvas variam entre 1.000 e 1.500 mm por ano, sendo Setembro a Março, os meses mais chuvosos e Abril a Agosto, os meses de estiagem. A ocorrência de geadas é ocasional e restrita ao sul da APA IVAP (Mato Grosso do Sul, 2008b).

Dos municípios da APA IVAP, apenas Ivinhema e Itaquiraí possuem estações meteorológicas (Observação de Superfície Automática), em operação desde 2003 e 2008, respectivamente. Em 2008, foi criado o Centro de Monitoramento de Tempo, do Clima e dos Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul (CEMTEC) vinculado à Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural (AGRAER).

#### *6.2.3.2 - S1.2 – Regime hidrológico*

Como não há dados uniformes sobre a precipitação (principal componente do regime hidrológico), a descrição dos dados de vazão, por ser um dado comum ao indicador “Balanço hídrico” será tratada no campo II.1

#### *6.2.3.3 - S1.3 – Ocorrência de zonas de acúmulo de água*

A Figura 6.10 ilustra a ocorrência de zonas de acúmulo de água na APA IVAP. Embora tais locais possam representar possíveis falhas no processamento da informação, são interpretados como as depressões no terreno, favorecendo assim, o acúmulo de água.

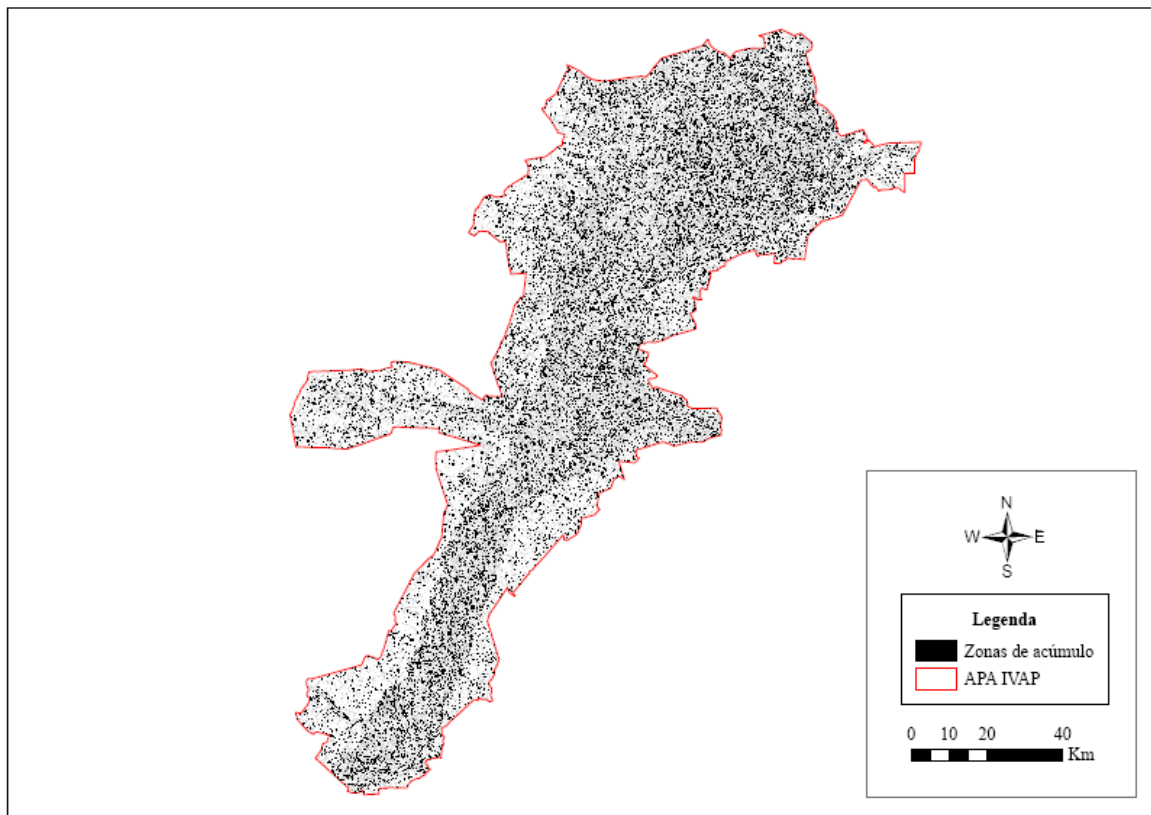


Figura 6.10 – Ocorrência de zonas de acúmulo de água na APA IVAP.

Verifica-se que a ocorrência de zonas de acúmulo de água está concentrada, principalmente, ao longo do leito do rio Paraná.

#### 6.2.3.4 - S1.4 – Qualidade da água

Santos (2004) reconhece que são diversas as limitações das informações específicas sobre recursos hídricos: base de informações em escalas diferentes, dados de vazão apenas em rios principais, distribuição insatisfatória de pontos de coleta, frequência amostral irregular e número variável de parâmetros em cada ponto amostral.

A Agência Nacional de Águas (ANA), juntamente com órgãos estaduais de meio ambiente e recursos hídricos, realiza o monitoramento da qualidade da água no país. Os dados e

informações são disponibilizados no Portal da Qualidade das Águas (PQA)<sup>28</sup>, um espaço virtual criado no âmbito do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA). O PQA foi elaborado para permitir um amplo acesso à informação por parte da sociedade civil e uma maior interação entre os órgãos públicos direta ou indiretamente envolvidos com o monitoramento e avaliação da qualidade das águas no país.

A Figura 6.11 apresenta as estações de monitoramento de qualidade da água na região da APA IVAP.

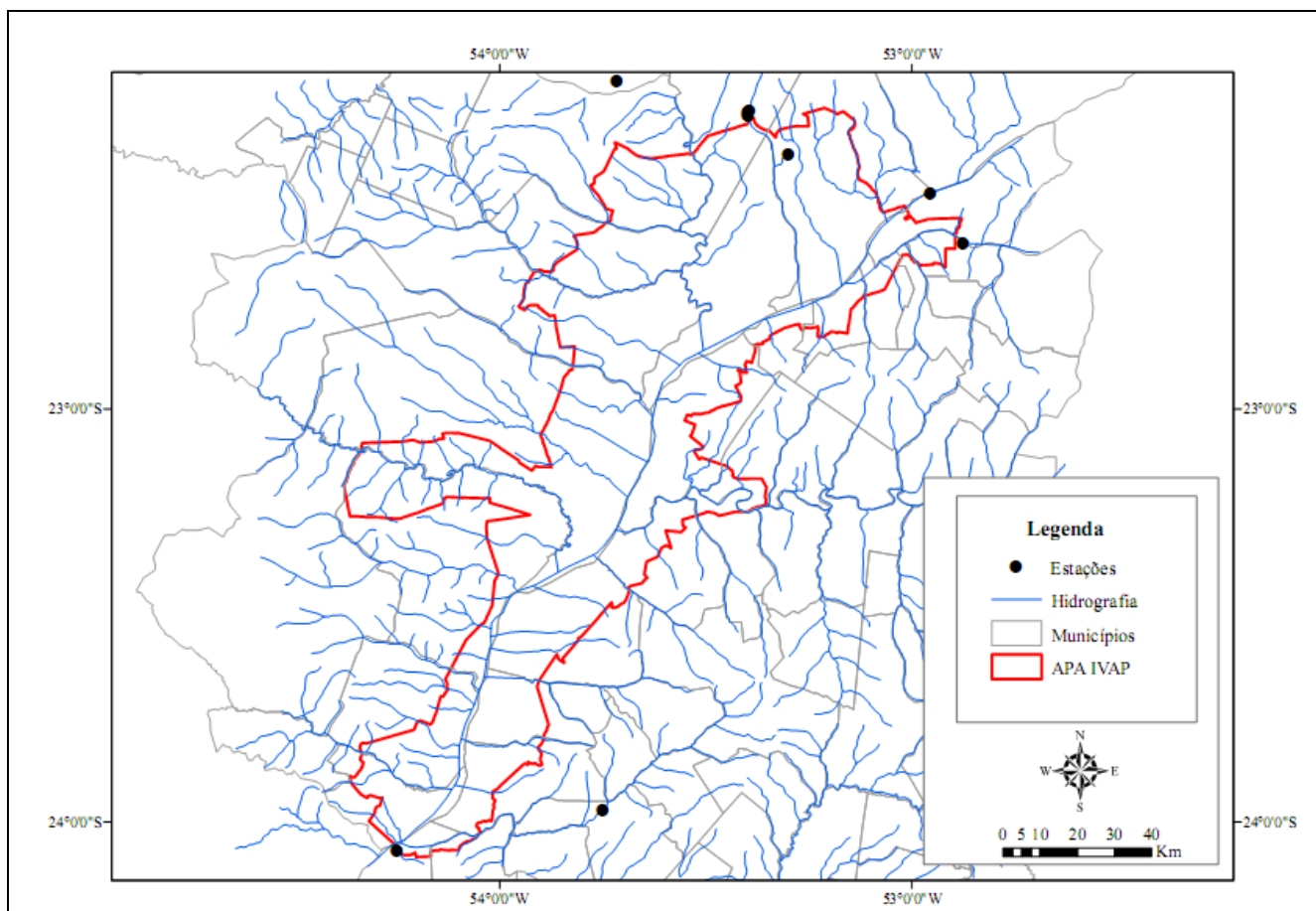


Figura 6.11 – Estações de monitoramento da qualidade da água na APA IVAP.

Uma das informações disponibilizadas pelo portal é o Índice de Qualidade das Águas (IQA). Segundo o Portal, o índice foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation*. A partir de 1975 começou a ser utilizado pela CETESB (Companhia Ambiental

<sup>28</sup> <http://pnqa.ana.gov.br/Estrutura/Inicio.aspx>

do Estado de São Paulo). Nas décadas seguintes, outros Estados brasileiros adotaram o IQA, que hoje é o principal índice de qualidade da água utilizado no país.

O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando o uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são, em sua maioria, indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos. O índice é composto pelos seguintes parâmetros: Oxigênio dissolvido, Coliformes termotolerantes, Potencial hidrogeniônico (pH), Demanda bioquímica de oxigênio (DBO), Temperatura da água, Nitrogênio total, Fósforo total, Turbidez e Resíduo total.

Os valores do IQA são classificados em cinco faixas (ótima, boa, razoável, ruim e péssima). Na Figura 6.12 podem ser visualizadas as faixas de IQA para a região da APA IVAP, no ano de 2007.

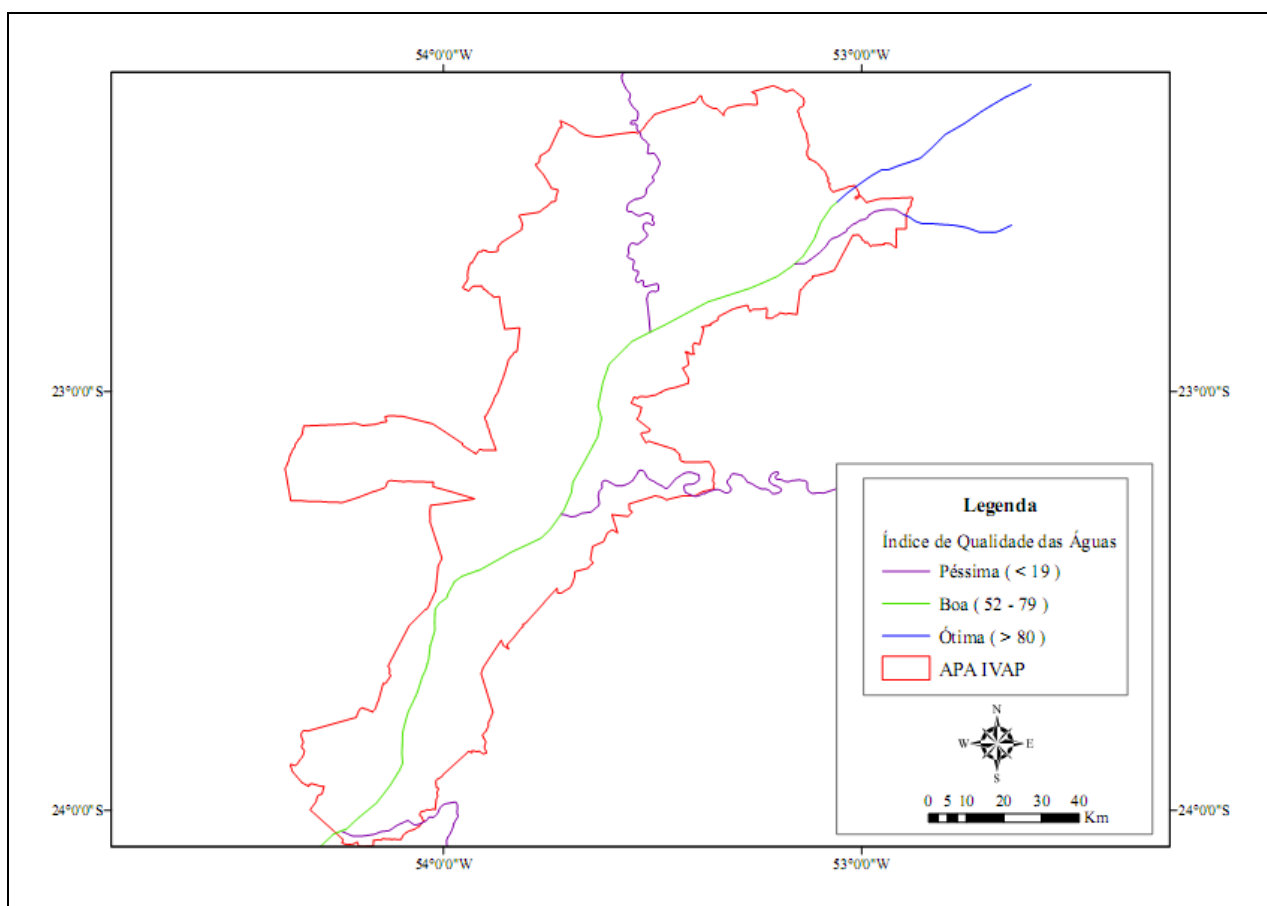


Figura 6.12 – Índice de qualidade da água na região da APA IVAP.

Outra fonte de informações sobre a qualidade da água na região é o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH/MS). Foram estabelecidas 15 Unidades de Planejamento e Gerenciamento (UPG's) no Estado, sendo nove na bacia do rio Paraná e seis na bacia do rio Paraguai. Os municípios da APA IVAP estão distribuídos nas UPG's, conforme Tabela 6.9.

Tabela 6.9 – Distribuição dos municípios da APA IVAP nas Unidades de Planejamento e Gerenciamento (adaptado de Mato Grosso do Sul, 2010).

UPG	MUNICÍPIOS
Iguatemi	Eldorado, Itaquiraí e Mundo Novo
Amambai	Itaquiraí* e Naviraí*
Ivinhema	Bataiporã, Ivinhema, Jatei, Naviraí, Nova Andradina, Novo Horizonte do Sul e Taquarussu

\*Municípios com inserção parcial, porém com sede dentro da UPG.

A Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas do Mato Grosso do Sul foi implantada em 1992, inicialmente na bacia do Rio Paraguai. Apenas a partir de 1999, teve início o monitoramento da bacia do Rio Paraná; entretanto, nem todas as UPG's possuem pontos de amostragem. Das UPG's cujos municípios estão na APA IVAP, apenas a UPG Ivinhema possui pontos de amostragem, nos quais 20 indicadores (parâmetros físicos, químicos, biológicos e bacteriológicos) são determinados (Mato Grosso do Sul, 2010).

O Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Mato Grosso do Sul (Mato Grosso do Sul, 2009) apresenta a avaliação da qualidade da água para a UPG Ivinhema, em 2008 (Figura 6.13). Observa-se que a qualidade da água foi considerada, de maneira geral, boa, inclusive no trecho compreendido pelos municípios da APA IVAP.



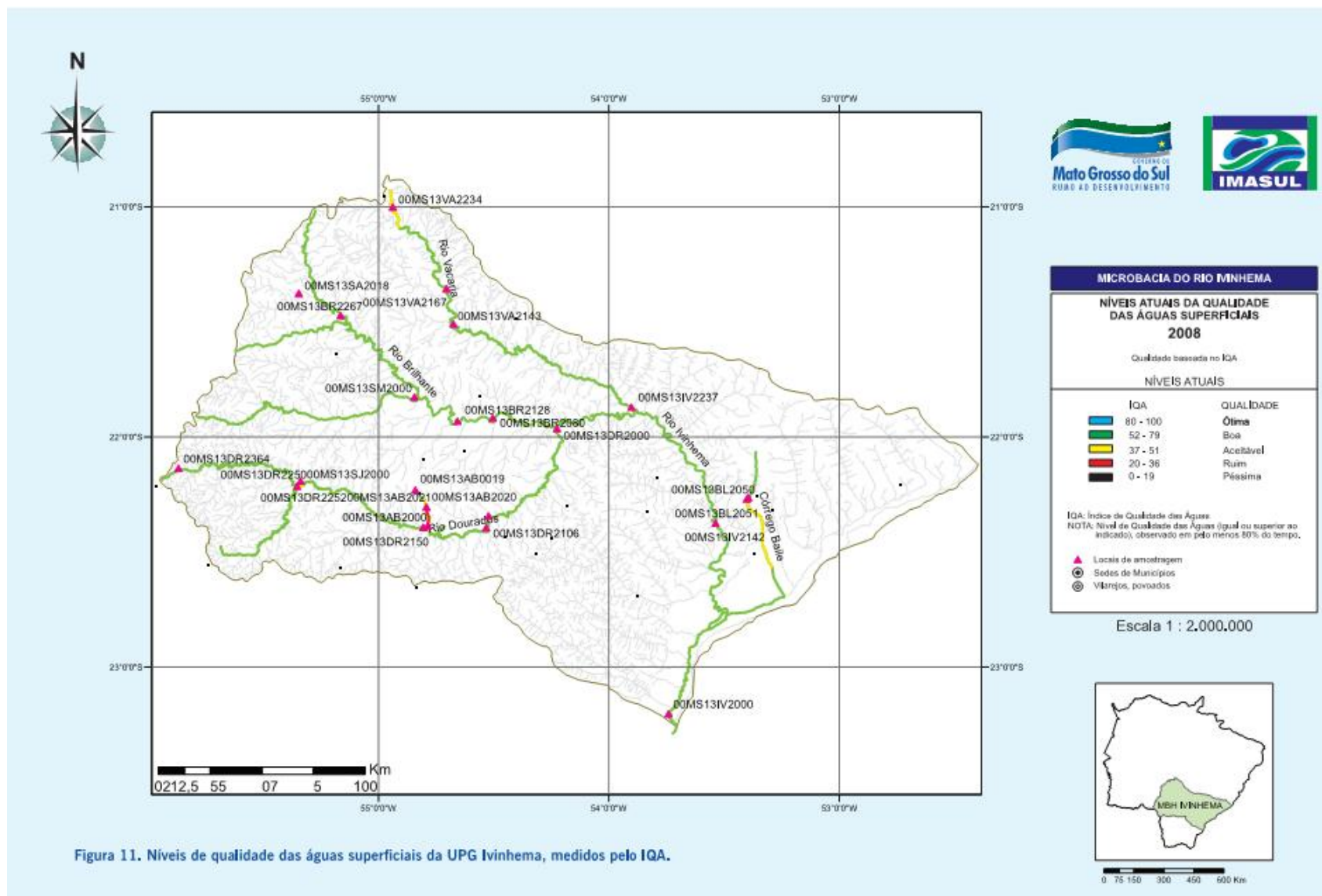


Figura 6.13 – Qualidade da água superficial na UPG Ivinhema (Mato Grosso do Sul, 2010).

### 6.2.3.5 - S1.5 – Características e propriedades do solo

A Figura 6.14 apresenta os tipos de solo encontrados na APA IVAP; na região são encontrados solos do tipo latossolos, podzólicos e solos *gleys* (nas proximidades dos cursos d'água).

