UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA

ANDREIA ARRUDA DE OLIVEIRA MOSCA

**Avaliação dos Impactos Ambientais de Plantações de Eucalipto
no Cerrado com Base na Análise Comparativa do Ciclo Hidrológico
e da Sustentabilidade da Paisagem em duas
Bacias de Segunda Ordem**

São Paulo
2008

ANDREIA ARRUDA DE OLIVEIRA MOSCA

**Avaliação dos Impactos Ambientais de Plantações de Eucalipto
no Cerrado com Base na Análise Comparativa do Ciclo Hidrológico
e da Sustentabilidade da Paisagem em duas
Bacias de Segunda Ordem**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração: Geografia Física

Orientador: Prof. Dr. Jurandyr L. Sanches Ross

Co-orientador: Prof. Dr. Walter de Paula Lima

São Paulo
2008

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Serviço de Biblioteca e Documentação da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

M894

Mosca, Andreia Arruda de Oliveira

Avaliação dos impactos ambientais de plantações de eucalipto no Cerrado com base na análise comparativa do ciclo hidrológico e da sustentabilidade da paisagem em duas bacias de segunda ordem / Andreia Arruda de Oliveira Mosca ; orientador Jurandyr L. Sanches Ross ; co-orientador Walter de Paula Lima. -- São Paulo, 2008. 254 f. : il.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Geografia Física. Área de concentração: Geografia Física) - Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

1. Eucalipto – Aspectos ambientais. 2. Impacto ambiental. 3. Bacia hidrográfica (Sudoeste; Goiás). 4. Paisagem. 5. Manejo florestal. I. Título.

21^a. CDD 333.714
634.9734

FOLHA DE APROVAÇÃO

Andréia Arruda de Oliveira Mosca

Avaliação dos Impactos Ambientais de Plantações de Eucalipto no Cerrado com Base na Análise Comparativa do Ciclo Hidrológico e da Sustentabilidade da Paisagem em duas Bacias de Segunda Ordem

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração: Geografia Física

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____

Instituição _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____

Instituição _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____

Instituição _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____

Instituição _____ Assinatura _____

Aos meus queridos pais e irmãs.

*Incansáveis guerreiros que, com a dura
lida no campo, nos ensinaram a ser
fortes.*

Com muito carinho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida.

Ao Prof. Walter de Paula Lima e ao Prof. Jurandyr Luciano Sanches Ross, que, pelas valiosas orientações, compreensão e paciência no decorrer dos anos de convivência muito me ensinaram, contribuindo para o meu crescimento científico e intelectual.

A Universidade de São Paulo pela oportunidade de realização do curso de doutorado.

Ao CNPq, pela concessão da Bolsa de doutorado, indispensável para o desenvolvimento deste trabalho.

A Comissão de Pós-Graduação da USP, pelas prorrogações de prazo concedidas para a conclusão do Doutorado.

A Copebrás pela logística de campo para a construção dos vertedores e poços piezométricos, aquisição dos equipamentos de monitoramento e bolsas de estágio; ao Sr. Jarbas Melo, então diretor da empresa, por reconhecer a relevância do trabalho. Especialmente ao apoio efetivo de Neri Celso, competência e paciência em conciliar as atividades do viveiro às da Pesquisa; ao Antônio Pedro, pelas idas no campo, eficiência e aprendizado oportunizado; ao Eng.º Gilvan, pela viabilização do levantamento topográfico da área de estudo; aos Srs. Wilson e Jamil, pela atenção, cordialidade e informações disponibilizadas no período de estágio no viveiro, em 2001; ao Wilson Iglesias, pela sensibilidade, e apoio dispensado aos estagiários nos deslocamentos diários ao campo; ao Fábio Damacena, pelo apoio na parte de programação dos equipamentos; ao Gilmar Tavares, José Moreira e Cássio.

Ao Curso de Geografia, da Universidade Federal de Goiás, em Catalão, por colocar a disposição o laboratório de Pedologia e os estagiários. Ao Prof. Percy Boris Wolf Klein, por contribuir na definição da idéia inicial da pesquisa e por participar da primeira conversa com o Sr. Jarbas Mello; ao Prof. Idelvone Mendes Ferreira pelas indicações bibliográficas que me levaram ao Prof. Walter de Paula Lima; ao Prof. Gilmar Alves de Avelar, pela revisão do ante-projeto de pesquisa que se resultou nesta tese; ao Prof. Paulo Henrique Kingma Orlando, pelas poucas, mas sensatas e agradáveis conversas. Aos estagiários do Curso de Geografia Agnaldo Lobato Corrêa, Eduardo Vieira dos Santos e Michele Juliana Assunção, pelo apoio de campo na coleta dos dados.

Ao Eng.º Hidrólogo do Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos (CTH) do Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE), Gré de Araújo Lobo, por visitar a área de estudo e elaborar o projeto técnico dos vertedores. À sua equipe de campo, composta pelos técnicos agrimensores hidrometristas Mário de Freitas Mendes, João Carlos Gomes da Silva e Francisco de Assis Guerrero Merino, pelo rigor e precisão na execução dos trabalhos.

Às secretárias do Programa de Pós-Graduação em Geografia da FFLCH/USP: Ana Lúcia Lima Pereira, Jurema Ricci Navarro, Maria Aparecida Brambilla e Rosângela

Fidalgo Garcez, pela simpatia e competência dispensadas, e a todos os funcionários da FFLCH/USP.

Aos colaboradores do Laboratório de Geomorfologia, do Curso de Geografia da FFLCH/USP.

À Prof^a Cleide Rodrigues e ao Prof. Emerson Galvani pelas contribuições na banca de qualificação.

Ao Serviço de Atendimento Social, por disponibilizar o alojamento temporário do Conjunto Residencial da USP nos momentos de permanência na Universidade.

A ESALQ/USP por oportunizar, através do Mestrado, as bases para realização deste trabalho junto ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais.

A Divisão de Atendimento à Comunidade da ESALQ/USP, pela hospedagem na Vila da Pós-Graduação, em Piracicaba/SP.

À equipe do Laboratório de Hidrologia Florestal, em especial ao Marco Aurélio, pelas contribuições na análise estatística dos dados hidrológicos.

Ao Laboratório de Ecologia Aplicada na pessoa de Alba Valéria, pelas análises de qualidade da água.

À Margareth Zondoná Pinese, Secretária geral do Departamento de Ciências Florestais, pelo apoio e amizade, e aos demais funcionários do Departamento de Ciências Florestais.

A Agência Goiana de Meio Ambiente pela Licença Ambiental concedida para a construção dos vertedores.

À Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Estadual de Goiás, pela licença parcial concedida.

À Prof^a Leny da Silva Rocha Vidal, Diretora da Unidade Universitária da UEG de Niquelândia, pela compreensão nos momentos de ausência, pelo apoio e confiança dispensados.

À Aparecida da Silva Araújo, pelo carinho maternal, apoio e amizade.

À Artemes Lima Rocha, pelo exemplo de força e coragem.

Ao Vicente Rocha da Silva, amigo e colega de Pós-Graduação, pelo incentivo nos momentos mais difíceis.

Ao Fernando S. Kawakubo pela amizade e suporte na elaboração dos mapas temáticos.

Às amigas de Piracicaba Ana Maria de Meira, Sílvia Kataoka e pela hospitalidade e amizade.

À Kátia Cristina Bortoletto (e suas lindas filhas), pela amizade, hospitalidade e apoio.

Às amigas Marise Vicente de Paula e Dinalva Donizete Ribeiro, pela presença e fortaleza de ânimo.

Ao Guilherme Mosca, pelo apoio no início da jornada.

Ao André Oliveira de Freitas e à Ana Clara de Freitas Azevedo por me motivarem a desafiar gigantes.

Especialmente à equipe de campo, pelo empenho na construção dos vertedores e periódicas limpezas dos poços tranquilizadores de fluxo.

“Se planejarmos para um ano, devemos plantar cereais. Se planejarmos para décadas, devemos plantar árvores. Se planejarmos para toda a vida, devemos educar o homem”.

Kwantzu

RESUMO

MOSCA, A.A.O. **Avaliação dos Impactos Ambientais de Plantações de Eucalipto no Cerrado com Base na Análise Comparativa do Ciclo Hidrológico e da Sustentabilidade da Paisagem em duas Bacias de Segunda Ordem**. 2008. 256 f. Tese (Doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

Considerando as polêmicas geradas em torno dos possíveis impactos ambientais negativos causados pelo eucalipto fora de seu ambiente de origem (Austrália), as discussões aqui apresentadas também perpassam uma das manifestações da crise sócio-econômica verificada no final do século XX, que é a questão ambiental, pois aborda três temas globais fundamentais e desafiadores, neste início de século para a manutenção da vida, conseqüentemente, das atuais e futuras gerações: a monocultura, o aumento no consumo de água, e a exploração mineral. Partindo-se dos princípios teórico-metodológicos apoiados na Teoria Geral de Sistemas, no monitoramento hidrológico de duas sub-bacias pareadas e na cartografia da fragilidade ambiental, buscou-se compreender os mecanismos relacionados a sustentabilidade da paisagem associada a plantações de eucalipto localizadas no cerrado do sudeste goiano. Os resultados do monitoramento da vazão mostram valores médios mais elevados para a sub-bacia com eucalipto, associada a uma hidrográfa mais rápida e concentrada, embora sua subida seja retardada por conta da interceptação das copas. A análise da qualidade da água do deflúvio apresentou-se ligeiramente superior para a sub-bacia com cerrado, sendo os macroinvertebrados bentônicos expressivos das alterações ambientais processadas. O monitoramento do nível estático nos poços piezométricos instalados nas sub-bacias mostrou-se fundamental para a compreensão dos fatores associados ao secamento da nascente com eucalipto. A integração dos mapas temáticos para a análise da fragilidade da paisagem associada ao mapa da Área Variável de Afluência revelou-se bastante aplicável ao manejo florestal sustentável por oferecer subsídios ao planejamento, quando aliados a indicadores consistentes. Espera-se que as sugestões propostas e os resultados apresentados venham agregar subsídios técnico-científicos para que os tomadores de decisão, as comunidades locais e os diversos atores sociais envolvidos sejam estimulados a compreender, refletir e agir.

PALAVRAS-CHAVE: eucalipto, impacto ambiental, bacia hidrográfica, paisagem

ABSTRACT

MOSCA, A.A.O. **Evaluation of the Environmental Impacts of Eucalyptus plantations in the Cerrado Region Based on the Comparative Analyses of the Water Cycle and Landscape Sustainability in two Small Catchments**. 2008. 256 f. Thesis (Doctoral). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

The present study aims to contribute to the analysis of the environmental impact of eucalypt plantations in the Cerrado region of the southern part of the State of Goiás, Brazil. The analysis were based on the methodology of the General Theory of the Systems and also on the results of hydrologic monitoring of two experimental catchments, which included groundwater monitoring, and the cartographic analysis of the environmental fragility. The monitoring results show higher average values of streamflow for the eucalypt catchment, associated with a more rapid and concentrated stormflow response, even though the beginning of the rising limb was delayed, probably due to the rainfall interception by the eucalypt canopy. Based on the analyzed water quality parameters, it can be concluded that the Cerrado catchment presented slightly better values, which were confirmed by the comparative analysis of the benthonic macroinvertebrates. The inclusion of the identification of the riparian areas of the catchments as one of the thematic maps of the integrated analysis of the landscape fragility revealed to be very pertinent for the planning of the sustainable management of forest plantations and for the correct evaluation of the associated environmental impacts.

KEY-WORDS: eucalypt, environmental impact, experimental catchment, landscape

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Pág.
Figura 01. Localização geográfica da área de estudo	27
Figura 02. Localização das duas sub-bacias monitoradas no contexto da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Ouvidor	28
Figura 03. Área de floresta plantada no Brasil por espécie	36
Figura 04. Distribuição das florestas plantadas de pinus e eucalipto por Estado em 2007	38
Figura 05. Fluxograma das grandes cadeias produtivas do sistema agroindustrial florestal	38
Figura 06. Quantidade de madeira produzida e consumo de água por evapotranspiração	44
Figura 07. Eucalipto em Sistema Agroflorestal, com produção de alimentos, em pequenas e médias propriedades	58
Figura 08. Floresta de eucalipto associada ao plantio de leguminosa	58
Figura 09. Comparação das mudanças observadas em escala continental e global na temperatura da superfície com resultados simulados por modelos climáticos, usando-se forçamentos naturais e antrópicos	69
Figura 10. Cenários de aquecimento da superfície global (°C)	70
Figura 11. Definição teórica do geossistema (Bertrand, 1971, p.11)	81
Figura 12. Esquema simplificado de interação e interconexão dos conjuntos do ambiente natural	84
Figura 13. Ilustração dos fluxos de nutrientes em uma bacia hidrográfica (MOLDAN e CERNY, 1994)	92
Figura 14. Modelo representativo da integridade do ecossistema bacia hidrográfica, proposto por Lima e Zákia (1994)	96
Figura 15. Modelo do mosaico heterogêneo de paisagens com sustentabilidade da natureza, elaborado por Oriana Aparecida Fávero, em 2006	99
Figura 16. Modelo em mosaico heterogêneo de uma paisagem, na escala da bacia hidrográfica, com sustentabilidade da natureza	100
Figura 17. Sub-bacia com cerrado, selecionada para o monitoramento	106
Figura 18. Sub-bacia com eucalipto, selecionada para o monitoramento	106
Figura 19. Esquema ilustrativo de uma estação fluviométrica	107
Figura 20. Perfil da seção transversal à montante do vertedor da sub-bacia com cerrado	108
Figura 21. Perfil da seção transversal à montante do vertedor da sub-bacia com eucalipto	108

Figuras 22. Construção do vertedor na sub-bacia com cerrado	109
Figuras 23. Construção do vertedor na sub-bacia com eucalipto	109
Figura 24. Estação fluviométrica construída na sub-bacia com cerrado	110
Figura 25. Vertedor construído na sub-bacia com cerrado, considerada como controle	111
Figura 26. Vertedor construído na sub-bacia com eucalipto	111
Figura 27. Modelo de limnógrafo instalado em cada vertedor para registrar a variação da altura da lâmina de água	112
Figura 28. Sistema de coleta de dados das estações limnimétricas	112
Figura 29. Aparência do Programa <i>Levelogger 3.0</i> , utilizado para armazenamento dos dados de vazão e pressão atmosférica	113
Figura 30. Um dos quatro pluviômetros <i>Ville de Paris</i> instalados	114
Figuras 31. Pluviógrafo instalado na sub-bacia com eucalipto para medição da chuva	115
Figura 32. Aparência do Programa <i>Box Car</i>	115
Figura 33. Traçado da mediatriz	116
Figura 34. Definição do polígono de área	116
Figura 35. Poço piezométrico construído próximo ao divisor topográfico da sub-bacia com cerrado, à esquerda e medidor de nível manual com sonda utilizada para leitura do Nível Estático, à direita	118
Figura 36. Etapas metodológicas seguidas para modelagem da Zona Ripária da área de estudo, segundo Zákia (1998, p.88)	132
Figura 37. Esquema da bacia hidrográfica no modelo MESS, extraído de Zákia (1998, p.51), preparado por Moraes (1998), a partir de Saulnier (1996)	133
Figura 38. Evolução das áreas antropizadas no Brasil	136
Figura 39. Evolução do consumo de madeira proveniente de florestas nativas e plantadas para a produção de carvão vegetal no período de 1993 a 2003	137
Figura 40. Origem do carvão vegetal do parque siderúrgico mineiro consumido anualmente	138
Figura 41. Uso do solo na sub-bacia do Ribeirão Ouvidor em 2005	144
Figura 42. Visão panorâmica das unidades instaladas no complexo industrial da Copebrás, em Catalão	147
Figura 43. Evolução da quantidade de área de eucalipto plantada pela Copebrás no município de Catalão/GO	149
Figuras 44 e 45. À esquerda, jardim clonal e à direita, mudas em diferentes estágios de crescimento no viveiro da Copebrás	149
Figuras 46 e 47. Etapas de plantio e manejo	150
Figuras 48 e 49. Após ser cortada no campo a madeira é estocada no terminal da Empresa, onde ficam os fornos e o beneficiamento do minério	

de fosfato para a produção de fertilizantes	151
Figuras 50 e 51. As toras são picotadas e os cavacos seguem para alimentação dos fornos	151
Figura 52. O resíduo final, que é madeira queimada, retorna para o campo, onde é amontoado	152
Figura 53. O resíduo final depositado no campo	152
Figura 54. Seção Morfogeológica Catalão – Rio São Bento	161
Figura 55. Recorte geológico do entorno da área de estudo	163
Figura 56. Mapa Hipsométrico da Sub-bacia do Córrego Taquara dos Cláudios (Catalão – GO)	165
Figura 57. Modelo de Elevação do Terreno da Sub-bacia do Córrego Taquara dos Cláudios (Catalão – GO)	166
Figura 58. Mapa Clinográfico da Sub-bacia do Córrego Taquara dos Cláudios (Catalão – GO)	168
Figura 59. Mapa de Solos da Sub-bacia do Córrego Taquara dos Cláudios (Catalão – GO)	170
Figura 60. Mapa de Direção do Fluxo da Sub-bacia do Córrego Taquara dos Cláudios (Catalão – GO)	172
Figura 61. Comparação entre a modelagem da zona ripária (verde) e a delimitação da mata ciliar (vermelho) exigida pelo código florestal, delimitada em vermelho	173
Figura 62. Mapa da Área Variável de Afluência da Sub-bacia do Córrego Taquara dos Cláudios (Catalão – GO)	175
Figura 63. Mapa de Fragilidade da Sub-bacia do Córrego Taquara dos Cláudios (Catalão – GO)	177
Figura 64. Balanço Hídrico segundo Thornthwaite e Mather (1965)	179
Figura 65. Extrato do Balanço Hídrico Mensal segundo Thornthwaite e Mather (1965)	179
Figura 66. Índices pluviométricos médios regionais e monitorados	181
Figura 67. Variação da precipitação e umidade relativa médias	182
Figura 68. Variação da temperatura média regional e precipitação média monitorada	183
Figura 69. Variação da Temperatura em Catalão (1987 a 2006)	183
Figura 70. Precipitação média mensal e umidade relativa do ar	184
Figura 71. Complexo Dômico de Catalão/Goiás. Provável evolução elaborada por Casseti (1990)	187
Figura 72. Localização dos pontos de monitoramento da água subterrânea e superficial no complexo dômico	189
Figura 73. Mapa de Uso da Terra da Sub-bacia do Córrego Taquara dos Cláudios	191
Figura 74. Variação do nível estático dos quatro poços piezométricos	

monitorados	195
Figura 75. Modelo ilustrativo dos mecanismos associados à água subterrânea, com destaque para a provável situação na qual se encontrariam os poços monitorados na área de estudo	196
Figura 76. Poços piezométricos e vazão captada da sub-bacia com Eucalipto, pela Copebrás	197
Figura 77. Quantidade total de água subterrânea captada da sub-bacia com eucalipto pela Copebrás	198
Figura 78. Série histórica do deflúvio e da precipitação para a sub-bacia com cerrado	200
Figura 79. Série histórica do deflúvio e da precipitação para a sub-bacia com Eucalipto	201
Figura 80. Hidrógrafas referentes à chuva do dia 27/03/2003	203
Figura 81. Hidrógrafas referentes à chuva do dia 03/03/2005	204
Figura 82. Hidrógrafas referentes à chuva do dia 28/03/2005	205
Figura 83. Valores mensais de pH determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada	208
Figura 84. Valores mensais de alcalinidade determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada	208
Figura 85. Valores mensais de cor aparente determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada	209
Figura 86. Valores mensais de Ferro determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada	210
Figura 87. Valores mensais de Gás Carbônico determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada	210
Figura 88. Valores mensais de sedimentos em suspensão determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada	212
Figura 89. Valores mensais de turbidez determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada	213
Figura 90. Valores mensais de condutividade determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada	213
Figura 91. Valores mensais de Magnésio determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada	214
Figura 92. Valores mensais de Cálcio determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada	214
Figura 93. Valores mensais de Nitrogênio (nitrato) determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada	215
Figura 94. Valores mensais de fósforo determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada	216
Figura 95. Valores mensais de Potássio determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada	217

LISTA DE QUADROS

	Pág.
Quadro 01 – Empregos gerados no setor florestal brasileiro, sub-setor de florestas plantadas	39
Quadro 02 – Estoques médios de nutrientes em plantações de eucalipto no Brasil	51
Quadro 03 – Extração média de nutrientes e produtividade em diferentes culturas	52
Quadro 04 – Idade e extração de nutrientes por diversas culturas	52
Quadro 05 – Efeito de diferentes usos do solo e perdas por erosão	53
Quadro 06 – Quantidade de resíduos gerados em diferentes tratamentos ...	54
Quadro 07 – Emissões acumuladas de CO ₂ no período de 1950 a 2000	66
Quadro 08 – Estratégias do Projeto FLORAM para o reflorestamento no Domínio dos Cerrados	77
Quadro 09 – Profundidade e nível estático inicial dos poços piezométricos perfurados para o estudo	119
Quadro 10 – Parâmetros morfométricos medidos nas sub-bacias estudadas	164

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 01 – Florestas plantadas com pinus e eucalipto no Brasil (2005 – 2007)	37
Tabela 02 – Perdas por interceptação expressas em valores percentuais da precipitação incidente (I%) para florestas plantadas de eucalipto e outras plantações florestais	45
Tabela 03 – Relação do piso florestal com a infiltração de água no solo	45
Tabela 04 – Taxas de transpiração de algumas espécies de eucalipto	48
Tabela 05 – Relações entre o estresse hídrico e a taxa de transpiração de algumas espécies de eucalipto	49
Tabela 06 – Variáveis selecionadas para o monitoramento de florestas plantadas em pequenas bacias	122
Tabela 07 – Métodos utilizados para quantificação dos parâmetros físico-químicos monitorados	126
Tabela 08 – Pontos de amostragem de macroinvertebrados na sub-bacia com cerrado	127
Tabela 09 – Pontos de amostragem de macroinvertebrados na sub-bacia com eucalipto	128
Tabela 10 – Classes de declividade utilizadas para confecção do Mapa Clinográfico	129
Tabela 11 - Categorias utilizadas para confecção do Mapa de Declividade da sub-bacia do Córrego Taquara dos Cláudios	131
Tabela 12 - Quantidade e valor dos produtos da extração vegetal e da silvicultura em Goiás: 2001 a 2004	139
Tabela 13 – Balanço Hídrico segundo Thornthwaite e Mather (1965)	178
Tabela 14 – Precipitação média mensal para os períodos analisados	180
Tabela 15 – Precipitação monitorada nas sub-bacias	180
Tabela 16 – Médias mensais da precipitação e umidade relativa, e identificação dos meses secos	182
Tabela 17 – Precipitação média monitorada e temperatura regional média compensada	184
Tabela 18 – Variação da água subterrânea nas duas sub-bacias monitoradas	194
Tabela 19 – Vazão retirada dos poços piezométricos localizados na parte baixa da sub-bacia com Eucalipto	197
Tabela 20 – Balanço hídrico anual para a sub-bacia com cerrado	199
Tabela 21 – Precipitação e deflúvio medidos na sub-bacia com eucalipto	201

