

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”  
Centro de Energia Nuclear na Agricultura**

**Um sistema de planejamento e gestão para bacias hidrográficas com uso de  
análise multicritérios**

**Sérgio Luis Antonello**

**Tese apresentada para obtenção do título  
de Doutor em Ecologia Aplicada**

**Piracicaba  
2008**

Sérgio Luis Antonello  
Analista de Sistemas

**Um sistema de planejamento e gestão para bacias hidrográficas com uso  
de análise multicritérios**

Orientador:  
Prof. Dr. **CARLOS ALBERTO  
VETTORAZZI**

**Tese apresentada para obtenção do título  
de Doutor em Ecologia Aplicada**

**Piracicaba  
2008**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Antonello, Sérgio Luis

Um sistema de planejamento e gestão para bacias hidrográficas com uso de análise multicritérios / Sérgio Luis Antonello. - - Piracicaba, 2008.  
130 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.  
Bibliografia.

1 Bacia hidrográfica 2. Planejamento ambiental 3. Rio Corumbataí 4. Sistema de informação geográfica I. Título

CDD 551.483  
A634u

**"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"**

Dedico este trabalho a toda a minha família, em especial a minha esposa Raquel e ao meu filho Vinícius pelo amor, respeito e compreensão demonstrados neste período. Amo vocês!

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, por iluminar meu caminho e pela força, sabedoria e coragem que me foram concedidas para enfrentar e vencer mais uma etapa da minha vida.

Aos meus pais, Augusta e Sérgio, pelos ensinamentos de luta e perseverança e por acreditarem em mim; a meus irmãos por estarem sempre comigo.

Ao Professor Vettorazzi, meu orientador, pela extrema confiança em mim depositada, pela compreensão e paciência com a minha situação particular.

Aos Professores Norberto Morales e Sérgio dos Anjos, supervisores do CEAPLA, pelo auxílio na condução deste trabalho.

Aos Professores Gilberto Garcia e Rubens Angulo Filho, pelas colaborações a este trabalho e pelo valor creditado em mim.

Aos demais professores que colaboraram direta ou indiretamente para minha formação acadêmica no Doutorado.

Aos amigos do CEAPLA, em especial ao Cláudio pela colaboração e Juliene, grande incentivadora nas horas mais difíceis.

Aos funcionários da Pós-Graduação, em especial Regina, da Biblioteca, em especial a Silvia e do Departamento de Engenharia Rural pelo ótimo atendimento.

Aos demais familiares e amigos.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT .....	10
LISTA DE FIGURAS .....	11
LISTA DE QUADROS .....	14
LISTA DE TABELAS .....	15
1 INTRODUÇÃO .....	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1 O processo decisório.....	18
2.1.1 Sistemas de apoio à decisão.....	19
2.1.2 Decisão.....	20
2.1.3 Critério.....	20
2.1.3.1 Fator .....	21
2.1.3.2 Restrição .....	21
2.1.4 Regra de decisão .....	21
2.1.5 Objetivo .....	22
2.1.6 Avaliação.....	22
2.1.7 Risco de decisão .....	22
2.1.8 Incerteza.....	23
2.2 O processo de planejamento e gestão .....	23

2.2.1	Planejamento e gestão em bacias hidrográficas .....	24
2.2.2	Ferramentas de planejamento e gestão de bacias hidrográficas .....	26
2.3	Avaliação multicritérios .....	31
2.3.1	Os atores .....	34
2.3.2	Fases do processo de apoio à decisão .....	34
2.3.2.1	Fase de estruturação .....	35
2.3.2.2	Fase de avaliação .....	35
2.3.3	Matriz de decisão .....	37
2.4	Avaliação multicritérios na área ambiental .....	38
2.4.1	Método AHP .....	38
2.4.2	Padronização ou Normalização de Atributos .....	40
2.4.3	O Método CLP .....	40
2.4.4	O Método MPO .....	43
2.4.5	Análise de sensibilidade .....	44
2.5	Ciência da informação .....	45
2.5.1	Dados e Informações .....	47
2.5.2	Sistema de Informação .....	48
2.5.3	Projeto de sistemas de informação .....	50
2.5.3.1	Levantamento de requisitos .....	51
2.5.3.2	Análise .....	51
2.5.3.3	Projeto .....	52
2.5.3.4	Implementação .....	52
2.5.3.5	Testes .....	52
2.5.3.6	Implantação .....	53