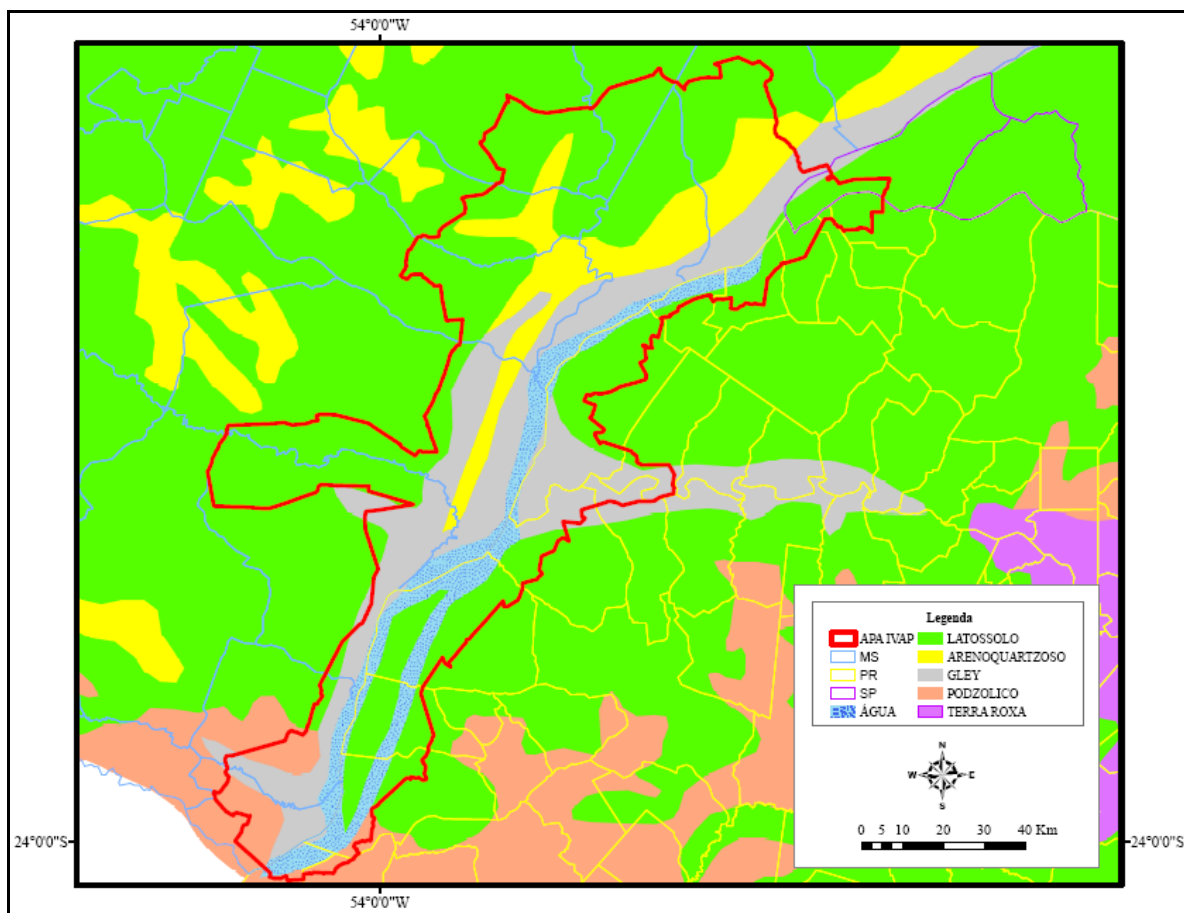


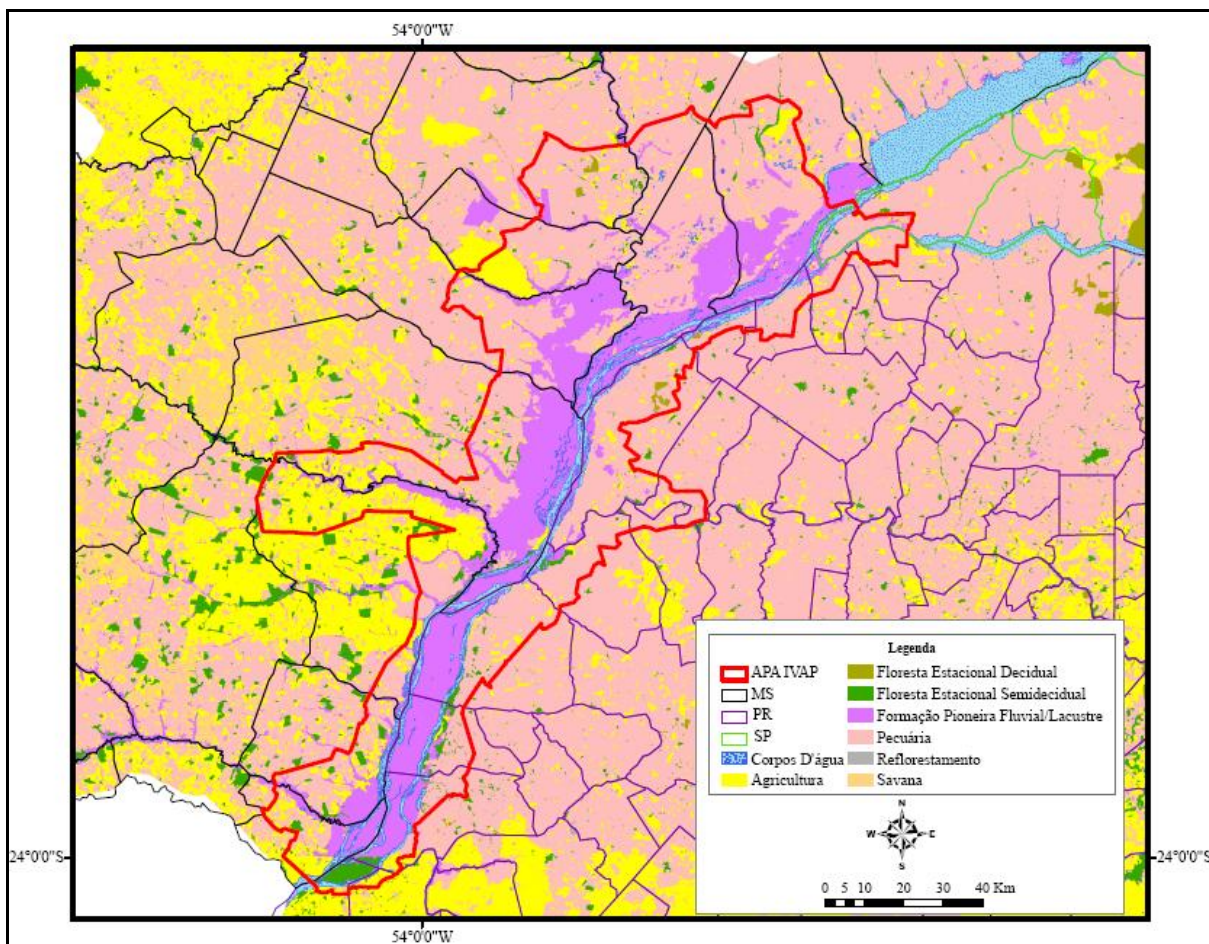
Figura 6.14 – Tipos de solo na APA IVAP (adaptado de MMA<sup>29</sup>).

### 6.2.3.6 - S2.1 – Estrutura e composição da vegetação

Na APA IVAP, a cobertura vegetal é constituída por remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual (representante do Domínio da Mata Atlântica, na porção sul da APA) e das diferentes fisionomias do Cerrado (ao norte da APA); predominam, entretanto, extensas áreas de pastagem, compostas principalmente por braquiária (*Brachiaria sp.*). Ao longo dos cursos d'água, em extensões variáveis, desenvolve-se a vegetação paludícola, adaptada à ocorrência

<sup>29</sup> Disponível em: <http://siscom.ibama.gov.br/shapes/>

de inundações, conhecida popularmente como várzeas ou varjões (Formação Pioneira com Influência Fluvial e/ou Lacustre). A Figura 6.15 apresenta as formações vegetacionais que ocorrem na APA IVAP, de acordo com dados do PROBIO (2004).



#### 6.2.3.7 - S2.2 – Estrutura e composição da fauna

A fauna na APA IVAP é constituída por animais representativos dos biomas de Cerrado e da Mata Atlântica, assim como de habitats com influência de ambientes aquáticos, as várzeas e florestas ciliares.

Os peixes constituem a comunidade mais estudada, sobretudo pela importância das atividades de pesca realizadas, intensamente, na área. O rio Paraná encontra-se livre de represamento no trecho da APA, servindo assim como importante rota migratória. Nos documentos sobre a

região; relata-se uma redução no número de espécies nos estudos realizados em épocas distintas sem, entretanto, especificar os organismos ou o período considerado na análise.

#### 6.2.3.8 - S2.3 – Comunidade microbiana

Não há dados disponíveis para a APA IVAP.

#### 6.2.3.9 - S3.1 – Biomassa

Não há dados disponíveis para a APA IVAP.

#### 6.2.3.10 - S3.2 – Dinâmica de nutrientes

A ciclagem de nutrientes é fundamental para o equilíbrio e produtividade dos ecossistemas, terrestres ou aquáticos. Estimativas do transporte de nutrientes consideram principalmente os elementos nitrogênio e fósforo devido ao potencial de eutrofização em corpos d'água e a redução da fertilidade de solos.

A Tabela 6.10 apresenta uma quantificação da carga de nutrientes, elaborada pelo PERH/MS (Mato Grosso do Sul, 2010).

Tabela 6.10 – Cargas poluidoras (T/ano) de nutrientes nas UPG's da APA IVAP, adaptado de Mato Grosso do Sul, 2010.

UPG	NITROGÊNIO			FÓSFORO		
	Esgoto	Pecuária	Agricultura	Esgoto	Pecuária	Agricultura
Ivinhema	268	53.289	746	33	10.763	9.287
Amambai	296	60.764	2.092	37	11.452	21.961
Iguatemi	1.518	262.701	9.875	190	46.001	84.640

A contribuição do nitrogênio se dá, majoritariamente, pela atividade da pecuária em todas as UPG's. Para o fósforo, o aporte maior é pela agricultura; com exceção da UPG Ivinhema, onde a pecuária contribui com uma carga maior de fósforo, possivelmente, por conta do rebanho bovino estar mais concentrado nessa UPG.

De acordo com o PNQA/ANA, o Índice de Estado Trófico (IET) do rio Paraná, na região da APA IVAP, é oligotrófico (Figura 6.16). Esse estado caracteriza corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.

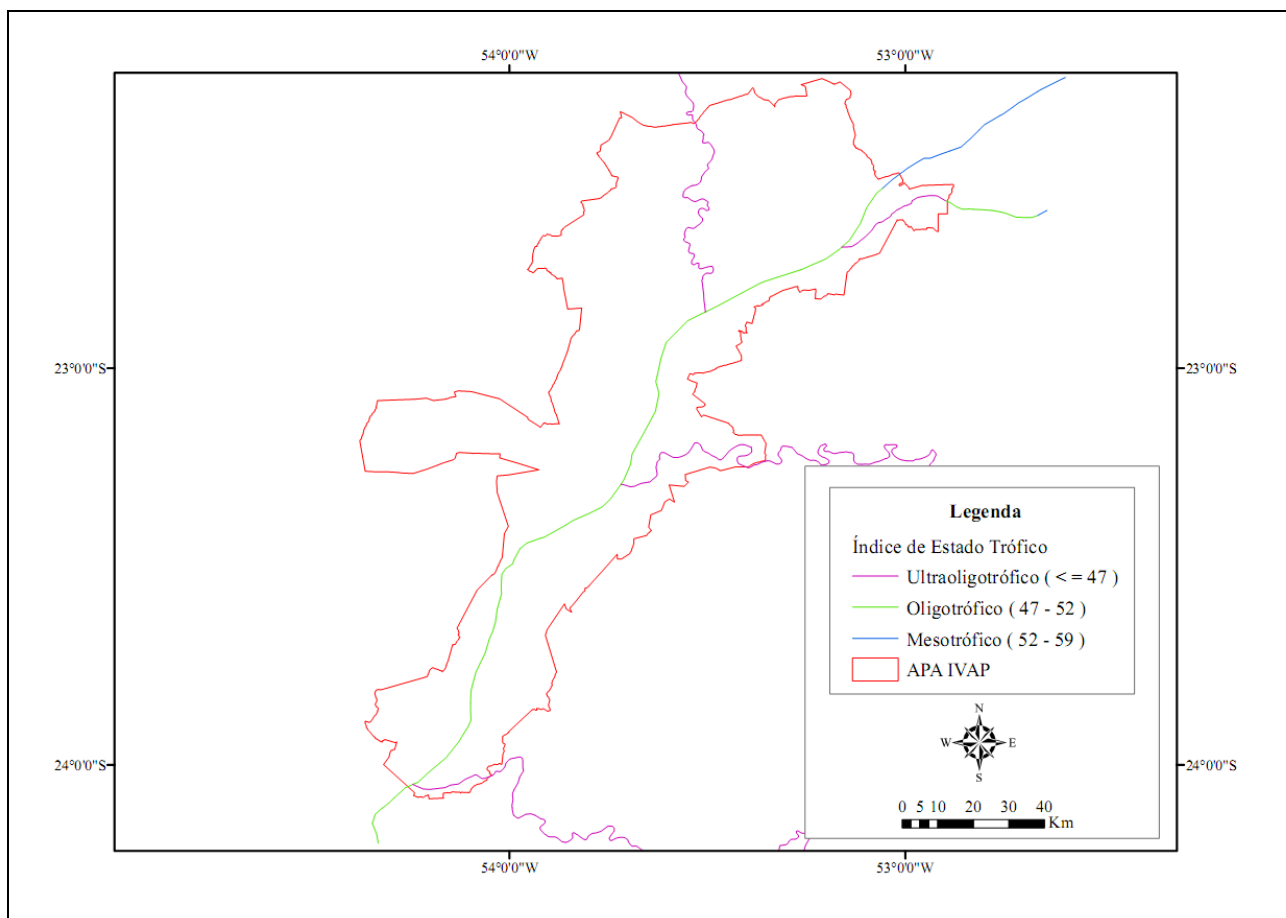
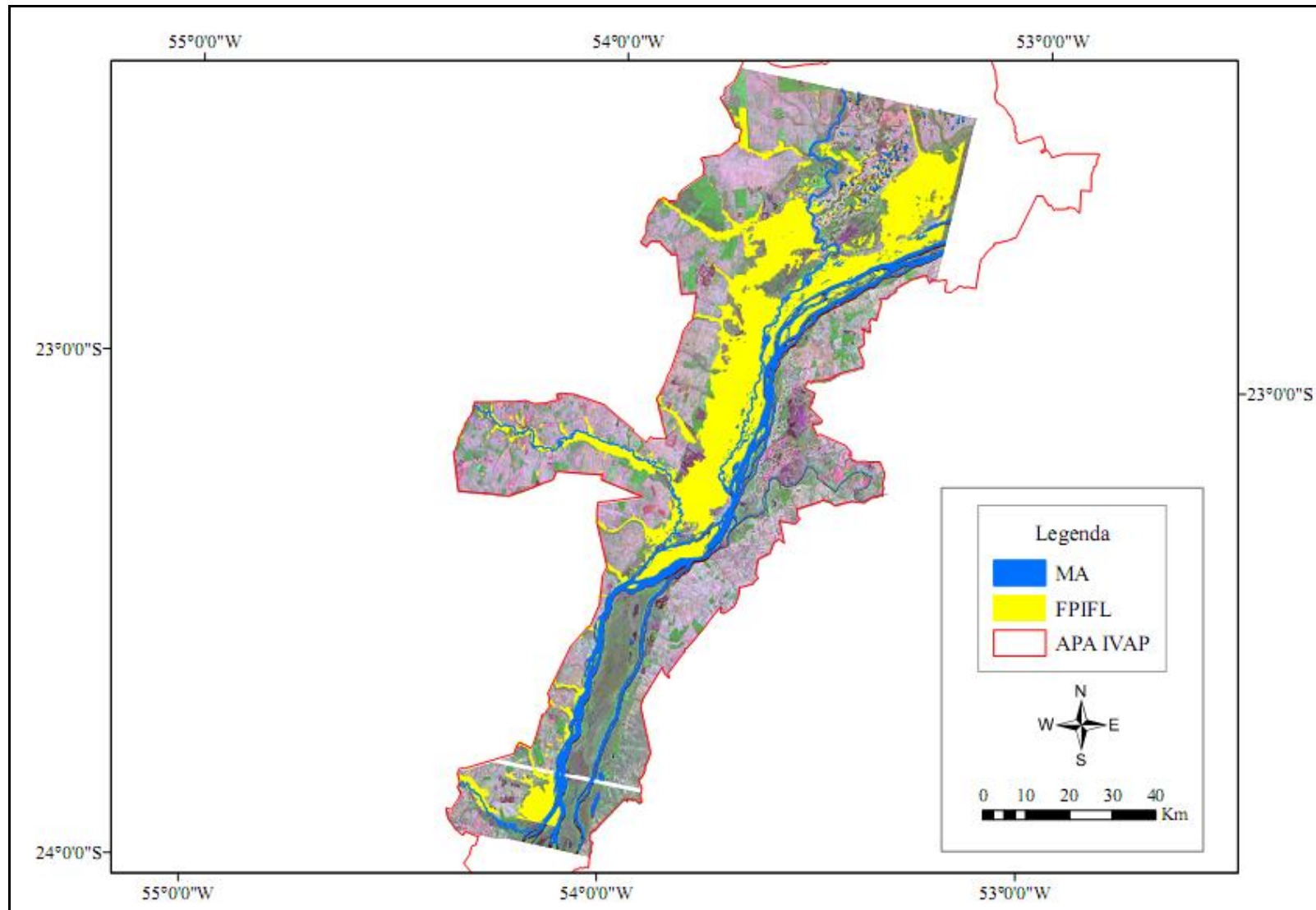


Figura 6.16 – Índice de estado trófico na região da APA IVAP.

#### 6.2.3.11 - S4.1 – Área superficial

A estimativa da área superficial ocupada pelas áreas úmidas nos anos de 1985, 2000 e 2009 foi, respectivamente, 2064,78, 1875,18 e 1870,93 km<sup>2</sup> (Figuras 6.17, 6.18 e 6.19).

Verifica-se que a extensão das áreas úmidas foi reduzida ao longo dos anos, possivelmente devido ao funcionamento dos reservatórios localizados na região da APA IVAP que regularizam a vazão do rio Paraná.