Tabela 22 – Intervalos de confiança estimados por Lima, Câmara e Zákia (2006) para variáveis indicadoras da qualidade do manejo florestal em sub-bacias com floresta secundária e eucalipto, localizadas em Imperatriz, MA ..	211
Tabela 23 – Caracterização da temperatura, condutividade e oxigênio dissolvido nos pontos de amostragem de macroinvertebrados bentônicos para as duas sub-bacias monitoradas	218
Tabela 24 – Quantidade e diversidade total das espécies de macroinvertebrados bentônicos coletadas no ponto 1 da sub-bacia com cerrado	219
Tabela 25 – Quantidade e diversidade total das espécies de macroinvertebrados bentônicos coletadas nos pontos de monitoramento 2 e 3 da sub-bacia com cerrado	220
Tabela 26 – Quantidade e diversidade total das espécies de macroinvertebrados bentônicos coletadas no ponto de monitoramento 1 da sub-bacia com cerrado	220
Tabela 27 – Quantidade e diversidade total das espécies de macroinvertebrados bentônicos coletadas nos pontos de monitoramento 2 e 3 da sub-bacia com cerrado	221

SUMÁRIO

	Pág.
1 APRESENTAÇÃO	20
2 INTRODUÇÃO	23
3 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	27
4 EUCALIPTO: PROBLEMAS E/OU ALTERNATIVAS	32
4.1 Eucalipto: problema ambiental, problema social mito e/ou realidade	33
4.1.1 Aspectos Hidrológicos De Plantações De Eucalipto	42
4.1.2 Interações Entre Solo E Eucalipto	50
4.1.3 Interações entre Flora, Fauna e Eucalipto	55
4.1.4 Eucalipto, Diversidade Biológica e Sistemas Agroflorestais	57
4.2 Manejo Florestal: Chave para a Sustentabilidade	59
4.3 A Importância das Florestas na Fixação de Carbono	63
5 BASES TEÓRICO-METODOLÓGICAS DA PESQUISA	80
5.1 A Teoria de Sistemas no Contexto da Compreensão da Paisagem	80
5.2 A Bacia Hidrográfica: Unidade Sistêmica Para Análise da Dinâmica da Paisagem	90
5.3 Critérios e Indicadores de Sustentabilidade da Paisagem	101
6 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS	104
6.1 Monitoramento Hidrobiogeoquímico	104
6.1.1 Fluviometria e Pluviometria	106
6.1.2 Análise de Hidrogramas e Componentes do Escoamento	117
6.1.3 Monitoramento Piezométrico	118
6.1.4 Qualidade da Água	121
6.2 Mapas Temáticos Produzidos	128
6.2.1 Mapa Hipsométrico	128
6.2.2 Mapa Clinográfico	129
6.2.3 Mapa de Solos	130
6.2.4 Mapa de Direção Do Fluxo	130
6.2.5 Mapa de Fragilidade	131
6.2.6 Mapa da Área Variável de Afluência (Zona Ripária)	132
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	135
7.1 Ocupação e Uso da Terra	135
7.1.1 Processo de Ocupação e Transformação Paisagística do Cerrado e Sudeste do Estado de Goiás	135
7.1.2 Transformações Paisagísticas Regionais e Locais	142
7.2 Caracterização Regional	156

7.2.1 Aspectos Climáticos Regionais	156
7.2.2 Aspectos Geomorfológicos, Geológicos e Pedológicos	158
7.2.3 Mapa Hipsométrico	164
7.2.4 Mapa Clinográfico	167
7.2.5 Mapa de Solos	169
7.2.6 Mapa de Direção do Fluxo	171
7.2.7 Modelagem Área Variável de Afluência (Zona Ripária)	173
7.2.8 Mapa de Fragilidade	176
7.3 Aspectos Hidrobiogeoquímicos	178
7.3.1 Pluviometria	178
7.3.2 Fluviometria	184
7.3.2.1 Água Subterrânea	193
7.3.2.2 Caracterização Hidrológica	199
7.3.2.3 Qualidade da Água	207
CONCLUSÕES	225
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	227
ANEXOS	235
ANEXO 01	236
ANEXO 02	237
ANEXO 03	238
ANEXO 04	244
ANEXO 05	246
ANEXO 06	248
ANEXO 07	250
ANEXO 08	252

“O real não está na saída e nem na chegada, está na travessia”.

Guimarães Rosa

1 APRESENTAÇÃO

O ponto de partida que desencadeou o desenvolvimento deste projeto de pesquisa aconteceu no ano de 2000, através de uma parceria interessante entre a Promotoria Pública e o Campus da Universidade Federal de Goiás, em Catalão, que tem permitido um maior estreitamento das relações entre comunidade, saber produzido na academia e intervenção social. O Curso de Geografia foi chamado pela Promotoria a emitir um parecer sobre a influência do eucalipto no secamento de uma das nascentes do Ribeirão Ouvidor, situado na divisa dos municípios de Catalão e Ouvidor, localizados no extremo sudeste goiano.

Na ocasião eu estava cursando o bacharelado em Geografia, com pretensões de ingressar no mestrado. A incerteza quanto ao problema de pesquisa esvaiu-se ao conversar com o então diretor da Copebrás, Sr. Jarbas José Almeida de Melo, que disponibilizou apoio logístico para o desenvolvimento da pesquisa com vistas em se obter, cientificamente, uma resposta à questão e que pudesse subsidiar a condução dos plantios de eucalipto pela empresa. Neste momento as orientações do Prof. Percy Boris Wolf Klein (Curso de Geografia, CAC/UFG) foram decisivas. Desde então todos os esforços foram empreendidos no sentido de viabilizar a pesquisa, uma vez assegurado o apoio logístico para a realização das coletas e monitoramento de campo através da Copebrás.

Por indicação do Prof. Idelvone Mendes Ferreira (Curso de Geografia, CAC/UFG) cheguei ao livro *Impacto Ambiental do Eucalipto* e escrevi ao autor, Prof. Dr. Walter de Paula Lima, a fim de obter maiores informações e orientações teórico-metodológicas, no que este se propôs a me receber no Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, em Piracicaba/SP.

Após ler e sugerir alternativas ao pré-projeto de pesquisa o Prof. Walter viabilizou minha visita a uma das estações experimentais da rede de monitoramento de bacias hidrográficas do Laboratório de Hidrologia. A área visitada no Município de Bofete/SP, de propriedade da Eucatex, se tornou, em 2001, objeto de pesquisa da Dissertação de Mestrado, defendida pelo Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais da ESALQ/USP em junho de 2003. Entre 2001 e 2003, paralelamente ao desenvolvimento do mestrado, procedeu-

se à escolha das bacias experimentais em Catalão e à construção de dois vertedores, ambos instalados à margem esquerda do Córrego Taquara do Cláudios em duas sub-bacias pareadas, sendo uma com cobertura vegetal de eucalipto e outra com vegetação nativa de Cerrado, ambas inseridas na Bacia do Ribeirão Ouvidor. Para tal, a cooperação das equipes de trabalho coordenadas pelo Engº. Gré Lobo do IPT/USP e por Neri Celso, responsável pelo Setor de Reflorestamento/Copebrás, foi fundamental. Procedeu-se, também, a instrumentação das estações limnimétricas e pluviométricas, o que permitiu o início do monitoramento da vazão, precipitação e qualidade da água em novembro de 2002.

A partir do segundo semestre de 2003, as atividades da pesquisa passaram a ser orientadas pelo Prof. Dr. Jurandyr Luciano Sanches Ross (FFLCH/USP), através do programa de doutoramento em Geografia Física, em co-orientação com o Prof. Dr. Walter de Paula Lima (LCF/ESALQ/USP). A fim de viabilizar a continuidade da coleta de dados desenvolveu-se em 2003, em parceria com a ESALQ/USP e CAC/UFG, um projeto de pesquisa mais amplo aprovado pela Câmara Técnica de Recursos Hídricos do Conselho Nacional de Pesquisa Científica (CNPq/CTHidro, processo 550270/02-7) que contou como bolsista o acadêmico do 3º ano do Curso de Geografia, em Catalão, Agnaldo Lobato Corrêa. Em 2005, findo o projeto, os trabalhos de monitoramento de campo continuaram viabilizados pela bolsa-estágio cedida pela Copebrás ao acadêmico Eduardo Vieira dos Santos e, posteriormente, pela acadêmica Michele Juliana Assunção.

Assim foram montadas, instrumentalizadas e monitoradas as duas primeiras estações experimentais para fins de pesquisa hidrogeomorfológica no centro-oeste brasileiro. Tentamos conciliar o tempo da pesquisa, o tempo da pós-graduação e o tempo da empresa com o tempo da resposta do sistema. A experiência se mostrou desafiadora e, muitas das vezes, diante de tantas e tantas dificuldades a superar, uma missão quase impossível. O resultado vos é apresentado nas páginas seguintes.

“Nature is a mutable cloud, which is always and never the same”.

Ralph Waldo Emerson

2 INTRODUÇÃO

As polêmicas geradas em torno dos possíveis impactos ambientais negativos causados pelo eucalipto fora de seu ambiente de origem (Austrália) são inúmeras. As acusações vão desde o esgotamento dos nutrientes e secamento da umidade retida no perfil de solo à alelopatia¹.

Ao nível mundial os debates têm sido intensos a partir da inserção do eucalipto como alternativa econômica, seja para trilhos de ferrovias, celulose, carvão vegetal, móveis dentre outras, o que levou ao desenvolvimento de inúmeras pesquisas em diversos países com as mais variadas características geográficas, abrangendo diferentes biomas, voltadas à elucidação de seus possíveis impactos ambientais. Como resultado, uma gama de publicações científicas tem permitido avançar no debate para além do senso comum e, principalmente, subsidiar aos tomadores de decisão, tanto no planejamento para inserção de projetos florestais comerciais, quanto nas práticas de manejo das florestas de rápido crescimento.

Para uma maior compreensão destes fenômenos, muitos exaustivamente estudados no meio científico, nos ateremos em alguns pontos que permitem elucidar, sem a pretensão de esgotar o tema, questionamentos tais como: o eucalipto seca o solo? O eucalipto *suga* água do lençol freático ao ponto de secar nascentes? O eucalipto retira nutrientes do solo de modo a aniquilar outras culturas? Plantações de eucalipto são um *deserto* verde? Existem áreas mais indicadas para plantá-los?

Amplamente difundidos e erroneamente respondidos no senso comum esses questionamentos ainda povoam o imaginário de muitos. Sua elucidação requer uma abordagem integrada sobre movimentação da água no perfil de solo; ciclagem de nutrientes; hidrologia florestal – consumo de água por evapotranspiração; funcionamento do ciclo hidrológico em bacias hidrográficas; diversidade biológica; por fim, um entendimento da estrutura e funcionamento das paisagens, subsidiado por séries históricas de monitoramento dos elementos-chave constituintes.

¹ Fenômeno relatado desde a antiguidade e expresso no termo *alelopatia*, criado em 1937 pelo pesquisador alemão Hans Molisch com a união das palavras gregas *alléton* (mútuo) e *pathos* (prejuízo).

O enfoque principal desta pesquisa está em compreender os mecanismos que envolvem as culturas de rápido crescimento e os plantios comerciais, dos quais o eucalipto aqui é tomado como estudo de caso e, especificamente, as florestas plantadas em ambiente de cerrado, no sudeste goiano, de propriedade da Copebrás, mineradora do Grupo Anglo American do Brasil.

O Cerrado brasileiro, por sua vez, constitui-se no segundo maior bioma do país e na savana neotropical mais rica do mundo em biodiversidade com a presença de diversos ecossistemas, riquíssima flora com mais de 10.000 espécies de plantas e com cerca de 4.400 endêmicas. É também o berço dos rios que formam as principais bacias hidrográficas do continente sul-americano: nele estão as altas bacias dos rios Paraná, Paranaíba, Paraguai, São Francisco e parte dos afluentes do lado direito da Bacia Amazônica. Representa por isso, uma considerável contribuição para o ciclo hidrológico e do carbono no planeta (REZENDE, 2002, p.177). Entretanto, o desmatamento em vastas áreas de Cerrado associado à ocupação inadequada de paisagens que deveriam ser preservadas vem comprometendo a sua integridade ecológica e a sustentabilidade da natureza.

Como as florestas de eucalipto interferem no ciclo hidrogeomorfológico no contexto do Cerrado mencionado e quais alterações se manifestam na escala da paisagem é o que buscamos compreender. Propôs-se, então, desenvolver um estudo comparativo do comportamento hidrológico em duas sub-bacias experimentais de segunda ordem. Ambas situam-se à margem esquerda do Córrego Taquara dos Cláudios e deságuam no Ribeirão Ouvidor, tributário, pela margem direita, do rio Paranaíba, bacia hidrográfica do Paraná. Localizam-se na Fazenda Leite Bom, de propriedade da Copebrás, município de Catalão (GO).

Através do estudo e monitoramento de uma série de variáveis buscou-se conhecer a dinâmica da paisagem e sua funcionalidade decorrente das intervenções humanas para, então, oferecer subsídios ao planejamento sustentado.

Partiu-se da hipótese que existem diferenças significativas no comportamento hidrológico das duas bacias, face aos tipos diferenciados de cobertura vegetal e ao manejo florestal praticado. Resultando, para a sub-bacia com eucalipto, em maior perda de solos; maior volume de escoamento superficial; maior transporte de sedimentos e evapotranspiração mais elevada,

com conseqüente desregularização da vazão e acreditando-se na premissa que os plantios de florestas de rápido crescimento induziriam a ampliação do processo erosivo e redução das formas de infiltração. Em última análise, portanto, buscou responder se o cultivo de florestas de eucalipto constitui num fator de melhoramento ou deterioração da qualidade ambiental.

Para que a comprovação da hipótese fosse possível buscou-se avaliar alguns aspectos quantitativos e qualitativos do balanço hídrico e da ciclagem de nutrientes, em sub-bacias cobertas com *Eucalyptus urophylla* e vegetação nativa, associados a uma análise regional da paisagem. Como objetivos específicos, a pesquisa visou a:

- verificação das condições das sub-bacias do local, a influência da cobertura vegetal sobre o regime hidrológico, através do balanço hídrico;
- caracterização da qualidade da água através dos parâmetros físico-químicos: alcalinidade, pH, cor aparente, turbidez, sedimentos em suspensão, temperatura da água, K, Ca, Mg, P, Fe e macroinvertebrados bentônicos;
- monitoramento da água subterrânea através de poços piezométricos;
- análise regional do uso e ocupação da terra, através da quantificação da evolução das áreas plantadas de eucalipto.

O trabalho está estruturado em cinco partes principais. Partiu-se da apresentação da área e localização geográfica, para então situar o problema da pesquisa, apresentar e discutir as principais polêmicas e impactos associados às espécies de rápido crescimento, em particular, ao eucalipto, considerando como pano de fundo a matriz energética brasileira.

A terceira parte apresenta as reflexões teóricas apoiadas na Teoria Geral de Sistemas para a compreensão da estrutura e funcionamento da paisagem, tomando a bacia hidrográfica como escala ideal de análise da sustentabilidade. Expressa o esforço teórico da autora em compreender o problema da pesquisa do ponto de vista hidrológico, sem reduzir a análise ou desconsiderar a complexidade sócio-ambiental inerente à diversidade de paisagens que compõem o espaço geográfico.

A quarta parte traz os procedimentos metodológicos utilizados para a execução e desenvolvimento da pesquisa, desde a construção das estações fluviométricas ao monitoramento e análise dos dados coletados, passando pela produção dos mapas temáticos.

Por fim apresentam-se os resultados obtidos nas escalas de análise propostas, discutindo a partir de resultados verificados em outros estudos, as constatações observadas, apontando-se diretrizes de caráter intervencionista, aplicadas ao manejo das florestas de eucalipto e ao planejamento regional.

Não se trata aqui de promover uma ampla defesa do eucalipto e do plantio de espécies de rápido crescimento no geral ou de encampar uma propaganda em torno do desenvolvimento econômico impulsionado pelo setor florestal, nem tão pouco da denúncia pela exposição dos impactos sócio-ambientais, que realmente podem acontecer, associados a práticas inadequadas de manejo, com ausência de planejamento sustentável do uso e ocupação das terras. Antes, pretendeu-se agregar subsídios técnico-científicos para que os tomadores de decisão, as comunidades locais e os diversos atores sociais envolvidos sejam estimulados a compreender, refletir e agir.

3 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

As sub-bacias selecionadas como objeto de estudo do presente trabalho situam-se a sudeste do Estado de Goiás (Figura 01), nas adjacências do Domo Ultramáfico Alcalino Carbonatítico Catalão I, precisamente na sua porção sudoeste ($18^{\circ}08'$ de Latitude Sul e $47^{\circ}48'$ de Longitude Oeste), distando cerca de 6 km da cidade de Catalão.

Figura 01. Localização geográfica da área de estudo.

A área de estudo compreende duas pequenas bacias pareadas, de 2ª ordem, situadas na vertente esquerda do Córrego Taquara dos Cláudios, que ao

desaguar no Taquara I formam o Ribeirão Ouvidor da Taquara, afluente do Rio Paranaíba, que compõe a Bacia do Paraná (Figura 02).

Figura 02. Localização das duas sub-bacias monitoradas (contornadas de verde) no contexto da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Ouvidor.

Fonte: Modificado de Silva (2007).

Conforme indica Ferreira (1996), a cobertura vegetal regional constitui-se em uma variedade de cerrado marcada pela presença de floresta estacional semidecidual (semicaducifólia) inscrita no Bioma Cerrado. A característica geral desse tipo de vegetação relaciona-se com o Clima Tropical Semi-Úmido e período de 4 a 5 meses secos. Apresenta, assim, duas estações climáticas bem definidas,

uma chuvosa e outra seca, as quais determinam uma estacionalidade foliar dos elementos arbóreos dominantes (KLEIN, 1996).

Segundo dados obtidos no 10º Distrito Meteorológico, a região de Catalão encontra-se representada pela temperatura média compensada de 22 °C, podendo-se inferir médias mínimas de 18 °C e máximas em torno de 29 °C, com um período úmido que vai de outubro a março e um período seco entre maio e setembro.

Quanto ao regime dos rios Casseti (1979) ao avaliar regionalmente os elementos climáticos, a vegetação e a própria estrutura em seus efeitos, afirma que a vegetação e o solo proporcionam algumas interferências. Considerando o domínio dos solos permeáveis, por vezes de grandes profundidades, e da cobertura vegetal, caracterizada pelo Cerrado, admite-se certa compensação entre a infiltração e o escoamento, dependendo das condições topográficas. Enquanto nas topografias horizontalizadas, evidencia-se um balanço hídrico positivo, favorecido pela componente perpendicular, nas áreas de maiores declives o escoamento supera a infiltração, o que é corroborado pela fisionomia da vegetação.

A sub-bacia com vegetação nativa possui 39 ha de área de drenagem e conta com uma expressiva mata de galeria margeando seu curso d'água. Partindo da mata galeria para as extremidades da sub-bacia a vegetação apresenta uma transição gradativa para cerradão em função da variação das características do solo, de sua umidade e declividade do terreno. Na sua porção nordeste existe uma área, antes desmatada, em processo de recuperação com espécies nativas de cerrado. Algumas áreas antes ocupadas com pasto encontram-se em processo de regeneração natural. A topografia é medianamente acentuada, sob solo Cambissolo cascalhento nas encostas e Latossolo vermelho-amarelo no topo. Apresenta uma amplitude topográfica de 76 metros. Trata-se de uma área averbada como Reserva Legal pela Copebrás, sendo também explorada para fins de pecuária extensiva.

A sub-bacia ocupada predominantemente com clones de *Eucalyptus urophylla* com idade de 04 anos tem uma área de drenagem de 24 ha e amplitude topográfica de 60 m. O curso d'água é margeado por fragmentos de mata ciliar que ocupam a área de preservação permanente e presença de pequenas faixas de vegetação nativa em processo de regeneração natural. Na

sua parte existe uma pequena parcela explorada para a retirada de cascalhos. As demais características: topografia, solo e relevo são semelhantes às da sub-bacia com vegetação nativa.

As etapas de preparo do solo no regime de cultivo mínimo² para o plantio da floresta de eucalipto, realizado no final de 2001, consistiram em roçada mecânica, deixando algumas árvores nativas maiores, seguida de capina química. As próximas fases consistiram no sulcamento com trator, combate a formigas; e plantio das mudas.

² O procedimento de preparo do solo utilizado foi o mesmo adotado para todos os plantios realizados pela Empresa, eventualmente adaptados às características do sítio.

“É preciso superar o desconhecimento que a sociedade tem sobre os produtos e serviços ambientais e sociais oferecidos pelo eucalipto, pois o desconhecimento pode se transformar em entrave à evolução de empreendimentos responsáveis”.

Rubens Garlipp

4 EUCALIPTO: PROBLEMAS E/OU ALTERNATIVAS

É notável como muitas das polêmicas a respeito do plantio de florestas de rápido crescimento resolvidas no nível científico não alcançaram efetivamente a prática cotidiana dos empreendimentos florestais e a comunidade leiga no geral, o que permite alimentar tanto práticas insustentáveis quanto dúvidas e incertezas infundadas. Nesse sentido há que se buscarem mecanismos eficientes de divulgação dos resultados de pesquisas científicas para que possam contribuir na elucidação dos questionamentos relacionados à temática.

Novas pesquisas também se fazem necessárias, preferencialmente focadas nos resultados das intervenções de manejo e que tenham por objetivo avaliar, comparativamente, outros usos da terra, especialmente no contexto do Cerrado, quais sejam: a soja, a pastagem ou a cana, buscando verificar os impactos decorrentes e propor alternativas sustentáveis de ocupação que considerem o mosaico paisagístico.

Num contexto mais amplo, as discussões aqui apresentadas perpassam uma das manifestações da crise sócio-econômica verificada no final do século XX, que é a questão ambiental, conforme indica Chaves (2003), pois aborda três temas globais fundamentais e desafiadores, neste início de século para a manutenção da vida, conseqüentemente, das atuais e futuras gerações: a monocultura, o aumento no consumo de água, e a exploração mineral.

Há uma profunda crise contemporânea que reflete objetivamente a esgotabilidade de um processo produtivo que, ao tornar-se global, escancara sua face perversa através de várias formas de degradação sócio-ambiental. Duas questões, que estão longe de serem equacionadas, são atualmente colocadas como os grandes desafios para a sociedade do século XXI: produzir de forma sustentada, ou seja, garantir o abastecimento para as futuras gerações e distribuir de forma mais eqüitativa a produção. No primeiro caso, trata-se de investimentos em pesquisas e novas tecnologias, colocando-as a serviço da conservação, recuperação e preservação dos recursos naturais e, no segundo caso, trata-se de desenvolver mecanismos eficientes para acabar com a miséria absoluta de cerca de 20% da população do mundo (CHAVES, 2003, p.11).

Compreendendo os problemas ambientais, antes de tudo, como problemas sociais, conforme concebido por Gadotti³ (2000, p.31), é que a pergunta motivacional deste trabalho será abordada: plantações florestais em escala industrial podem causar impactos ambientais negativos, principalmente aqueles relacionados com o consumo de água e perdas de solo e de nutrientes comprometendo a sustentabilidade da paisagem?