2.5.4	Modelagem de sistemas de informação .....	53
2.5.4.1	Modelo de casos de uso.....	53
2.5.4.2	Diagrama de fluxo de dados.....	54
3	MATERIAL E MÉTODO .....	56
3.1	Linguagem de programação C#.....	56
3.2	FGest .....	57
3.2.1	Padronização ou normalização de atributos.....	60
3.2.2	Peso de compensação .....	62
3.2.2.1	Cálculo do peso de compensação.....	66
3.2.2.2	Cálculo da taxa de consistência.....	67
3.2.3	Avaliação CLP .....	69
3.2.4	Ranqueamento dos fatores .....	70
3.2.5	Avaliação MPO.....	73
3.3	Validação do FGest.....	75
3.3.1	Área de estudo .....	76
3.3.1.1	Geomorfologia .....	79
3.3.1.2	Geologia .....	80
3.3.1.3	Solos.....	82
3.3.1.4	Uso e cobertura do solo.....	83
3.3.2	Estabelecimento dos critérios.....	85
3.3.2.1	Adequação do uso da terra.....	86
3.3.2.2	Erodibilidade do solo.....	87
3.3.2.3	Erosividade da chuva.....	87
3.3.2.4	Proximidade à malha viária.....	88



3.3.2.5 Proximidade à rede hidrográfica .....	89
3.3.2.6 Restrições .....	90
3.3.3 Padronização.....	91
3.3.4 Fluxo do modelo de avaliação .....	91
3.3.5 Exatidão dos mapas de áreas prioritárias.....	93
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	96
4.1 Desenvolvimento e comunicação do FGest.....	96
4.2 Validação do FGest.....	105
4.2.1 Ponderação dos atributos.....	106
4.2.2 Mapa de áreas prioritárias segundo método CLP .....	106
4.2.3 Ranqueamento .....	110
4.2.4 Mapa de áreas prioritárias segundo método MPO .....	110
4.2.5 Reclassificação dos mapas de áreas prioritárias.....	111
4.2.6 Considerações finais .....	120
5 CONCLUSÕES.....	122
REFERÊNCIAS.....	123

## RESUMO

### **Um sistema de planejamento e gestão para bacias hidrográficas com uso de avaliação multicritérios**

O crescente desenvolvimento mundial, principalmente dos países emergentes, tem exercido enorme pressão sobre o meio ambiente. Diversas regiões começam a indicar perda da sustentabilidade. O uso responsável dos recursos naturais envolve uma equação que considera o desenvolvimento sustentável. Este campo do conhecimento é muito amplo e envolve um grande número de variáveis, que requerem o uso de conhecimento, *hardware/software* e de metodologia específica. SIGs - Sistemas de Informações Geográficas e análise de múltiplos critérios são ferramentas úteis em processos de tomada de decisão envolvendo dados ambientais espacializados. Este trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema de informação analítico, denominado FGest, para ser usado no planejamento ambiental de bacias hidrográficas, durante a fase de avaliação, em processos de tomada de decisão. O ambiente e linguagem de programação para o desenvolvimento do FGest e das interfaces de comunicação com os Sistemas de Informações Geográficas foi o Microsoft C#. Para o processo de comunicação entre os softwares envolvidos foi adotado o uso de mapas matriciais no formato ASCII. Dentre os algoritmos do FGest destaca-se o de otimização do processo de ranqueamento de critérios segundo a influência dos mesmos no processo decisório. Fase importante do desenvolvimento de um software é a validação do mesmo através da análise e comparação de seus resultados. Para a validação do FGest, utilizando avaliação multicritérios, foram gerados mapas de áreas prioritárias à restauração florestal na bacia hidrográfica do rio Corumbataí, SP, visando à conservação de recursos hídricos. Os fatores empregados, na forma de mapas matriciais, foram a adequação do uso da terra, a erodibilidade do solo, a erosividade da chuva e as proximidades à malha viária e à rede hidrográfica, todos padronizados em uma escala única e contínua de 256 valores. Os pesos dos fatores foram determinados com auxílio de uma matriz de comparação pareada. Com ótimos tempos de resposta, foram gerados três mapas de áreas prioritárias, com valores no espaço de 256 níveis e depois reclassificados de maneira a apresentar cinco graus de prioridade (muito alta, alta, média, baixa e muito baixa), correspondentes às aplicações dos métodos da Combinação Linear Ponderada e da Média Ponderada Ordenada para os cenários riscos médio/baixo e médio/alto. A partir dos resultados obtidos foi possível concluir que o FGest pode ser utilizado como suporte ao planejamento e gestão de bacias hidrográficas, já que o mesmo desempenhou com sucesso o papel de ferramenta computacional para avaliação multicritérios e que sua interface de comunicação com os Sistemas de Informações Geográficas ArcGIS e Spring funcionou adequadamente para importação de mapas fatores e restrições e para exportação de mapas gerados nas avaliações multicritérios.

Palavras-chave: Planejamento e gestão; Combinação Linear Ponderada; Média Ponderada Ordenada; Bacia do Rio Corumbataí; Sistemas de Informações Geográficas

## Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