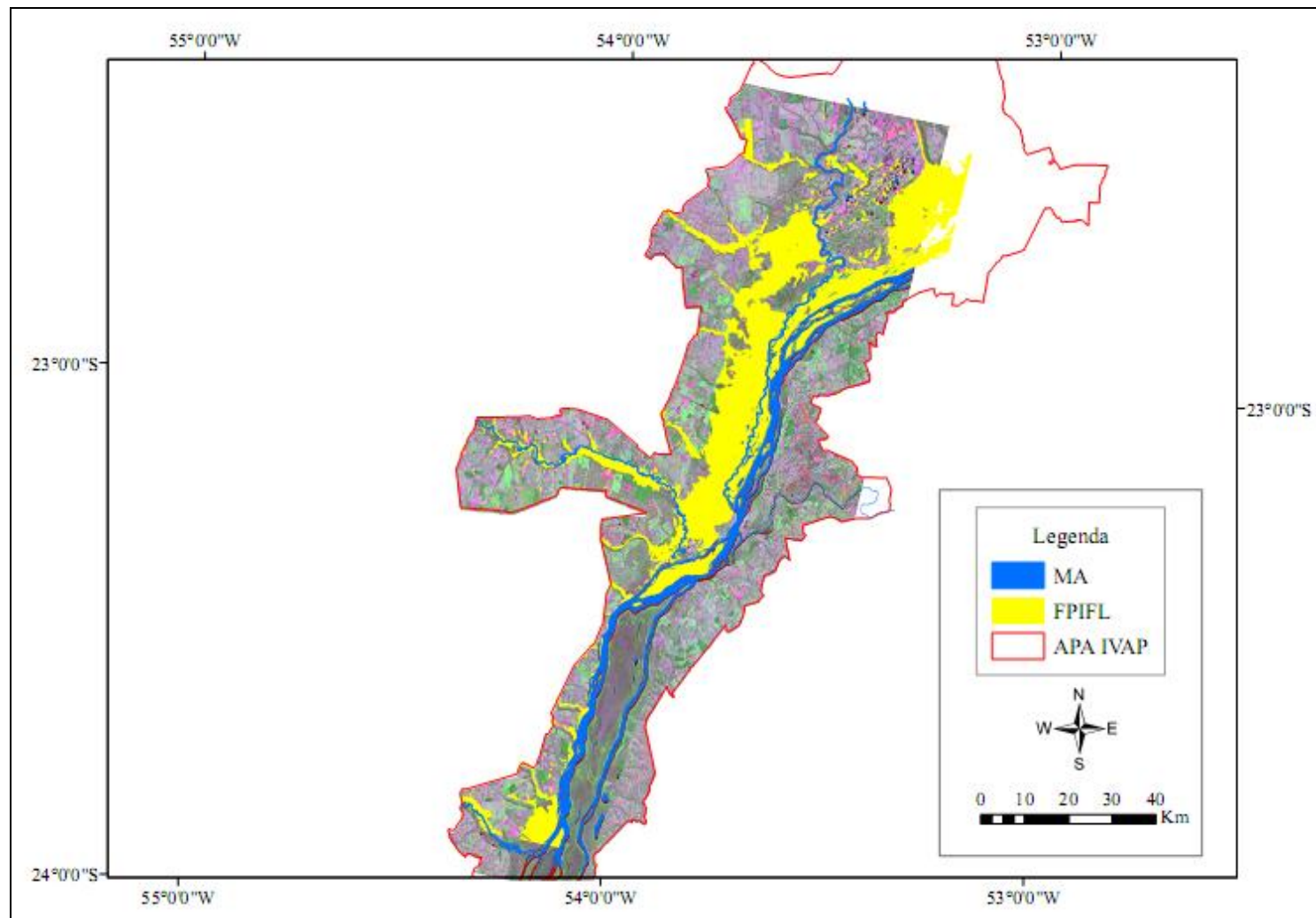


Figura 6.18 – Localização das áreas úmidas na APA IVAP no ano de 2000. MA – massa d'água, FPIFL – Formação pioneira com influência fluvial e lacustre

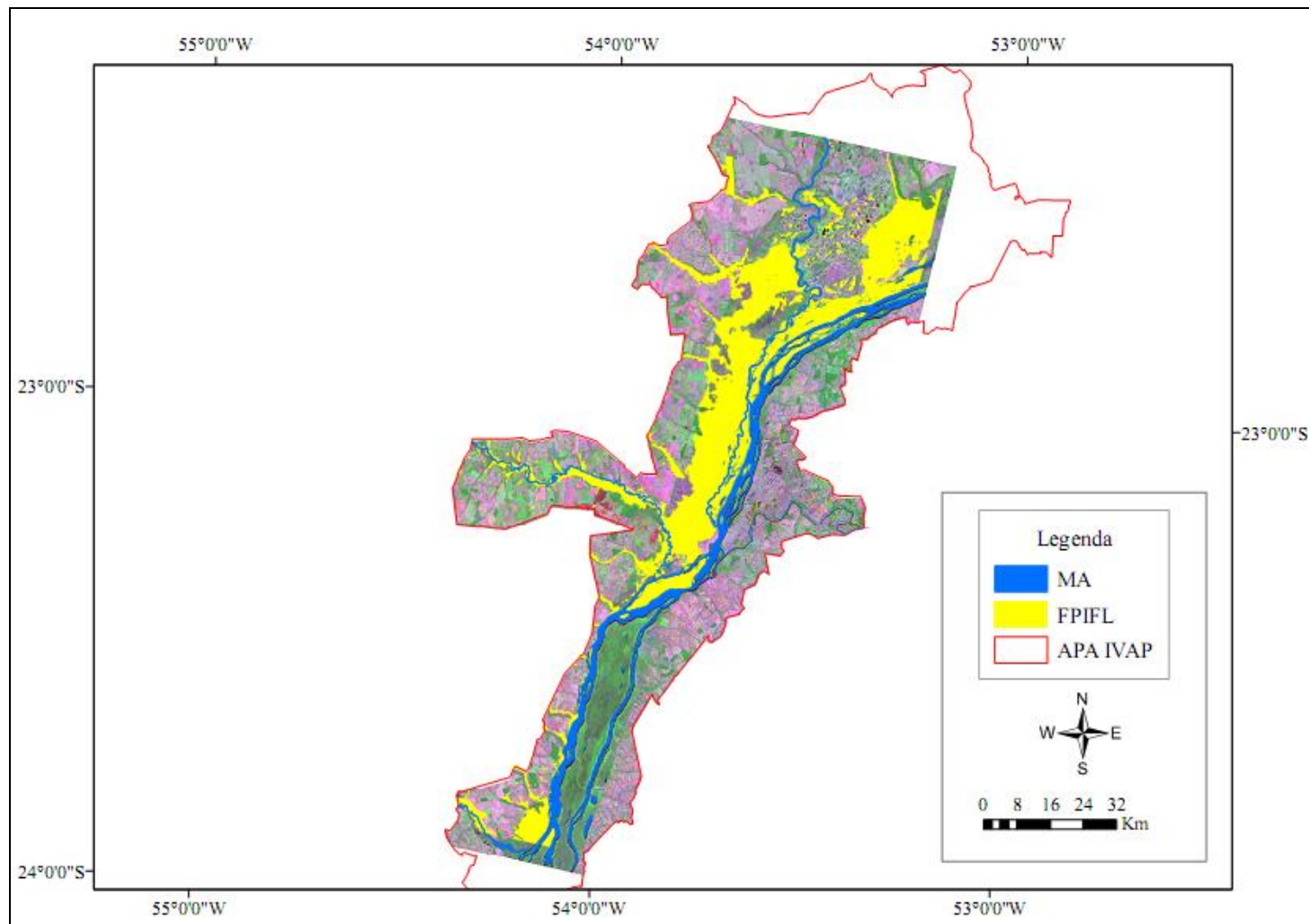


Figura 6.19 – Localização das áreas úmidas na APA IVAP no ano de 2009. MA – massa d'água, FPIFL – Formação pioneira com influência fluvial e lacustre.



Na APA IVAP, destaca-se a Planície de Inundação do Alto Rio Paraná (Figura 6.20). A planície está compreendida no trecho que se inicia imediatamente à jusante da Usina Hidroelétrica Engenheiro Sérgio Motta (Porto Primavera, SP) e vai até o remanso do reservatório da Usina Hidroelétrica de Itaipu, nas imediações do município de Guaíra. Devido aos sucessivos barramentos para implantação de usinas hidroelétricas houve uma redução da extensão da planície, de 480 para 230 km. Trata-se de uma ampla área de acumulação que ocupa toda a calha do rio Paraná. Embora seja relativamente plana, a planície tem diferentes níveis topográficos, o Terraço Baixo e a Planície Fluvial, distintos entre si, em termos altimétricos e morfológicos (Comunello *et al.*, 2003).

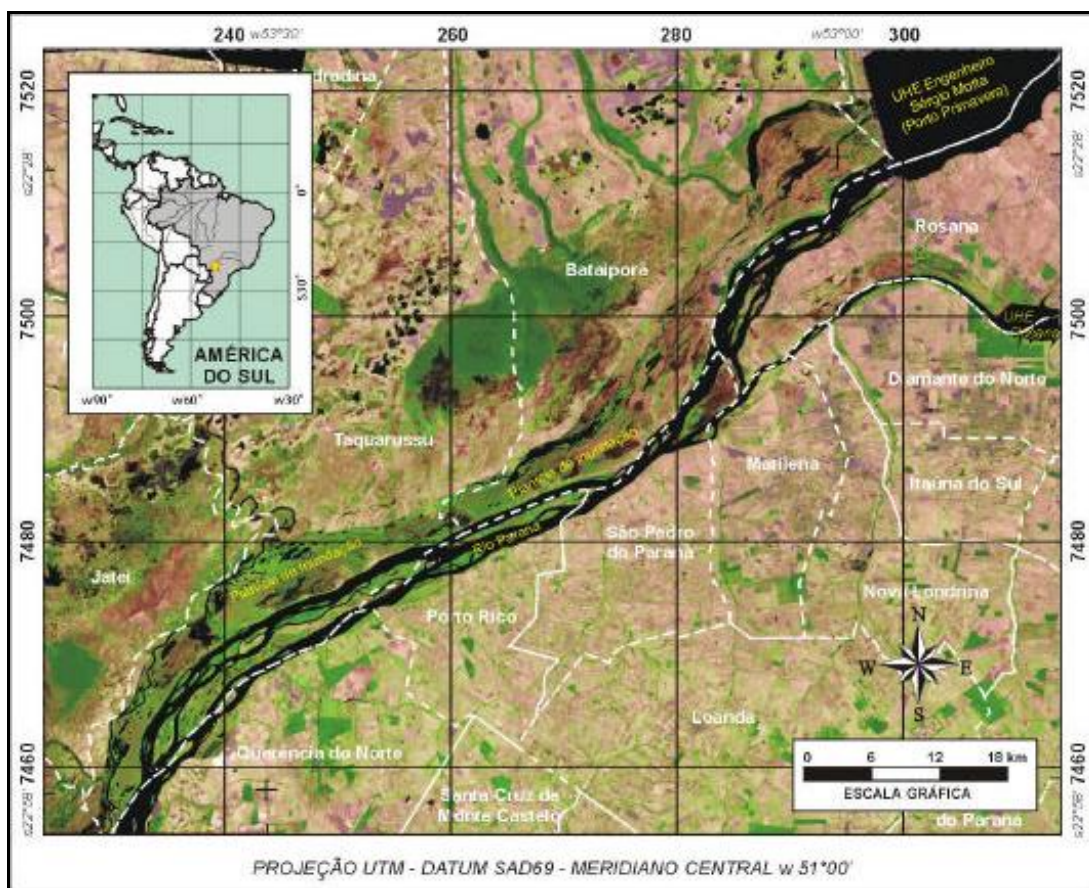


Figura 6.20 - Planície de Inundação do Alto Rio Paraná (Comunello *et al.*, 2003).

Na área de influência da planície de inundação do rio Paraná, a ocorrência de lagoas é comum. O Plano de Manejo da APA do rio Iguatemi descreve a formação de lagoas na região: são corpos de água localizados em depressões, sendo que a maioria é formada durante o período

de cheias, quando o rio invade as áreas marginais. Ao contrário de lagos clássicos, lagoas de planícies de inundação são submetidas a grandes oscilações de profundidade e de área durante o ano, e apresentam diferentes níveis de comunicação com a drenagem local. As lagoas e diversas áreas da planície aluvial, em conjunto com o leito meandrante dos rios, formam um sistema de canais anastomosado que confere um aspecto peculiar à região. A estrutura desses ambientes pode ser caracterizada pela variedade de formas das lagoas, dinâmica hidrológica, graus de perturbação e modificações na diversidade espacial e temporal das comunidades, constituindo ambientes com notáveis flutuações cíclicas nas características limnológicas, favoráveis à propagação de inúmeras espécies que dependem das flutuações naturais do nível fluviométrico, mas que impõe respostas adaptativas aos seus componentes biológicos, de maneira a lhes permitir a sobrevivência em condições estressantes.

#### 6.2.3.12 - S4.2 – Distância a elementos referenciais da paisagem

A Figura 6.21 apresenta a porcentagem da área ocupada pela FPIFL em cada faixa de distância em relação ao rio Paraná. Por se tratar de uma área que apresenta uma interação complexa com ambientes lóticos, os cursos d'água foram escolhidos como elementos referenciais da paisagem.

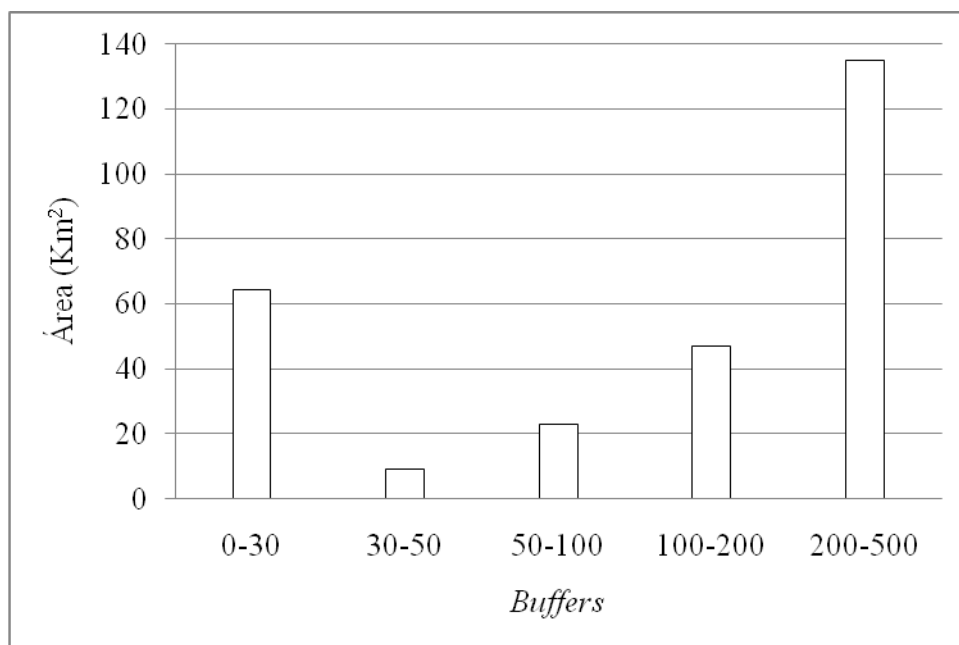


Figura 6.21 - Área ocupada pela FPIFL em *buffers* estabelecidos em relação ao rio Paraná.

Embora a FPIFL ocupe aproximadamente 20% da área da APA IVAP, apenas 280 km<sup>2</sup> encontra-se nas faixas de proteção, conforme preconiza o Código Florestal

A definição dos limites de uma área úmida constitui-se em uma tarefa desafiadora, mesmo com as ferramentas de geoprocessamento, devido aos aspectos característicos desses ambientes. Mita *et al.* (2007) definiram um raio de 300m a partir de cada *wetland* na região da Flórida. Os autores comentam que a padronização de uma área é importante, pois algumas métricas da paisagem dependem da escala adotada; reconhecem, entretanto, que a base empírica é limitada para especificar tais áreas.

Segundo Semlitsch e Bodie (2003), a definição de *buffers* é crítica para a manutenção da biodiversidade, pois tais áreas são importantes para a alimentação, abrigo, reprodução, entre outros, sendo que a interdependência biológica entre os habitats terrestre e aquático é essencial para a persistência das populações. Pesquisando anfíbios e répteis, os autores estimaram uma variação da área do entorno de *wetlands* em até 100 metros para a preservação das espécies.

Também trabalhando com anfíbios em áreas úmidas, Houlihan e Findlay (2003) verificaram que mesmo em longas distâncias, o tipo de uso do solo apresenta efeitos sobre a diversidade de espécies. Afirmam ainda que, a criação de *buffers* não é suficiente para conservação de áreas úmidas, sendo necessária a manutenção de paisagens heterogêneas com cobertura natural.

## **6.2.4 – Indicadores de Impacto**

### *6.2.4.1 - 11.1 – Balanço hídrico*

A hidrografia da região da APA IVAP está representada na Figura 6.22. A APA IVAP está inserida na região hidrográfica do rio Paraná. No Estado de Mato Grosso do Sul, tal região ocupa uma área total de 169.488,662 km<sup>2</sup>, que representa 47,7% da área do Estado. Essa área é 10,7% menor que a da bacia do rio Paraguai, porém abriga uma população 3,6 vezes maior, além disso, concentra o maior desenvolvimento econômico do Estado.

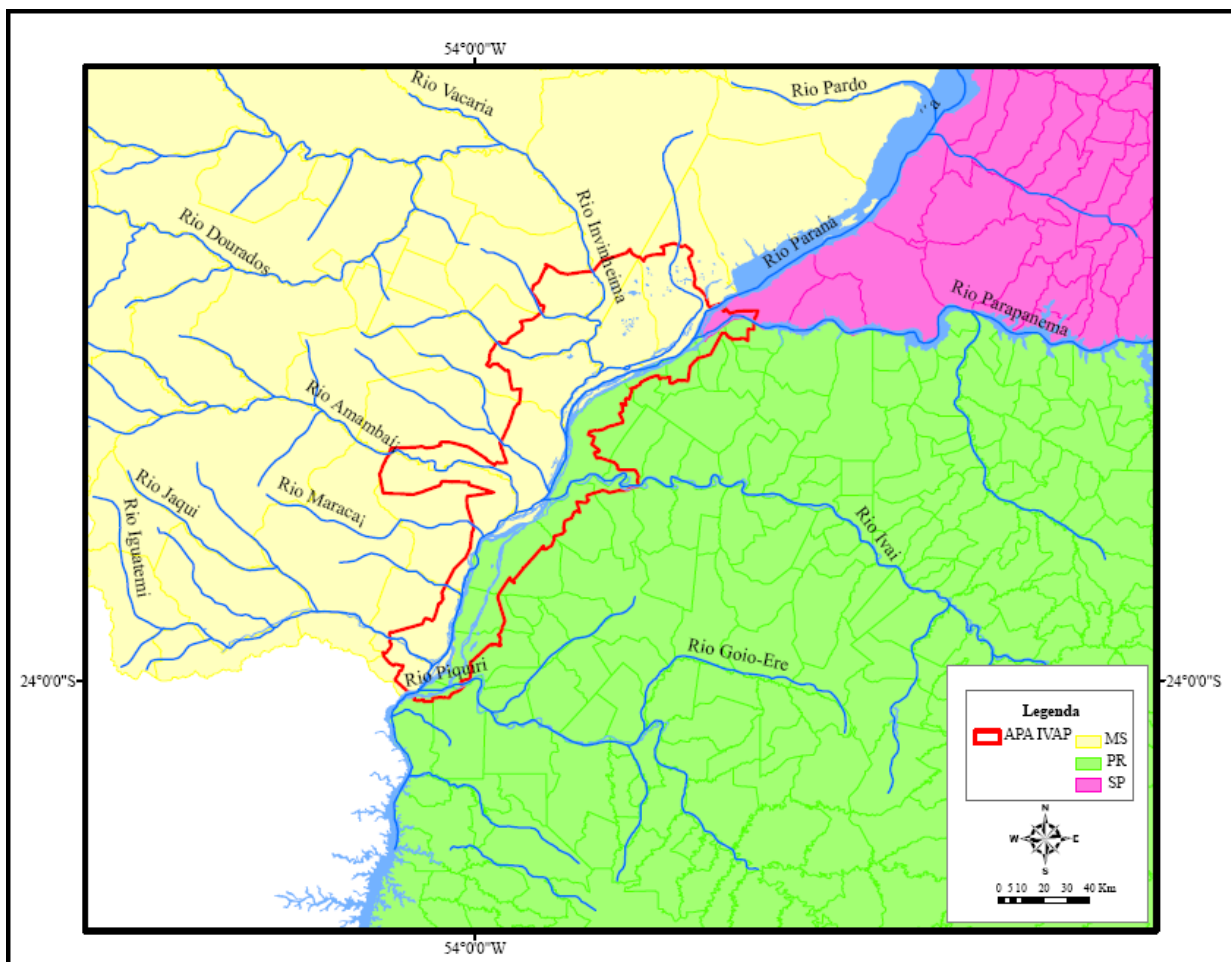


Figura 6.22 – Hidrografia da região da APA IVAP.

O PERH/MS (Mato Grosso do Sul, 2010) apresenta dados do balanço hídrico para cada uma das UPG's do Estado. Para as UPG's que estão inseridas na APA IVAP, os dados estão sintetizados na Tabela 6.11.

Tabela 6.11 – Dados de balanço hídrico para as UPG's inseridas na APA IVAP.

UPG	VAZÃO MÉDIA (m <sup>3</sup> /s)	VAZAO ESPECÍFICA Q <sub>7,10</sub> (L/s/km <sup>2</sup> )	RESERVAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA (milhões de m <sup>3</sup> /ano)	RELAÇÃO DEMANDA E DISPONIBILIDADE (m <sup>3</sup> /hab/ano)
Iguatemi	81,75	9,282	314,90	> 1700 (confortável)
Amambai	78,65	9,640	355,50	> 1700 (confortável)
Ivinhema	137,5	4,110	1.263,60	> 1700 (confortável)

Os maiores valores de vazão estão associados aos meses nos quais a precipitação é mais intensa, entre Dezembro a Março, enquanto os menores valores ocorrem em Agosto e Setembro. O PERH/MS destaca a menor variação da vazão nas nascentes dos rios, em relação às partes baixas, que apresentam sazonalidade mais marcada.

Em relação à água subterrânea, o documento PERH/MS chama a atenção para a necessidade de estudos específicos para o cálculo de reservas renováveis e exploráveis nos aquíferos do Estado destacando, entretanto, o grande potencial hídrico do Sistema Aquífero Guarani. As reservas foram calculadas com os dados de precipitação média anual na área de recarga direta dos aquíferos e sua taxa de infiltração.

A denominação “confortável” para a relação demanda e disponibilidade seguiu a classificação proposta pela ONU, a qual leva em conta as vazões médias mensais, as vazões de estiagem e as vazões totais de retirada. O PERH/MS apresenta outros quatro critérios para avaliar a disponibilidade hídrica e, em todos, as UPG’s inseridas na APA IVAP são classificadas como situação “excelente”.

A riqueza dos recursos hídricos e a possibilidade de exploração para a geração de energia elétrica, desenvolvimento do turismo, da energia elétrica, da navegação e da piscicultura são apontadas como potencialidades da região (Mato Grosso do Sul, 2002 e 2003).

Devido à importância do rio Paraná para o balanço hídrico na APA IVAP, são feitas algumas considerações sobre o mesmo.