A seguir serão abordados os principais tópicos referentes às polêmicas que envolvem o eucalipto, fora de seu ambiente de origem, procurando avançar na sistematização das respostas e proposições até então apontadas na literatura nacional e internacional.

4.1 Eucalipto: problema ambiental, problema social – mito e/ou realidade?

O eucalipto pertence à família das Mirtáceas (a mesma da goiabeira, da jabuticabeira e da pitangueira), seu nome vem do grego *eu* (bem) e *kalipto* (cobrir), dada a estrutura globular arredondada de seu fruto, o qual tem a característica de ser bem protegido (GUERRA, 1995, p.17). O gênero *Eucalyptus* compreende um grande número de espécies, de 400 a 700, dependendo de como são consideradas para fins de classificação. De acordo com Lima (1996) tal diversidade compreende uma variação latitudinal que vai de 7°N até 43°39'S, o que pressupõe consequentemente, espécies adaptadas a diversas condições de solo e clima. Esse fato acarretou, inicialmente, certa dificuldade na definição das espécies introduzidas em outros países, onde não é nativo, como explica Pryor (1971, p.53).

Em consequência deste fato, um dos problemas da introdução para outros países é a seleção inicial de espécies, correlacionada com as condições ecológicas. [...] As espécies de interesse [utilidade industrial] para o Brasil se distribuem na costa Leste e nas ilhas ao Norte da Austrália. Nessas áreas existem mais ou menos 200 espécies, das quais algumas apenas são de interesse comercial. Para que uma espécie seja considerada industrial, deve ser levada em consideração a densidade da madeira, que deverá estar ao redor de 0,60 a 0,65 g/cm³.

³ Em seu livro Pedagogia da Terra, o autor entende que hoje a questão ecológica tornou-se eminentemente social por conta da insustentabilidade gerada pelo modelo de desenvolvimento econômico vigente.

A disseminação de sementes de eucaliptos a partir da Europa para o mundo se deu no início do Século XIX. Na América do Sul, o primeiro país a introduzir o eucalipto foi o Chile em 1823 e, posteriormente, a Argentina e o Uruguai. Por volta de 1850, países como Portugal, Espanha e Índia começaram a plantar o eucalipto.

As primeiras mudas chegaram ao Brasil no final da década de 1860, sendo que a introdução do gênero tomou impulso no início do século XX (Lima, 1996).

No Brasil, os plantios pioneiros de eucalipto ocorreram em 1968 no Rio Grande do Sul, no entanto, a expansão em larga escala da eucaliptocultura foi de responsabilidade de Navarro de Andrade nos idos de 1903, numa fase que Ferraro (2005, p.97) denomina de modernização da agricultura paulista.

Dentro do quadro de modernização surge a necessidade de uma nova silvicultura que suprisse as ferrovias no abastecimento de lenha para as locomotivas e que ajudasse a preservar as matas nas regiões por elas atravessadas. A Cia Paulista de Estradas de Ferro assume a vanguarda deste processo e cria imensos bosques de eucaliptos dentro dos mais avançados processos de silvicultura racional. Projeto este que já nasce moderno na acepção do termo utilizado até aqui.

Resgatando a evolução histórica da silvicultura no Brasil, Castanho Filho e Graziano Neto (2005) explicam que até 1965, em sua fase inicial, havia por volta de 400 mil hectares plantados com eucalipto. Os próximos 20 anos, marcados por uma fase de incentivos fiscais por parte do governo federal, permitiu uma rápida expansão na atividade.

Em 20 anos, 3,23 milhões de hectares foram plantados nas Regiões Sul e Sudeste. Surgiram grandes empresas, interessadas principalmente na madeira como matéria-prima para a fabricação de papel, a partir da extração de celulose. Constituiu-se também a indústria de aglomerados, compensados e chapas de madeira, produtos utilizados pela indústria moveleira (CASTANHO FILHO e GRAZIANO NETO, 2005, p. 37).

A partir de então, o setor se consolida de modo mais autônomo e, em 2000, passa a ser novamente apoiado por uma política governamental florestal com a criação, através do Decreto Nº. 3.420, do Programa Nacional de Florestas (PNF).

O PNF, afinado com as exigências globais impostas pelas mudanças climáticas decorrentes do aumento de GEE's e ciente do papel que as florestas exercem na fixação do Carbono excedente, permitiu uma abertura do setor para agricultores familiares através de fomentos com a criação e ampliação de linhas de crédito a taxas de juro acessíveis.

Os dois eixos do PNF são a expansão da base florestal plantada em conjunto com a recuperação de áreas degradadas e a expansão da área de florestas naturais manejadas de forma sustentável. Foram criadas linhas de crédito para o setor, que serão acompanhadas de assistência técnica, apoio à pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico. [...] As alternativas de crédito disponíveis são orientadas ao financiamento das atividades de manejo florestal, reflorestamentos para fins energéticos, recuperação de áreas degradadas, sistemas agroflorestais, promoção do mercado florestal, manutenção e recomposição de áreas de preservação permanente e reserva legal (www.mma.gov.br/pnf, acessado em 15 de abril de 2008).

Dentre outros objetivos, o Programa busca: estimular o uso sustentável de florestas nativas e plantadas; fomentar as atividades de reflorestamento, notadamente em pequenas propriedades rurais; apoiar o desenvolvimento das indústrias de base florestal; e valorizar os aspectos ambientais, sociais e econômicos dos serviços e dos benefícios proporcionados pelas florestas públicas e privadas.

As estratégias e metas do PNF para o período de 2004 a 2007 visaram, no tocante à expansão da base florestal plantada consorciada com a recuperação de áreas degradadas, atingir o plantio anual de 600 mil hectares de florestas e aumentar para 30% a participação do pequeno produtor.

Quanto a expansão da área florestal manejada consorciada com a proteção de áreas de alto valor para conservação, esperava-se aumentar para 15 milhões de hectares a área de florestas naturais sustentavelmente manejadas no Brasil, bem como garantir que 30% da área manejada fosse em florestais sociais.

Em fase de avaliação de resultados, não é possível ainda quantificar o quanto das metas propostas pelo PNF foram cumpridas, mas sabe-se que em 2003 (ABIMCI, 2003), dos 8,5 milhões de quilômetros quadrados do território brasileiro, 65,9% estavam cobertos por florestas naturais, 33,5% eram ocupados

pela agricultura, pela pecuária, pelas áreas urbanas e pelas redes de infraestrutura e apenas 0,6% abrigavam florestas plantadas.

Do total de florestas plantadas em 2005, aproximadamente 3,3 milhões de hectares eram compostos por *Eucalyptus* e 1,9 milhão com *Pinus*, sendo sua soma equivalente a 3,2% da área agricultável brasileira.

Outras espécies florestais (Figura 03), destinadas a fins diversos, somavam cerca de 598 mil hectares (MENDES, 2005).

Figura 03. Área de floresta plantada no Brasil por espécie.

Fonte: retirado de Mendes (2005): adaptado por Silviconsult de SBS, 2005.

Em 2007, as áreas de florestas plantadas com eucalipto e pinus no Brasil tiveram um acréscimo de 3,4% em relação a 2006, expressando 186.786 ha de expansão, totalizando 5.560.203 ha.

Constata-se um incremento na área plantada de 318 para 428 hectares, com decréscimo de 1,4% em pinus e 10,1% de acréscimo no eucalipto.

A Tabela 01, organizada pela ABRAF (2007) apresenta as áreas plantadas com pinus e eucalipto no Brasil durante o período de 2005 a 2007.

Tabela 01 – Florestas plantadas com pinus e eucalipto no Brasil (2005 – 2007).

Estado	Pinus			Eucalipto			TOTAL		
	2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
MG	153.000	152.000	144.248	1.063.744	1.083.744	1.105.961	1.216.744	1.235.744	1.250.209
SP	148.020	146.474	143.148	798.522	816.880	813.372	946.542	963.354	956.521
PR	677.772	686.453	701.578	114.996	121.908	123.070	792.768	808.361	824.648
SC	527.079	530.992	548.037	61.166	70.341	74.008	588.245	601.333	622.045
BA	54.746	54.820	41.221	527.386	540.172	550.127	582.132	594.992	591.348
RS	185.080	181.378	182.378	179.690	184.245	222.245	364.770	365.623	404.623
MS	38.909	28.500	20.697	113.432	119.319	207.687	152.341	147.819	228.384
ES	4.898	4.408	4.093	204.035	207.800	208.819	208.933	212.208	212.912
PA	149	149	101	106.033	115.806	126.286	106.182	115.955	126.387
MA	0	0	0	60.745	93.285	106.802	60.745	93.285	106.802
AP	27.841	20.490	9.000	60.087	58.473	58.874	87.929	78.963	67.874
GO	13.330	14.409	13.828	47.542	49.637	51.279	60.872	64.045	65.107
MT	43	7	7	42.417	46.146	57.151	42.460	46.153	57.158
Outros	3.703	4.189	0	27.409	41.392	46.186	31.112	45.582	46.186
TOTAL	1.834.570	1.824.269	1.808.336	3.407.204	3.549.148	3.751.867	5.241.775	5.373.417	5.560.203

Fonte: ABRAF (2008), elaborado por STCP em 2007.

Destaca-se a tímida, mas crescente, participação do estado de Goiás no montante de áreas plantadas de pinus e eucalipto no Brasil, seguindo a tendência nacional ao apresentar um ligeiro decréscimo das áreas de pinus entre 2006 e 2007, com um conseqüente aumento das áreas plantadas com eucalipto para o mesmo período. Observa-se também um significativo incremento no total da área plantada com as duas espécies em 2006.

Os estados com maior quantidade de área plantada com eucalipto e pinus concentram-se nas regiões sudeste e sul do país (Figura 04), a exceção da Bahia que aparece em 5.º lugar no *ranking* nacional. Cabe a Minas Gerais, por abrigar o maior parque siderúrgico do país, a maior fatia de área plantada somando 1.250.209 ha.

Figura 04. Distribuição das florestas plantadas de pinus e eucalipto por Estado em 2007.

Fonte: ABRAF, 2008.

As florestas plantadas, além de reduzirem a pressão sobre as florestas nativas, constituem a principal fonte de matéria prima para os segmentos de celulose, papel e painéis de madeira. Também são utilizadas como carvão vegetal destinado à siderurgia, produtos sólidos de madeira, móveis de madeira, entre outros. Torna-se, cada vez mais, fonte de energia renovável para um grande número de atividades, além de matéria prima para produtos florestais não madeireiros, conforme se observa no esquema da Figura 05.

Figura 05. Fluxograma das grandes cadeias produtivas do sistema agroindustrial florestal.

Fonte: Adaptado por ABRASF/STCP (2007), de VIEIRA, L. Setor Florestal em Minas Gerais: caracterização e dimensionamento. Belo Horizonte – Universidade Federal de Minas Gerais, 2004.

A Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS), em seu relatório de 2006, afirma que no cenário internacional, o Brasil contribuiu com 4,6% das exportações mundiais de produtos florestais madeireiros, destacando-se como o maior produtor e exportador de celulose branqueada de eucalipto e primeiro exportador mundial de compensados de pinus.

Os ganhos de produtividade obtidos pelo melhoramento genético via sementes e clonagem aliado ao aprimoramento das práticas silviculturais em termos de preparo do solo, fertilização e controle de ervas daninhas, têm assegurado as florestas brasileiras a colocação entre as mais produtivas do mundo de acordo com Stape (2005, p.108).

As florestas de *Eucalyptus* e *Pinus* do Brasil estão entre as mais produtivas do mundo, com incrementos médios anuais que variam de 18 a 80 m³/ha.ano, o que representa ganhos de produtividade da ordem de 3 a 4 vezes, comparativamente, aos observados na década de 60, quando foram os plantios florestais em grandes áreas no país.

Estima-se (SBS, 2006) que todo o setor de base florestal brasileiro emprega direta e indiretamente 6,5 milhões de pessoas, o que corresponde a 7,4% da população economicamente ativa do País. Desse total, cerca de 2,5 milhões de pessoas estão empregadas no subsetor de madeira processada mecanicamente (ABIMCI, 2006). Estimativas mostram que a cadeia produtiva exclusivamente do subsetor de florestas plantadas (primário e transformação industrial) em 2005 foi responsável por cerca de 4,1 milhões de empregos entre diretos (675 mil), indiretos (1,65 milhão) e empregos resultantes do efeito-renda (1,75 milhão) (Quadro 01).

Quadro 01 – Empregos gerados no setor florestal brasileiro, sub-setor de florestas plantadas.

SEGMENTO		Empregos do subsetor de floresta plantada			
		Diretos	Indiretos	Efeito Renda	TOTAL
Floresta Plantada	Silvicultura	233.926	917.054	522.470	1.673.450
Indústria	Siderurgia	13.201	222.771	427.390	663.362
	Produtos de madeira	144.253	108.568	144.749	397.570
	Móveis	179.830	134.412	180.444	494.686
	Celulose e papel	103.819	272.745	476.864	853.428
TOTAL		675.029	1.655.550	1.751.917	4.082.496

Abraf/STCP, 2005

Fonte: SBS, 2006.

Alguns aspectos negativos relacionados ao setor florestal brasileiro consistem, além das críticas que serão abordadas posteriormente, na

precarização das condições de trabalho no campo associadas à prestação de serviços terceirizados; expropriação e concentração fundiária aliadas à exclusão social, existindo casos ainda recentes com situações de trabalho escravo.

O Ministério do Trabalho e Emprego tem registrado a exploração predatória da força de trabalho nas plantações de eucalipto. O Grupo Especial Móvel de Fiscalização encontrou, em 2006, 334 trabalhadores em condições degradantes de trabalho, na fazenda São Martinho, da Siderúrgica Marabá, no município de São Bento, extremo Norte de Tocantins. Todos trabalhavam na plantação de eucalipto. De acordo com o auditor fiscal do trabalho e coordenador do grupo, Humberto Célio Pereira, os trabalhadores foram encontrados em condições precárias de alojamento, sem água potável e estrutura sanitária, alimentos estragados, transporte inadequado e com as carteiras de trabalho retidas. Auditores fiscais da DRT-GO, procuradores do trabalho e policiais federais também encontraram no município de Campinaçu – região Norte do Estado de Goiás e há 459 quilômetros de Goiânia – cerca de 40 trabalhadores atuando no corte de eucalipto em condições análogas à escravidão. Os trabalhadores estavam alojados em barracas que não os protegiam sequer das chuvas, não possuíam equipamentos de segurança e não tinham carteira de trabalho assinada. O eucalipto era usado para gerar energia para a Indústria e Comércio de Laticínios do município de Morrinhos (Minas de Fato, em 12/06/06)⁴.

Silva (1994) em uma avaliação qualitativa de impactos ambientais de reflorestamento no Brasil cita que os principais impactos ambientais negativos identificados foram: meio físico (aumento da concentração de gases e partículas sólidas na atmosfera; depreciação da qualidade química da água superficial e subterrânea, quando do contato com biocidas e cinzas; e compactação e, ou erosão do solo); meio biótico (fragmentação com redução espacial de habitats, estreitamento da base genética das espécies vegetais nativas e diminuição da produtividade global no ecossistema aquático); e meio antrópico (desestruturação fundiária da região, com possibilidade de êxodo rural, e impactos visuais causados quando das operações de desmatamento, implantação da rede ferroviária e exploração florestal).

Positivamente, Silva (1994) identifica cinco impactos ambientais relacionados aos reflorestamentos no Brasil, sendo eles: criação de empregos na área rural; dinamização do setor comercial, pela aquisição de fatores de produção; contribuição ao desenvolvimento regional, pela implantação da rede rodoviária florestal, aumento da oferta de alimento para vertebrados, em função

⁴ Disponível em <http://www.cedefes.org.br/new/index.php?conteudo=materias/index&secao=2&tema=1&materia=2626>.

do revolvimento do solo; e surgimento da vegetação de sub-bosque, com a retirada mecânica de serrapilheira. Ficou evidenciada, também, a importância ecológica da silvicultura intensiva, com destaque para a diminuição do aquecimento global, pela captura de gás carbônico, e para a redução da pressão sobre os remanescentes de vegetação nativa.

De um modo geral, positiva ou negativamente, estes são os principais aspectos relacionados às críticas dirigidas ao eucalipto, complementados com aqueles abordados por Lima (1996). Nesse sentido, Guerra (1995) chama a atenção para um fator importante e que leva a refletir acerca do modelo de reflorestamento implantado no país. Sobre esse assunto maiores informações serão apresentadas um pouco mais adiante ao se tratar do Projeto FLORAM.

Guerra (1995, p.19) em seu livro **Meio Ambiente e Trabalho no Mundo do Eucalipto** no contexto da Bacia do Rio Piracicaba/MG, diz que se questiona na verdade é [...] *o modelo de administração dos recursos florestais implantado na região que só privilegiou os grandes projetos com a monocultura de eucaliptos*. E esclarece:

[...] O importante a ser colocado, no caso da Bacia do Rio Piracicaba, é que enormes áreas contínuas foram ocupadas por uma silvicultura intensiva em regime de curta rotação, sem que houvesse a menor preocupação com possíveis impactos ambientais e sociais ou com a preservação dos ecossistemas locais.

Lima (1996) ao abordar o tema do impacto ambiental do eucalipto e das florestas de rápido crescimento explora profundamente os efeitos ambientais destes na perspectiva da história, rumores e fatos a fim de se compreender a natureza dos efeitos ambientais através análise dos aspectos hidrológicos de plantações de eucaliptos (regime de chuvas e sua interceptação; escoamento superficial e erosão; qualidade da água; água do solo e água subterrânea; implicações para a transpiração e produção de biomassa da resposta estomática ao estresse hídrico; consumo de água e escoamento dos rios), das interações entre solo e eucalipto (propriedades químicas do solo; propriedades físicas do solo; ciclagem de nutrientes) e das interações entre flora, fauna e eucalipto (alelopatia e diversidade do sub-bosque; necessidades, diversidade e adaptações da fauna). Aponta ainda para o uso do eucalipto em sistemas agroflorestais apresentando estudos de caso nos trópicos e perspectivas para o Brasil e observa que, embora o Banco Mundial considere que o efeito do reflorestamento

no balanço hídrico de microbacias; a taxa de transpiração e a avaliação do impacto social, sobre o mito que o eucalipto desaloja as culturas agrícolas, causa desemprego dentre outros, o estudo do aspecto social é o que merece melhor atenção e deve ser visto no sentido de melhor integrar as plantações florestais com as prioridades regionais de uso da terra.

A evolução conceitual, no planejamento e manejo de florestas plantadas a partir da década de 1990, pautadas na ótica da sustentabilidade e expressa, inclusive, no Programa Nacional de Florestas requer um novo olhar, uma nova forma de lidar com problemas antigos e que preveja a adequação das florestas que não atendam aos critérios de sustentabilidade da paisagem, com prazos e metas estabelecidos e acompanhados pelos órgãos ambientais competentes.

Passa-se a abordar, especificamente, os aspectos mais polêmicos acerca do plantio de eucalipto e de florestas de rápido crescimento com base em Lima (1996).

4.1.1 Aspectos Hidrológicos de Plantações de Eucalipto

O eucalipto necessita captar CO_2 e O_2 do ar, para realizar, respectivamente, duas importantes atividades metabólicas: a fotossíntese e a respiração, sendo que para a fotossíntese necessita, ainda, da água retirada do solo. Nos vegetais, a água tem três funções principais: participar na reação da fotossíntese, ser transpirada pelas aberturas dos estômatos⁵ no processo de respiração e ser veículo para transporte (como seiva)⁶. Em conjunto, essas atividades metabólicas alimentam um ciclo completo da água que, após precipitar-se sobre o solo, é sugada pelas raízes e evaporada de volta para a atmosfera, precipitando-se novamente sobre o solo (VITAL, 2007, p.241).

Antes de avaliar o quanto o eucalipto ou qualquer outra espécie de rápido crescimento, ou mesmo vegetal, consome de água do solo, ou seja, para se conhecer inicialmente quanta água é utilizada por dia em seus processos

⁵ São organelas presentes na epiderme inferior das folhas, responsáveis pela troca de gases entre a planta e a atmosfera. Como os estômatos precisam ficar abertos para que a planta possa captar O_2 e CO_2 da atmosfera, observa-se muita perda de água através deles, denominada "transpiração florestal".

⁶ Enquanto, na fotossíntese, seres autotróficos (seres que produzem seu próprio alimento) transformam energia luminosa em energia química, processando dióxido de carbono (CO_2), água (H_2O) e minerais e transformando-os em glicoses (produzindo, como resultado, oxigênio gasoso (O_2)), na respiração, os organismos utilizam O_2 (para oxidar açúcares e ácidos orgânicos, gerando, assim, energia), lançando, como resíduo, CO_2 e água de volta à atmosfera.

fisiológicos é preciso considerar numa escala global as interferências zonais, pois as plantas respondem diferenciadamente conforme a quantidade de energia disponível no sistema. É, assim, conhecido que a menor disponibilidade de energia solar nas médias e altas latitudes impõe um ritmo de crescimento e ciclagem de nutriente mais lento daquele verificado nas regiões equatoriais.

Lima (2004) afirma que a partir de inúmeros resultados experimentais a evidência de que o consumo de água do eucalipto não difere muito do consumo de outras espécies florestais, já se encontra bastante consistente. Segundo o autor, afirmar que uma árvore de eucalipto pode consumir cerca de 360 litros de água por dia é algo absurdo. Considerando um espaçamento de 2x2 metros, isso equivaleria a uma evapotranspiração diária de cerca de 90 milímetros. Supondo tratar-se do valor correspondente ao pico da transpiração diária, e que a média diária fosse a metade desse valor, ainda assim a evapotranspiração anual alcançaria a cifra astronômica de 16.425 milímetros. Estimativas de consumo de água como estas são improváveis, fisicamente falando, pois correspondem a um valor quase 10 vezes superior ao consumo máximo verificado em regiões equatoriais.

Sabe-se que o consumo de água pela vegetação depende do clima e da área total das folhas da floresta e guarda relação direta com a fotossíntese. Por outro lado, este consumo de água deve ser sempre analisado de duas maneiras: primeiro, em termos do consumo total anual do eucalipto, comparativamente ao consumo de outros tipos florestais, o qual, como já afirmado, não é diferente; segundo, em relação à eficiência do uso desse total de água, em termos da quantidade de madeira produzida por unidade de água consumida na transpiração, na qual o eucalipto leva certa vantagem, ou seja, usa a água disponível de forma mais eficiente (Figura 06) (LIMA, 2004).

Figura 06. Quantidade de madeira produzida e consumo de água por evapotranspiração.

Fonte: Lima (2004).

Com base em informações e resultados experimentais sobre o consumo de água por florestas de rápido crescimento acumulados de mais de 30 anos de pesquisas em diversas regiões brasileiras permitiram (LIMA, 1996; SCHUMACHER e HOPPE, 1998; CÂMARA e LIMA, 1999; CÂMARA, LIMA e VIEIRA, 2000; RODRIGUEZ ANIDO, 2002; MOSCA, 2003; LIMA, 2004; LIMA e ZÁKIA, 2006) tecer uma avaliação mais consistente sobre a questão.

Serão abordados, resumidamente, os principais processos e efeitos hidrológicos das florestas relacionados a interceptação das chuvas; qualidade da água; água do solo e água subterrânea; resposta estomática ao estresse hídrico e as implicações para a transpiração e produção de biomassa; consumo de água e escoamento dos rios.