De acordo com Comunello (2001), o nível fluviométrico no rio Paraná aumentou quando comparado ao período quando não havia a ação das barragens, embora a variação das cotas tenha diminuído ao longo dos últimos anos.

Os níveis fluviométricos, distribuídos por frequência, de 2000 até 2010, estão plotados na Figura 6.23. Pode ser observada uma redução no valor das cotas mais frequentes, em relação aos dados apresentados por Comunello (2001), assim como, um intervalo de valores mais

restrito, o que caracteriza a regularização do curso d'água. Devido à implantação das usinas hidrelétricas na região, a variação do nível fluviométrico do rio Paraná, é regulada conjuntamente, pelas referidas barragens, desde o ano 2000.

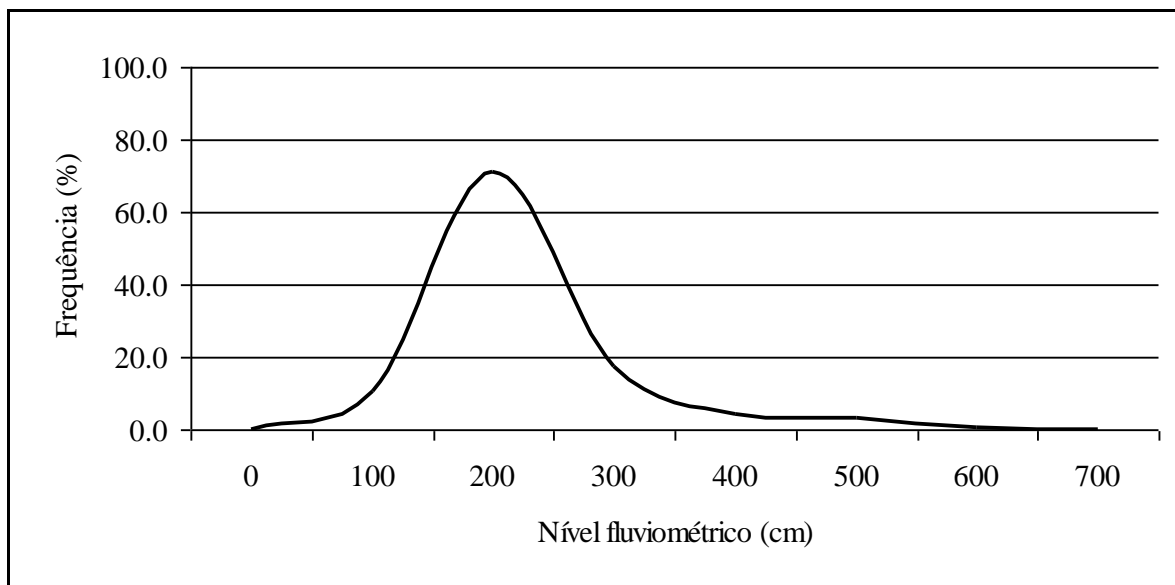


Figura 6.23 – Níveis fluviométricos do rio Paraná entre 2000 a 2010.

Collischonn *et al.* (2006), em artigo que discute os critérios utilizados para definir as vazões remanescentes em rios, caracterizam os componentes do regime hidrológico, importantes na manutenção dos ecossistemas associados aos rios: estiagens, cheias, tempo e período de ocorrência das cheias. Segundo os autores, a variabilidade interanual também é característica do regime hidrológico. Sugerem, portanto, que o planejamento da geração de energia elétrica deveria contemplar propostas regionais de uso de água e liberações experimentais de cheias induzidas pela operação de reservatórios. Recomendam ainda que as novas obras hidráulicas deveriam ter estruturas para permitir a passagem de vazões variáveis no tempo, permitindo a liberação de pequenas cheias, que, juntamente com as cheias naturais dos afluentes a jusante, poderiam cumprir o papel ecológico das cheias no rio.

Ao analisar a dinâmica de inundação de áreas sazonalmente úmidas na planície aluvial do alto rio Paraná, Comunello (2001) ressalta a participação e interação de outros sistemas hidrológicos, destacando a ação do rio Ivinhema, de maneira isolada e também conjugada com o rio principal (rio Paraná).

No documento intitulado “Modelo de Previsão de Vazões para a Bacia Incremental a Itaipu” (ONS, 2007)<sup>30</sup> relata-se que, durante os trabalhos de calibração do modelo adotado, foram encontradas dificuldades para a reprodução dos hidrogramas observados na sub-bacia do rio Ivinhema, pois devido às grandes planícies de inundação, a forma do hidrograma é diferenciada, existindo um atraso na ocorrência do pico das cheias por conta do armazenamento nessas planícies. O documento relata ainda que, no caso do rio Ivinhema, esse atraso chega a 12 dias após a ocorrência das chuvas, de tal modo que a fase ascendente do hidrograma apresenta duração maior que a fase descendente.

#### *6.2.4.2 - 11.2 – Outorgas de utilização dos recursos hídricos*

Não há outorgas concedidas para os municípios sul-matogrossenses da APA IVAP.

#### *6.2.4.3 - 11.3 – Taxas de erosão do solo*

De acordo com o Plano de Manejo da APA do Rio Iguatemi (CORIPA, 2008), o completo desconhecimento das condições naturais da área levou o ser humano a facilitar e acelerar o trabalho erosivo da drenagem, quando promoveu a substituição indiscriminada da vegetação nativa por pastagens cultivadas nas atividades pecuárias e por culturas temporárias nas atividades agrícolas. As ações antrópicas não consideraram o acentuado processo erosivo e o transporte de material do planalto em direção à planície, onde ocorre a formação de rochas com baixo grau de coesão, e solo predominantemente arenoso, resultando na presença de voçorocas, algumas delas “engolindo” pastagens.

Em relação ao assoreamento, o documento citado anteriormente descreve a “morte” de riachos e nascentes, transformados em areões úmidos. O assoreamento acontece pelo transporte de material erodido que acaba depositado no leito dos córregos de água e da bacia de acumulação de lagos e reservatórios. Esse efeito pode ser observado pela quantidade de material assoreado nos rios que compõem a bacia do rio Iguatemi, com diversos pontos tomados por bancos de areia. Por outro lado, esse processo de assoreamento sugere a conclusão de que, a cada ano, o

---

<sup>30</sup> Disponível em: [http://www.ons.org.br/download/previsao\\_vazoes/artigos\\_sessao/AT\\_Sess%C3%A3o23.pdf](http://www.ons.org.br/download/previsao_vazoes/artigos_sessao/AT_Sess%C3%A3o23.pdf)

nível das águas dos rios que compõem a bacia, por ocasião das cheias, tende a subir, diminuindo cada vez mais a disponibilidade de terras emersas, vitais à pecuária extensiva.

A Tabela 6.7 apresentou a área (em hectares) de terras degradadas nos municípios da APA IVAP. Especificamente, sobre as taxas de erosão do solo, não há dados disponíveis.

#### 6.2.4.4 - I2.1 – Extração de recursos vegetais

De acordo com Mato Grosso do Sul (2008b), o Estado perdeu praticamente toda a cobertura original na região correspondente ao Bioma Mata Atlântica, restando cerca de 20% de sua formação vegetal original. O desmatamento provocou a alteração na composição florística e também na faunística, em função da redução de ambientes. Os ambientes florestais se encontram bastante degradados ou inexistentes, em virtude das diversas atividades na região. Os poucos remanescentes não apresentam mais suas características originais, constituindo-se em estágios inicial a médio de sucessão.

Dos recursos vegetais extraídos, vale mencionar a *Pfaffia* (ginseng brasileiro), um vegetal que ocorre principalmente em áreas de várzeas na APA IVAP. Devido às propriedades medicinais como tônico, afrodisíaco e antidiabético, a demanda pelo produto é crescente; entretanto, a extração e o comércio não são atividades regularizadas. Na região, ocorrem as espécies *Pfaffia paniculata*, *P. iresinoides* e *P. glomerata* (Cortez *et al.*, 2001). Godoy (2000) relata que o extrativismo de *Pfaffia* é efetuado especialmente nas ilhas e áreas alagadas, entre os rios Ivinhema e Paraná. Trata-se de um processo que provoca a alteração dos ambientes, pois para facilitar a extração dos tubérculos realizam-se queimadas intencionais nas áreas de ocorrência da *Pfaffia*.

Não há dados disponíveis sobre a extração de outros recursos vegetais na APA IVAP.

#### 6.2.4.5 - I2.2 – Extração de recursos animais

Excetuando-se a atividade da pecuária (descrita anteriormente), o principal recurso animal extraído na região da APA IVAP são os peixes.



A aquicultura, produção proveniente do cultivo das espécies aquáticas, tem apresentado um crescimento significativo. Entre 1970 e 2000, o crescimento da atividade foi de 59 a 91% e, a partir de então, o crescimento anual médio foi de 11%. A contribuição da pesca extrativista ao consumo de pescado se estabilizou entre 10 a 11 kg *per capita*, no mesmo período (Michels, 2003). Segundo o autor, a tendência é o aumento da aquicultura, pois a pesca extrativista está praticamente estagnada devido à sobrepesca.

A Figura 6.24 apresenta a área ocupada por tanques, lagos, açudes e/ou área de águas públicas para exploração da aquicultura nos municípios sul mato-grossenses da APA IVAP, de acordo com o Censo Agropecuário do IBGE de 2006.

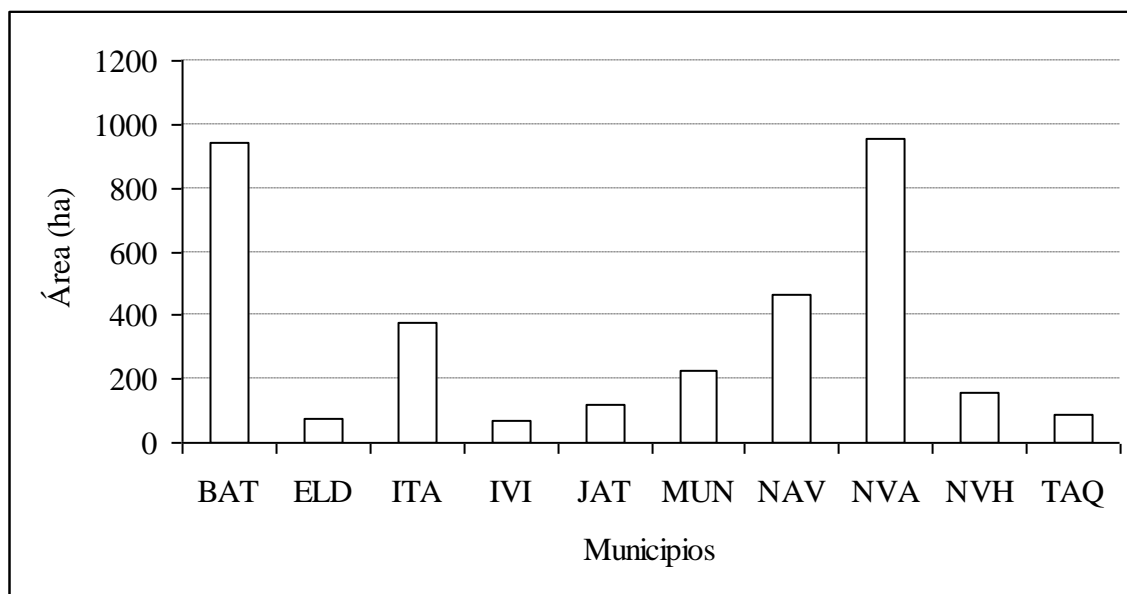


Figura 6.24 – Área ocupada por tanques, lagos, açudes e/ou área de águas públicas para exploração da aquicultura nos municípios sul mato-grossenses da APA IVAP. Dados do IBGE de 2006.

Em relação aos demais elementos da fauna, no Plano de Manejo da APA do rio Iguatemi, relata-se a existência de uma cultura, por parte da população local, de praticar a caça, seja esportiva ou para complementação de fonte protéica. A caça seletiva de algumas espécies contribui para o empobrecimento da fauna local e alterações nos níveis tróficos. Dentre as várias espécies abatidas, destacam-se capivaras, jacarés e papagaios. Pacas e cutias também têm sido ameaçadas por caçadores, pelo ataque de cães domésticos e por alterações nos ambientes florestais e ripários.

#### 6.2.4.6 - I2.3 – *Extração de recursos minerais*

O consumo de bens minerais é reflexo da atividade econômica de um país e, portanto, está associado ao grau de desenvolvimento das forças produtivas (Brasil, 2010). Países em desenvolvimento apresentam uma demanda crescente por recursos minerais, seja para atividades industriais ou para a construção civil.

Dos municípios da APA IVAP, Bataiporã e Mundo Novo são os únicos que possuem atividades de mineração. De acordo com o DNPM (2006), as indústrias são regularizadas e estão classificadas como médio e pequeno porte, respectivamente. Não há dados disponíveis sobre o volume extraído.

O rio Paraná, na porção sul da APA IVAP, é uma importante fonte de areia para a construção civil.

A disponibilidade da argila para a indústria cerâmica e outras matérias primas naturais, como cascalho e turfa ocorre em vários municípios da região, porém não tem sido devidamente aproveitadas (Mato Grosso do Sul, 2003).

#### 6.2.4.7 - I2.4 – *Ocorrência de organismos exóticos*

De acordo com a base de dados da Rede Temática de Espécies Exóticas Invasoras (I3N)-Brasil<sup>31</sup>, na APA IVAP ocorrem os seguintes organismos exóticos: *Melinis minutiflora* (capim gordura), *Urochloa* (capim braquiária), *Morus nigra* (amora), *Pinus elliotti* (pinus), *Eucalyptus* (eucalipto), *Psidium guajava* (goiaba), *Mangifera indica* (manga), *Syzygium cumini* (jambolão), *Apis mellifera* (abelha), *Astronotus crassipinis* (apaiari), *Cichla kelberi* (tucunaré), *Plagioscion squamosissimus* (corvina), *Lepus europaeus* (lebre) e *Sus scrofa* (javali).

#### 6.2.4.8 - I2.5 – *Ocorrência de organismos ameaçados de extinção*

---

<sup>31</sup> Disponível em: [http://i3n.institutohorus.org.br/list\\_especies.asp](http://i3n.institutohorus.org.br/list_especies.asp)

No documento sobre os indicadores de desenvolvimento sustentável no Brasil (Brasil, 2008) relata-se que, apesar dos danos que o tráfico causa à fauna silvestre brasileira, há uma carência generalizada de informações quantitativas sobre o tema, o que dificulta a avaliação da real dimensão do tráfico e de seu impacto. O comércio ilegal exerce uma forte pressão sobre as espécies traficadas, reduzindo suas populações e comprometendo sua sobrevivência.

Em levantamentos realizados ao longo do rio Iguatemi para elaboração do Plano de Manejo da APA do rio Iguatemi, foi constatado que, apesar da escassez de informações, algumas espécies de peixes encontram-se em categorias de ameaça da IUCN (*International Union for Conservation of Nature*), em função da constatação do declínio das populações, da destruição dos habitats, do isolamento das populações e de áreas de distribuição reduzidas. Essas espécies são os peixes de maior porte e de interesse comercial que realizam migrações reprodutivas e que utilizam, sucessivamente, os ambientes de várzea (planície de inundação) e o leito dos rios durante seu ciclo de vida. Além dos peixes, foram constatadas espécies de mamíferos e algumas aves ameaçadas de extinção. Tal processo é acelerado pela extração de recursos vegetais e tráfico de animais silvestres.

#### *6.2.4.9 - I3.1 – Caracterização de habitats naturais*

A integridade de habitats pode ser caracterizada quanto à manutenção da conectividade com outros ambientes. Na APA IVAP, não há informações sistematizadas sobre o processo de fragmentação dos ambientes naturais.

Um dos eventos responsáveis pela alteração de ambientes é a ocorrência de queimadas. A Figura 6.25 representa a quantidade de focos de calor na região da APA IVAP.

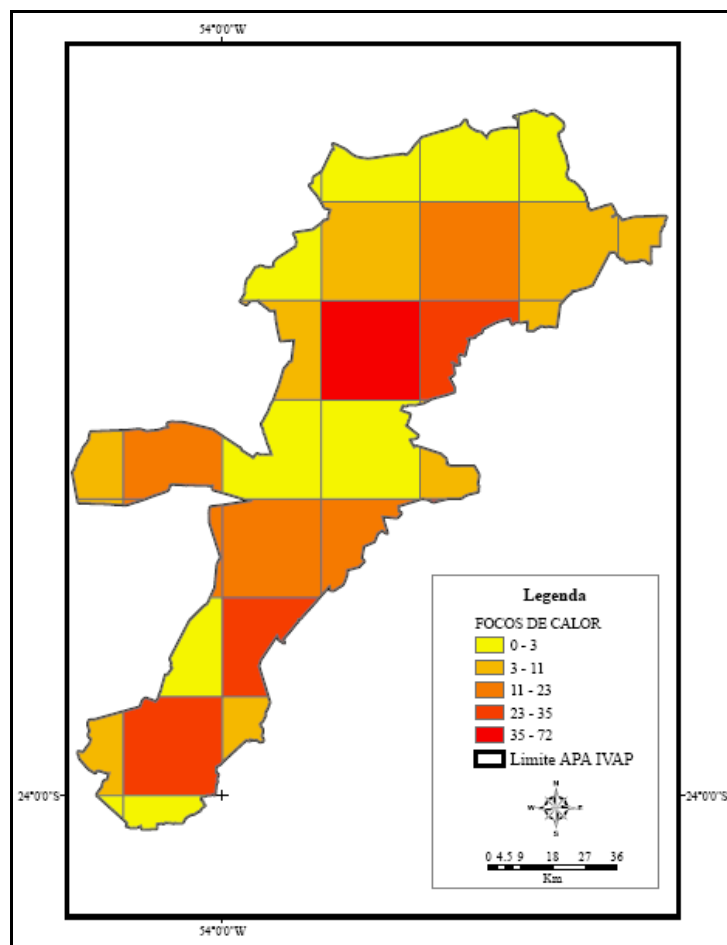


Figura 6.25 – Quantidade de focos de calor na APA IVAP (adaptado de MMA<sup>32</sup>).

As queimadas são atividades conflitantes na região da APA IVAP, provocadas principalmente por fazendeiros para a formação de pasto para o gado e para facilitar a extração de *Pfaffia*. O efeito da queimada sobre o ambiente natural afeta os padrões de alimentação e reprodução de muitas espécies, além de causar a morte de animais e perda de fertilidade do solo.

## 6.2.5 – Indicadores de Resposta

### 6.2.5.1 - R1.1 – Ações governamentais

O Estado de Mato Grosso do Sul possui um planejamento estratégico até o ano de 2020 denominado “Cenários e Estratégias de Longo Prazo – MS 2020”, que subsidiou a elaboração

<sup>32</sup> Disponível em: <http://siscom.ibama.gov.br/shapes/>

dos Planos Regionais de Desenvolvimento Sustentável - PRDS. Os PRDS são estruturados em dimensões: Ambiental, Econômica, Político-Institucional e Sócio-Cultural e foram construídos por meio de planejamento participativo. A partir do levantamento dos problemas e potencialidades de cada região, considerando as ameaças e oportunidades (tanto internacionais quanto nacionais), foi definida a carteira de projetos prioritários. Também resultante do processo foi a criação de Conselhos Regionais de Desenvolvimento – COREDES (Moraes *et al.* 2003).

Os municípios da APA IVAP estão distribuídos em três regiões político-administrativas: Sul-Fronteira, Leste e Grande Dourados. Embora os PRDS estejam publicados, não há dados atualizados sobre o funcionamento do COREDES em nenhuma das regiões.

Especificamente, para a temática Ambiental, um dos projetos definidos como prioritário é o incentivo à implantação de parques nacionais, reservas ecológicas e implantação de comitês de bacias hidrográficas (Mato Grosso do Sul, 2003).

Quanto aos recursos hídricos, o PERH/MS (Mato Grosso do Sul, 2010) propõe 16 programas agrupados em três componentes: “Desenvolvimento/Fortalecimento Político-Institucional”, “Planejamento e Gestão” e “Conservação do Solo, da Água e dos Ecossistemas”. Especificamente, para o último componente, os programas são: “Estudos Ambientais”, “Preservação Ambiental de Mananciais (conservação de solos e águas)” e “Apoio aos municípios para a gestão da qualidade ambiental do meio urbano e de eventos hidrológicos críticos”. De acordo com o documento, os programas e ações foram propostos considerando-se os princípios e diretrizes que devem orientar o planejamento e a gestão dos recursos hídricos no Estado.

#### *6.2.5.2 - R1.2 – Ações da sociedade civil organizada*

O Grupo de Estudos em Proteção à Biodiversidade (GEBIO) é uma ONG que atua na região de Naviraí, desde 2004. Os projetos de pesquisa e de educação ambiental desenvolvidos estão listados na Tabela 6.12.

Tabela 6.12 - Projetos desenvolvidos pela ONG GEBIO na região da APA IVAP.

TIPO	NOME	STATUS
Pesquisa	Comunidade de aves em diferentes tipos vegetacionais do Parque Estadual das Várzeas do Rio Ivinhema.	Concluído
	Avaliação e monitoramento da qualidade da Água do Córrego do Touro.	Andamento
	Utilização de poleiros artificiais e naturais como ferramenta para recuperação de áreas degradadas	Concluído
	Monitorar as características abióticas e a ictiofauna da micro-bacia do Córrego Tarumã	Andamento
	Monitoramento da avifauna na microbacia do Córrego Tarumã	Andamento
Educação ambiental	Metais pesados, coleta Seletiva, pilhas e baterias - Naviraí/MS.	Concluído
	Despertar para um comprometimento maior com a preservação das áreas protegidas no entorno dos Córregos Touro e Tarumã “Um Trabalho de Educação Ambiental”	Andamento
	Educação ambiental na microbacia do Córrego Tarumã (Sub bacia Hidrográfica do Rio Amambai, Bacia do Rio Paraná), Município de Naviraí-MS	Suspenso
	Trabalhar a educação ambiental elaborando ações para revitalização do entorno do Córrego Do Touro e participação popular	Andamento
	Revegetação das áreas de preservação permanente às margens dos córregos do Touro e Tarumã	Andamento
	Viveiro de mudas nativas projeto Touro-Tarumã	Andamento

A empresa Itaipu Binacional desenvolve o programa “Cultivando Água Boa” nos municípios lindeiros ao lago de Itaipu. Dentre os objetivos do programa, destacam-se: Recuperação de microbacias da Bacia do Paraná 3; Gestão participativa; Construção da Cultura da Água; Construção da Sustentabilidade; Busca do Novo Jeito de Ser/Sentir, Viver, Produzir e Consumir e Construção da Solidariedade entre as pessoas, e das mesmas com a natureza.

#### *6.2.5.3 - R1.3 – Pagamento por serviços ambientais*

Não há dados disponíveis para a APA IVAP.

#### *6.2.5.4 - R1.4 – Aplicação de tecnologias sustentáveis*

Não há dados disponíveis para a APA IVAP.

#### *6.2.5.5 - R2.1 – Ordenamento do uso do solo*

Não há dados disponíveis para a APA IVAP.

#### *6.2.5.6 - R2.2 – Estabelecimento de cadeias produtivas sustentáveis*

Em 2003, foi publicado o resultado do projeto “Cadeias Produtivas de Mato Grosso do Sul<sup>33</sup>” o qual procurou levantar, sistematizar, analisar e mapear as 10 das principais atividades econômicas sul-mato-grossenses: avicultura, cotonicultura (algodão/têxtil), couro bovino (calçados e artefatos), leite, mandioca, minero-siderurgia, piscicultura, resíduos sólidos urbanos de Campo Grande (lixo), sojicultura e suinicultura. A questão ambiental, que fomenta o aspecto da sustentabilidade, é tratada apenas quanto ao atendimento do que determina a legislação ambiental.

O estudo foi realizado conjuntamente pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), a Fundação Cândido Rondon (FCR) e as Secretarias de Estado de Receita e Controle (SERC) e de Produção e Turismo (SEPROTUR).

#### *6.2.5.7 - R3.1 – Coletânea de documentos legais*

---

<sup>33</sup> Disponível em: [http://www.fcr.org.br/?ca\\_id=48&codModelo=3](http://www.fcr.org.br/?ca_id=48&codModelo=3)

O Estado de Mato Grosso do Sul apresenta um conjunto consistente de documentos legais relativos às questões ambientais. São 32 leis, 74 decretos, 82 resoluções, 28 portarias e 36 deliberações. Pelo portal do Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul<sup>34</sup> todos esses documentos podem ser consultados.

Destacam-se, entretanto, a Política Estadual dos Recursos Hídricos e a criação do Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos no Mato Grosso do Sul (instituídas pela Lei nº 2406/02). O artigo 5º da referida lei, inciso II, determina que para o aproveitamento dos recursos hídricos, deve-se considerar a correta utilização das várzeas (denominação local para áreas úmidas), além do controle de cheias e drenagem e a prevenção de inundações.

#### *6.2.5.8 - R3.2 – Mecanismos de fiscalização*

Na APA IVAP, a Polícia Militar Ambiental possui unidades em Mundo Novo e Naviraí, com um efetivo de 30 policiais atuando na região.

#### *6.2.5.9 - R4.1 – Divulgação dos serviços ambientais*

Não há dados disponíveis para a APA IVAP.

#### *6.2.5.10 - R4.2 – Pesquisa científica*

A região no entorno da APA IVAP tem sido objeto de investigação por pesquisadores da Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, das Unidades Universitárias de Mundo Novo, Ivinhema e Dourados. As pesquisas realizadas nos rios da região enfocam, principalmente, as comunidades de invertebrados, peixes e vegetação. Verifica-se, entretanto, que, especificamente na APA IVAP, há poucas pesquisas sendo realizadas.

Outras instituições universitárias, como UniPar e UniOeste, também têm realizado pesquisas na região. Inúmeras dissertações, teses e trabalhos científicos sobre a Planície de Inundação do rio Paraná tem sido produzidos por pesquisadores do NUPELIA/UEM, há mais de 30 anos.

---

<sup>34</sup> <http://www.imasul.ms.gov.br/>



### **6.3 – CONSIDERAÇÕES SOBRE AS ATIVIDADES ANTRÓPICAS E OS SERVIÇOS AMBIENTAIS DE ÁREAS ÚMIDAS NA APA IVAP**

Os dados obtidos referentes aos indicadores de forças-motrizes caracterizam o comportamento demográfico da APA IVAP: há um crescimento populacional em várias cidades (constatado também no aumento do consumo de energia elétrica), sendo que a densidade demográfica é variável e, predominantemente, urbana.

Sobre os indicadores de desenvolvimento, observa-se a evolução do IDH na região, sendo que em alguns municípios a taxa de escolarização é maior que a média nacional. Na APA IVAP, a implantação das usinas hidrelétricas e o aumento na produção de cana-de-açúcar caracterizam a produção de energia por fontes renováveis.

Apesar do aumento da área cultivada (tanto de lavouras permanentes quanto temporárias), a pecuária ocupa a maior extensão de terras na APA IVAP; é importante destacar que o Estado de Mato Grosso do Sul é o principal exportador de carne bovina do País.

Embora os dados sejam escassos para avaliar a variação temporal, a situação dos recursos hídricos, quali e quantitativa, caracterizam o potencial da região para o aproveitamento por usos múltiplos de tais recursos.

A biodiversidade é expressiva na APA IVAP, entretanto, os documentos consultados sobre a região destacam a vulnerabilidade dos recursos naturais em decorrência da intensificação das atividades antrópicas.

As ações governamentais para a região são diversificadas, porém encontram-se na forma de projetos e programas. As atividades de pesquisa e educação ambiental são pontuais e não consideram a complexidade da UC. Apesar da ampla coletânea de documentos legais que tratam de questões ambientais, a fiscalização das atividades é comprometida, entre outros, pela extensão da APA IVAP.

Considerando os efeitos da urbanização e da expansão de atividades produtivas em áreas úmidas (como descrito no sub-item 3.1.2), deve ser divulgada a importância dos

ecossistemas da região seja de forma a sensibilizar as pessoas para a preservação dos recursos naturais da área.

É necessário que o plano de manejo da APA IVAP discipline o processo de uso e ocupação do solo na região para evitar o comprometimento dos serviços ambientais das áreas úmidas.

## 7 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- A organização de indicadores no modelo DPSIR permitiu estabelecer relações causais para a caracterização de áreas úmidas tropicais; entretanto, não foi possível associar diretamente o efeito da intensificação das atividades antrópicas sobre os serviços ambientais de tais ecossistemas, possivelmente porque foi proposta uma rede causal geral para as áreas úmidas tropicais, sem a seleção de serviços ambientais considerados prioritários ou identificados especificamente para a análise.

- A avaliação da rede causal proposta por meio de consulta a especialistas possibilitou a seleção de indicadores considerados mais adequados e assim, a elaboração de uma rede causal consolidada. Dos 63 indicadores propostos, todos os do componente Estado e Resposta foram selecionados; quanto aos indicadores de Impacto, apenas um não foi selecionado.

- A denominação e o significado do indicador foram os principais fatores usados pelos especialistas para justificarem a avaliação de alguns indicadores como “fraca adequação” e “não adequado”. Os campos de análise que apresentaram maior número de indicadores não selecionados foram Forças-motrizas e Pressão. Como os indicadores propostos para esses campos de análise não foram descritos, por serem indicadores de uso consagrado para planejamentos que contemplem o desenvolvimento sustentável, admite-se que a interpretação dos mesmos tenha sido dificultada. Embora os indicadores de Resposta também não tenham sido descritos, a interpretação para avaliação desses, certamente, foi mais imediata.

- A utilização de indicadores, estruturados no modelo DPSIR de rede causal, demonstrou ser uma abordagem efetiva, de primeira aproximação, para a caracterização da APA IVAP. Não foi possível, entretanto, verificar as relações causais referentes às áreas úmidas na UC devido, sobretudo, à disponibilidade dos dados que são dispersos, pontuais, estáticos e sem uniformidade temporal. Portanto, apesar da robustez do modelo, o mesmo não se aplicou ao estudo de caso.

- Embora se reconheçam as limitações da presente pesquisa, sem a utilização dos indicadores, a investigação seria mais dispendiosa tanto em tempo, esforço amostral e recursos financeiros empregados. Dessa forma, é possível afirmar que a aplicação de indicadores representa uma contribuição ao conhecimento sobre a APA IVAP e as áreas úmidas abrigadas em seu interior.

- Considerando o procedimento metodológico adotado e os resultados obtidos na pesquisa, recomenda-se o esforço em estabelecer redes causais específicas para os serviços ambientais de áreas úmidas; a aplicação de métodos multicritérios mais adequados para a consulta à especialistas (*Ad hoc*); o agrupamento de alguns indicadores em índices com a definição de classes de valores que permitam a interpretação quali ou quantitativa dos mesmos; a utilização de sensores orbitais mais precisos, que sejam capazes de discriminar as diferentes formas de uso e ocupação do solo e, finalmente, o desenvolvimento de vetores que expressem as mudanças espaço-temporais decorrentes da intensificação das atividades antrópicas para que seja possível a adoção de estratégias que preservem a integridade dos importantes serviços ambientais das áreas úmidas tropicais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andreazzi M.A.R., Barcellos C., Hacon S. (2007). “Velhos indicadores para novos problemas: a relação entre saneamento e saúde.” *Rev Panam Salud Publica*, **22**(3).
- Ausseil, A.G.E., Diamond, J.R., Shepeherd, J.D. (2007). “Rapid mapping and prioritisation of wetland sites in the Manawatu–Wanganui Region, New Zealand.” *Environmental Management*, **39**, 316–325.
- Azevedo, J., Nascimento, L.C.A., Costa, S.B. (2002). “Construção de um conjunto de indicadores de gerenciamento de resíduos sólidos. *Anais do X Simpósio sobre Meio Ambiente*, São Gonçalo, Brasil.
- Bastian, O.; Lutz, M. (2006) “Landscape functions as indicators for the development of local agri-environmental measures.” *Ecological Indicators*, **6**, 215–227.
- Bernardes, R.S., Costa, A.M., Pontes, C.A.A., Brandão, C.C.S., Silva, E.P., Heller, L., Ibanez-Novion, M.A., Costa, S.S. (2004). *Avaliação de impacto na saúde das ações de saneamento: marco conceitual estratégia metodológica*. OPAS. Ministério da Saúde: Brasília, 17-27.
- Bessa Júnior, O., Muller, A.C.P. (2000). “Indicadores ambientais georreferenciados para a Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba.” *R. Paran. Desenv.*, **99**, 105-119.
- Bidone, E.D., Castilhos, Z.C., Azevedo, J. (2004). “Avaliação Socioeconômica de Impactos Ambientais em Estruturas do Tipo Pressão-Condicionamento-Impacto-Resposta (PCIR).” In: Romeiro, A. R. (Org.). *Avaliação e Contabilização de Impactos ambientais*. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado, Cap. 11, 183-195.
- Bodini, A., Ricci A., Viaroli P. (2000). “A multimethodological approach for the sustainable management of perfluvial wetlands of the Po river (Italy).” *Environmental Management*, **26**(1), 59–72.
- Bohlen, P.J., Lynch, S., Shabman, L., Clark, M., Shukla, S., Swain, H. (2009). “Paying for environmental services from agricultural lands: an example from the northern Everglades.” *Front. Ecol. Environ.* **7**(1): 46–55, doi:10.1890/080107.
- Bolca, M.; Turkyilmaz, B.; Kurucu, Y.; Altinbas, U.; Esetlili, M.T.; Gulgun, B. (2007). “Determination of impact of urbanization on agricultural land and wetland land use in Balçovas’ Delta by remote sensing and GIS technique.” *Environ Monit Assess*, **131**, 409–419.

- Boyd, J., Banzhaf, S. (2007). "What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units." *Ecological Economics*, **63**, 616 – 626.
- Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2008). "*Indicadores de Desenvolvimento Sustentável*." 472p.
- Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). "*Indicadores de Desenvolvimento Sustentável*." 443p.
- Brazner, J.C.; Danz, N.P.; Niemi, G.J.; Regal, R.R.; Trebitz, A.S.; Hjowe, R.W.; Hanowski, J.M.; Johnson, L.B.; Ciborowski, J.J.H.; Johnston, C.A.; Reavie, E.; Brady, V.J.; Sgro, G.V. (2007) "Evaluation of geographic, geomorphic and human influences on Great Lakes wetland indicators: A multi-assemblage approach." *Ecological Indicators*, **7**, 610–635.
- Bürgi, M., Hersperger, A.M., Schneeberger, N. (2004). "Driving forces of landscape change – current and new directions." *Landscape Ecology*, **19**, 857-868.
- Cabezas, A.; Gonzáles, E.; Gallardo, B.; Garcia, M.; Gonzáles, M.; Comín, F.A. (2008). "Effects of hydrological connectivity on the substrate and understory structure of riparian wetlands in the Middle Ebro River (NE Spain): Implications for restoration and management." *Aquat. Sci.* **70**, 361–376.
- Cardoni, D.A., Fávero, M., Isacch, J.P. (2008). "Recreational activities affecting the habitat use by birds in Pampa's wetlands, Argentina: Implications for waterbird conservation." *Biological conservation*, **141**, 797-806.
- Carvalho, S.N. (2001). "Estatuto da cidade: aspectos políticos e técnicos do plano diretor." *São Paulo Perspec.* **15**(4), 130-135.
- Carvalho, A.R. (2007). "An ecological economics approach to estimate the value of a fragmented wetland in Brazil (Mato Grosso do Sul state)." *Brazilian Journal of Biology*, **67**(4), 663-671.
- Castro, L.M.A., Baptista, M.B., Cordeiro Netto, O.M. (2004). "Análise multicritério para a avaliação de sistemas de drenagem urbana - Proposição de indicadores e de sistemática de estudo." *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **9** (4), 05-19.
- Cedfeldt, P.T., Watzin, M.C., Richardson, B.D. (2000). "Using GIS to identify functionally significant wetlands in the northeastern United States." *Environmental Management*, **26**(1), 13-24.
- Cinquini, J.A., Silva, J.S.V., Abdon, M.M. (2011). "Identificação de padrões de imagens LANDSAT no período de seca e cheia para interpretação de Savana Estépica (Chaco) e seus

- contatos florísticos no Pantanal.” *Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, INPE, 3330-3337, Curitiba, Brasil.
- Cole, C.A. (2002). “The assessment of herbaceous plant cover in wetlands as an indicator of function.” *Ecological Indicators*, **2**, 287-293.
- Collischonn, W., Souza, C.F., Priante, G.R., Freitas, G.K., Tassi, R., Agra, S.G. (2006). “Da vazão ecológica ao hidrograma ecológico.” *VIII Congresso da Água*, Figueira da Foz.
- Comunello, E. (2001). *Dinâmica de inundação de áreas sazonalmente alagáveis na planície aluvial do alto rio Paraná*. Dissertação. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR.
- Comunello, E., Souza Filho, E.E., Rocha, P.C., Nanni, M.R. (2003). Dinâmica de inundação de áreas sazonalmente alagáveis na planície aluvial do alto rio Paraná: estudo preliminar. *Anais do XI Simpósio Brasileira de Sensoriamento Remoto*, INPE, 2459-2466, Belo Horizonte, Brasil.
- CORIPA. Consórcio intermunicipal da APA da bacia do rio Iguatemi (2008). *Plano de manejo área de proteção ambiental da bacia do rio Iguatemi*. Idéia Ambiental Instituto de Pesquisa e Conservação da Natureza.
- Côrtes, J.M. (2009). *Sistemática de auxílio à decisão para a seleção de alternativas de controle de inundações urbanas*. Tese, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília, DF.
- Cortez, D.A.G., Truiti, M.C.T., Cortez, L.E.R. (2001). “Ginseng brasileiro: revisão bibliográfica”. *Arq. Cienc. Saúde Unipar*, **2**(3), 299-306.
- Costa, C.S.B., Marangoni, J.C. (2000). “Impacto ambiental do asfaltamento da BR 101 sobre as marismas de São José do Norte (RS, Brasil): Estado atual e efeitos potenciais. *Anais do V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros*, ACIESP, n. 109, 268-291, São Paulo, Brasil.
- Dale, V.H., Beyeler, S.C. (2001) “Challenges in the development and use of ecological indicators.” *Ecological Indicators*, **1**, 3–10.
- De Groot, R.S. (1992). *Functions of Nature: evaluation of nature in environmental planning, management and decision-making*. Wolters Noordhoff BV, Groningen, The Netherlands., 345 p.
- De Groot, R.S., Wilson, M.A., Boumans, R.M.J. (2002). “A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services.” *Ecological Economics*, **41**, 393–408.

- De Groot, R.S., Stuip, M.A.M., Finlayson, C.M., Davidson, N. (2006). “Valuing wetlands: guidance for valuing the benefits derived from wetland ecosystem services.” Ramsar Technical Report No. 3/CBD Technical Series No. 27. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland & Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Canada. ISBN 2-940073-31-7.
- De Wit, C.T. (1993). “Philosophy and terminology”. In: Leffelaar, P.A. (ed.) *On system analysis and simulation of ecological processes*. (Current issues in productive ecology: v.1). Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Dimitriou, E., Zacharias, I. (2010). “Identifying microclimatic, hydrologic and land use impacts on a protected wetland area by using statistical models and GIS techniques.” *Mathematical and Computer Modelling*, **51**, 200-205.
- DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral (2006). *Anuário Mineral Brasileiro*. Parte 1, 58p.
- Drew, W.M., Ewel, K.C., Naylor, R.L., Sigrah, A. (2005). “A tropical freshwater wetland: III. Direct use values and other goods and services.” *Wetlands Ecology and Management*, **13**, 685-693.
- ESRI – Environmental Systems Research Institute. (2010). *ArcGIS 9.3 Desktop*.
- Esteves, F.A. (1998). “Considerations on the ecology of wetlands, with emphasis on brazilian floodplain ecosystems.” *Oecologia Brasiliensis*, **4**, 111-135.
- Euliss Jr., N.H., Smith, L.M., Liu, S., Duffy, W.G., Faulkner, S.P., Gleason, R.A., Ecklefs, D., (2011). “Integrating estimates of ecosystem services from conservation programs and practices into models for decision makers: the vision for CEAP wetland.” *Ecological Applications*, **21**, 128-134.
- Falkenmark, M., Finlayson, M., Gordon, L.J., Bennett, E.M.; Chiuta, T.M., Coates, D., Gosch, N., Gopalakrishnan, M., de Groot, R., Jacks, S., Kendy, G., Oyebande, E., Moore, L., Peterson, M., Portuguez, G.D., Seesink, J.M., Tharme, K., Wasson, R. (2007). “Agriculture, water, and ecosystems: Avoiding the costs of going too far”. In: Molden, David (Ed.). *Water for food, water for life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. London, UK: Earthscan
- Faulkner, S., Baldwin, M., Barrow, W., Waddle, H., Keeland, B., Walls, S., James D., Moorman., T. (2010). *Regional estimates of ecological services derived from U.S. Department of*



- agriculture conservation programs in the Mississippi Alluvial Valley*. Report to USDA, Natural Resources Conservation Service. 103p.
- Fidalgo, E.C.C. (2003). “Critérios para a análise de métodos e indicadores ambientais usados na etapa de diagnóstico de planejamentos ambientais.” Tese. Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade de Campinas, Campinas. 276 p.
- Figuroa, F.E.V. (1996). *Avaliação econômica de ambientes naturais. O caso das áreas alagadas. Uma proposta para a represa do Lobo (Broa). Itirapina – SP*. Dissertação. Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental. Universidade de São Paulo, São Carlos. 143p.
- Findlay, S.E., Kiviat, E., Nieder, C., Blair, E.A. (2002). “Functional assessment of a reference wetland set as a tool for science, management and restoration.” *Aquat. Sci.* 64, 107-117.
- Fry, G., Tveit, M.S., Ode, A., Velarde, M.D. (2009). “The ecology of visual landscapes: Exploring the conceptual common ground of visual and ecological landscape indicators.” *Ecological Indicators*, **9**, 933-947.
- Galbraith, H., Amerasinghe, P., Huber-Lee, A. (2005). *The effects of agricultural irrigation on wetland ecosystems in developing countries: A literature review*. CA Discussion Paper 1 Colombo, Sri Lanka: Comprehensive Assessment Secretariat.
- Gallopín, G.C. (1997). “Indicators and their use: information for decision-making – part one - introduction”. In: Moldan, B. e Bilharz, S. *Sustainability Indicators*. Disponível em: [www.icsu-scope.org/downloadpubs/scope58](http://www.icsu-scope.org/downloadpubs/scope58), Acesso em 07 de março de 2009.
- Gathumbi, S.M., Bohlen P.J. (2005). “Nutrient enrichment of wetland vegetation and sediments in subtropical pastures.” *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **69**, 539–548.
- Godoy, A.M.G. (2000). “A região e os ilhéus do arquipélago de Ilha Grande.” *Arq. cien. vet. zool.* UNIPAR, **3**(2), 125-137.
- Heink, U., Kowarik, I. (2010). “What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning.” *Ecological Indicators* **10**, 584–593.
- Heller, L., Heller, P.G.B., Monteiro, F.M. (2004). Construção de indicadores de saneamento: uma experiência a partir das bases de dados brasileiras. *Anais eletrônico XXIX Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental AIDIS*, Vol.1. San Juan, Porto Rico.
- Herath, G. (2004). “Incorporating community objectives in improved wetland management: the use of the analytic hierarchy process.” *Journal of Environmental Management* **70**, 263-273.