As florestas exercem um efeito hidrológico significativo relacionado a precipitação que é o processo de interceptação das chuvas: a precipitação incidente é redistribuída pela copa das árvores e parte é perdida por evaporação direta da água interceptada. Deste modo, a perda total por interceptação inclui a evaporação que ocorre ainda durante a chuva, mais a evaporação da água que fica temporariamente retida na copa depois de cessada a chuva.

De acordo com Lima (1996) quando se comparam os efeitos resultantes do florestamento de áreas de campo limpo, de pastagem, ou de qualquer outra vegetação aberta, é bastante provável que ocorra uma redução da produção de água pela bacia hidrográfica de, aproximadamente, 20%, enquanto as perdas evaporativas poderiam quase que duplicar. A Tabela 02 apresenta alguns valores de perdas por interceptação para florestas naturais de eucalipto e plantações de outras espécies florestais.

Tabela 02 – Perdas por interceptação expressas em valores percentuais da precipitação incidente (I%) para florestas plantadas de eucalipto e outras plantações florestais.

Espécie	Condições	I%
<i>E.regnans</i>	floresta adulta	24,0
<i>E.regnans</i>	floresta adulta	23,2
<i>E.regnans</i>	regeneração, 40 anos	18,7
<i>E.regnans</i>	regeneração, 40 anos	18,5
<i>E. obliqua</i>	regeneração, 40 anos	15,0
<i>E. obliqua</i>	floresta adulta	18,0
<i>Eucalyptus ssp.</i>	floresta fechada	23,3
<i>Eucalyptus ssp.</i>	floresta aberta	10,6
<i>E. saligna</i>	plantação, 6 anos	12,2
<i>E. camaldulensis</i>	plantação, 7 anos	14,3
<i>E. camaldulensis</i>	plantação, 3 anos	7,1
<i>E. camaldulensis</i>	rebrota, 1 ano	5,3
<i>Agathis dammara</i>	plantação, 35 anos	23,0
<i>Albizia falcataria</i>	plantação, 6 anos	18,0
<i>Tectona grandis</i>	plantação, 25 anos	13,0
<i>Acacia auriculiformes</i>	plantação, 5 anos	18,0
<i>Shorea robusta</i>	plantação	35,0
<i>Pinus caribaea</i>	plantação, 13 anos	12,0
<i>Pinus oocarpa</i>	plantação, 13 anos	12,0

Fonte: Lima (2006, p.58).

Os dados mostram que a perda por interceptação, é, em média, menor em plantações de eucalipto do que em plantações de outras espécies florestais ou em florestas naturais.

Associadas a tais perdas, o tipo do piso florestal pode contribuir de modo significativo para o aumento da infiltração da água no solo e redução do escoamento superficial, conforme se apresenta na Tabela 03, elaborada por Lima (1996).

Tabela 03 – Relação do piso florestal com a infiltração de água no solo.

Tratamento	Infiltração (mm/h)
Piso florestal intacto	59,9
Piso removido mecanicamente	49,3
Piso queimado anualmente	40,1
Pastagem degradada	24,1

Em relação aos efeitos na qualidade da água, estudos desenvolvidos na escala da bacia hidrográfica considerando o balanço entre a entrada de nutrientes via precipitação e a saída de nutrientes via deflúvio (CÂMARA, 1999) mostram que a cobertura de floresta natural não alterada caracteriza-se por apresentar, em geral, uma ciclagem de nutrientes bastante equilibrada. Quando associada a uma cobertura com plantações florestais submetida ao corte raso, pode resultar num aumento da concentração de nutrientes no deflúvio da bacia hidrográfica, em consequência da ruptura do equilíbrio da ciclagem biogeoquímica de nutrientes.

Para a qualidade da água do deflúvio, os estudos com espécies de eucalipto, assim como com outras espécies florestais, demonstram que a qualidade final da água é, em condições naturais, mais dependente da geologia e do solo da bacia, assim como do regime de chuvas da região, através da interação dos processos hidrológicos envolvidos na geração do deflúvio.

Os resultados apresentados nos estudos revisados por Lima (1996) mostram que o balanço de nutrientes de bacias hidrográficas que contêm florestas de eucalipto apresenta-se, em termos médios, bastante conservador, o que reflete os efeitos positivos desse tipo de cobertura florestal sobre o funcionamento da bacia hidrográfica. Contribui, inclusive, para a melhoria das condições hidrológicas de bacias degradadas, ao promover, com o devido tempo, um adequado controle dos processos de escoamento superficial, erosão e ciclagem de nutrientes, resultando na melhoria da qualidade da água produzida pela bacia.

Tal desempenho foi observado por Mosca (2003) ao monitorar, comparativamente, duas pequenas bacias hidrográficas cobertas com eucalipto e pastagem no município de Bofete (SP). De fato, a água do deflúvio apresentou melhor qualidade para os parâmetros avaliados, sendo as perdas relativas aos sedimentos em suspensão muitas vezes superiores na sub-bacia com pastagem.

Vital, Lima e Camargo (1999) ao monitorarem o esquema de manejo que envolveu preparo conservativo do solo para plantio, manutenção da mata ciliar, e a utilização, durante a colheita, da malha viária já existente, observaram uma diminuição do deflúvio, proporcionalmente ao crescimento da plantação de eucalipto, assim como, um aumento após o seu corte raso, dentro do limite de variação que tem sido observado para outras espécies florestais sujeitas a

tratamento idêntico. Verificaram, também, que a qualidade da água do riacho manteve-se dentro de padrões normais para sub-bacias com boa proteção de cobertura vegetal. Constataram que a colheita florestal através de corte raso resultou numa alteração da qualidade da água, principalmente em termos de ligeiro aumento na condutividade e na turbidez, refletindo maior aporte de nutrientes e de sedimentos no deflúvio da sub-bacia com eucalipto. A perda de solo via sedimentos em suspensão no deflúvio aumentou após o corte raso, mas foram menores do que as perdas verificadas em áreas agrícolas. No geral, os autores concluíram que não foram observadas indicações de degradação ou desestabilização dos valores da sub-bacia hidrográfica.

De acordo com Vital (2007) o impacto sobre os lençóis freáticos dependerá da localização das plantações em relação à bacia hidrográfica. Se as plantações estão situadas em locais de maior altitude, as raízes dos eucaliptos, por não ultrapassarem 2,5 m, não alcançariam os lençóis subterrâneos. Se, entretanto, as florestas forem plantadas nas zonas ripárias, os eucaliptos passam a consumir mais água, crescem mais rapidamente e podem gerar impactos sobre os lençóis freáticos tanto localmente como a jusante⁷. A literatura mostra também que a profundidade dos lençóis freáticos varia em função das características do solo, bem como das características hídricas de cada região, de tal sorte que o impacto das plantações de eucalipto sobre os lençóis de água deve ser analisado caso a caso.

O consumo de água do solo e subterrânea por parte da vegetação no geral ocorre através de seu sistema radicular. A profundidade de crescimento da raiz, por sua vez, é altamente variável e dependente de fatores ambientais diversos. O padrão de sistema radicular do eucalipto varia de acordo com a espécie, existindo aquelas que são caracteristicamente de sistema radicular superficial (*E. grandis* e *E. pilulares*) e outras que apresentam um sistema radicular dotado de raiz pivotante profunda (*E. microcorys*, *E. propinqua*, *E. paniculata*), podendo chegar a 30 metros. De um modo geral, a maior parte do sistema radicular das espécies de eucalipto concentram-se nas camadas superficiais do solo. Os possíveis efeitos do sistema radicular no secamento do solo devem ser avaliados, portanto, em conjunto com uma análise da possibilidade de estas extraírem água do lençol freático, o qual também é

⁷ Vital explica que é possível encontrar lençóis freáticos localizados bem superficialmente. Em solos arenosos de baixa fertilidade (espodosolos), por exemplo, os lençóis podem ser encontrados a apenas 45 cm da superfície.

bastante variável em profundidade e conforme a geologia. Dessa forma, a extração significativa de água do lençol freático somente ocorreria onde este se encontra normalmente a superfície, ao alcance das raízes, como nas áreas ripárias, por exemplo (LIMA, 1996). No Cerrado, os ambientes que apresentam maior fragilidade para plantio de eucalipto ou espécies de rápido crescimento, considerando esse aspecto, são aqueles característicos de solos hidromórficos e ambientes de vereda.

As perdas de água pela vegetação associadas a transpiração são determinadas pela demanda climática relacionada com a radiação solar, o déficit de saturação de vapor da atmosfera, a temperatura e a velocidade do vento, mecanismos fisiológicos relacionados com a resposta estomática a fatores ambientais, índice de área foliar e disponibilidade de água no solo.

A Tabela 04 elaborada por Lima (1996) apresenta taxas de transpiração determinadas para algumas espécies de eucalipto e, quando comparadas aos valores encontrados para algumas espécies arbóreas de clima temperado em termos de litros por árvore e por dia (*Fraxinus excelsior*, 3,6 a 47; *Picea abies*, 27; *Fagus silvatica*, 32; *Alnus sp*, 3,7 a 47; *Pseudotsuga menziesii*, 65; *Quercus sp*, 73; *Betula pendula*, 140) mostram que o eucalipto apresenta valores considerados normais para espécies florestais.

Tabela 04 – Taxas de transpiração de algumas espécies de eucalipto.

Espécie	Idade	Condições	Taxa
<i>E.saligna</i>	3	verão	23 L. árv. ⁻¹ .dia ⁻¹
<i>E.globulus</i>	3	verão	37 L. árv. ⁻¹ .dia ⁻¹
<i>E.cladocalix</i>	3	verão	30 L. árv. ⁻¹ .dia ⁻¹
<i>E.camaldulensis</i>	2	verão	29 L. árv. ⁻¹ .dia ⁻¹
<i>E. globulus</i>	2	verão	37 L. árv. ⁻¹ .dia ⁻¹
<i>E. leucoxylon</i>	2	verão	23 L. árv. ⁻¹ .dia ⁻¹
<i>E. robusta</i>	2	verão	19 L. árv. ⁻¹ .dia ⁻¹
<i>E. sargentii</i>	2	verão	28 L. árv. ⁻¹ .dia ⁻¹
<i>E. wandoo</i>	2	verão	26 L. árv. ⁻¹ .dia ⁻¹
<i>E. saligna</i>	2	verão	23 L. árv. ⁻¹ .dia ⁻¹
<i>E.cladocalix</i>	2	verão	30 L. árv. ⁻¹ .dia ⁻¹
<i>E. marginata</i>	adulta	verão	7,2 mg.g ⁻¹ .min ⁻¹
<i>E. calophylla</i>	adulta	verão	4,2 mg.g ⁻¹ .min ⁻¹
<i>E. marginata</i>	adulta	verão	2,5 g.g ⁻¹ .min ⁻¹
<i>E. globulus</i>	plantação	2x2m	347,5 mm.ano ⁻¹
<i>E. regnas</i>	adulta	verão	4,1 mm.dia ⁻¹
<i>E. grandis</i>	3	verão	5,7 mm.dia ⁻¹
<i>E. grandis</i>	3	inverno	2,1 mm.dia ⁻¹
<i>E. marginata</i>	adulta	verão	5,0 mm.dia ⁻¹
<i>E. marginata</i>	adulta	inverno	1,0 mm.dia ⁻¹

Um aspecto interessante a ser considerado no contexto climático do Cerrado refere-se a resposta estomática das espécies de eucalipto ao estresse hídrico. A condutância estomática pode ser entendida como o mecanismo fisiológico que as plantas vasculares possuem para controle da transpiração⁸. A resposta dos estômatos, através da regulação da condutância estomática a fatores ambientais tais como luz, concentração de gás carbônico atmosférico, umidade e temperatura, determina a demanda transpirativa a que a folha está normalmente sujeita. Quando abertos, os estômatos permitem a assimilação de gás carbônico. Fechando-se, eles conservam a água e reduzem o risco de desidratação.

Para plantas que crescem em condições de estresse hídrico moderado com presença de estação seca no ano, o efeito combinado de todos os fatores que influenciam na condutância estomática, resultam em geral em um padrão diurno de variação, caracterizado pela ocorrência de valores máximos da condutância estomática de manhã cedo e ao final da tarde, com uma drástica redução por volta do meio dia, chegando a fechar-se em condições de déficit de água mais severo. Lima (1996) segue explicando que o fechamento estomático ao meio dia é uma característica de espécies regularmente sujeitas a condições de seca, sendo o resultado do aumento do déficit de saturação de vapor que normalmente ocorre nessa parte do dia. Tal mecanismo de controle das perdas de água em resposta aos fatores ambientais limitantes encontra-se bastante desenvolvido em boa parte das espécies de eucalipto (Tabela 05).

Tabela 05 – Relações entre o estresse hídrico e a taxa de transpiração de algumas espécies de eucalipto.

Espécie	Taxa de Transpiração (g.100 cm ⁻² .dia ⁻¹)		
	Capacidade de Campo	Moderado	Severo
<i>E. rostrata</i>	3,9	2,4	1,4
<i>E. polyanthemos</i>	3,7	2,1	2,5
<i>E. syderoxylon</i>	3,3	2,2	2,6
<i>E. marginata</i>	2,8	-	2,9
<i>E. globulus</i>	12,9	-	3,1
<i>E. camaldulensis</i>	8,6	-	1,9
<i>E. tereticornis</i>	x	x/2	x/2
<i>E. grandis</i>	x	x/2	x/2
<i>E. cloeziana</i>	x	x/2	x/2
<i>E. tereticornis</i>	x	0,8x	0,3x

⁸ A epiderme das folhas encontra-se envolvida por uma cutícula relativamente impermeável, tanto ao vapor d'água quanto ao gás carbônico, contendo grande quantidade de microscópicas válvulas operadas pela turgescência, denominadas de estômatos.

Segundo Lima (op. Cit), no que diz respeito às plantações de eucalipto para fins de produção de madeira para uso industrial, pode-se concluir que uma alta taxa de crescimento, com uma conseqüente taxa de consumo de água ocorre em condições de valores relativamente altos de eficiência do uso da água, comparativamente a outras espécies florestais e a culturas agrícolas.

Na perspectiva da avaliação do consumo de água por diferentes coberturas vegetais utilizando a metodologia de bacias hidrográficas pareadas para a realização comparativa do balanço de massas e determinação das perdas por evapotranspiração relacionadas as espécies de rápido crescimento e, particularmente, as florestas plantadas de eucalipto, Lima (2006) explica que os resultados dos estudos de monitoramento em bacias hidrográficas experimentais desenvolvidos em vários países mostram uma diminuição no deflúvio como resultado do plantio e crescimento do eucalipto, assim como um efetivo aumento após o seu corte raso.

Tais resultados, observados em bacias experimentais instaladas na Índia, África do Sul e Nova Zelândia, ocorreram quando se reflorestaram pequenas bacias cobertas anteriormente com pastagem. Resultados de pesquisas em hidrologia florestal apontando para tendências semelhantes são citados desde 1967, embora sejam altamente variáveis de um lugar para outro e até imprevisíveis. De fato há a possibilidade de que as florestas plantadas e o manejo florestal possam influenciar a quantidade de água na escala da pequena bacia. O importante é direcionar esforços para a busca de soluções para os conflitos que decorrem tanto do aumento da demanda da água quanto do reconhecimento pela sociedade dos usos múltiplos e daqueles prioritários para a manutenção do próprio sistema enquanto natureza.

Somente a análise complexa de todos os fatores envolvidos é que permitirá equacionar o problema da conservação da água na natureza. Atribuí-lo a apenas um fator isolado significa iludir-se, ou usar o artifício de encontrar um bode expiatório para todas as mazelas ambientais, nos dizeres de Lima (2004).

4.1.2 Interações entre Solo e Eucalipto

As principais críticas a respeito das interações entre solo e eucalipto estão relacionadas a inadequação das florestas plantadas para fins de controle de

erosão, por não fornecerem uma proteção adequada da superfície do solo e ao elevado consumo de nutrientes, exaurindo as reservas estocadas.

De fato, quando associadas ao manejo inadequado, as perdas de solo e de nutrientes podem ser consideráveis e críticas do ponto de vista da qualidade da água e da manutenção da capacidade produtiva do sítio. Geralmente estas perdas estão associadas, no caso de extensas plantações florestais de rápido crescimento, a necessidade rotineira de preparo do solo, a ocorrência normal de um período de crescimento das mudas quando o solo permanece praticamente sem proteção, ao regime de corte ao final do período de rotação, e também as estradas e carregadores florestais.

Barros, Neves e Novais (2005) explicam que em regiões tropicais, onde a radiação solar e a temperatura são abundantes, água e nutrientes são os recursos do ambiente que mais determinam a produtividade das culturas. Os nutrientes absorvidos são distribuídos na árvore, sendo sua alocação, nos vários órgãos, variável de acordo com a idade da planta. Uma maior concentração de nutrientes é alocada na copa, quando as árvores são mais novas, ficando retida nas folhas e galhos mais finos. À medida que se tornam adultas, os nutrientes tendem a se concentrar no tronco (casca e lenho).

Quanto mais produtiva uma plantação florestal, maior será sua demanda por nutrientes. Para uma produtividade de 40 m³/ha.ano, aos sete anos de idade, um povoamento de eucalipto conterá aproximadamente, de 25 kg/ha de fósforo a 400 kg/ha de cálcio (BARROS, NEVES E NOVAIS, 2005, p.77).

O Quadro seguinte, organizado por Santana et al. (2000)⁹ e citada por Barros, Neves e Novais (2005) expressa o conteúdo médio de nutrientes, em plantações de eucalipto com 8 anos, no Brasil, e a produção média de biomassa.

Quadro 02 – Estoques médios de nutrientes em plantações de eucalipto no Brasil.

Estoques	Biomassa	N	P	K	Ca	Mg
t/ha	kg/ha					
Parte aérea	159	405	30	270	462	86
Tronco	141	241	18	180	366	58
Madeira	125	183	10	106	98	21
Raízes	23	65	5	38	65	8
Total	182	470	35	308	527	94
Taxa anual	22,7	58,7	4,4	38,5	65,8	11,7

⁹ SANTANA, R.C.; BARROS, N.F.; COMERFORD, N.B. Aboveground biomass, nutrient content, and nutrient use efficiency of eucalypt plantations growing in different sites in Brazil. *New Zealand Journal of Forestry Science*, v. 30, n. 1, p. 225-236, 2000.

É possível observar, comparativamente a outras culturas, uma relação entre a extração média de nutrientes e a produtividade, através do Quadro 03 elaborada pelo Instituto Agronômico de Campinas. Certamente que as taxas são variáveis conforme a localização geográfica e o arranjo das variáveis ambientais, mas o estudo mostra que a exigência nutricional do eucalipto pode ser até menor quando comparada a outras culturas.

Quadro 03 – Extração média de nutrientes e produtividade em diferentes culturas.

Extração de Nutrientes por Diversas Culturas		
Cultura	Produtividade (ha)	Extração (kg/ha/ano)
Eucalipto	45 (st/ha/ano)	67,5
Cana	85 ton	301
Capim colônia	23 ton	43
Laranja	5 caixas/pé	199,4
Cacau	1,5 ton	174,2
Seringueira	0,6 ton	8,7
Café	2 ton	140,7

Fonte: IAC Campinas (SP).

Quando avaliada a relação entre idade e extração de macro nutrientes para diferentes culturas (Quadro 04), em termos médios, verifica-se que com o tempo o eucalipto tende a diminuir o consumo, ou seja, a ciclagem de nutrientes tende a se estabilizar.

Quadro 04 – Idade e extração de nutrientes por diversas culturas.

Extração de Nutrientes por Diversas Culturas (kg/ha/ano)						
Cultura	Idade (anos)	N	P	K	Ca	Mg
<i>Eucalyptus grandis</i>	2,5	11,2	94,9	50,0	13,1	8,1
<i>Eucalyptus grandis</i>	10	42,0	1,6	15,6	76,7	5,1
<i>Eucalyptus grandis</i>	27	16,1	0,9	11,7	36,0	6,0
Café	-	93,0	4,4	127,0	10,0	9,0
Trigo	-	80,0	8,0	12,0	1,0	4,0
Milho	-	127,0	26,0	17,5	1,0	11,0
Batata	-	81,0	18,0	159,0	10,0	4,0
Cana-de-açúcar	-	208,0	22,0	200,0	153,0	67,0

Fonte: UNESP.

Zinn (1998) ao caracterizar as propriedades físicas, químicas e da matéria orgânica de solos nos cerrados sob plantações de *eucalyptus* e *pinus* na região de Uberlândia/MG, concluiu que as florestas plantadas encontraram condições propícias a uma absorção significativa de nutrientes, embora suas serapilheiras tenham sido, via de regra, mais pobres do que as testemunhas. E afirma que:

Essa relativa pobreza pode ser causada pela maior eficiência na ciclagem interna de nutrientes: nesses ambientes distróficos, as culturas florestais apresentam grande capacidade de redistribuição de nutrientes pelo floema, de modo que as perdas por abscisão de folhas e outros seriam relativamente pequenas e a serapilheira, mais pobre (ZINN, 1998, p.61).

Como é no solo, principal depositário dos nutrientes minerais, que se encontram tanto as reservas naturais ou decorrentes de aplicação de fertilizantes e corretivos, a implantação de qualquer cultura deve-se considerar a capacidade de suporte do ambiente de modo a atender tanto as demandas humanas quanto a reprodução da natureza enquanto natureza. Sabe-se (BARROS, NEVES E NOVAIS, 2005) que a maior proporção dos nutrientes requeridos por espécies de rápido crescimento, a exemplo do eucalipto, deve ser suprida até a idade de três anos. Após essa idade, e tendo os nutrientes sido supridos em quantidades suficientes para atender a demanda das plantas, os mecanismos da ciclagem bioquímica e biogeoquímica de nutrientes são capazes de atender a demanda nutricional até o final da rotação, com a idade de corte desejada.

A manutenção da fertilidade do solo em longo prazo requer a reposição dos nutrientes exportados ou perdidos pela área tanto pela colheita da cultura quanto por processos erosivos associados. O Quadro 05 mostra o efeito de alguns usos do solo e as perdas geradas por erosão.

Quadro 05 – Efeito de diferentes usos do solo e perdas por erosão.

Efeito do Uso do Solo e Perdas por Erosão			
Uso do solo	Perda por Erosão		Tempo (anos) para desgaste de uma camada de 15 cm de solo
	Terra (t/ha)	Água (% de chuva)	
Mata	0,0004	0,7	440,000
Pastagem	0,4	0,7	4,000
Cafezal	0,9	1,1	2,000
Algodoeiro	26,6	7,2	70
Fonte: IAC Campinas (SP).			

As perdas de nutrientes observadas podem ser compensadas pela aplicação de fertilizantes, embora outra maneira de repor a produtividade, no caso de plantações florestais, seja através da manutenção dos resíduos na área

após o corte. De acordo com Gonçalves et al. (2004)¹⁰ citados por Barros, Neves e Novais (2005) a perda de produtividade florestal é quase proporcional a quantidade de resíduos retirados da área (Quadro 06).

Quadro 06 – Quantidade de resíduos gerados em diferentes tratamentos.

Tratamento	Diâmetro (cm)	Área Basal (m ² /ha)	Volume (m ³ /ha)
Cultivo mínimo	10,6	14,7	128,3
Remoção de casca e madeira	9,8	12,4	100,3
Remoção de todos os resíduos	8,5	9,2	65,2

Observa-se que a prática do cultivo mínimo apresenta vantagens em relação aos demais métodos de preparo do solo, contribuindo também para redução das perdas de solo e maior infiltração da água no sistema.

A manutenção da galhada resultou em produtividade quase três vezes maior que com a remoção da mesma. A maior proporção dos nutrientes, na época do corte, está contida em partes da árvore que não são utilizadas comercialmente. Assim, a retirada da área apenas da madeira do tronco representa uma grande economia de nutrientes, concorrendo para a manutenção da produtividade florestal (BARROS, NEVES E NOVAIS, 2005, p.79).

As estradas e carregadores utilizados para a realização das operações florestais, quando não planejados adequadamente se tornam importantes fontes de perda de sedimentos e a principal causa de assoreamento de cursos de água, notadamente quando localizadas próximas as nascentes.

Avaliando o efeito do nivelamento de estradas florestais na produção de sedimentos, Fontana (2007) registrou perdas de sedimentos de até 0,53 cm em estrada motonivelada e demonstra que a porcentagem de argila na camada de 0 a 5 cm, a declividade, a precipitação e a operação de nivelamento com a motoniveladora influenciam a perda de sedimentos pelas estradas florestais. Afirma, por isso, que as atividades em estradas florestais não são apenas atividades técnicas, mas sim ações ecológicas com potencial de influência na paisagem e, portanto, devem ser minuciosamente planejadas. *De um modo geral o baixo investimento na qualidade de construção das estradas consequentemente resulta em manutenções mais freqüentes, gerando assim um maior potencial das estradas em produzir sedimentos* (FONTANA, 2007, p. 65).

¹⁰ GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V.A.G.; GAVA, J.K. An evaluation of minimum and intensive soil preparation regarding fertility and tree nutrition. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Eds.). Forest Nutrition and Fertilization. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), 2004. p. 13-64.

Ao concluir Fontana (op. Cit.), recomenda a diminuição gradativa da densidade de estradas florestais associadas a implementação de técnicas adequadas de construção e manutenção de estradas, processo essencial para que as florestas plantadas atinjam aos objetivos mínimos do manejo florestal sustentável.

4.1.3 Interações entre Flora, Fauna e Eucalipto

Às interações que se desencadeiam entre indivíduos das comunidades vegetais (interespecífica e/ou intra-específica), estudos anteriores denominaram de *interferências*¹¹, diferenciadas em *alelospolia*, *alelopatia* e *alelomediação*¹². A diferenciação destes três processos é importante para se evitar confusões e equívocos no uso da expressão.

Deste modo, *alelospolia* ou *competição* refere-se à interferência causada pelos organismos ao retirarem do ambiente elementos vitais como água, nutrientes e luz, baixando o seu teor a níveis que prejudiquem o desenvolvimento normal de outros. *Alelopatia* é a interferência provocada pela introdução de substâncias químicas produzidas por certos indivíduos e que, no ambiente, afetam os outros componentes da comunidade. Já a *alelomediação* ou *interferência indireta* são as provocadas pelas alterações que alguns indivíduos promovem ao ambiente físico ou biológico, com reflexos aos seres vizinhos (SZCZEPANSKI, 1977 citado por DURIGAN e ALMEIDA, 2003).

É importante destacar que alelopatia e competição envolvem mecanismos diferentes, que muitas vezes são tomados como processos iguais.

[...] o efeito alelopático depende de um composto químico que é adicionado ao ambiente. Por outro lado, uma planta pode afetar o crescimento de outra, sem que haja o efeito alelopático, através da competição por algum fator do ambiente como água, luz e nutrientes (DURIGAN e ALMEIDA, 2003, p.3).

Para Rice (1984) a alelopatia é um processo que envolve metabólitos secundários produzidos por plantas, algas, bactérias e fungos que influenciam o crescimento e desenvolvimento de sistemas biológicos, ou seja, expressa qualquer efeito direto ou indireto, benéfico ou prejudicial, de uma planta ou de

¹¹ MULLER, C.H. The role chemical inhibition (allelopaty) in vegetation competition. Bulletin of the Torrey Botanical Club, 93 (5): 322-351, 1966.

¹² SZCZEPANSKI, A.J. Allelopathy as a mean of biological control of water weedes. Aquatic Botany, 3: 193-197, 1977.

microrganismos sobre outra planta, mediante produção de compostos químicos que são liberados no ambiente.

A alelopatia, inibição ou estimulação de uma planta por outra, através da produção e liberação de compostos orgânicos complexos no meio ambiente, pode constituir uma fonte de estresse afetando a distribuição dos vegetais, a produção e a ciclagem de nutrientes em muitos ecossistemas, naturais e artificiais. No entanto, não se conhece com exatidão como esses produtos são formados na célula. (CASTRO, 1988, p.06).

Durigan e Almeida (1993) citam que cerca de 10.000 substâncias alelopáticas são atualmente conhecidas, mas supõe-se que esse número seja superior a 100.000, dos quais são exemplos: gases tóxicos; ácidos orgânicos e aldeídos; ácidos aromáticos; lactonas simples insaturadas; coumarinas; quinonas; flavonóides; taninos; alcalóides; terpenóides e esteróides; e diversos outros compostos alelopáticos incluindo ácidos graxos de cadeia longa, álcoois, polipeptídeos e nucleosídeos; além de muitos outros ainda não identificados.

De acordo com os autores supracitados, diversas espécies de *Salvia*, *Eucalyptus* e *Artemisia* liberam produtos voláteis tóxicos do grupo dos terpenóides e esteróides, como o canfeno, dipenteno, α -pineno e β -pineno que inibem o desenvolvimento de outras plantas.

Observa-se, pois, que as críticas a outras espécies exóticas com efeitos alelopáticos pouco são mencionadas, se comparadas a severidade com que são tratadas as questões que envolvem as florestas de eucalipto.

Com base em diversas pesquisas, Andrade Rodrigues, Deléo Rodrigues e Reis (1992, p.14), afirmam que:

[...] muitas leguminosas forrageiras têm sido recomendadas como adubo verde (mucuna preta, feijão de porco, etc) ou para formação de pastagens (calopogônio, kudzu tropical, etc), em decorrência de seu rápido estabelecimento e alta produção de matéria verde por área. A agressividade dessas espécies permite-lhes competir sobremaneira com as plantas daninhas e tal fato admite a hipótese de que o efeito inibitório das mesmas sobre o crescimento de outras plantas possa ser devido, parcialmente, à alelopatia.

Almeida (1993) em um dos primeiros estudos realizados no Brasil, identificou potencialidades alelopáticas nas gramíneas forrageiras *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola* e *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu*, em níveis que possibilitaram reduções expressivas na germinação de diferentes plantas.

Estudos mostram (SILVA, 1978) que a introdução de uma espécie pode causar alguma alteração na flora local, como resultado de modificações nas condições microbiológicas do solo. No entanto, os alegados efeitos de alelopatia em eucalipto são, em sua maioria, devido à competição por água e nutrientes, que se estabelece durante a fase de crescimento rápido.

A divulgação de pesquisas realizadas nessa linha é importante, uma vez que de igual modo ao eucalipto, a *Brachiaria* e suas derivações são espécies alienígenas ao Cerrado, sendo esta última originária da África e também introduzida como monocultura no Brasil.

Existem, todavia, aspectos alelopáticos positivos a exemplo daquele mencionado em 1988 por Castro: *o uso das substâncias liberadas por certas culturas e plantas como herbicidas naturais, uma vez que inibem o crescimento e brotação posteriores de outras culturas específicas*. A aplicação generalizada desse princípio reduziria sobremodo a utilização de pesticidas e agrotóxicos no ambiente, além de outros impactos negativos decorrentes da agricultura convencional.

A prática de se manter as culturas totalmente limpas de infestantes, o chamado controle cosmético, não é possível nem desejável, pelos efeitos nefastos sobre a vida biológica do solo, à fitossanidade das plantas e à erosão (DURIGAN e ALMEIDA, 1993, p.23).

É um conceito utilizado também para a aplicação de plantas companheiras na agricultura alternativa, a qual vem coquistando espaço no Brasil e contribuindo, através da agrofloresta, para a construção de um modo sustentado de uso e exploração da terra por comunidades diversas, sendo aplicando também em plantios comerciais de eucalipto.

4.1.4 Eucalipto, Diversidade Biológica e Sistemas Agroflorestais

Lima (1996) explica que biodiversidade exerce uma função-tampão fundamental contra as perturbações, mantendo sadias as atividades dos microorganismos do solo, que representam o elemento vital da produtividade do sítio.

Para tanto, a incorporação da conservação da biodiversidade no esquema de manejo integrado das plantações florestais é muito importante para a utilização sustentada dos recursos naturais.

Por conta disso tem sido cada vez mais necessária a oferta de ambientes com vegetação natural intercalados as plantações na forma de corredores ecológicos interligando Áreas de Preservação Permanentes às de Reserva Legal, mosaicos alternados com diferente base genética na paisagem, redução da utilização de herbicidas, manutenção da mata ciliar, utilização de técnicas de preparo e cultivo mínimo do solo, dentre outros. Nesse sentido, experiências de exploração silviagropastoris e sistemas agroflorestais tem se mostrado bastante eficientes para pequenas e médias propriedades, assegurando tanto a produção de madeira, alimento, diversidade biológica e gerando renda e fixando o homem no campo (Figura 07 e 08).

Figura 07 – Eucalipto em Sistema Agroflorestal, com produção de alimentos, em pequenas e médias propriedades.

Figura 08 – Floresta de eucalipto associada ao plantio de leguminosa.

Por considerar os aspectos anteriores elucidados do ponto de vista científico para espécies de rápido crescimento, na escala da bacia hidrográfica, e passíveis de controle no campo, é que se vem implantando no Brasil o conceito de manejo florestal sustentável. De fato Lima (2006, p.11) cita o trabalho de Versfeld (1996)¹³ em que este afirma não serem necessárias [...] *outras pesquisas para provar que as florestas consomem água ou que as florestas plantadas têm um consumo da mesma ordem de grandeza das florestas naturais.*

Abordados os freqüentes questionamentos a respeito de possíveis impactos ambientais negativos das florestas plantadas, principalmente aqueles relacionados com o consumo de água e perdas de solo e de nutrientes e, sabendo que realmente podem acontecer associadas ao manejo inadequado, torna-se necessário o contínuo monitoramento das ações de manejo, tanto para a quantificação desses possíveis impactos, quanto para nortear a busca do manejo sustentável.

Para Lima (2006) o desafio passa a ser a busca de soluções para conflitos decorrentes do aumento da demanda pela água de modo a assegurar os múltiplos usos sendo, para isso, fundamental a definição do arranjo e ocupação dos espaços produtivos na escala da paisagem através de práticas de manejo que minimizem os impactos, apoiadas no efetivo e contínuo monitoramento das ações e no estabelecimento de indicadores consistentes.

Para tanto, faz-se necessário entender a complexidade dos arranjos paisagísticos e sua interferência na escala da bacia hidrográfica. Nesse aspecto os questionamentos ainda são muitos, pois são eles que também subsidiarão o manejo para a sustentabilidade.

4.2 Manejo Florestal: chave para a sustentabilidade

O uso e ocupação dos territórios visando à sustentabilidade se traduzem no desafio em buscar formas de adaptação aos limites e capacidade de suporte que os ecossistemas dos diversos biomas oferecem, maximizando suas potencialidades frente a dinâmica sócio-ambiental dos lugares através do

¹³ VERSFELD, D.B. Forestry and water resources – policy development for equitable solutions. *South African Forestry Journal*, vol. 176, p. 55-59, 1996.

planejamento adequado do uso da terra, considerando a diversidade paisagística em níveis escalares diferentes mas integrados. Os questionamentos formulados devem, portanto, contemplar a relação das comunidades com a exploração dos recursos naturais, logicamente prevendo espaços para preservação e reprodução da natureza enquanto natureza.

Para que isto aconteça o foco deverá estar no manejo baseado na capacidade de suporte, na resiliência e no potencial biológico do ecossistema na bacia hidrográfica considerando o contexto da paisagem. Portanto, o conhecimento da estabilidade dos ecossistemas naturais aparece como ponto fundamental.

Embora todos os sistemas sejam cadeias com elos de força variável, também acontece de alguns sistemas se desintegrarem com maior facilidade do que outros, com uma rápida e irreversível modificação em seu todo. [...] os sistemas biológicos (ecossistemas) reagem mais rapidamente à tensão e oferecem menos resistência do que sistemas inorgânicos. Tudo está na dependência da intensidade do impacto provocado pelo homem nos aspectos do meio físico, desde o relativamente superficial, no caso do relevo, até o profundo, no caso das formas de vida (DREW, 2005, p.27).

Deste modo, pode-se observar que, além de os ecossistemas estarem em constante rearranjo nos fluxos internos e trocáveis de matéria e energia, o que acontece naturalmente sem considerar a intervenção humana, quando esta acontece é a capacidade do ecossistema em se organizar diante de maior ou menor intensidade de alteração o que determinará o desencadeamento de uma alteração ambiental. Drew (2005, p. 32) explica que:

Os mecanismos de retroalimentação servem para resistir aos efeitos das mudanças impostas ou para acelerá-los. As retroalimentações positivas reforçam a direção da mudança original. [...] se os mecanismos de retroalimentação forem positivos aceleram toda e qualquer mudança iniciada pelo homem; se forem negativos, reduzem o seu efeito.

Conhecendo as interações sistêmicas paisagísticas, o manejo deve servir para orientar os mecanismos de retroalimentação, quer sejam positivos ou negativos.

Quanto à definição, parece que manejar em português e *manage* em inglês originam-se do radical latino *manus*, ou seja, mão. Etimologicamente o termo *management* vem do italiano *maneggiare*, que por sua vez, vem do latim

vulgar *manidare*, significando, segundo o dicionário Webster's¹⁴, manejo, manuseio. Guiar, conduzir, regular, no sentido de governo, gerência, capacidade administrativa, habilidade, esperteza.

A definição encontrada no glossário de ecologia (ACIESP, 1997, p.160) complementa o entendimento do termo manejo aplicado aos recursos naturais.

Aplicação de programas de utilização dos ecossistemas naturais ou artificiais, baseada em teorias ecológicas sólidas, de modo que mantenha da melhor forma possível as comunidades vegetais e/ou animais como fontes úteis de produtos biológicos para o homem e, também como fontes de conhecimentos científico e de lazer. A orientação de tais programas deve garantir que os valores intrínsecos das áreas naturais não sejam alterados para o desfrute das gerações futuras. O manejo correto exige primeiro o conhecimento profundo do ecossistema para o qual ele é aplicado. O manejo é dito de flora, de fauna, ou de solo quando a ênfase é dada aos recursos vegetais, animais ou ao solo. Quando todos os componentes do sistema têm a mesma importância, diz-se tratar de manejo ambiental. Sin. *gestão do meio ambiente*.

Segundo Machado, Sanquetta e Azevedo (2005, p.6), o termo *sustentabilidade florestal* foi utilizado primeiramente na Europa, em 1713, por Hans Carl von Carlowitz no sentido de retirar das florestas, anual ou periodicamente, a quantidade de madeira correspondente à que fosse produzida em período equivalente, não levando a exaustão dos recursos e permitindo o uso das florestas por gerações futuras. Para tal, as florestas devem ser conduzidas sob *manejo florestal sustentado* ou *manejadas sob rendimento sustentado*. Para os autores, se na Europa, Estados e Unidos e Canadá o conceito de uso múltiplo dos recursos florestais está consolidado, isso se deve a baixa complexidade relativa dos ecossistemas (temperados) e maior desenvolvimento científico e cultural, mas no Brasil é exatamente a diversidade dos e nos diversos biomas que confere complexidade na aplicação do conceito.

Alternativas de manejo mais condizentes com a sustentabilidade devem equacionar os aspectos básicos inerentes a produtividade florestal, objetivo primário das florestas plantadas com espécies de rápido crescimento. Assim, Lima (1996) explica que o manejo é feito com o propósito de produzir bens e serviços, sendo a bacia hidrográfica considerada como unidade fundamental para o planejamento do uso e conservação dos recursos múltiplos, onde a água, a

¹⁴ Webster's Encyclopedic Unabridged Dictionary of the English Language. New York: Gramercy books, 1989. Manage. To bring about; to take charge or care of: *to manage an estate*. To dominate or influence (a person) by tact, address, or artifice. To handle, direct, govern, or control in action or use. Guide, conduct, regulate, engineer.

madeira, os alimentos, as fibras, as pastagens, a vida silvestre, a recreação e outros componentes ambientais podem ser produzidos para atender as necessidades das atuais gerações, mas sem perder de vistas as futuras.

O MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS é definido, então como o "processo de organizar e orientar o uso da terra e de outros recursos naturais numa bacia hidrográfica, a fim de produzir bens e serviços, sem destruir ou afetar adversamente o solo e a água (BROOKS, et al., 1991 citado por LIMA, 1996¹⁵).

O conceito de manejo de bacias hidrográficas parte do princípio que existe uma delicada inter-relação entre o uso da terra, o solo e a água, não devendo, por isso, se reduzir a aplicação de técnicas de conservação do solo, embora se utilize destas.

Para Lima (2006, p.1) a Conferência Mundial de Meio Ambiente realizada no Brasil em 1992, a Eco 92, se traduziu num marco para a produção agrícola e florestal mundial em função da completa redefinição do conceito de sustentabilidade. O manejo de áreas plantadas agora deve ser sustentável não apenas do ponto de vista econômico, mas também social, cultural e ecológico, de acordo com os preceitos básicos envolvidos no conceito de desenvolvimento sustentável.

A perspectiva da sub-bacia como unidade de planejamento e manejo, permite metodologicamente a incorporação das diferentes escalas da sustentabilidade, contribuindo para o planejamento integrado ou sistêmico das ações de manejo através do monitoramento ambiental baseado na medição criteriosa de indicadores hidrológicos pertinentes (CÂMARA, LIMA e ZÁKIA, 2006; CÂMARA e FONSECA-GESSNER, 2006; FERRAZ, 2006) sendo, deste modo, possível identificar as mudanças desejáveis ou indesejáveis que operam no ecossistema como consequência das práticas de manejo (LIMA, 2006).

O avanço na perspectiva do manejo, de plantações florestais para o manejo de florestas plantadas implica permitir múltiplos usos que podem ser ali extraídos a exemplo dos biomas e florestas naturais, incluindo também produtos não madeireiros que podem significar um aporte financeiro extra. O viés agroflorestal tem se mostrado uma alternativa econômica interessante, embora

¹⁵ BROOKS, K.N.; FFOLIOTT, P.F.; GREGERSEN, H.M. Hydrology and the management of watersheds. Ames: Iowa State University Press, 1991. 391p.

ainda tímida, viabilizando a exploração sustentada da madeira associada aos múltiplos usos em pequenas e médias propriedades.

No contexto da paisagem, o manejo para a sustentabilidade agrega principalmente as comunidades locais, sendo a educação e capacitação ambiental determinantes na reflexão e geração de melhores práticas.

Observa-se, portanto, que para que o manejo florestal sustentável aconteça a conscientização e mudança de atitude daqueles que o praticam é fundamental, embora muitas das vezes seja tomado como mais uma norma a ser cumprida para a obtenção de certificações ambientais, ficando restrita a promoção de eventos internos e externos em datas ambientais comemorativas, caminhadas e trilhas ecológicas.

4.3 A Importância das Florestas na Fixação de Carbono

A intensificação do efeito estufa representa um grave problema, pois eleva a temperatura média da Terra. A causa deste aquecimento está ligada ao aumento da concentração atmosférica de Gases de Efeito Estufa (GEE), como o dióxido de carbono (CO_2); o metano (CH_4); o óxido nitroso (N_2O); o ozônio (O_3) e o vapor da água (H_2O); e, que por sua vez, é consequência direta das alterações no uso da terra provocadas pelo desmatamento e queimadas e intensificação das atividades industriais, sobretudo dos setores de energia e transportes (REZENDE, 2002).

A relevância do assunto tanto se faz sentir que a III Conferência Nacional do Meio Ambiente (e as conferências municipais e estaduais realizadas em 2007 em todo o país) prevista para acontecer de 07 a 11 de maio de 2008, tem como foco central de discussão a mudança do clima¹⁶, tema que vem recebendo atenção mundial crescente, tendo em vista os impactos sociais, econômicos e ambientais previstos; a possibilidade de mitigar a mudança do clima através de redução substantiva das emissões de GEE para a atmosfera; a urgência na identificação e fortalecimento das potencialidades de fixação de carbono; e a necessidade de adaptação à mudança do clima já em curso no planeta.

¹⁶ Mudança do clima é aqui usado tal como proposto pelo IPCC e refere-se a qualquer mudança no clima ocorrida ao longo do tempo, quer se deva a variabilidade natural, ou seja, decorrente da atividade humana.

As respostas contidas no quarto relatório de levantamento do Grupo de Trabalho I do IPCC às seguintes questões situam as certezas e incertezas climáticas no panorama mundial atual: Mudança do Clima: um novo problema para a humanidade? Aquecimento global e mudança global do clima são sinônimos? Por que o mundo está ficando mais quente? O que é o sistema climático? Importante diferença: o que é tempo e o que é clima? Como o ser humano pode interferir no clima? Todos os gases na atmosfera têm efeito estufa? Quais são os principais gases de efeito estufa e suas origens? O que é o potencial de aquecimento global? O que é forçamento radiativo? O que são aerossóis e quais são os seus efeitos para o clima? A temperatura da Terra está mudando? Como a precipitação está mudando? O nível do mar está subindo? Se mudança do ao pode ser totalmente contida, o que é necessário fazer? Qual a distribuição das emissões globais de gases de efeito estufa, por setor, em 2004? Como se distribuem, hoje, as emissões globais, entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento? Qual é a contribuição do setor mudança do uso da terra e florestas nas emissões totais de gases de efeito estufa? Por que as florestas têm um tratamento diferenciado na convenção e no Protocolo de Kyoto? O que se projeta em termos de emissões futuras? Qual a projeção da temperatura média na superfície para diferentes cenários de emissões? O IPCC é parte da Convenção (Quadro das Nações Unidas sobre mudança do Clima) ou é um organismo independente?

A Conferência que definiu as formas de operacionalização para redução das concentrações de CO₂ ocorreu em 1997, no Japão, onde se estabeleceu o Protocolo de Kyoto. Este dividiu o mundo entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento, estabelecendo para os primeiros a meta de uma redução de 5,2 % do total das emissões a ser alcançada entre 2008 e 2012, segundo os níveis registrados em 1990, sendo os Estados Unidos, a China, a Rússia, o Japão, a Índia, a Alemanha e Inglaterra, os principais emissores de CO₂. O Brasil ocupa a décima sétima posição (REZENDE, 2002), sendo que para atingir este objetivo (VALVERDE, REZENDE E CARVALHO, 2001) os países podem fazer a redução internamente ou utilizar-se dos mecanismos de flexibilização através do comércio de cotas de emissões entre países, da implementação conjunta entre empresas e países do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) que prevê o alcance de

diretrizes como a redução global da queima de combustíveis fósseis, a redução dos desmatamentos e o aumento do reflorestamento.