- Hermann, A., Schleifer, S., Wrбка, T. (2011) “The concept of ecosystem services regarding landscape research: a review.” *Living Rev. Landscape Res.* **5**. Disponível em: <http://www.livingreviews.org/lrlr-2011-1>.
- Hongo, H., Masikini, M. (2003). “Impact of immigrant pastoral herds to fringing wetlands of lake Victoria in Magu district Mwanza region, Tanzania.” *Physics and Chemistry of the Earth*, **28**, 1001-1007.
- Houlahan, J.E. e Findlay, C.S. (2003) “The effects of adjacent land use on wetland amphibian species richness and community.” *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **60**(9), 1078-1094.
- Howarth, R.B., Farber, S. (2002). “Accounting for the value of ecosystem services.” *Ecological Economics*, **41**, 421–429.
- Hruby, T. (1999). “Assessments of wetland functions: what they are and what they are not.” *Environmental Management*, **23**(1), 75-85.
- Hussain, S.A., Badola, R. (2008). “Valuing mangrove ecosystem services: linking nutrient retention function of mangrove forests to enhanced agroecosystem production”. *Wetlands Ecological Management*, DOI 10.1007/s11273-008-9080-z
- ICM-Bio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. (2008). Parque Nacional de Ilha Grande. Plano de Manejo.
- IMASUL. Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. (2008). Parque Estadual das Várzeas do rio Ivinhema. Plano de Manejo.
- Jardim, M.H. (2010). *Pagamentos por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso do município de Extrema - MG*. Dissertação. Mestrado em Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília, Brasília. 221 p.
- Jenkins, W.A., Murray, B.C., Kramer, R.A., Faulkner, S.P. (2010). “Valuing ecosystem services from wetlands restoration in the Mississippi Alluvial Valley.” *Ecological Economics*, **69**, 1059-1061.
- Kadlec, R.H., Knight, R.L. (1996). *Treatment wetlands*. CRC Press/Lewis Publishers, Florida.
- Kashaigili, J.J., Mbilinyi, B.P., McCartney, M., Mwanuzi, F.L. (2006). “Dynamics of Usangu plains wetlands: Use of remote sensing and GIS as management decision tools.” *Physics and Chemistry of the Earth*, **31**, 967–975.

- Konarska, K.M., Sutton, P.C., Castellon, M. (2002). "Evaluating scale dependence of ecosystem service valuation: a comparison of NOAA-AVHRR and Landsat TM datasets." *Ecological Economics*, **41**, 491–507.
- Kutchenski Júnior, F.E., Fiedler, N.C., Tomas, W.M. Silva, G.F., Rezende, A.V. (2004). "Análise da influência dos canais de drenagem artificial na degradação ambiental da planície de inundação do rio Paraná." *Brasil Florestal*, **80**, 17-24.
- La Peyre, M.K., Reams, M.A., Mendelssohn, I.A. (2001). "Linking actions to outcomes in wetland management: an overview of U.S. state wetland management." *Wetlands*, **21**(1), 66-74.
- Lausch, A., Herzog, F. (2002). "Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issues of scale, resolution and interpretability." *Ecological Indicators*, **2**, 3-15.
- Lemos, V.B., Paranhos Filho, A.C., Almeida, T.I.R., Penatti, N.C. (2011). "Uso dos sensores WFI/CBERS-2B e MODIS/AQUA no estudo das áreas inundáveis no Pantanal." *Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, INPE, 2748-2755, Curitiba, Brasil.
- Lenz, R., Peters, D. (2006). "From data to decisions: Steps to an application-oriented landscape research." *Ecological Indicators*, **6**, 250-263.
- Lermontov, A., Yokoyama, L., M., Lermontov, M., Machado, M.A.S. (2009). "River quality analysis using fuzzy water quality index: Ribeira do Iguape river watershed, Brazil". *Ecological Indicators*, **9**, 1188–1197.
- Li, Y., Zhu, X., Sun, X., Wang, F. (2010) "Landscape effects of environmental impact on bay-area wetlands under rapid urban expansion and development policy: A case study of Lianyungang, China". *Landscape and urban planning*, **94**(3-4), 218-227.
- Lima, G.T.N.P. (2011). "Metodologia para avaliação de forças motoras e vetores de mudança na determinação de serviços ecossistêmicos. Estudo de caso: Ilha de São Sebastião – SP/Brasil." Tese. Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 169p.
- Loiselle, S.A., Bastianoni, S., Bracchini, L. Rossi, C. (2004). "Neotropical wetlands: new instruments in ecosystem management." *Wetlands Ecology and Management* **12**, 587-596.
- Lucas Rosa, M.C.A., Sanches, L. (2011). "Uso de composições de bandas do satélite LANDSAT 5 TM para caracterizar a dinâmica da variação de áreas alagadas no Pantanal mato-grossense." *Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, INPE, 5292-5299, Curitiba, Brasil.

- Ludin A.N.M., Hosni, N. (2006). “An integrated landscape resource assessment for sustainable wetland development case study: Sungai Pulai Johor.” [http://www.gisdevelopment.net/application/environment/wetland/ma06\\_225abs.htm](http://www.gisdevelopment.net/application/environment/wetland/ma06_225abs.htm). Acesso em 18 de fevereiro de 2008.
- Magalhães Junior, A.P. (2007). *Indicadores ambientais e recursos hídricos*. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro. 688p.
- Maranhão, N. (2007). *Sistema de indicadores para planejamento e gestão dos recursos hídricos de bacias hidrográficas*. Tese. Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 422 p.
- Martini, P.R. (2006). Áreas úmidas da América do Sul registradas em imagens de satélites. *Anais do I Simpósio de Geotecnologias no Pantanal*, EMBRAPA/INPE, 872-886, Campo Grande, Brasil.
- Mato Grosso do Sul. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia. (2002). *Plano Regional de Desenvolvimento Sustentável – Região Sul-fronteira*. 100p.
- Mato Grosso do Sul. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia. (2003). *Plano Regional de Desenvolvimento Sustentável – Região Leste*. 112p.
- Mato Grosso do Sul. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia. (2008a). *Dados Estatísticos de Mato Grosso do Sul 2008: Ano base: 2007*. 503p.
- Mato Grosso do Sul (2008b). *Zoneamento Ecológico-Econômico do Mato Grosso do Sul – Primeira Aproximação*. 311p.
- Mato Grosso do Sul. Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul/IMASUL. (2009). *Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Mato Grosso do Sul*. Campo Grande, MS: IMASUL. 240p.
- Mato Grosso do Sul. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia e Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. (2010). *Plano estadual de recursos hídricos de Mato Grosso do Sul*. Campo Grande, MS: Editora UEMS. 194p.
- Mattos, L.M. (2010). “Decisões sobre usos da terra e dos recursos naturais na agricultura familiar amazônica: o caso do PROAMBIENTE.” Tese. Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente. Universidade de Campinas, Campinas. 474p.

- Meirelles, A.C., Lourenço, J.N.P. (2009). “Avaliação da sustentabilidade dos recursos naturais em área de várzea na região do Paraná de Parintins.” *Rev. Bras. de Agroecologia*, **4**(2), 2188-2191.
- Mensing, D.M., Galatowitsch, S.M., Tester, J.R. (1998). “Anthropogenic effects on the biodiversity of riparian wetlands of a northern temperate landscape.” *Journal of Environmental Management*, **53**, 349–377.
- Migliorini, L.T., Tonello, D. (2005). *Sustainable development in wetland areas*. Final Summary Report. Area Europa Development Consulting.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005a). *Ecosystems and human well-being: a framework for assessment*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005b). *Ecosystems and human well-being: wetlands and water synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Minoti, R.T. (2006). *Abordagens qualitativa e quantitativa de micro-bacias hidrográficas e áreas alagáveis de um compartimento do Médio Mogi-Superior/SP*. Tese. Ciências da Engenharia Ambiental. Universidade de São Paulo, São Carlos, 247p.
- Mita, D., DeKeyser, Kirby, D., Easson, G. (2007). “Developing a wetland condition prediction model using landscape structure variability.” *Wetlands*, **27**(4), 1124-1133.
- Mitsch, W.J., Gosselink, J.G. (1993). *Wetlands*. Van Nostrand Reinhold, New York, 722p.
- Moraes, A.R., Ataíde, W.F., Bernardes, R.S. (2008) “Wetlands management using multi-criteria methods”. *Proceedings of 11<sup>th</sup> International Conference on Wetlands Systems for Water Pollution Control*, Vol. 2, 676-682, Indore, India.
- Moraes, A.R., Bernardes, R.S. (2009a). “Causal network approach for selection of wetlands indicators in a brazilian environmental protection area”. *Proceedings of IALE Conference: Landscape Ecology in Latin America: Challenges and Perspectives*, p.97, Campos do Jordão, Brasil.
- Moraes, A.R., Bernardes, R.S. (2009b). “Estimativa de áreas potencialmente alagáveis na Área de Proteção Ambiental das ilhas e várzeas do rio Paraná utilizando HEC-geoHMS.” *Anais do II Simpósio de Geotecnologias no Pantanal*, EMBRAPA/INPE, 895-904, Corumbá, Brasil.
- Moraes, A.R., Bernardes, R.S. (2011a). “Alterações no uso do solo da APA ilhas e várzeas do rio Paraná (MS/PR/SP) durante a década de 2000”. *Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, INPE, 6121-6127, Curitiba, Brasil.

- Moraes, A.R., Minoti, R.T., Bernardes, R.S. (2010). “O uso de redes causais e indicadores para promoção da qualidade ambiental: enfoque para os serviços ambientais de áreas alagáveis.” *OLAM – Ciência & Tecnologia*, **10**(1), 118-140.
- Moraes, A.R., Minoti, R.T., Bernardes, R.S. (2011b). “An estimation of wetlands occurrence in a brazilian environmental protection area using geographic information systems”, *Proceedings of the Joint Conference of Society of Wetland Scientists, Wetland Pollution and Wetland Biogeochemistry Symposium*, p.216, Praga, República Tcheca.
- Moraes, A.R., Minoti, R.T., Bernardes, R.S. (2011c). “A proposal for primary indicators of changes on environmental functions of tropical wetlands”, *Proceedings of the Joint Conference of Society of Wetland Scientists, Wetland Pollution and Wetland Biogeochemistry Symposium*, p.215, Praga, República Tcheca.
- Moraes, A.R., Zucca, C.F., Souza, M.S. (2003). “Desenvolvimento sustentável no Mato Grosso do Sul: uma análise dos planos regionais”. *Anais do VI Congresso de Ecologia do Brasil*, SEB/UFC, 27-28, Fortaleza, Brasil.
- Müller, F., Lenz, R. (2006) “Ecological indicators: Theoretical fundamentals of consistent applications in environmental management.” *Ecological Indicators*, **6**, 1-5.
- Niemeijer, D., De Groot, R.S. (2008) “A conceptual framework for selecting environmental indicator sets.” *Ecological Indicators*, **8**, 14–25.
- Norberg J. (1999). “Linking nature’s services to ecosystems: some general ecological concepts.” *Ecological Economics*, **29**, 183–202.
- OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2003). *Environmental Indicators – Development, measurement and use*. Reference paper. Disponível em <http://www.oecd.org/env/>. Acesso em 15 de abril de 2008.
- Oliveira, L.R. (2008). *Serviços ambientais da agricultura familiar: contribuições para o desenvolvimento sustentável*. Dissertação. Mestrado em Agronegócios. Universidade de Brasília, Brasília, 140p.
- Ozesmi, S.L., Bauer, M.E. (2002). “Satellite remote sensing of wetlands.” *Wetlands Ecology and Management*, **10**, 381-402.
- Papadimitriou, F. (2002). “Modelling indicators and indices of landscape complexity: an approach using G.I.S.” *Ecological Indicators*, **2**, 17-25.

- Passos, H.D.B., Pires, M.M., Rita, L.M.S., (2007) “O uso de indicadores ambientais para agroecossistemas.” *Anais do VII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica*, 1-12, Fortaleza, Brasil.
- Pedreira, B.C.C.G., Santos, R.F., Rocha, J.V. (2009). “Planejamento agroturístico de propriedade rural sob a perspectiva da conservação ambiental.” *Revista Brasileira de Engenharia Ambiental*, **13**(6), 741-749.
- Poissant, L., Beauvais, C., Lafrance, P., Deblois, C. (2008). “Pesticides in fluvial wetlands catchments under intensive agricultural activities.” *Science of the Total Environment*, **404**, 182-195.
- PROBIO. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – Edital PROBIO 02/2004. *Levantamento dos remanescentes da cobertura vegetal dos biomas brasileiros*. Ministério do Meio Ambiente: Brasília, 14p.
- Ramsar Convention Secretariat (2007a). *Inventory, assessment, and monitoring: An Integrated Framework for wetland inventory, assessment, and monitoring*. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands, 3rd edition, vol. 11. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.
- Ramsar Convention Secretariat (2007b). *River basin management: Integrating wetland conservation and wise use into river basin management*. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands, 3rd edition, vol. 7. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.
- Ramsar Convention Secretariat (2007c). *Water allocation and management: Guidelines for the allocation and management of water for maintaining the ecological functions of wetlands*. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands, 3rd edition, vol. 8. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.
- Ramsar Convention Secretariat (2007d). *Wetland inventory: A Ramsar framework for wetland inventory*. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands, 3rd edition, vol. 12. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.
- Ramsar Convention Secretariat (2007e). *Wise use of wetlands: A Conceptual framework for the wise use of wetlands*. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands, 3rd edition, vol. 1. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.
- Rebelo, L.M., Finlayson, C.M., Nagabhatla, N. (2009). “Remote sensing and GIS for wetland inventory, mapping and change analysis.” *Journal of Environmental Management*, **90**, 2144-2153.

- REDE. Rede Interagencial de Informações para a Saúde. (2002). *Indicadores básicos de saúde no Brasil: conceitos e aplicações*. OPAS Organização Pan-Americana da Saúde. Ministério da Saúde: Brasília, 299p.
- Salles, P.S.B.A., Walter, M.I.T., Castro, H.C.O. (2004). *Sustentabilidade ambiental: objetivo 7: garantir a sustentabilidade ambiental*. Organização UnB, PUCMinas/IDHS, PNUD, 308p.
- Santos, F.B.N., Moret, A.S. (2009). “Valoração ambiental e sustentabilidade.” *OLAM – Ciência & Tecnologia*, **9**(1), 198-218.
- Santos, R.F. (2004). *Planejamento ambiental: teoria e prática*. Ed. Oficina dos Textos, São Paulo, Brasil, 184p.
- Schuyt, K., Brander, L. (2004). *Living waters, conserving the source of life: the economic values of the world’s wetlands*. WWF International.
- Semlitsch, R.D., Bodie, J.R. (2003). Biological criteria for buffer zones around wetlands and riparian habitats for amphibians and reptiles. *Conservation Biology* **17**, 1219–1228.
- Serafini, L.Z. (2007). *Proteção jurídica das áreas úmidas e os direitos socioambientais*. Dissertação. Pontífica Universidade Católica do Paraná. Curitiba. 164p.
- Shields, D.J., Šolar, S.V., Martin, W.E. (2002). “The role of values and objectives in communicating indicators of sustainability.” *Ecological Indicators*, **2**, 149-160.
- Sigua, G.C., Coleman, S.W., Albano, J. (2009). “Beef cattle pasture to wetland reconversion: Impact on soil organic carbon and phosphorus dynamics.” *Ecological Engineering*, **35**, 1231–1236.
- Simões, F.S., Moreira, A.B., Bisinoti, M.C., Gimenez, S.M.N., Yabe, M.J.S. (2008). Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. *Ecological Indicators* **8**, 476–484.
- Simonit S., Cattaneo F., Perrings, C. (2005). “Modelling the hydrological externalities of agriculture in wetlands: the case of rice in Esteros del Iberà, Argentina.” *Ecological Modeling*, **186**(1), 123-141.
- Smith, L.M., Haukos, D.A., McMurry, S.T., LaGrange, E., Willis, D. (2011). “Ecosystem services provided by playa wetlands in the High Plains: potential influences of USDA conservation programs and practices. *Ecological Applications*, **21**, doi:10.1890/09-1133.1



- Steinman, A.D., Conklin, J., Bohlen, P.J., Uzarski, D.G. (2003). "Influence of cattle grazing and pasture land use on macroinvertebrate communities in freshwater wetlands." *Wetlands*, **23**(4), 877-889.
- Surgik, A.C.S. (2004). "Aspectos jurídicos e fundiários da utilização social, econômica e ambiental da várzea: análise para a elaboração e modelos de gestão." Relatório Final - *Projeto manejo dos recursos naturais da várzea – Provárzea*, IBAMA.
- Terramax (2005). Instituto Terramax, Relatório Ambiental Preliminar.
- Tiner, R.W. (2004). "Remotely-sensed indicators for monitoring the general condition of "natural habitat" in watersheds: an application for Delaware's Nanticoke River watershed." *Ecological Indicators*, **4**, 227-243.
- Travassos, L.E.P. (2001). "Impactos gerados pela UHE Porto Primavera sobre o meio físico e biótico de Campinal, Presidente Epitácio, SP." *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, **1**(1).
- Tundisi, J.G. (2007). "Exploração do potencial hidrelétrico da Amazônia." *Estudos Avançados*, **21**(59), 109-117.
- Tundisi, J.G., Tundisi, T.M. T.M. (2010). "Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos." *Biota Neotrop* (**10**)4. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n4/pt/abstract?article+bn01110042010>. ISSN 1676 - 0603.
- Turner, R.K., van den Bergh, J.C.J.M., Söderqvist, T. Barendregt, A., van der Straaten, J., Maltby, E., van Ierland, E.C. (2000). "Ecological economic analysis of wetlands: scientific integration for management and policy." *Ecological Economics*, **35**, 7-23.
- Turnhout, E., Iler, M.H., Eijsackers, H. (2007). "Ecological indicators: Between the two fires of science and policy" *Ecological Indicators*, **7**, 215-228.
- US EPA. United States Environmental Protection Agency (2000). In: Jackson, L.E., Kurtz, J.C., Fisher, W.S. (Eds.), *Evaluation Guidelines for Ecological Indicators*. EPA/620/R-99/005, US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Research Triangle Park, NC.
- US EPA. United States Environmental Protection Agency (2004). In: Fennessy, M.S., Jacobs, M.D., Kentula, M.E. (Eds.), *Review of rapid assessment methods for assessing wetland condition*. EPA/620/R-04/009, US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Research Triangle Park, NC.