Apesar de alguns países liderados pelos Estados Unidos (responsáveis por mais de 36% das emissões de GEE's), não terem ratificado o Protocolo de Kyoto, a expectativa que se tem é de que os certificados de Carbono, títulos que podem ser cambiados entre países ou empresas, devem movimentar até US\$ 15 bilhões, segundo estimativa da Organização das Nações Unidas para Assuntos de Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD), com a cotação da tonelada de Carbono podendo variar de US\$ 5 até US\$ 100 (VALVERDE, REZENDE E CARVALHO, 2001, p.9).

Discussões anteriores, preocupadas com o controle das conseqüências da redução da camada de ozônio da estratosfera provocada pelos gases CFC (Clorofluorcarbono) já estavam sendo tecidas em caráter global desde 1985, através de um grande compromisso internacional firmado na Convenção de Viena e do Protocolo de Montreal, de 1987, com vigência desde o início de 1989. Desde então, duas ações simultâneas e complementares se mostram prementes: a fixação do carbono atmosférico na fitomassa, através de um mega projeto florestal, assim alongando o tempo disponível para, por outro lado, implantar tecnologias energéticas alternativas visando uma drástica redução das emissões de CO₂ (Ab'SABER, 1989).

Nessa linha, projetos que envolvem a matriz energética mundial, sobretudo a substituição de combustíveis fósseis, como a co-geração de energia proveniente da queima do bagaço da cana-de-açúcar, as energias alternativas como a eólica e a solar, a biomassa e as florestas energéticas, têm mais chance de serem incluídos como créditos de carbono.

Em 2007 o valor do mercado global de carbono cresceu 80%, alcançando 40 bilhões de euros (US\$59 bilhões), segundo um relatório da Point Carbon¹⁷. A empresa atribuiu esse crescimento aos novos participantes do mercado e ao reforço dos limites sobre as emissões para o segundo período de compromisso do Esquema de Comércio de Emissões (2008-2012) na União Européia. O MDL foi avaliado pela Point Carbon em 12 bilhões de euros em 2007, e com probabilidade de crescimento na demanda por estes certificados em 2008 devido a maior procura por projetos que antes pareciam muito arriscados (disponível em <http://www.carbonobrasil.com/mercado.htm>).

Os países desenvolvidos agregam 20 % da população mundial, mas são responsáveis por 54,6% das emissões globais de GEE. Por outro lado, 80% da

¹⁷ <http://www.pointcarbon.com/>

população mundial concentra-se nos países em desenvolvimento, que são responsáveis por 45,4% das emissões de gases de efeito estufa no período de 1950 a 2000 (Quadro 07), conforme os dados sobre as emissões acumuladas de CO₂, organizados pelo World Resources Institute (WRI).

Quadro 07 – Emissões acumuladas de CO₂ no período de 1950 a 2000.

Estágio de Desenvolvimento dos Países	EMISSIONES ACUMULADAS DE CO ₂ : 1950 – 2000					
	Combustível Fóssil e Cimento		Mudanças no Uso da Terra		Total	
	%	Total (Gg)	%	Total (Gg)	%	Total (Gg)
Desenvolvidos	76.2	598.135	0.2	655	54.6	598.790
Em desenvolvimento	23.8	186.721	99.8	310.586	45.4	497.406
Total		784.856		311.241		1.098.196

Fonte: (III CNMA, 2008, p.20).

Fica, portanto, claro que a contribuição dos países em desenvolvimento foi muito pequena para o aquecimento global considerando que concentram 80% da população mundial. Essa informação evidencia, também, o caráter ideológico do discurso que relaciona, indiscriminadamente e proporcionalmente, pobreza e intensificação dos problemas ambientais.

A maior contribuição para a mudança do clima deve-se ao uso de combustíveis fósseis. Entretanto a mudança de uso da terra e florestas também tem um papel importante no balanço global do carbono na atmosfera, mas a sua quantificação é pautada por incertezas muito maiores que nos outros setores. Diferentes fontes de dados geram estimativas consideravelmente distintas. Um erro comum é referir-se às emissões desse setor como sendo devidas somente ao desmatamento, quando na verdade, as estimativas incluem normalmente outras fontes importantes de emissões de gases de efeito estufa, como a queima e a drenagem de áreas de turfa, muito comuns na Indonésia, e com contribuições substantivas nas emissões totais no setor (III CNMA, 2008).

[...] as trocas de carbono por conta da mudança do uso da terra representam um importante papel, e podem, em princípio, serem baseadas em medidas diretas. A melhora e compreensão das medidas dos estoques de carbono em ecossistemas não perturbados e ecossistemas derivados e das taxas de conversão devem ser feitas. Informações de fato das perturbações em terras abandonadas devem estar muito bem quantificadas. Em longo prazo, modelos dos efeitos interativos do clima e perturbações na vegetação são necessárias para avaliar previsões das concentrações futuras de CO₂ na atmosfera (SCHIMEL, 1995, p.89).

Nos trópicos alguns dados apontam para emissões importantes por desmatamento e outras mudanças de uso da terra, estimadas pelo IPCC, no seu último relatório de avaliação apresentado em 2007, na ordem de 5.9 Gt.CO₂ -eq em 1990, com intervalo de variação e incerteza por conta da complexidade na quantificação de 1.8 a 1.9 GtCO₂ -eq.

Schimel (1995) explica que o ciclo do carbono compreende os fluxos entre quatro principais reservatórios: carbono fóssil, a atmosfera, os oceanos e a biosfera terrestre. Pesquisas sobre o ciclo do carbono têm focado tópicos em ecologia, oceanografia e geoquímica por causa do aumento nos níveis de CO₂ atmosférico (de cerca de 280 ppmv¹⁸ em 1800 para, aproximadamente, 315 ppmv em 1957 e 356 ppmv em 1993), e mais recentemente, por causa da Convenção Climática ter forçado as nações a avaliarem suas taxas de emissão de CO₂ e analisarem os processos que controlam o acúmulo de CO₂ na atmosfera.

Por conta da interação e interdependência dos elementos que compõe os sistemas que formam a biosfera, dentre eles o atmosférico, o litosférico e o hidrológico, as conseqüências das alterações provocadas pela intensificação das atividades humanas não acontecem isoladamente, resultando numa seqüência de efeitos e alterações sensíveis numa escala que vai do micro local ao global.

Em nível global, o ciclo hidrológico e o ciclo do dióxido de carbono são provavelmente os dois ciclos biogeoquímicos mais importantes em relação à humanidade. Os dois são caracterizados por *pools* atmosféricos pequenos, porém muito ativos que, sendo vulneráveis às perturbações antropogênicas, por sua vez, podem mudar o tempo e os climas (ODUM, 1983, p. 126).

De fato, qualquer alteração decorrente de distúrbios naturais ou antrópicos provoca mudança nos fluxos de carbono para a atmosfera. A maior parte do carbono armazenado nas árvores será liberada na atmosfera rapidamente, através do corte da vegetação, queima da biomassa aérea visando à conversão da terra para agricultura e pastagem, exploração de espécies comerciais, aumento da oxidação dos solos ou, mais lentamente, através da decomposição.

Em função destas alterações a temperatura média global de superfície aumentou cerca de 0,74 °C nos últimos 100 anos. Entretanto, o aquecimento

¹⁸ ppmv (partes por milhão em volume) ou ppb (partes por bilhão, 1 bilhão = 1.000 milhões) é a razão do número de moléculas de gases de efeito estufa em relação ao número total de moléculas de ar seco.

não foi contínuo nem uniforme em todas as partes do Planeta. Em uma série histórica de 157 anos, os anos mais quentes foram 1998 e 2005, e onze dos doze anos mais quentes da série ocorreram no período de 1995 a 2006. O aquecimento global, particularmente desde 1970, foi maior na superfície terrestre do que nos oceanos (III CNMA, 2008, p.17).

Existem muitas incertezas em relação à previsão e quantificação do incremento de graus na temperatura média no planeta. As estimativas e estudos existentes apontam para cenários não muito animadores para a permanência em médio e longo prazo da vida na Terra tal como a conhecemos.

As conseqüências que poderão vir do efeito estufa são preocupantes. Especialistas calculam que, nos próximos 100 anos, a temperatura média da superfície terrestre poderá aumentar até 3,5 °C. Além disso, existem outros efeitos que já começam a ser percebidos: elevação do nível do mar, tempestades e chuvas mais freqüentes e ressecamento do solo (REZENDE, 2002, p.175).

Em Lal (2003) há estimativas, para o século XX, do aumento na temperatura global por causa dos gases de efeito estufa na atmosfera na ordem de 0,6 °C, estando projetados até 2100 um aumento de 1,4 a 5,8 °C tomando por base informações relativas a 1990.

No Quarto Relatório de Avaliação do GT1 do IPCC projeta-se, para as próximas duas décadas, um aquecimento de cerca de 0,2 °C por década para uma faixa de cenários de emissões apresentadas no Relatório Especial sobre Cenários de Emissões (RECE) do IPCC concluído em 2000. Mesmo que as concentrações de todos os gases de efeito estufa e aerossóis se mantivessem constantes nos níveis do ano 2000, seria esperado um aquecimento adicional de 0,1 °C por década (Figura 09).

Figura 09. Comparação das mudanças observadas em escala continental e global na temperatura da superfície com resultados simulados por modelos climáticos, usando-se forçamentos naturais e antrópicos. As médias decenais das observações são apresentadas para o período de 1906 a 2005 (linha preta) plotadas sobre o centro da década e relativas à média correspondente para 1901-1950. As linhas são tracejadas quando a cobertura espacial é inferior a 50 %. As zonas azuis indicam a faixa de 5 a 95% para as 19 simulações dos 5 modelos climáticos com o uso apenas de forçamentos naturais devidos à atividade solar e aos vulcões. As zonas vermelhas mostram a faixa de 5 a 95% para as 58 simulações dos 14 modelos climáticos com uso dos forçamentos natural e antrópico.

Fonte: Quarto Relatório de Avaliação do GT1 – IPCC, 2007, p17.

Os cenários projetados sobre o aquecimento global a partir de modelos climáticos se baseiam em dados e elementos que são mais ou menos concretos, a exemplo da quantidade de carbono que será emitida. A partir destes, o IPCC gerou uma série de cenários de emissões baseando em diferentes hipóteses, tais como crescimento populacional, crescimento econômico e distribuição de riqueza, grau de avanço tecnológico, cooperação internacional, equidade social e ambiental, e o grau de dependência de combustíveis fósseis no futuro, conforme mostra a Figura 10. No cenário A2, o crescimento populacional continua em algumas partes do mundo; o desenvolvimento econômico é confinado a algumas regiões; o desenvolvimento e a transferência de tecnologias são lentos e

fragmentados; no cenário A1B, a população global apresenta um pico na metade do século, declinando em seguida; há um rápido crescimento econômico; rápido avanço no desenvolvimento de tecnologias; há certo equilíbrio entre a dependência de combustíveis fósseis e fontes não fósseis de energia; e no cenário B1, há um pico de população na metade do século, seguido de uma queda; tecnologias limpas e eficientes são amplamente utilizadas; a economia global é menos intensiva em carbono.

Figura 10. As linhas sólidas são médias globais do aquecimento da superfície produzidas por vários modelos (relativas a 1980-1999) para os cenários A2, A1B e B1, mostradas como continuções das simulações do século XX. O sombreamento denota a faixa de mais/menos um desvio-padrão para as médias individuais dos modelos. A linha alaranjada representa o experimento em que as concentrações foram mantidas constantes nos valores do ano 2000. As colunas cinza à direita indicam a melhor estimativa (linha sólida dentro de cada coluna) e a faixa *provável* avaliada para os seis cenários marcadores do RECE. A avaliação da melhor estimativa e das faixas prováveis nas colunas cinza compreende os AOGCMs¹⁹ na parte esquerda da figura, bem como os resultados de uma hierarquia de modelos independentes e restrições das observações.

Fonte: Quarto Relatório de Avaliação do GT1 – IPCC, 2007, p20.

Observa-se que, mesmo considerando o cenário mais positivo ou que as concentrações se mantenham constantes, um incremento na temperatura média do planeta não só será inevitável como já se encontra em curso. Tal fato aponta para estratégias distintas de resposta frente à mudança climática global: a mitigação e a adaptação. Mitigação refere-se à prevenção indireta de danos,

¹⁹ Atmosphere-Ocean Global Circulation Models – Modelos de Circulação Geral da Atmosfera-Oceano.

através da redução de emissões, e a adaptação compreende a prevenção direta de danos, ou seja, refere-se a ajustes no sistema natural e humano em resposta a estímulos climáticos e seus efeitos, de forma a reduzir os danos e explorar suas oportunidades benéficas (III CNMA, 2008).

Em consequência da elevação da temperatura média na Terra Mortatti e Probst sugeriam, em 1998, alterações no ciclo da água, tais como aumento da precipitação global e aumento da evaporação.

O Quarto Relatório do GT1 – IPCC (2007, p.20) afirma que *há agora mais certeza nas projeções dos padrões de aquecimento e de outras características de escala regional, inclusive das mudanças nos padrões do vento, precipitação e alguns aspectos dos eventos extremos e do gelo.*

De acordo com III CNMA (2007, p.15) o gás de efeito estufa mais importante e abundante é o vapor da água. As atividades humanas pouco influenciam na quantidade deste gás na atmosfera, mas indiretamente o ser humano intensifica a quantidade de vapor de água disponível na atmosfera através da mudança do clima, pois há mais vapor da água em uma atmosfera mais quente.

Desde as análises do Painel Intergovernamental para Avaliação da Mudança Climática (Intergovernmental Panel Assessment on Climate Change – IPCC)²⁰ em 1990 e 1992, a biosfera terrestre tem mostrado exercer papel importante na fixação do dióxido de carbono, regulando e equilibrando emissões excedentes derivadas das mudanças no uso da terra. No entanto, as dificuldades em quantificar o papel da biosfera terrestre no ciclo global do carbono surgem por causa da complexidade biológica de seu armazenamento, a grande heterogeneidade de vegetação e solos, e os efeitos humanos do uso da terra e práticas de manejo do solo decorrentes.

As florestas são fixadoras naturais de dióxido de carbono, através do processo de fotossíntese armazenando o carbono removido da atmosfera na biomassa acima do solo (tronco, folhas, galhos) e abaixo do solo (raízes) e formando grandes reservatórios de carbono. O fato das florestas em crescimento absorverem o CO₂ da atmosfera é um processo natural conhecido e está sendo

²⁰ A Organização Meteorológica Mundial (WMO) e o Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas (UNEP), tendo em vista o problema da potencial mudança climática global, estabeleceram o Painel Intergovernamental em Mudança do Clima (IPCC) em 1988. Disponível em <http://www.ipcc.ch/>.

considerado uma importante alternativa para o combate ao efeito estufa, diminuindo as concentrações de GEE através de florestamentos e reflorestamentos (CAMPOS, 2001), uma vez que as taxas de CO₂ já emitidas pelos países desenvolvidos podem ser compensadas por novas florestas ou plantio de espécies vegetais em áreas que haviam sido degradadas antes de 1990. Ou seja, esses países podem continuar emitindo o dióxido de carbono, desde que árvores sejam plantadas e removam o dióxido de carbono da atmosfera na mesma proporção.

Há, portanto, que se considerar o fato de não se poder assegurar que as florestas continuem agindo como fixadoras de carbono por estarem expostas a uma série de fatores não controláveis, como incêndios florestais, pragas, próprio aumento da temperatura média na Terra, dentre outros. O argumento, por parte de empresas do setor florestal, que estão contribuindo para a fixação do carbono atmosférico, deve ser utilizado somente quando as florestas cumpram determinadas exigências. De fato, quando uma floresta de eucalipto é cortada para fins energéticos, o CO₂ fixado na biomassa é inevitavelmente liberado com a queima da madeira ou cavacos.

Quando uma emissão de dióxido de carbono é realizada, seu tempo de permanência na atmosfera é, no mínimo, de 100 anos. Parte dessa emissão permanece na atmosfera por centenas de anos. Assim sendo, para compensar uma emissão de, digamos, 1 tonelada de CO₂ através de florestas, é necessário que a mesma remova esta 1 tonelada de CO₂ da atmosfera, armazenando-a na biomassa pelo tempo de permanência do CO₂ na atmosfera (ou seja, mínimo de 100 anos). Considerando a vulnerabilidade natural das florestas a eventos externos e, portanto, a necessidade de tratar a questão da potencial não permanência do estoque de carbono das florestas, é que as reduções certificadas de emissões – RCEs (normalmente chamadas de créditos de carbono) gerados por projetos florestais são temporários devendo ser substituídos no tempo adequado, por RCEs permanentes através de projetos de redução de emissões de gases de efeito estufa (III CNMA, 2008, p.21).

Através da venda e compra de créditos de carbono o aumento de florestas plantadas tende a crescer nos países em desenvolvimento, por conta das possibilidades de melhoria das condições sociais e qualidade de vida, mas pode ser responsável, de igual modo, pelo agravamento das questões ambientais advindas da ocupação e manejo inadequados do solo.

Por outro lado e positivamente, o aumento da área de florestas plantadas tende a aliviar a pressão sobre florestas naturais, mas não pode ocorrer à revelia, antes deve ser acompanhado dos devidos cuidados para com a prática de um manejo florestal sustentável, pautado em orientação técnica qualificada e num processo permanente de educação para a construção de sociedades sustentáveis. Do contrário, um dos riscos que se corre, advindo de uma infraestrutura logística precária por parte dos órgãos de fiscalização ambiental, é acontecer o inverso do que se deseja, ou seja, um incremento nos índices de desmatamento de áreas com vegetação primitiva fomentada pelos incentivos econômicos e financeiros para o plantio de florestas de rápido crescimento advindos do próprio setor governamental.

Nesse contexto, o plantio, quando efetuado pelo setor empresarial, tem se mostrado, inclusive, mais eficiente em função mesmo dos mecanismos legais, pois ao contrário de outros usos da terra praticados e pouco fiscalizados, o cumprimento dos limites estabelecidos no Código Florestal das áreas de preservação permanente e reserva legal são respeitados, contribuindo para uma maior sustentabilidade paisagística.

No cenário mundial o Brasil se destaca por compreender 40% das florestas tropicais do mundo, o que representa um dos maiores depósitos de carbono estocado na forma de madeira da Floresta Amazônica não perturbada, sendo que (REZENDE, 2002) os ecossistemas tropicais desempenham um importante papel no ciclo global do carbono e isso se deve pelo fato desses atuarem como reservatórios de carbono.

O Cerrado brasileiro, por sua vez, constitui-se na maior savana neotropical e segundo maior bioma brasileiro, ocupando uma área de cerca de 200 milhões de hectares, representando parcela significativa dos ecossistemas terrestres, tendo, portanto, considerável contribuição para o ciclo do carbono no planeta (REZENDE, 2002). No entanto, o desmatamento da vegetação primitiva está ocorrendo crescentemente em função, basicamente, do avanço da fronteira agrícola e poucos estudos têm quantificado sua biomassa e/ou estoques de carbono.

No estado de Goiás a situação do Cerrado não é muito diferente, embora ainda reste entre 20 e 30% da cobertura vegetal primitiva esta se encontra distribuída irregularmente e concentrada em regiões marcadas por formas de

relevo compostas de serras com declividades acentuadas e solos litólicos, inviabilizando-as para atividades agropecuárias.

Segundo dados da Agência Goiana de Meio Ambiente (AGMA), Universidade Federal de Goiás/Laboratório de Pesquisa e Geoprocessamento (UFG/LAPIG) e Consórcio Imagem, Goiás ainda possui aproximadamente 34% de cobertura vegetal nativa. Comparando-se com outros Estados do País, este poderia ser considerado um número interessante. De fato, se todas as propriedades rurais possuísem pelo menos 20% de Reserva Legal, somando-se aí 4,79% de áreas protegidas como Unidades de Conservação e estimando-se aproximadamente 10% de Áreas de Preservação Permanente previstas em Lei, ter-se-iam os 34% de áreas. Entretanto, o problema se evidencia na distribuição destes 34%. Eles se concentram no Centro-Norte e parte do Nordeste Goiano, e o restante do Estado foi intensamente ocupado por atividades agropecuárias. Alguns dos municípios do Sudoeste de Goiás possuem 0% de vegetação nativa, ou seja, não apresentaram fragmentos florestais com área superior a 25 hectares (BALDINO e OLIVEIRA, 2005, p.14).

Frost e outros (1986)²¹ citados por Rezende (2002) entendem que, apesar da falta de registros em longo prazo existem evidências de que as transformações decorrentes da intensificação no uso da terra nas savanas, de um modo geral, proporcionam liberação de uma quantidade significativa de CO₂, destacando-se a prática recorrente das queimadas.

Segundo Campos (2001) é importante destacar que atividades de uso da terra, mudança no seu uso e silvicultura não devem desviar o foco das atenções: a mudança de paradigma da matriz energética mundial. As emissões advindas do consumo de combustíveis fósseis é, sem dúvida nenhuma, a maior fonte emissora de GEE, 79%. Tais emissões são irreversíveis quando comparadas às emissões devido à mudança no uso da terra que pode absorver suas emissões no médio prazo.

Visando cumprir a primeira das medidas apontadas nas conferências ambientais globais para que se produza a fixação de carbono, coube a uma equipe multidisciplinar de pesquisadores ligados ao Instituto de Estudos Avançados da USP (IEA), em 1989, elaborar um Programa de megaflorestamento previsto para ser implantado no Brasil nos 30 anos seguintes, num processo em que as metodologias de concepção e de projeto das florestas foram definidas considerando as diferenças regionais e sua inserção em áreas já ocupadas do

²¹ FROST, P. G. H.; MEDINA, E.; MENAUT, J. C.; SOLBRIG, O.; SWIFT, M.; WALKER, B. Responses of savannas to stress and disturbance. *Biology International, Special Issue*, v. 10, Paris: International Union of Biological Science, p.1-82, 1986.

país, sem comprometer a agricultura e as reservas de florestas nativas, e que viessem a ser viabilizadas econômica, social e ambientalmente: o Projeto FLORAM, do qual Ab'Sáber foi um dos idealizadores.

Pela ampla abrangência da sua possível diversificação, a industrialização adequada de produtos de origem florestal se apresenta como uma sólida coluna de sustentação para um desenvolvimento social e econômico de extrema importância, pelo seu caráter fortemente indutor de atividades regionais. Este potencial de utilidade tem sido reconhecido e apontado repetidamente pelas entidades internacionais que visam identificar e recomendar os caminhos mais convenientes para promover um desenvolvimento regional e harmônico. Neste sentido a FAO tem recentemente publicado uma série de relatórios apresentando um Plano de Ação Florestal para os trópicos, onde são indicadas as principais vantagens que apresentam um desenvolvimento social e econômico quando se fundamentam na silvicultura e nos múltiplos desdobramentos de industrialização das matérias primas conseguidas das florestas (Ab'SÁBER, 1989, p.10).

Numa proposta que previa, inclusive, a mudança da base energética para um **modelo energético brando em emissões de CO₂**, além da redução do efeito estufa, o programa produziria diversos benefícios ligados ao ambiente, tais como: proteção das matas nativas contra os seus predadores históricos clássicos (madeireiros, carvoeiros e lenhadores) pela oferta abundante de novas florestas; preservação das florestas amazônicas, visando sua utilização contida por meio de modelos ecodesenvolvimentistas; aumento do estoque de biomassa nas florestas existentes; recuperação de áreas de antigas florestas como medida protetora em relação a florestas nativas ainda existentes na vizinhança; recuperação de áreas degradadas (solos pobres ou vertentes) mediante um uso adequado tendo em vista a regeneração do solo e o combate à erosão e à desertificação, em função da alternativa econômica para exploração de tais áreas; proteção de mananciais contra usos agrícolas inadequados, pela alternativa florestal para a cobertura de tais áreas; proteção de bacias hidrográficas contra assoreamento de rios, erosões e inundações, entre outras; preservação de recursos hídricos; regularização micro e macro climáticas; aumento e multiplicação de refúgios, estabelecimento de santuários da vida silvestre animal; melhor preservação da diversidade genética; proteção à fauna e à flora silvestre, desde que os florestamentos sejam mistos, preservando as matas ciliares dos rios e córregos e das escarpas e serras; resgate de espécies em extinção, desde que inseridas nas faixas de cobertura permanentes, como matas ciliares; aumento da

disponibilidade de matéria prima para intensificar a industrialização e diversificação de produtos duráveis com base florestal; desenvolvimento econômico descentralizado pelo desenvolvimento regional dos produtos florestais industrializados; fortalecimento das indústrias de produtos florestais já estabelecidas regionalmente; aumento das áreas de lazer; melhora paisagística decorrente dos reflorestamentos urbano e rural.

Para o caso de áreas tradicionais, o Programa menciona a opção cooperativista e seu potencial de atendimentos de eventuais exigências decorrentes de uma escala dilatada, contornando o risco de aumentar a concentração da propriedade das terras.

Metodologicamente inspirados no documento *Tropical Forestry Action Plan* da FAO, foram discutidos e estabelecidos critérios estratégicos de caráter geral, considerando as peculiaridades florestais brasileiras para orientar as propostas relativas as atividades a serem incluídas nos planos de ação do Projeto FLORAM, para os seguintes temas:

- Reversão do efeito estufa;
- Conservação dos ecossistemas regionais;
- Reflorestamento e uso do solo;
- Desenvolvimento de produtos florestais industrializados;
- Uso energético da fitomassa;
- Instituições, empresas, cooperativas.

Considerando, ainda, as especificidades em relação a um ou mais de um dos espaços incluídos propôs-se diversos conjuntos de recomendações e estratégias diferenciadas por domínios e espaços regionais, a saber:

- Domínios ecológicos, espaços regionais e taxas de ocupação: previsão de impactos ambientais;
- Estratégias para o reflorestamento no domínio das pradarias mistas do Rio Grande do Sul (Coxilhas);
- Estratégias para o reflorestamento no domínio das araucárias;
- Estratégias para o reflorestamento no domínio dos cerrados;
- Estratégias para o reflorestamento diferencial no Brasil Tropical Atlântico (Mar de Morros);
- Estratégias para o reflorestamento nos sertões do nordeste seco;

- Estratégias para o reflorestamento de áreas críticas da Amazônia;
- Estratégias para preservação e usos contidos em áreas de refúgios florestados: brejos nordestinos e capões de mata no Brasil Central;
- Estratégias para rearborização de áreas urbanas e peri-urbanas;
- Estratégias e diretrizes para proteção da beira de reservatórios e seu contorno.

Vale apresentar as estratégias propostas no FLORAM para o caso do Domínio dos Cerrados, destacando-se aquelas aplicáveis ao território goiano, tal como segue no Quadro 08.

Quadro 08 – Estratégias do Projeto FLORAM para o reflorestamento no Domínio dos Cerrados.

Estratégias	Espaços
<p>Delimitar espaços, suficientemente amplos, para acolher silvicultura industrial nos chapadões interiores do país.</p> <p>Defender as matas e galerias em relação à expansão da silvicultura pressupondo a preservação de corredores inter-espaciais para a manutenção da fauna silvestre.</p> <p>Utilizar a experiência prévia de reflorestamentos, já existentes na região, para fortalecer e consolidar os novos empreendimentos.</p> <p>Evitar, de uma maneira sistemática, plantações homogêneas de grande extensão. Para tanto, fazer plantações em mosaico e utilizar a clonagem diferencial.</p> <p>Nas áreas fortemente compartimentadas (tipo triângulo mineiro, Sul de Goiás e Canastra), preservar cerrados e cerradões de cimeira e vegetação de encostas acentuadas.</p> <p>Envidar esforços para re-adensar as florestas galerias de rios planálticos (Mato Grosso do Sul), que vão ter ao Pantanal.</p>	<p>Depressão do Segundo Planalto em São Paulo. Mato Grosso do Sul-Oriental. Planalto do Alto do Paraná em Mato Grosso do Sul.</p> <p>Florestas e galerias dos chapadões Ocidentais do Mato Grosso do Sul. Cabeceiras dos rios que alimentam o grande Pantanal de Mato Grosso.</p> <p>Regiões sub-litorâneas do NE do Rio Grande e Leste de Santa Catarina. Fachada Atlântica subtropical de Santa Catarina e nordeste do Rio Grande. Bacia do Alto Itajaí.</p> <p>Sul-Sudoeste de Minas Gerais. Cabeceiras meridionais de São Francisco. Região intermediária entre o alto Rio Grande, a Serra da Canastra e o Quadrilátero Ferrífero.</p> <p>Planaltos Ocidentais da Bahia e do Nordeste de Minas (até fronteira do Piauí), Chapadões Ocidentais da Bahia e Norte-Ocidentais de Minas Gerais.</p> <p>Faixa de Ferrovia Norte-Sul, no Estado de Tocantins.</p> <p>Região do Nordeste baiano. Área situada ao Norte e Nordeste do Recôncavo Baiano. Faixa de ampliação de florestas plantadas.</p> <p>Sub-áreas do futuro, no Domínio dos Cerrados:</p> <p>Agrupamento 1 – Região de Montes Claros e projeções.</p> <p>Agrupamento 2 – Região situada ao Norte e Nordeste de Brasília.</p> <p>Agrupamento 3 – Região do extremo sudoeste de Goiás (espaços contínuos em diversos setores).</p>

Logicamente que algumas das estratégias deverão ser readequadas às demandas regionais surgidas desde então, tais como o caso da instalação de

empreendimentos de mineração e outras indústrias de base florestal. A própria expansão da cana-de-açúcar e da soja para o sudoeste goiano, por exemplo, deveriam ser reorientadas.

Tudo isso mostra que o foco não deve estar somente na espécie florestal utilizada, mas no **modelo de reflorestamento** a ser implantado no Brasil e no Estado. Se o vigente tem se mostrado insustentado do ponto de vista social e ambiental, existem alternativas viáveis, a exemplo do Projeto Floram, pensadas há quase duas décadas.

A fim de considerar as especificidades de cada domínio, a **Ecogeografia do Brasil – subsídios para planejamento ambiental**, elaborado por Ross (2006) se constitui em ferramenta indispensável para orientação das aplicações propostas, complementadas com o estabelecimento de critérios e indicadores de sustentabilidade das florestas plantadas nas diferentes paisagens, considerados na escala da bacia hidrográfica (LIMA, 2006), a fim de avaliar as práticas de manejo decorrentes.

“Os estudos integrados de um determinado território pressupõem o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem as intervenções das ações humanas”.

Jurandyr Luciano Sanches Ross

5 BASES TEÓRICO-METODOLÓGICAS DA PESQUISA

5.1 A Teoria de Sistemas no Contexto da Compreensão da Paisagem

O que é paisagem? Como a noção sistêmica serve à sua compreensão? Longe de serem reflexões novas no âmbito da geografia, algumas considerações são necessárias ao entendimento da estrutura, organização e dinâmica dos espaços, no caso em especial, daquele onde se observa o problema aqui considerado para o desenvolvimento desta pesquisa.

O termo paisagem apresenta-se como categoria básica de análise do geógrafo. Mas, se tratando das ciências da Natureza, se traduz pelo viés da Ecologia na noção de ecossistema²². Será possível (e necessária) uma leitura da paisagem considerando as particularidades biológicas e de seus constituintes? DELPOUX (1974, p.1) ressalta positivamente à contribuição de geógrafos como Birot, Elhai ou Bertrand, sinalizando para um processo de ecologização da geografia advindo do caráter sistêmico assumido pelas ciências no geral. Isso ocorre, explica GUERASIMOV (1983, p.67) ao tratar dos problemas metodológicos da ecologização da ciência contemporânea, porque por diferentes que sejam os objetos de estudo e proteção do entorno, os processos tecnológicos, as apreciações sociais e econômicas, normas jurídicas entre outras coisas eleitas e os métodos científicos empregados, todas essas pesquisas aspiram a uma meta comum: revelar e estudar os vínculos existentes entre o meio ambiente, o homem e a sociedade.

Os estudos geográficos setorializados que desconsideram os demais componentes que compõem qualquer objeto estudado estão sendo progressivamente superados para percepções mais globais dos problemas, é o que Bertrand proclamava já em 1971.

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, numa determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND, 1971, p.2).

²² Termo proposto por Tansley (1935).

Assim concebendo, uma paisagem resulta da interação de três componentes: o *potencial abiótico*, agrupando todos os elementos abióticos; a *exploração biótica*, compreendendo o conjunto das comunidades vegetais e animais; e a *atuação antrópica*, interferindo nos dois primeiros²³. De modo que a definição teórica do geosistema poderia ser compreendida através da Figura a seguir.

Figura 11. Definição teórica do geosistema (Bertrand, 1971, p.11).

Em função da dinâmica interna propiciada pela interação desses três elementos, o geosistema não apresenta necessariamente uma grande homogeneidade fisionômica, sendo formado de paisagens diferentes que representam os diversos estágios de sua evolução e que, posteriormente, foram classificadas em geofácies e geótopo por Bertrand (1971). Para o autor, o estado de clímax do geosistema só será atingindo quando houver um equilíbrio entre o potencial ecológico e a exploração biológica.

Advinda dessa necessidade de compreensão da paisagem, o geosistema é fruto de uma hierarquização, numa tentativa de síntese da paisagem, que compreende escalas espaciais e temporais diferenciadas numa tentativa de classificação proposta por diversos autores.

Nesse sentido Delpoux (1974, p.22) propõe que todos os casos de paisagens podem ser divididos em duas unidades elementares: o suporte e suas características (forma, cor, textura, micro relevo); e a cobertura dessas formas com suas características peculiares, sendo que a independência desses dois constituintes fundamentais é responsável por uma diversidade mais ou menos

²³ G. Bertrand. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. Caderno de Ciências da Terra, Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, n.13, 1971, p.11.

derivada do acaso. Deste modo, define paisagem *como a entidade espacial correspondente à soma de um tipo geomorfológico e de uma cobertura, podendo esta cobertura ser desde uma floresta, uma aglomeração e uma zona industrial passando pelas culturas ou superfícies aquáticas*. É, portanto, neste sentido que se entende o termo paisagem tomado como embasamento para as reflexões propostas neste trabalho.

O autor supracitado admite a escala têmporo-espacial de Cailleux-Tricart, como propõe Bertrand, na qual o geosistema, o geofácies e o geótopo representam unidades de ordem inferior das paisagens continentais.

Para Tricart (1977) não podemos nos limitar à descrição fisiográfica. Estudar a organização do espaço é determinar como uma ação se insere na dinâmica natural, para corrigir certos aspectos desfavoráveis e para facilitar a exploração dos recursos ecológicos que o meio oferece. São propostos, então, três grandes tipos de meios morfodinâmicos, em função da intensidade dos processos atuais: os meios estáveis, os meios *intergrades* e os fortemente instáveis.

O sistema de classificação da paisagem proposto por Bertrand (1971) comporta seis níveis têmporo-espaciais: de uma parte a zona, o domínio e a região, compondo as unidades superiores; de outra parte, o geosistema, o geofácies e o geótopo.

A questão da sistematização da paisagem baseada na noção sistêmica está presente nos trabalhos de Grigoriev (1968) através da divisão proposta a partir do Estrato Geográfico da Terra em crosta, baixa atmosfera, hidrosfera, regolito, cobertura vegetal e o reino animal. O autor explica que *A troca de matéria e energia entre os componentes do estrato geográfico é constituída pelos processos de entrada e saída da matéria e energia, que são inseparavelmente relacionados, mas opostamente direcionados, sua assimilação e desassimilação* (GRIGORIEV, 1968, p.83).

Informações importantes para as considerações de Grigoriev (1968) foram os trabalhos de Dokuchayev e Vernadsky citados pelo autor. O primeiro ao postular a integridade e a indivisibilidade do meio geográfico reconhecendo as interconexões, interações e interrelacionamentos dos componentes do estrato geográfico da Terra através da troca de matéria e energia entre seus

componentes e os elementos do universo. O segundo, ao demonstrar, principalmente no aspecto geoquímico, a extrema importância da troca de matéria e energia entre os diversos componentes da biosfera.

Para Sotchava (1977, p.2) em condições normais à geografia física cabe estudar, não os componentes da natureza, mas as conexões entre eles; não se deve restringir à morfologia da paisagem e suas subdivisões, mas, de preferência, projetar-se para o estudo de sua dinâmica, estrutura funcional, conexões, etc.

O problema da dimensão da unidade elementar da paisagem fica, pois, esclarecido na medida em que esta passa a ser qualificada de homogênea pelo suporte e pela cobertura simultaneamente, ou seja, ao conservar o critério de homogeneidade, quanto à sua extensão, como função da importância da variação no espaço dos diversos valores que interferem no determinismo das características, seja do suporte seja da cobertura. Portanto, num mesmo tipo fisionômico, a cobertura pode revelar certa diversidade específica que deve ser considerada para se definir a unidade elementar da paisagem (DELPOUX, 1974, p.8).

Klink (1974) utiliza o termo ecologia da paisagem ou geoecologia proposto por Troll em 1939 para estabelecer as relações quantitativas e também qualitativas entre os vários componentes do geocomplexo: a litosfera, a atmosfera, por fim, a biosfera, ou seja, qualquer parte do mundo onde a vida possa existir. À geocologia, responsável pelo estudo da massa natural e balanços de energia de uma paisagem, interessa, portanto, a vida. Daí a sintonia com a ecologia proposta por Haeckel²⁴, mais precisamente com o conceito de ecossistemas.

À luz da Ecologia, o conjunto formado pelos elementos abióticos, como a água e os minerais, e os elementos bióticos – plantas, animais, bactérias e fungos – que num determinado meio fixam matéria e energia definem o Ecossistema. Dos componentes bióticos que formam um ecossistema existe o grupo dos autótrofos, ou seja, aqueles que fixam energia luminosa e fabricam o próprio alimento a partir de substâncias orgânicas, fornecendo toda a energia aos demais seres vivos, e o dos heterótrofos, que se divide em consumidores e

²⁴ A palavra e o conceito foram iniciados em 1866 pelo biólogo alemão Ernst Heinrich Philipp August Haeckel (1834 - 1919), da palavra grega "oikos", que significa "casa", e "logos", que significa "estudo".

decompositores. Os consumidores precisam se alimentar de outros seres vivos, que é o caso do homem, e os decompositores, que se alimentam e obtêm energia da decomposição da matéria orgânica após a morte de um produtor ou de um consumidor (Neiman, 1989, p.7).

Odum (1988, p.9) chama de sistema ecológico ou ecossistema, qualquer unidade (biosistema) que abranja todos os organismos que funcionam em conjunto (a comunidade biótica) numa dada área, interagindo com o ambiente físico de tal forma que um fluxo de energia produza estruturas bióticas claramente definidas e uma ciclagem de materiais entre as partes vivas e não vivas.

Segundo Drew (2005, p.21) tudo isso compõe um gigantesco Sistema, ou seja, um conjunto de componentes ligados por fluxo de energia e funcionando como uma unidade. A Terra opera como uma hierarquia de sistemas, todos parcialmente independentes, mas firmemente vinculados entre si. A Figura 12 ilustra simplificada a interação e interconexão dos grandes conjuntos do ambiente natural. Assim compreendendo, em escala global a intervenção humana nos sistemas não é significativa, ao contrário do que ocorre em sistemas de ordem inferior, ou seja, aqueles que envolvem os seres vivos (ecossistemas) são vulneráveis às intervenções feitas pelo homem.

Figura 12 – Esquema simplificado de interação e interconexão dos conjuntos do ambiente natural.
Fonte: Adaptado de Drew (1995, p.21).

Essa forma sistêmica de ler o mundo não deriva de tempos recentes, sendo hoje fundamental tanto nas ciências físicas e biológicas como nas ciências humanas.

O simples fato de o homem se reconhecer nessa complexa teia deveria ser suficiente para limitar suas interferências a uma questão de sobrevivência e desenvolvimento com base na capacidade que os ambientes têm de suportar mais ou menos impactos.

Para Delpoux (1974) a paisagem é o objeto concreto, materialmente palpável, diretamente perceptível no terreno. Certamente de estrutura complexa, diversificada, dinâmica, podendo ser descrita de maneira objetiva. Enquanto o ecossistema corresponde a uma noção elaborada após longas e pacientes observações. Não se descreve um sistema imediatamente. A partir da paisagem na qual ele desenvolve suas características estruturais e sobretudo funcionais, é preciso estudar, analisar para por em evidência as ligações nem sempre evidentes e sobretudo nem sempre diretamente perceptíveis. De modo que ecossistema e paisagem não se excluem, mas abrangem realidades respectivas concretas e abstratas, materiais e funcionais.

Antes disso, explica o autor supracitado, a introdução do termo ecologia da paisagem por Troll em 1939 significou uma importante ligação entre Geografia (paisagem) e Biologia (ecologia) ao considerar que as paisagens culturais e os aspectos sócio-econômicos deveriam também ser considerados na análise dos fatores componentes da superfície terrestre.

À compreensão do impacto ambiental do eucalipto à luz da teoria de sistemas admitir-se-á como suporte teórico às pesquisas em bacias hidrográficas que são tomadas como unidade de estudo por entender que é onde se manifesta a síntese das interações entre solo, relevo, vegetação, clima, águas e atividades humanas (através dos múltiplos usos), sendo possível o monitoramento quantitativo e qualitativo dos processos atuantes básicos para o entendimento do funcionamento e da dinâmica da paisagem.

Com a introdução da concepção do homem enquanto agente transformador do relevo a partir dos anos 50 tem-se a estruturação da abordagem antropogênica na Geomorfologia direcionada para uma interdisciplinaridade entre as ciências da terra, biológicas e as ciências sociais. A

partir de 1970, Bertrand propõe uma análise que ultrapassa a visão de relevo exclusivamente e propõe o que ele denomina de Ciência da Paisagem. Também nessa década Tricart propõe trabalhar o meio físico de forma integrada, através da análise sistêmica, resgatando essa concepção de *Cholley* em 1982 (SUERTEGARAY, 2002, p.44-45).

Rodrigues (2001) ao revisar as bases da teoria geossistêmica e apontar sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais aponta-a, também, como um modelo teórico de integração do meio físico-biótico para além da dicotomia geografia física versus geografia humana no modo de tratar a relação sociedade-natureza até meados do século XX. Mas é a partir de 1933, com a formulação da Teoria Geral dos Sistemas pelo biólogo Ludwing von Bertalanffy, que as bases para a construção da teoria geossistêmica pela escola russa são mais claramente evidenciadas e, posteriormente, difundidas para o mundo ocidental pela escola francesa. Foi através desta escola que essa tendência teórico-metodológica se inseriu no Brasil, sobretudo na Geografia Física, levando a proposição de diversos modelos conceituais, morfológicos, de classificação dos sistemas, destacando os trabalhos do Prof. Monteiro, como pode ser observado em obra publicada em 2001.

Na perspectiva apresentada por Ross (1998) o autor entende que para cada ambiente natural é possível desenvolver-se atividades humanas econômico-sociais, que sejam compatíveis com suas fragilidades e potencialidades. Nesta linha de raciocínio o entendimento do relevo enquanto suas formas e dinâmicas são tão importantes quanto o solo, a água, o vegetal, a rocha, a fauna, pois os vínculos entre as componentes da natureza são muito fortes e a variável relevo funciona como um indicador importante dos diferentes ambientes naturais.

Ao referir-se aos vínculos entre as componentes da natureza Ross (1998) está considerando, a exemplo de um trabalho publicado em 1995, as trocas e fluxos de energia e matéria entre e dentro dos sistemas naturais, tal como a teoria geossistêmica admite.

As relações de troca energética entre as partes criam uma situação de absoluta interdependência, não permitindo, por exemplo, o entendimento da dinâmica e da gênese do relevo sem que se conheça o clima, os solos, a litologia, e seus respectivos arranjos estruturais (ROSS, 1995, p. 295).

Suertegaray (2004) ao fazer uma leitura da geomorfologia com base na dialética afirma que a reinvenção da natureza, resultado da manipulação e domínio do homem, torna-a híbrida.

Há que se considerar, portanto, que o homem insere-se na paisagem como um agente intensificador da mudança da direção original dos fluxos de matéria e energia que circulam nos sistemas, na medida em que historicamente constrói e moderniza os meios de produção necessários a sua sobrevivência. Tem-se, portanto, uma paisagem transformada e, concomitantemente, transformadora, em contínuo e permanente processo de mudança e adaptação em busca do equilíbrio dinâmico.

As vertentes teórico-metodológicas apresentadas na leitura da paisagem aliadas às necessidades de conjugar apropriação e uso dos recursos naturais e sustentabilidade têm levado a proposição e ao surgimento de novos conceitos com novas abordagens no cenário atual da Geomorfologia brasileira a partir da última década do século XX. Nesse contexto, Suertegaray (2002) apresenta, por exemplo, a necessidade de repensar a sistematização temporal da evolução do planeta para uma melhor compreensão da formação do relevo ao longo do tempo, sistematizada na escala do tempo geológico, com a introdução de conceitos como os de quinário e tecnogeno no lugar de simplesmente quaternário. O quaternário referindo-se ao período do aparecimento do homem e o quinário ao período em que a atividade humana passa a ser qualitativamente diferenciada da atividade biológica na modelagem da biosfera, desencadeando processos tecnogênicos de intensidade superior a dos processos naturais. Logo, os depósitos resultados dos processos tecnogênicos são aqueles resultantes da ação humana.

A paisagem geográfica, outro conceito já mencionado, também é abordada de várias formas ao longo da evolução do pensamento geográfico e, logo, da Geografia Física.

A paisagem geográfica apresenta várias dimensões e embora se constitua um conceito-chave sua importância na história do pensamento geográfico tem também variado e, em muitos momentos, assumido posição secundária em detrimento dos conceitos de região, espaço, território e lugar. Portanto, a dimensão morfológica, a dimensão funcional e a dimensão simbólica são dimensões da paisagem privilegiadas conforme a matriz epistemológica (CORRÊA e ROSENDAHL, 1998, p. 10).

Para Ross (1990) o entendimento do relevo passa, portanto, pela compreensão de uma coisa maior que é a paisagem como um todo.

É através do estudo de Carl O. Sauer, em 1925, que a paisagem geográfica, vista como um conjunto de formas naturais e culturais associadas em uma dada área, é analisada morfológicamente.