- US EPA. United States Environmental Protection Agency (2008). *Nutrient criteria technical guidance manual*. EPA/822/B-08/001, US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Research Triangle Park, NC.
- Valeriano, M.M., Abdon, M.M. (2007). Aplicação de dados SRTM a estudos do Pantanal. *Revista Brasileira de Cartografia*, **59**(1), 63-71.
- Veiga Neto, F.C. (2008). *A construção dos mercados de serviços ambientais e suas implicações para o desenvolvimento sustentável no Brasil*. Tese. Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 298p.
- Venturelli, R.C., Galli, A. (2006). “Integrated indicators in environmental planning: Methodological considerations and applications.” *Ecological Indicators*, **6**, 228-237.
- Villeneuve, J. (2005). *Delineating wetlands using geographic information system and remote sensing technologies*. Thesis. Biological and Agricultural Engineering. Texas A. & M. University. 88p.
- Wattage P., Mardle S. (2007). “Total economic value of wetland conservation in Sri Lanka identifying use and non-use values.” *Wetlands Ecology and Management* DOI 10.1007/s11273-007-9073-3.
- Woodward, R.T.; Wui, Y.S. (2001). “The economic value of wetland services: a meta-analysis.” *Ecological Economics*, **37**, 257-270.
- Zedler, J.B. (2003). “Wetlands at your service: reducing impacts of agriculture at the watershed scale.” *Frontiers in the Ecology and the Environment*, **1**(2), 65-72.
- Zurlini, G.; Girardin, P. (2008) “Introduction to the special issue on ecological indicators at multiple scales.” *Ecological Indicators*, **8**, 781-782.

## **ANEXO**

## **PROPOSIÇÃO CONCEITUAL DE REDE CAUSAL E DE INDICADORES, DE PRIMEIRA APROXIMAÇÃO, PARA ÁREAS ALAGÁVEIS**

A degradação e a redução de áreas alagáveis é um fenômeno mundial, amplamente documentado na literatura específica. Entretanto, o valor de tais ambientes é reconhecido, cada vez mais, por conta dos inúmeros serviços ambientais prestados.

O objetivo da proposição conceitual da rede causal e de indicadores é possibilitar a geração de conhecimento inicial - enfoque de primeira aproximação – de ambientes que contemplem áreas alagáveis tropicais, possibilitando a análise das alterações na estrutura e funções desses ambientes, decorrentes da intensificação da ação antrópica.

A construção da rede causal seguiu as etapas do modelo DPSIR (*Driving force* - forças motrizes, *Pressure* – pressão, *State* – estado, *Impact* – impacto, *Response* - resposta), adaptado de Niemeijer e de Groot (2008).

A partir da identificação das forças-motrizes (D), foi estabelecida a rede causal identificando as pressões (P) que tais forças exercem, qual é o estado (S) das variáveis nas quais as pressões são exercidas, quais os impactos (I) resultantes e os mecanismos de resposta (R) desenvolvidos. A Figura 1 apresenta a rede causal proposta, contendo os campos de análise (identificados por códigos), de acordo com os modelos de Niemeijer e de Groot (2008) e Bernardes et al. (2004).

Para cada elo da rede causal (D, P, S, I, R), foram identificados campos de análise. Estes campos são compostos por diversos indicadores, sendo que o código dos mesmos foi determinado de acordo com o código do campo de análise correspondente; tal método de organização dos indicadores foi baseado no modelo desenvolvido por Bernardes et al. (2004).

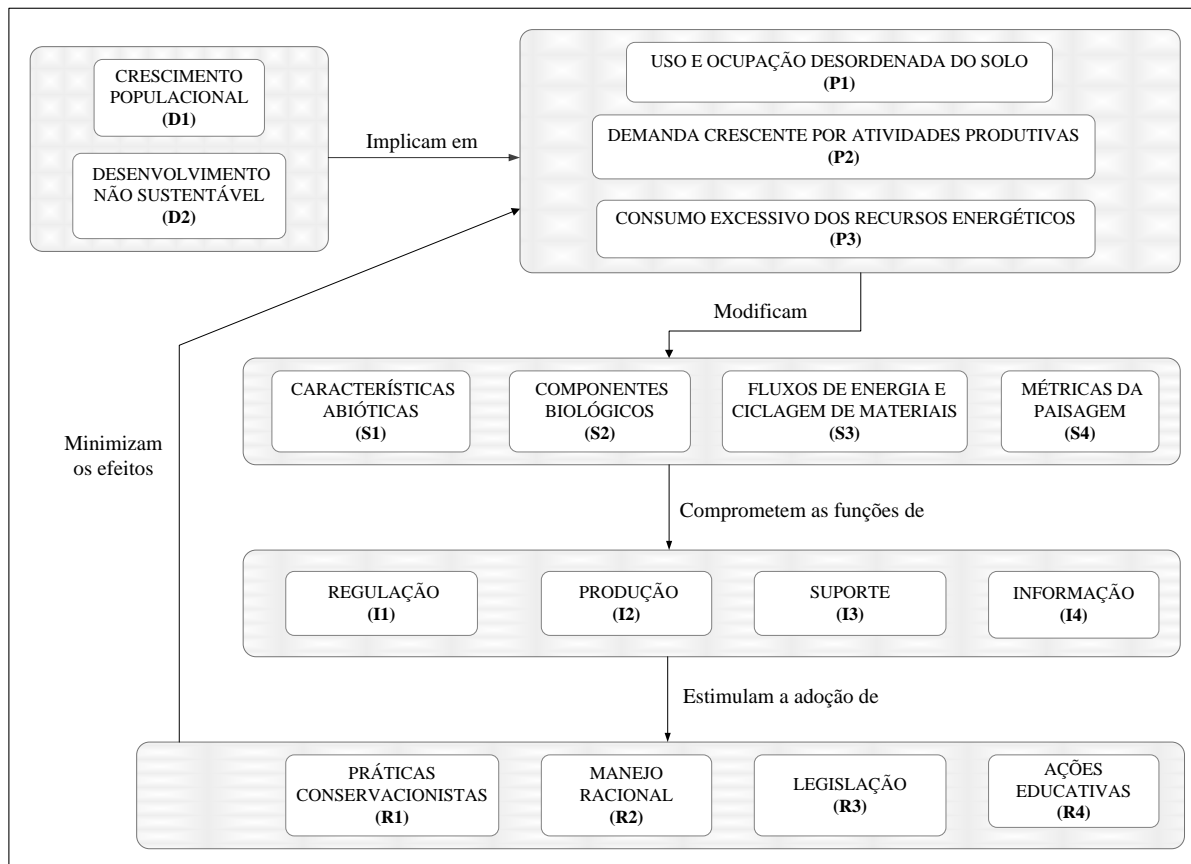


Figura 1 - Rede causal proposta para áreas alagáveis tropicais, de acordo com o modelo DPSIR, adaptado de Niemeijer e de Groot (2008).

Os indicadores de Forças Motrizes, Pressão e Resposta foram descritos em conjunto, por serem indicadores de uso consagrado e não diretamente relacionados às áreas alagáveis.

Os indicadores selecionados de Estado e Impacto foram descritos, individualmente, quanto aos seguintes tópicos:

- *Justificativa* – características que definem o indicador e sua relevância para o estabelecimento das relações causais;
- *Obtenção dos dados* – indica como os dados podem ser obtidos indiretamente, são dados secundários. Apesar de reconhecer que a obtenção de dados primários (por meio de medidas diretas em campo, por exemplo) seja de importância fundamental, devido à complexidade do ecossistema de áreas alagáveis e de acesso a tais ambientes, muitas vezes a obtenção dos mesmos se torna inviável para um levantamento inicial.

- *Categorias de análise* – apresenta as variáveis quanto à análise dos dados.

Como fonte de informações, foram consultadas diversas pesquisas que abordam o ecossistema de áreas alagáveis, sobretudo quanto à dinâmica de tais ambientes e as modificações decorrentes da intensificação da ação antrópica; devem ser destacados, como referências principais, os documentos da Convenção Ramsar<sup>35</sup> e a publicação “*Ecosystems and human well-being: wetlands and water synthesis*” (Millenium, 2005).

Alguns indicadores propostos foram extraídos de órgãos governamentais, tais como o banco de dados do IBGE<sup>36</sup> e a publicação “Indicadores de Desenvolvimento Sustentável” (BRASIL, 2010).

A abrangência dos indicadores propostos pode variar de acordo com a natureza da informação, ou seja, a escala para obtenção do dado pode ser por município, por estado ou para o país (divisão político-administrativa) ou por bacia hidrográfica.

As tabelas 1, 2, 3, 4 e 5 contêm os campos de análise da rede causal e a identificação dos indicadores para as Forças Motrizes, Pressão, Estado, Impacto e Resposta, respectivamente.

**► Para avaliar, de forma qualitativa, a adequação dos indicadores propostos, solicita-se ao especialista que atribua um conceito, para cada indicador (CE, na última coluna da tabela), de acordo com o Quadro 1, a seguir:**

Quadro 1– Conceitos utilizados para avaliação dos indicadores

<b>CONCEITO</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
<b>A</b>	Forte adequação
<b>B</b>	Média adequação
<b>C</b>	Fraca adequação
<b>N</b>	Não adequado

***Ao final de cada tabela, há um espaço para considerações que o especialista achar necessárias.***

<sup>35</sup> Tratado intergovernamental, reconhecido por governos e organizações não-governamentais, cuja missão é o uso racional de *wetlands* através de ações locais, regionais e nacionais e cooperação internacional, numa contribuição para alcançar o desenvolvimento sustentável dessas áreas. São 155 países signatários, existem 1700 sítios Ramsar em todo o planeta, cobrindo mais de 150 milhões de hectares, até o ano de 2010.

<sup>36</sup> Banco de dados – Cidades. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>

**Tabela 1 - Indicadores propostos para os campos de análise de Forças Motrizes (D)**

CAMPOS DE ANÁLISE		INDICADORES		CE*
Código	Denominação	Código	Denominação	
D1	Crescimento populacional	D1.1	Taxa de crescimento da população	
		D1.2	Densidade demográfica	
		D1.3	Distribuição da população em áreas urbanas e rurais	
D2	Desenvolvimento não sustentável	D2.1	Produto interno bruto <i>per capita</i>	
		D2.2	Índice Gini de distribuição do rendimento	
		D2.3	Índice de desenvolvimento humano	
		D2.4	Adequação da moradia	
		D2.5	Escolaridade da população	
		D2.6	Oferta de serviços básicos de saúde	
		D2.7	Acesso a serviços de coleta de lixo	
		D2.8	Acesso a sistemas de abastecimento de água	
		D2.9	Acesso a esgotamento sanitário	
		D2.10	Oferta de fontes renováveis de energia	
		D2.11	Percentual de reciclagem dos resíduos	
		D2.12	Ratificação de acordos globais	
		D2.13	Existência de conselhos ambientais	
		D2.14	Investimentos em pesquisa e desenvolvimento	

\*Atribuir: **A** = forte adequação; **B** = média adequação; **C** = fraca adequação; **N** = não adequado.

## DESCRIÇÃO

Os indicadores de forças-motrizes descrevem o desenvolvimento social, demográfico e econômico nas sociedades e as mudanças correspondentes nos padrões de produção e consumo que causam impactos na sustentabilidade do sistema (Magalhães Júnior, 2007).

O crescimento populacional e o desenvolvimento de forma não sustentável são as forças-motrizes que provocam a intensificação no uso do solo e o aumento da demanda por recursos ambientais, exercendo pressão sobre os ecossistemas; no caso específico, as áreas alagáveis.

Os indicadores de crescimento populacional podem ser obtidos junto aos órgãos governamentais. Embora o Censo Nacional seja realizado a cada 10 anos, os municípios disponibilizam dados populacionais para intervalos de tempo mais curto, geralmente anuais.

No campo de análise denominado desenvolvimento não sustentável são propostos 14 indicadores que também variam quanto às escalas espaciais e temporais. O esforço para obtenção de tais dados, em nível regional, permitiria uma análise precisa das ameaças que as áreas alagáveis estão sujeitas.

<b>Considerações</b>



**Tabela 2 - Indicadores propostos para os campos de análise de Pressão (P)**

CAMPOS DE ANÁLISE		INDICADORES		CE*
Código	Denominação	Código	Denominação	
P1	Uso e ocupação desordenada do solo	P1.1	Terras em uso agrossilvipastoril	
		P1.2	Planos diretores	
		P1.3	Áreas protegidas	
		P1.4	Zoneamento ecológico econômico	
P2	Demanda crescente por atividades produtivas	P2.1	Consumo de alimentos de origem animal	
		P2.2	Consumo de produtos agrícolas	
		P2.3	Extração de recursos naturais	
		P2.4	Consumo de substâncias destruidoras da camada de ozônio	
		P2.5	Crescimento do turismo	
P3	Consumo excessivo dos recursos energéticos	P3.1	Consumo de energia <i>per capita</i>	
		P3.2	Intensidade energética	
		P3.3	Consumo mineral <i>per capita</i>	
		P3.4	Vida útil das reservas de petróleo e gás natural	
		P3.5	Emissões de origem antrópica dos gases associados ao efeito estufa	

\*Atribuir: **A** = forte adequação; **B** = média adequação; **C** = fraca adequação; **N** = não adequado.

## DESCRIÇÃO

Os indicadores de pressão apontam diretamente para as causas (ou as variáveis que podem causar) os problemas ambientais (Jackson et al., 2000). Os efeitos da pressão modificam a estrutura dos ecossistemas, que são refletidas no comprometimento das funções ambientais.

Os campos de análise para analisar a pressão sobre áreas alagáveis, resultante das forças-motrizes identificadas anteriormente, foram separados em três grupos: Uso e ocupação desordenada do solo;

Demanda crescente por atividades produtivas e Consumo excessivo dos recursos energéticos. São representados por 14 indicadores que podem ser obtidos em órgãos governamentais e que apresentam, assim como os indicadores das forças-motrizes, variação nas escalas espaciais e temporais; a obtenção de tais dados, em nível regional, permitiria uma análise precisa das pressões que as áreas alagáveis estão sujeitas.

<b>Considerações</b>

**Tabela 3- Indicadores propostos para os campos de análise de Estado (S)**

CAMPOS DE ANÁLISE		INDICADORES		CE*
Código	Denominação	Código	Denominação	
S1	Características abióticas	S1.1	Padrão climático	
		S1.2	Regime hidrológico	
		S1.3	Ocorrência de zonas de acúmulo de água	
		S1.4	Qualidade da água	
		S1.5	Características e propriedades do solo	
S2	Componentes biológicos	S2.1	Estrutura e composição da vegetação	
		S2.2	Estrutura e composição da fauna	
		S2.3	Comunidade microbiana	
S3	Fluxo de energia e ciclagem de matéria	S3.1	Biomassa	
		S3.2	Dinâmica de nutrientes	
S4	Métricas da paisagem	S4.1	Área superficial	
		S4.2	Distância a elementos referenciais da paisagem	

\*Atribuir: **A** = forte adequação; **B** = média adequação; **C** = fraca adequação; **N** = não adequado.

## DESCRIÇÃO

### S1 – CARACTERÍSTICAS ABIÓTICAS

#### S1.1 – Padrão climático

*Justificativa:* Por meio da análise de fatores que caracterizam o clima de uma região, é possível verificar se houve alteração no padrão climático, num período determinado. Algumas variáveis climatológicas, como temperatura e umidade do ar, refletem as mudanças ocorridas no uso do solo por estarem associadas, principalmente, às características da vegetação. A precipitação, apesar de tratar-se de um evento resultante de fatores numa escala mais ampla que a regional, também pode expressar algumas das modificações ocorridas. Salienta-se que o clima é um fator para explicar a distribuição de comunidades biológicas. Sendo assim, a determinação das

alterações no padrão climático constitui-se num importante indicador de modificações das funções ambientais de áreas alagáveis.

*Fonte e obtenção de dados:* Os dados de temperatura, precipitação e umidade do ar podem ser obtidos a partir de registros de estações meteorológicas.

*Categorias de análise:* Valores médios ou extremos (máxima e mínima) das variáveis, variação temporal (dados anuais, mensais ou diários) e abrangência espacial (dados para o estado, município ou bacia hidrográfica).

### **S1.2 – Regime hidrológico**

*Justificativa:* A vazão e os eventos associados aos cursos d'água (cheias, inundações e estiagens) caracterizam o regime hidrológico dos rios e são determinantes na dinâmica de áreas alagáveis. Embora os efeitos das modificações no regime hidrológico sejam diferenciados na bacia hidrográfica (em função das características de cada região da bacia), a análise temporal dos componentes do regime permite que se possa avaliar o papel que as áreas alagáveis desempenham na manutenção das características do mesmo. Além disso, é possível inferir os impactos resultantes de tais modificações sobre os processos físicos e químicos e sobre as comunidades de áreas alagáveis, que são adaptadas às oscilações naturais do regime hidrológico.

*Fonte e obtenção de dados:* Os dados de vazão ou cota dos rios de podem ser obtidos a partir de registros de estações fluviométricas.

*Categorias de análise:* Valores de vazão (máxima, mínima, média e ecológica), região de amostragem (entrada, intermediária e saída), tempo de duração, intensidade e frequência dos eventos.

### **S1.3 – Ocorrência de zonas de acúmulo de água**

*Justificativa:* As zonas de acúmulo de água correspondem às regiões onde, por conta da declividade do terreno ou das propriedades do solo, a água tende a acumular. A localização de áreas alagáveis é determinada, em parte, pela ocorrência de tais zonas. Embora as características geomorfológicas não apresentem variação numa escala de tempo curta, a intensificação de ações antrópicas altera algumas propriedades do solo. Dessa forma, a variação temporal na ocorrência de zonas de acúmulo de água, por meio da análise das condições do solo, representa um indicador de mudanças ocorridas.

*Fonte e obtenção de dados:* Mapas de declividade, modelos numéricos de elevação do terreno e mapas de solo disponibilizados em formato digital ou cartográfico.

*Categorias de análise:* Abrangência espacial (dados para o estado, município ou bacia hidrográfica).

#### **S1.4 – Qualidade da água**

*Justificativa:* A análise dos parâmetros físicos e químicos dos corpos hídricos possibilita a avaliação qualitativa dos mesmos. Embora ocorra a variação espacial e temporal nos valores dos parâmetros, mesmo em condições naturais, a intensificação de atividades antrópicas resulta em mudanças significativas em tais valores. Por meio da análise de parâmetros que sejam capazes de refletir mais diretamente a relação com as áreas alagáveis, é possível inferir sobre os impactos que as modificações antrópicas nos corpos hídricos causam às áreas alagáveis; assim como, a função que tais ambientes desempenham na manutenção da qualidade da água.

*Fonte e obtenção de dados:* Dados obtidos em estações de monitoramento da qualidade da água, operadas por órgãos governamentais ou instituições de pesquisa.

*Categorias de análise:* Parâmetros físicos (temperatura, transparência, material em suspensão, turbidez e cor) e químicos (oxigênio dissolvido, pH, condutividade, alcalinidade, DBO e DQO), tipo de coleta (pontual, estratificada e composta), variação temporal (dados sazonais, mensais ou diários).

#### **S1.5 – Características e propriedades do solo**

*Justificativa:* A ocorrência de áreas alagáveis é associada à presença de solo hidromórfico (caracterizado por saturação hídrica elevada e condições anaeróbias) que apresenta características distintas quando não está coberto por água ou sujeito aos efeitos da inundação de rios. Como o solo representa a ação conjugada de inúmeros fatores (clima, composição de rochas e atividade de organismos) que ocorrem numa região, a análise das mudanças nas características e propriedades do solo de áreas alagáveis pode refletir as pressões que tais ambientes estão sujeitos.

*Fonte e obtenção de dados:* Mapas de solo disponibilizados em formato digital ou cartográfico e dados disponibilizados por órgãos governamentais ou instituições de pesquisa.

*Categorias de análise:* Parâmetros físicos (temperatura, cor, textura, matéria orgânica, umidade, densidade) e químicos (oxigênio dissolvido e pH), tipo de coleta (superficial, estratificada e composta), variação temporal (dados sazonais).

## S2 – COMPONENTES BIOLÓGICOS

### **S2.1 – Estrutura e composição da vegetação**

*Justificativa:* O tipo de vegetação é um dos fatores determinantes (juntamente com regime hidrológico e solo característicos) para a ocorrência de áreas alagáveis. A estrutura e a composição da vegetação refletem a adaptação da comunidade às condições variadas de inundação. A distribuição dos grupos de macrófitas aquáticas (emergentes, flutuantes, submersas) está relacionada aos diferentes níveis hidrológicos, de acordo com um padrão de zonação. Condições de umidade em diferentes estratos também caracterizam a estrutura da vegetação em áreas alagáveis. As modificações na estrutura e composição da vegetação refletem as alterações do regime hidrológico, do padrão climático e também do uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas tornando-se assim, importante indicador de áreas alagáveis.

*Fonte e obtenção de dados:* Levantamentos florísticos, fitossociológicos e imagens de satélite, disponibilizados por órgãos governamentais ou instituições de pesquisa.

*Categorias de análise:* Parâmetros fitossociológicos (densidade, dominância, altura, diâmetro e área basal), índices de vegetação (biomassa, índice de área foliar e percentagem de cobertura vegetal), variação espacial (dados coletados em diferentes regiões das áreas alagáveis), variação temporal (dados sazonais).

### **S2.2 – Estrutura e composição da fauna**

*Justificativa:* As áreas alagáveis desempenham importante função de suporte para as comunidades animais, sendo fundamentais para organismos que passam parte, ou toda sua vida, em ambientes aquáticos, como os anfíbios e peixes, respectivamente. As alterações ambientais, decorrentes da intensificação de atividades antrópicas, resultam em modificações na estrutura e composição da fauna afetando, sobremaneira, espécies migratórias e que utilizam esses ambientes para a reprodução. As modificações na estrutura e composição da fauna constituem importante indicador das ações antrópicas.

*Fonte e obtenção de dados:* Informações disponibilizadas por instituições de pesquisa, órgãos governamentais ou não governamentais.

*Categorias de análise:* Composição da comunidade (abundância, biomassa e estrutura trófica), variação espacial (dados coletados em diferentes regiões das áreas alagáveis), variação temporal (dados sazonais ou mensais).

### **S2.3 – Comunidade microbiana**

*Justificativa:* A comunidade de microrganismos desempenha papel fundamental em áreas alagáveis, principalmente em relação aos processos biogeoquímicos característicos de tais ambientes. A variação do nível hidrológico implica em variações nos parâmetros físicos e químicos, seja nos ambientes aquáticos ou terrestres, sujeitando os organismos a diferentes estratégias adaptativas. Por conta das elevadas taxas de reprodução e do metabolismo dinâmico, os microrganismos são considerados importantes indicadores de alterações nas condições ambientais de áreas alagáveis.

*Fonte e obtenção de dados:* Informações disponibilizadas por instituições de pesquisa.

*Categorias de análise:* Composição da comunidade (abundância, biomassa e metabolismo), variação espacial (dados coletados em diferentes regiões das áreas alagáveis), variação temporal (dados sazonais ou mensais).

## **S3 – FLUXO DE ENERGIA E CICLAGEM DA MATÉRIA**

### **S3.1 – Biomassa**

*Justificativa:* As áreas alagáveis são considerados ambientes com elevadas taxas de produtividade devido, sobretudo, à dinâmica de nutrientes característica. Embora a disponibilidade de água seja variável, em função do regime hidrológico, os vegetais adaptados mantêm a produção de biomassa estável, quando o ecossistema está em equilíbrio. Entretanto, as modificações decorrentes da intensificação da ação antrópica podem alterar as taxas de produção da biomassa. Dessa forma, a variação nas taxas de produção de biomassa constitui-se um indicador das modificações em áreas alagáveis.

*Fonte e obtenção de dados:* Informações disponibilizadas por instituições de pesquisa, órgãos governamentais ou não governamentais.

*Categorias de análise:* Biomassa ( $ML^{-2}$ ) e taxas de produção ( $ML^2T^{-1}$ ), variação espacial (dados coletados em diferentes regiões das áreas alagáveis), variação temporal (dados sazonais ou anuais).

### **S3.2 – Dinâmica de nutrientes**

*Justificativa:* A ciclagem de nutrientes é um dos fatores principais responsáveis pela elevada produtividade de áreas alagáveis. A decomposição da serrapilheira, os pulsos de inundação e o efeito de bombeamento de macrófitas aquáticas fazem com que os nutrientes circulem pelos diferentes compartimentos nesses ambientes. O sistema radicular da vegetação desempenha papel fundamental na retenção de nutrientes, principalmente quando o aporte é excessivo (o que ocorre em situações de eutrofização dos corpos d'água). A eutrofização, a drenagem, o aumento da vazão em rios e outras alterações no uso do solo podem causar desequilíbrios na dinâmica dos nutrientes, por isso deve ser considerado um indicador das mudanças de estado das áreas alagáveis.

*Fonte e obtenção de dados:* Informações disponibilizadas por instituições de pesquisa e órgãos governamentais.

*Categorias de análise:* Fração (nutrientes particulados, dissolvidos, quelados ou formas elementares), tipo de coleta (superficial, estratificada e composta), variação espacial (dados coletados em diferentes regiões das áreas alagáveis), variação temporal (dados sazonais ou anuais).

## **S4 – MÉTRICAS DA PAISAGEM**

### **S4.1 – Área superficial**

*Justificativa:* A determinação da área superficial que as áreas alagáveis ocupam constitui uma das informações básicas para caracterizar tais ambientes. Embora a determinação muitas vezes só possa ser estimada, a partir de informações indiretas, é fundamental para que possa subsidiar a análise da relação que as áreas alagáveis possuem com o seu entorno e de conectividade com outras áreas. A redução e a fragmentação de áreas alagáveis altera o efeito de borda, comprometendo o fluxo gênico e o desempenho das demais funções características. Dessa forma, as alterações na área superficial, ao longo do tempo, representa um indicador, não só das



modificações ocorridas no uso e ocupação do solo, assim como nos demais atributos de tais ambientes.

*Fonte e obtenção de dados:* Mapas disponibilizados em formato digital ou cartográfico, informações disponibilizadas por instituições de pesquisa e órgãos governamentais.

*Categorias de análise:* Valores de área ( $L^2$ ) ou perímetro (L) da área alagável.

#### **S4.2 – Distância a elementos referenciais da paisagem**

*Justificativa:* As áreas alagáveis são elementos da paisagem e, como tal, estão relacionadas aos demais elementos, principalmente em função da distância entre eles. A proximidade dos corpos d'água, de fontes poluidoras ou de unidades de conservação são fatores determinantes na dinâmica dos processos que ocorrem em áreas alagáveis, favorecendo ou prejudicando o desempenho das funções de tais ambientes. A determinação da distância dos elementos da paisagem em relação às áreas alagáveis e a variação dessa distância ao longo do tempo, permite a análise das modificações ocorridas; portanto, caracteriza-se como indicador do estado dos ecossistemas.

*Fonte e obtenção de dados:* Mapas disponibilizados em formato digital ou cartográfico, informações disponibilizadas por instituições de pesquisa e órgãos governamentais.

*Categorias de análise:* Valor linear ou *buffers* da distância (L), classificação dos efeitos dos elementos da paisagem em positivos ou negativos em relação às áreas alagáveis.

<b>Considerações</b>

**Tabela 4- Indicadores propostos para os campos de análise de Impacto (I)**

CAMPOS DE ANÁLISE		INDICADORES		CE*
Código	Denominação	Código	Denominação	
I1	Regulação	I1.1	Balanço hídrico	
		I1.2	Outorgas de utilização dos recursos hídricos	
		I1.3	Taxas de erosão do solo	
I2	Produção	I2.1	Extração de recursos vegetais	
		I2.2	Extração de recursos animais	
		I2.3	Extração de recursos minerais	
		I2.4	Ocorrência de organismos exóticos	
		I2.5	Ocorrência de organismos ameaçados de extinção	
I3	Suporte	I3.1	Caracterização de habitats naturais	
I4	Informação	I4.1	Atividades culturais, educativas e científicas	

\*Atribuir: **A** = forte adequação; **B** = média adequação; **C** = fraca adequação; **N** = não adequado.

## DESCRIÇÃO

### I1 – REGULAÇÃO

#### I1.1 – Balanço hídrico

*Justificativa:* O balanço hídrico se dá pela interação dos fenômenos de precipitação, escoamento superficial e infiltração. A partir desses eventos, decorrem outros fenômenos, tais como a vazão de rios, os pulsos de inundação e a recarga de aquíferos que caracterizam o regime hidrológico de áreas alagáveis. Dados de precipitação, associados à vazão de rios e ao escoamento superficial, podem ser usados para estimar o balanço hídrico e, assim, avaliar os impactos decorrentes da intensificação das ações antrópicas no papel desempenhado pelas áreas alagáveis, pois a manutenção do balanço hídrico é uma importante função de regulação desempenhada por tais ambientes.

*Fonte e obtenção de dados:* O balanço hídrico pode ser estimado a partir de dados obtidos dos registros de estações meteorológicas e fluviométricas ou determinados em campo, por meio de instrumentos específicos.

*Categorias de análise:* Intervalo de tempo (dados anuais ou mensais) e abrangência espacial (dados para o estado, município ou bacia hidrográfica).

## **11.2 – Outorgas de utilização dos recursos hídricos**

*Justificativa:* São várias as possibilidades de utilização dos recursos hídricos associados às áreas alagáveis. Entretanto, para as formas de utilização por contato primário, como abastecimento e recreação, é necessário que a água seja fornecida não só em quantidade mas, essencialmente, em qualidade adequada. Alteração nas características físico-químicas (como a eutrofização por exemplo) e, conseqüentemente, os gastos com o tratamento da água (no caso de abastecimento) ou mesmo a interdição do uso, podem refletir o comprometimento de alguma das funções de regulação desempenhadas por áreas alagáveis, assim como, o aumento ou diminuição da vazão de rios utilizada para a irrigação ou geração de energia elétrica. Dessa forma, a análise temporal dos usos múltiplos de recursos hídricos, associados a tais ambientes, caracteriza-se como indicador das modificações decorrentes da intensificação do uso antrópico de áreas alagáveis.

*Fonte e obtenção de dados:* Dados obtidos junto a órgãos de regulação (ANA e ANEEL), empresas de saneamento e secretarias estaduais ou municipais de meio ambiente e recursos hídricos.

*Categorias de análise:* Finalidade, período e condições de concessão da outorga.

## **11.3 – Taxas de erosão do solo**

*Justificativa:* A erosão do solo é um dos principais fatores de perda da produtividade, seja na agricultura ou pecuária, ocasionando ainda, problemas de assoreamento nos corpos d'água. A agregação do solo é favorecida pelo sistema radicular da vegetação terrestre. Devido às características da estrutura e composição das comunidades vegetais em áreas alagáveis, tais ambientes desempenham um importante papel de regulação da erosão do solo nas bacias hidrográficas que estão inseridas. A avaliação das taxas de erosão é, portanto, um importante indicador das modificações no uso e ocupação do solo.

*Fonte e obtenção de dados:* Aplicação da equação universal da perda do solo, modelos hidrossedimentológicos, tais como o Soil and Water Assessment Tools (SWAT).

*Categorias de análise:* Variação espacial (dados coletados em diferentes regiões das áreas alagáveis), variação temporal (dados sazonais ou anuais).

## I2 – PRODUÇÃO

### **I2.1 – Extração de recursos vegetais**

*Justificativa:* Devido à diversidade da flora e da elevada produção de biomassa em áreas alagáveis, tais ambientes fornecem recursos vegetais que são utilizados de diversas formas, seja como alimento, fibras ou combustíveis, por exemplo. Entretanto, a extração de tais recursos é realizada de forma rudimentar, desrespeitando, muitas vezes, as determinações legais; com isso, a possibilidade de utilização em bases sustentáveis, torna-se comprometida a longo prazo. Para subsidiar a avaliação das alterações na função de produção de áreas alagáveis, a análise de dados sobre a extração de recursos vegetais representa um importante indicador.

*Fonte e obtenção de dados:* Secretarias estaduais e municipais de comércio, postos de receita fiscal, levantamento de informações junto à população local.

*Categorias de análise:* Tipos de recursos vegetais utilizados, quantidade comercializada, formas de comercialização (material bruto ou processado) e destino dos produtos.

### **I2.2 – Extração de recursos animais**

*Justificativa:* Assim como os recursos vegetais, também são inúmeros os recursos animais de áreas alagáveis que são utilizados intensivamente. Destaca-se, sobretudo, a atividade de pesca realizada tanto em rios, quanto em cursos d'água no interior de áreas alagáveis, como lagoas e riachos. Apesar da extração regular de tais recursos, amparada por legislação específica, é freqüente o comércio de produtos extraídos de forma irregular, principalmente por meio da caça ou usando apetrechos proibidos. O papel de produção de recursos animais desempenhado pelas áreas alagáveis, e a possível exaustão de tais recursos, pode ser avaliado, utilizando, como indicador, a extração de tais recursos.

*Fonte e obtenção de dados:* Secretarias estaduais e municipais de comércio, postos de receita fiscal, levantamento de informações junto à população local.

*Categorias de análise:* Tipos de recursos animais utilizados, quantidade comercializada, formas de comercialização e destino dos produtos.

### **I2.3 – Extração de recursos minerais**

*Justificativa:* Os recursos minerais de uma região são produto da composição mineral e dos processos geomorfológicos que predominam no local. Em áreas alagáveis, devido à complexa interação entre ambientes aquáticos e terrestres, é comum a ocorrência de

minerais destinados, principalmente, à cadeia produtiva da indústria da construção civil, como a areia e a argila. A legislação específica disciplina a extração e a comercialização de tais recursos, de forma a mitigar impactos ambientais. Por conta das características de áreas alagáveis (como a extensão da área superficial e as dificuldades de acesso), a fiscalização, quanto ao cumprimento da legislação, pode não ser suficiente para garantir a extração sustentável dos recursos minerais. Para contribuir na avaliação do papel de produção de áreas alagáveis, propõe-se a utilização, como indicador, de informações sobre a extração de recursos minerais.

*Fonte e obtenção de dados:* Secretarias estaduais e municipais de comércio, postos de receita fiscal, levantamento de informações junto à população local.

*Categorias de análise:* Tipos de recursos minerais utilizados, quantidade comercializada, formas de comercialização e destino dos produtos.

#### **I2.4 - Ocorrência de organismos exóticos**

*Justificativa:* A ocorrência de organismos exóticos, seja acidental ou introduzida intencionalmente, é um fenômeno que vem se tornando cada vez mais comum, tanto em ecossistemas aquáticos quanto terrestres. Devido à ausência de predadores específicos, tais organismos tornam-se rapidamente abundantes, ocasionando o desequilíbrio das comunidades e conseqüentemente, comprometendo as funções de produção em áreas alagáveis. Dessa forma, a ocorrência de organismos exóticos é um indicador dos impactos causados pela intensificação do uso do solo.

*Fonte e obtenção de dados:* Informações obtidas junto a instituições de pesquisa e órgãos não governamentais.

*Categorias de análise:* Listagem das espécies exóticas, estimativa da época de introdução.

#### **I2.5 - Ocorrência de organismos ameaçados de extinção**

*Justificativa:* A redução da biodiversidade é um fenômeno que ocorre em escala mundial. A ocupação de novas áreas, a intensificação do uso do solo e a extração não sustentável dos recursos são alguns dos fatores que provocam mudanças na composição das comunidades, ocasionando, muitas vezes a extinção de organismos. Em áreas alagáveis, o risco de extinção de espécies é agravado, pois tais ambientes comportam espécies tanto de ecossistemas aquáticos, quanto terrestres. Com isso, as funções de produção que os ambientes desempenham podem ficar comprometidas. Justifica-se assim, a ocorrência de organismos ameaçados de extinção como indicador das modificações antrópicas.

*Fonte e obtenção de dados:* Informações obtidas junto a instituições de pesquisa, órgãos não governamentais e listagens oficiais resultantes da compilação de trabalhos de diversas instituições e publicadas periodicamente.

*Categorias de análise:* Grau de vulnerabilidade de extinção.

## I3 - SUPORTE

### **I3.1 – Caracterização de habitats naturais**

*Justificativa:* Por habitat, compreende-se o espaço físico e as condições para o estabelecimento das espécies nos ambientes. As áreas alagáveis comportam ambientes aquáticos e terrestres, em diferentes níveis de conectividade, propiciando assim, uma diversidade de habitats favoráveis para alimentação, reprodução, abrigo (entre outros) para os organismos. A intensificação de atividades antrópicas prejudica a manutenção da integridade dos habitats, verificada, principalmente, pela fragmentação dos ambientes. Portanto, a análise das modificações das características de habitats naturais permite avaliar as mudanças decorrentes da intensificação das atividades antrópicas em áreas alagáveis.

*Fonte e obtenção de dados:* Informações obtidas junto a instituições de pesquisa e órgãos não governamentais.

*Categorias de análise:* Grau de alteração do habitat (forte, médio, fraco e não alterado), grau de fragmentação (forte, médio, fraco e não alterado), ocorrência de áreas propensas a incêndios (risco e tamanho da área), variação temporal (dados anuais ou sazonais) e variação espacial (dados coletados em diferentes regiões das áreas alagáveis).

## I4 - INFORMAÇÃO

### **I4.1 - Atividades culturais, educativas e científicas**

*Justificativa:* Apesar da urbanização e do desenvolvimento tecnológico vertiginoso, o ser humano remete-se à natureza, sua fonte básica de inspiração e contemplação, para a realização de atividades culturais, educativas e científicas. A complexa interação dos ambientes e a diversidade de organismos fazem com que o ecossistema de áreas alagáveis seja considerado um local potencial de oportunidades para realizar as atividades mencionadas anteriormente. Mesmo considerando os processos de degradação e perda de áreas alagáveis, tais ambientes podem ser utilizados como espaço para a análise e compreensão das modificações decorrentes da intensificação das atividades antrópicas.

Portanto, a avaliação das atividades desenvolvidas em áreas alagáveis subsidia, portanto, a identificação das alterações que ocorrem em tais ambientes.

*Fonte e obtenção de dados:* Secretarias estaduais e municipais de Educação, Cultura e Lazer, instituições de pesquisa, órgãos governamentais e não governamentais.

*Categorias de análise:* Tipo de atividade, quantidade de pessoas envolvidas, resultados obtidos.

Considerações

**Tabela 5- Indicadores propostos para os campos de análise de Resposta (R)**

CAMPOS DE ANÁLISE		INDICADORES		CE*
Código	Denominação	Código	Denominação	
R1	Práticas conservacionistas	R1.1	Ações governamentais	
		R1.2	Ações da sociedade civil organizada	
		R1.3	Pagamento por serviços ambientais	
		R1.4	Aplicação de tecnologias sustentáveis	
R2	Manejo racional	R2.1	Ordenamento do uso do solo	
		R2.2	Estabelecimento de cadeias produtivas sustentáveis	
R3	Legislação	R3.1	Coletânea de documentos legais	
		R3.2	Mecanismos de fiscalização	
R4	Ações educativas	R4.1	Divulgação dos serviços ambientais	
		R4.2	Pesquisa científica	

\*Atribuir: **A** = forte adequação; **B** = média adequação; **C** = fraca adequação; **N** = não adequado.

## DESCRIÇÃO

Os indicadores de resposta demonstram os esforços da sociedade para a solução de problemas. De acordo com Salles et al. (2004), as respostas visam prevenir, mitigar, melhorar ou diminuir as mudanças no ambiente; por exemplo, respostas podem buscar mudar ou redirecionar tendências prevalentes na produção e no consumo de bens e serviços, aperfeiçoar o monitoramento e o controle de poluentes ou desenvolver tecnologias limpas.

Para caracterizar o elo Resposta em relação às áreas alagáveis, foram propostos 10 indicadores, reunidos nos seguintes campos de análise: Práticas conservacionistas, Manejo racional, Legislação e Ações educativas. Os dados podem ser obtidos, não só nos órgãos governamentais, mas também em organizações não governamentais, instituições de pesquisa e educação. Mesmo que as informações não sejam específicas para áreas alagáveis, com tais indicadores é possível estimar os esforços da sociedade para minimizar os impactos a tais ambientes.

Considerações

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bernardes, R.S., Costa, A.M., Pontes, C.A.A., Brandão, C.C.S., Silva, E.P., Heller, L., Ibanez-Novion, M.A., Costa, S.S. (2004). *Avaliação de impacto na saúde das ações de saneamento: marco conceitual estratégia metodológica*. OPAS. Ministério da Saúde. Brasília, p. 17-27.

Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). *“Indicadores de Desenvolvimento Sustentável.”* 443p.

Jackson, L.E., Kurtz, J.C., Fisher, W.S. (2000). *Evaluation Guidelines for Ecological Indicators*. EPA/620/R-99/005. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Research Triangle Park, NC. 107 p.

Magalhães Junior, A.P. (2007). *Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos*. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 688p.

Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and human well-being: wetlands and water synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.

Niemeijer, D., De Groot, R.S. (2008) “A conceptual framework for selecting environmental indicator sets.” *Ecological Indicators*, **8**, 14–25.

Salles, P.S.B.A., Walter, M.I.T., Castro, H.C.O. (2004). *Sustentabilidade ambiental: objetivo 7: garantir a sustentabilidade* ... al. Belo Horizonte: PUC Minas/IDHS. 308p.