A paisagem cultural ou geográfica é deste modo entendida como o resultado da ação, ao longo do tempo, da cultura sobre a paisagem natural, ou seja, a paisagem cultural é modelada a partir de uma paisagem natural por um grupo cultural. A cultura é o agente, a área natural é o meio, a paisagem cultural o resultado. O tempo é considerado uma variável fundamental. Assim, os objetos que existem juntos na paisagem existem em inter-relação, constituindo uma realidade como um todo que não é expressa por uma consideração das partes componentes separadamente, que a área tem forma, estrutura e função e daí sua posição em um sistema e que é sujeita a desenvolvimento, mudança e fim (SAUER, 1998).

Em 1984 Augustin Berque ao conceber a *paisagem-marca*, *paisagem-matriz* encerra a passagem de um padrão de análise da paisagem, típico da fase anterior a 1970, para outro que passa a predominar após 1970. Para Corrêa e Rosendhal (1998) a paisagem geográfica aparece com um papel duplo. Simultaneamente ela é uma marca, uma grafia, que o homem imprime na superfície terrestre. Esta marca materializa a natureza da sociedade que realiza a grafia. E ao mesmo tempo as marcas constituem as matrizes, isto é, condições para existência e ação humana.

O resultado do período quinário, que indica o advento da atividade técnica e do homem como força significativa na intervenção e construção da natureza, seria o antropostoma. Este termo refere-se a um ambiente antrópico unificador autoperpetuador, uma estrutura integrativa de elevado nível, em que os aspectos relacionados com os organismos estão em constante desenvolvimento ao passo que os aspectos do ecossistema persistem (SUERTEGARAY, 2001).

As necessidades de uma melhor compreensão das alterações antrópicas no ambiente natural e da capacidade de recuperação dos sistemas impactados tem gerado, além do surgimento de novos conceitos na Geomorfologia e a

necessidade de uma maior reflexão a partir das bases teórico-metodológicas, uma demanda para a aplicação dos conhecimentos geomorfológicos nos estudos ambientais voltados para o Planejamento Ambiental, Planejamento Regional, elaboração de Planos Diretores Municipais, bem como de Estudos de Impactos Ambientais (EIA's/RIMA's) para implantação de grandes obras de engenharia civil, complexos industriais, núcleos de assentamentos agrários, instalação de núcleos urbanos, complexos portuários, aeroportos entre outros.

Segundo Ross (2001, p. 416) as características dos geossistemas são expressas como resultantes da dinâmica interativa dos processos físicos e biológicos, recebendo *inputs* e incorporando produtos oriundos das atividades humanas. O sistema ambiental físico compõe o embasamento paisagístico, o quadro referencial para serem inseridos os programas de desenvolvimento, nas escalas locais regionais e nacionais.

É interessante ressaltar que a própria origem da teoria geossistêmica está relacionada a uma necessidade de aplicação voltada para o planejamento territorial com um enfoque ambiental.

A possibilidade de gestão territorial sem o entrave da propriedade privada talvez também explique o surgimento dessa teoria na antiga URSS, tendo em vista que se promove o conhecimento de unidades espaciais com características elementares, racionais e dinâmicas semelhantes entre si, mesmo incluindo-se o antrópico. Isso significa que possibilita a discriminação de unidades operacionais de planejamento, sejam quais forem às possibilidades de valorização política ou econômica dessas diversas unidades (RODRIGUES, 2001, p. 73).

Christofolletti (2001) em revisão de literatura relacionada a Geomorfologia Aplicada fazendo também uma análise da inserção da Geomorfologia na política de desenvolvimento sustentável menciona, por exemplo, as obras de Gregory, Ross e Casseti. Quanto à aplicação do conhecimento geomorfológico em planejamentos temáticos específicos, são mencionados estudos referentes ao Planejamento e Uso do Solo Rural; Planejamento do Uso do Solo Urbano; Planejamento na Execução de Obras de Engenharia; Planejamento Ambiental; Pesquisas sobre Recursos Minerais e Recuperação de Áreas Degradadas por Mineração e, por fim, Classificação de Terrenos.

Outro exemplo de aplicação dos conhecimentos geomorfológicos no planejamento e gerenciamento ambiental é encontrado no trabalho de Gross (1995) que se refere ao zoneamento ambiental das APA's do Corumbataí e da bacia do Piracicaba.

Observa-se que se os ramos de aplicação do conhecimento geomorfológico são variados em termos de área de conhecimento exigindo uma interdisciplinaridade, o que torna os desafios também complexos. Para Christofolletti a difusão das metas e demandas ligadas com as políticas de desenvolvimento sustentável criou desafios não só para a Geomorfologia, mas para todo o conhecimento relacionado com as organizações espaciais.

Deste modo à compreensão dos processos envolvidos na temática em questão, a bacia hidrográfica aparece como referencial metodológico por excelência ao permitir uma diversidade de abordagens nas mais variadas escalas de análise e síntese das paisagens resultantes.

No caso do plantio do eucalipto e das práticas agrosilvipastoris o foco deve estar no manejo e, também, em conciliar necessidade econômica e capacidade de uso dos ecossistemas. De qualquer modo o monitoramento aparece, assim, como instrumento importante do planejamento ambiental físico-territorial quer na escala local, regional ou nacional, sendo requisito para o conhecimento da complexidade dos processos estruturadores da paisagem.

5.2 A Bacia Hidrográfica: unidade sistêmica para análise da dinâmica da paisagem

A admissão da bacia hidrográfica como unidade de estudo da paisagem notadamente nas pesquisas hidrogeomorfológicas e, mais precisamente, enquanto metodologia de análise da dinâmica hidrológica associada ao consumo de água pela cobertura vegetal antecede mesmo as exigências da legislação ambiental no Brasil e em muitos outros países. *Entretanto, em grande parte de seus estudos raramente existe uma definição conceitual precisa desse sistema que é, ao mesmo tempo, hidrológico e geomorfológico*, conforme afirma Rodrigues e Adami (2005, p.147).

Importa considerar que o ciclo da água envolve vários e complicados processos hidrológicos: evaporação, precipitação, interceptação, transpiração,

infiltração, percolação, escoamento superficial, entre outros, que podem ser mais bem compreendidos, na escala da bacia hidrográfica, através da quantificação das entradas e saídas no sistema. De um modo geral, a água é evaporada dos oceanos e da superfície continental e se torna parte da atmosfera. A umidade atmosférica precipita-se tanto nos oceanos como nos continentes. Nestes a água precipitada pode ser interceptada pela vegetação, pode escoar pela superfície dos terrenos, ou pode infiltrar-se no solo, de onde pode ser transpirada pelas plantas. Aliada aos efeitos das florestas sobre a água, a bacia hidrográfica é a escala de análise ideal para a avaliação e proposição de formas sustentáveis de manejo.

Data de 1899 e 1927 a instalação e o registro de dados das mais antigas estações experimentais com bacias hidrográficas pareadas no mundo, sendo a primeira instalada na Suíça e a segunda nos Estados Unidos, precisamente no Laboratório Hidrológico de *Coweeta* (MOSCA, 2003, p.7).

Para Lima e Zakia (1998) a microbacia se constitui na menor unidade ecossistêmica da paisagem onde os processos naturais podem ser quantificados, assim como a interação entre eles e os componentes da biogeoquímica: a vegetação, a atmosfera, a relação solo-planta, a geologia, a água superficial e a água subterrânea. Considerado deste modo, a utilização do termo microbacia no sentido de ecossistema utilizado no contexto da hidrologia florestal, não reduz a análise. Antes fornece um embasamento consistente para que a sustentabilidade da paisagem possa ser mais bem avaliada.

Rodrigues e Adami (2005, p.147-148) explicam que os componentes do sistema bacia hidrográfica compreendem um volume de materiais, predominantemente sólidos e líquidos, próximos à superfície terrestre, delimitado interna e externamente por todos os processos que, a partir do fornecimento de água pela atmosfera, interferem no fluxo de matéria e de energia de um rio ou de uma rede de canais fluviais. Inclui, portanto, todos os espaços de circulação, armazenamento, e de saídas da água e do material por ela transportado e mantêm relações com esses canais.

Este conceito pode ser mais bem observado na Figura 13 elaborada por Moldan e Cerny (1994), que ilustra os processos naturais e antropogênicos de entrada, armazenamento, fluxos internos e saídas de nutrientes no sistema bacia hidrográfica.

Figura 13. Ilustração dos fluxos de nutrientes em uma bacia hidrográfica (MOLDAN e CERNY, 1994).

Em íntima relação com o ciclo hidrológico, a biogeoquímica da sub-bacia se constitui em indicador de sustentabilidade dos mais importantes. A nível integrado, a contabilização das entradas e das retiradas de nutrientes vai permitir inferir se a capacidade natural de suporte da área (potencial produtivo) está ou não sendo mantida através dos fluxos de nutrientes (i) entre a microbacia e o meio: P_i , D_i e G_i = entradas de nutrientes pelas chuvas, por deposição de particulados, e por gases; A_i = adubação; B_i = exportação via biomassa; R_i e M_i = perdas pelo escoamento superficial e por sedimentos; W_i = intemperismo (LIMA e ZÁKIA, 1998).

De acordo com o esquema mostrado na anterior, para que se possa quantificar o ciclo biogeoquímico de nutrientes e, desta forma, monitorar os impactos do manejo florestal sobre a manutenção do potencial produtivo do solo a médio e longo prazos, é essencial medir a entrada atmosférica de nutrientes na sub-bacia, que inclui a deposição seca e a deposição pelas chuvas. O componente biológico também é particularmente importante para a correta interpretação da biogeoquímica de uma sub-bacia, assim como para a correta avaliação de possíveis impactos ambientais.

O estudo do funcionamento e da dinâmica hidrológica na escala da bacia hidrográfica, sob diferentes coberturas vegetais, tem sido objeto de pesquisas realizadas em diversas regiões do mundo conforme mencionado anteriormente, desde 1899, em bacias experimentais equipadas com estações limnimétricas, a

fim de se avaliar e monitorar os impactos ambientais positivos ou negativos decorrentes de eventos naturais e ações antrópicas na produção, quantidade e qualidade da água dos riachos (ARCOVA, 1996).

Operacionalmente, uma vez necessária à determinação do balanço de massas e da biogeoquímica anual das bacias experimentais, o método da medição da vazão tem que ser adequado para medir o deflúvio total, ou seja, fluxos superficiais e sub-superficiais da bacia (REINHART e PIERCE, 1964). No entanto, Lima (1998) explica que para que se possa utilizar uma bacia qualquer como área experimental para estudos de hidrologia florestal é preciso considerá-la uma bacia hidrográfica ideal, isto é, onde todos os fluxos positivos e negativos possam estar sob controle experimental, e onde não ocorram vazamentos, e nem perdas por percolação profunda.

A principal crítica associada ao método de bacias pareadas se refere a dificuldade em se encontrar, na natureza, bacias hidrográficas que sejam subsuperficialmente totalmente impermeáveis, ou seja, que não apresentem vazamentos por rupturas em seu extrato rochoso, o que resultaria em erro no balanço hídrico (Lima, 1996). Não há como determinar, *a priori*, estas condições, mas o confronto dos resultados obtidos com a estimativa da evapotranspiração anual por algum modelo físico pode permitir uma checagem, *a posteriori*, da adequação da área (CERNY et al., 1994). Uma das vantagens deste método é o fato de selecionar duas ou mais sub-bacias contíguas, ou pelo menos vizinhas, por conseguinte semelhantes, em termos de tamanho, geologia, clima, solos e cobertura vegetal, proporcionando, assim, condições para uma comparação estatística entre a sub-bacia que sofreu a intervenção (manejo florestal) e outra que permanece inalterada.

Além dos indicadores hidrológicos clássicos já mencionados, há expressivo interesse atual na identificação de indicadores biológicos do ecossistema aquático para o monitoramento ambiental. Organismos estudados *in situ* podem mostrar os efeitos integrados de todos os impactos causados a um determinado corpo d'água (FRIEDRICH et al., 1992).

Quando comparados aos métodos físico-químicos, os métodos biológicos requerem menos equipamentos, têm resultados mais rápidos e são mais baratos do que o método anterior. Entretanto Câmara (2004) ressalta ainda que apesar de oferecerem algumas vantagens, os métodos biológicos não eliminam a

necessidade de análises químicas e físicas. O ideal seria a integração dos diferentes métodos para montar um sistema que não seja tão caro e forneça as informações necessárias com o máximo de eficiência possível.

Uma das questões importantes que envolvem o monitoramento da comunidade biológica está relacionada com a identificação de organismos mais apropriados para o monitoramento, o nível de identificação a ser adotado, a estabilidade das populações e a resposta específica ao tipo de poluente em questão (CRANSTON²⁵, 1996, citado por FAGUNDES e SHIMIZU, 1997). A escolha de quais organismos serão utilizados neste monitoramento é muito importante, pois aqueles que apresentam ampla tolerância são menos informativos e menos eficientes como indicadores da qualidade da água (JOHNSON, 1995).

Rosemberg e Resh (1993) citam que dentre os organismos aquáticos, algas e invertebrados bentônicos são os grupos de organismos mais freqüentemente recomendados para a avaliação da qualidade da água, sendo que os organismos bentônicos apresentam algumas vantagens em relação aos outros invertebrados. Dentre estas vantagens destacam-se: a) o fato de poderem ser encontrados nos diferentes ecossistemas de água doce, permitindo a observação de perturbações em sua comunidade nos diversos tipos de habitat aquático; b) apresentarem grande número de espécies, oferecendo um amplo espectro de respostas para as alterações ambientais; c) sua natureza sedentária, não permitindo a migração quando as características do meio lhes são desfavoráveis; d) apresentarem ciclos de vida relativamente longos, permitindo análise temporal.

Outro importante aspecto a ser considerado na investigação de indicadores tanto físico-químicos como biológicos, é a regionalização. Há muito é reconhecido que a qualidade da água varia em resposta a práticas de uso da terra, tipo de vegetação e clima. O processo de regionalização, isto é, a estratificação da paisagem de acordo com a semelhança entre características biofísicas têm seu valor reconhecido principalmente a partir da década de 80, como um importante instrumento nos estudos de planejamento ambiental (PERRY e VANDERKLEIN, 1996).

²⁵ CRANSTON, P.S. The immature stages of two unusual species of *Dicortendipes* (Diptera: Chironomidae) from Australia. *Australian Journal of Entomology*. 35: 1996. p.263-270.

Qualidades como a cor, o fluxo de fósforo e o tempo de residência (todos os elementos críticos para a qualidade da água) variam de acordo com padrões regionais de geomorfologia, tipo de solo e clima. A regionalização permite explicar e comparar as características dos recursos hídricos, estabelecerem padrões, simular os efeitos de manejo, estabelecer locais de monitoramento e extrapolar, com as devidas proporções, os resultados para áreas maiores (Câmara, 2004).

A partir da identificação de critérios e indicadores na escala da bacia, a fim de se avaliar as atividades exercidas no caso das florestas plantadas, Lima e Zákia (1998, p.57) propuseram um modelo representativo da integridade do *ecossistema microbacia*. De modo que:

[...] o manejo sustentável seria aquele que possibilita a utilização dos recursos naturais (produção florestal, por exemplo) de maneira tal que não seja destruída a integridade do ecossistema, sendo esta quantificada em termos da manutenção de seu funcionamento ecológico, que engloba basicamente pelo menos os seguintes aspectos chaves do ecossistema: a) a perpetuação de seus processos hidrológicos; b) a perpetuação de sua capacidade natural de suporte; c) a perpetuação de sua diversidade biológica; d) sua resiliência, ou seja, capacidade de resistir a mudanças ambientais; e) sua estabilidade.

Assim, o esquema de manejo apresentado na Figura 14 implica a existência de uma ligação mútua e interativa entre a plantação florestal e os demais elementos do ecossistema, incluindo o fluxo de energia e a ciclagem de nutrientes. O manejo sustentável baseia-se no entendimento dessas inter-relações e interações, e na busca de práticas que visem manter a integridade do ecossistema (LIMA e ZÁKIA, 1998).

Figura 14. Modelo representativo da integridade do ecossistema bacia hidrográfica, proposto por Lima e Zákia (1994).

A integridade do sistema bacia hidrográfica, nesse modelo, é dada pela perpetuação de seu funcionamento hidrológico (vazão, quantidade de água, qualidade da água), de seu potencial produtivo (biogeoquímica), e da diversidade ecológica ao longo da área (mata ciliar, zonas ripárias, reservas de vegetação natural).

Isso posto, o planejamento territorial ambiental se torna instrumento determinante na busca da sustentabilidade, colocando lado a lado conservação e recuperação ambiental, com desenvolvimento tecnológico, econômico e social. Para tanto, as fragilidades dos ambientes naturais também devem ser agregadas a análise, conforme preconizado por Ross em 1994.

É denominada por Ross (1994) de fragilidade potencial a vulnerabilidade natural do ambiente e de fragilidade ambiental a vulnerabilidade natural associada aos graus de proteção que os diferentes tipos de uso e cobertura vegetal exercem. O autor se baseia nos pressupostos teóricos formulados por Tricart, em 1977, através do conceito de Unidades Ecodinâmicas, de modo que, ao analisar o ambiente à luz da Teoria de Sistemas, concebe que na natureza as trocas de energia e matéria se processam através de relações em equilíbrio

dinâmico, o qual é frequentemente alterado pelas intervenções humanas nas diversas componentes da natureza, gerando estados de desequilíbrio temporários ou até permanentes. Assim, os ambientes que estão em equilíbrio dinâmico são estáveis, quando em desequilíbrio, instáveis.

Ross (op. Cit) redefine as Unidades Ecodinâmicas Instáveis como sendo aquelas cujas intervenções antrópicas modificaram intensamente os ambientes naturais através dos desmatamentos e práticas de atividades econômicas diversas, enquanto as Unidades Ecodinâmicas Estáveis são as que estão em equilíbrio dinâmico e foram poupadas da ação humana direta, encontrando-se em seu estado natural, como por exemplo, um sub-bosque de vegetação natural. Aplicadas ao planejamento, as Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente foram associadas a graus de instabilidade que variam de Muito Fraca a Muito Forte, de modo semelhante procedeu-se às Unidades Ecodinâmicas Estáveis, que apesar de estarem em equilíbrio dinâmico, apresentam Instabilidade Potencial qualitativamente previsível face as suas características naturais e a possibilidade de inserção antrópica. Assim, as Unidades Ecodinâmicas Estáveis, apresentam-se como Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial em diferentes graus.

De fato, Laudon et al. (2007, p.199) explicam que o efeito da escala da bacia e a influência das características da paisagem na geração do escoamento não são completamente conhecidos por causa da complexidade da dinâmica multi-escalar que envolve numerosos processos, funcionando ao mesmo tempo.

Compreender a manifestação destes processos na paisagem de forma conjugada nunca é tarefa fácil. Fávero (2007, p.188) ao analisar a sustentabilidade da paisagem na Bacia do Rio Sorocaba/SP avança teoricamente no esclarecimento da questão ao propor um *modelo em mosaico heterogêneo de uma paisagem com sustentabilidade da natureza* que parte da evolução da noção de fragilidade encontrada, entre outros, nos pressupostos formulados por Tricart e Ross, citados anteriormente.

Para a autora (op. cit.) não é possível obter a sustentabilidade total em várias medidas e de várias formas, tal como vem sendo buscada, em todas as suas dimensões, em uma dada área ou paisagem e ao mesmo tempo.

A incompatibilidade, sobretudo entre sustentabilidade da natureza e socioeconômica na mesma área (num dado território), ocorre

porque cada tipo de diferente paisagem apresenta características específicas que indicam suas aptidões tanto para uso direto, ou seja, com exploração de recursos diversos, quanto a preservação ou usos indiretos, ou seja, aqueles que não envolvem consumo, coleta, dano ou destruição da natureza e portanto dos benefícios e/ou serviços ambientais, tais como: manutenção da qualidade da água, manutenção da biodiversidade, manutenção dos estoques de Carbono e do clima, oferta de oportunidades de desenvolvimento cognitivo e recreação, etc. (FÁVERO, 2007, p.169).

Fávero (2007, p.169) segue explicando que a sustentabilidade da natureza só pode ser alcançada se os limites da natureza forem considerados no planejamento. Todavia, se ocorrer a generalização dos limites da natureza para toda e qualquer paisagem, a vida tal como a conhecemos, dentro dos valores da sociedade urbano-industrial não poderia existir e todas as paisagens seriam sustentáveis mas só com sustentabilidade da natureza e adiciona:

Assim, a sustentabilidade em todas as dimensões (da natureza, sócio-cultural, econômica e política) não pode ser alcançada em todas as partes da paisagem. Sempre, conforme as características da área e o modo de vida da população nela sitiada ou em suas proximidades, um ou outro aspecto estará insuficiente para sua consecução. Desta forma, um dos requisitos para a consecução da sustentabilidade total seria o ordenamento da paisagem em um "mosaico heterogêneo de paisagens", ou em uma "paisagem com sustentabilidade da natureza", ou seja, em uma área na qual diferentes Unidades de Paisagem (UP's) cada qual com sua potencialidade natural (limites e aptidões), estariam em diversos ou diferentes graus ou níveis de estabilidade morfo-funcional conforme os graus de alteração, sobretudo antrópicas, de suas características originais, de tal maneira que cada UP estaria suprimindo diferentes componentes da sustentabilidade para que a configuração do conjunto possa colaborar com a sustentabilidade total.

O mosaico heterogêneo de paisagem com sustentabilidade da natureza proposto (Figura 15) comportaria, deste modo, UP's cujas características indicariam recomendações para conservação ou preservação da natureza, podendo ser áreas protegidas.

Figura 15. Modelo do mosaico heterogêneo de paisagens com sustentabilidade da natureza, elaborado por Oriana Aparecida Fávero, em 2006.

Fonte: FÁVERO (2007, p.188).

UP's mais instáveis naturalmente ou com usos impactantes e a ocupação urbana aconteceriam associadas no mosaico, estando esses usos com maior sustentabilidade sócio-econômica e menor sustentabilidade da natureza:

A garantia de manutenção do funcionamento dos sistemas naturais e, portanto, das funções reguladoras e de suporte da vida (pré-requisito mínimo da sustentabilidade), não ocorreria em todas as UP's, mas por *mecanismos de compensação*²⁶ entre as UP's. Seria necessária a existência, no mosaico, de UP's com maior estabilidade geocológica ou onde o nível dos processos geocológicos é próximo do natural para oferecer os fluxos de energia-matéria-informações para as UP's com menor estabilidade geocológica ou onde a capacidade de carga e suporte dos geosistemas foi excedida (para produzir e fornecer fluxos econômicos entre outros insumos). A retroalimentação aconteceria, portanto, entre UP's em estados diferentes de estabilidade (das mais estáveis ou não alteradas até as mais instáveis) garantindo a estabilidade da sustentabilidade do mosaico (FÁVERO, 2007, p.170-171)

²⁶ Grifo nosso.

A integração do modelo proposto por Fávero (2007) com os modelos propostos por Moldan e Cerny (1994) e Lima (1997), resulta numa maior clareza do efeito e influência das intervenções humanas nas características das UP's e respectivos limiares de intervenção, através da bacia hidrográfica (Figura 16).

O monitoramento das práticas de manejo e a identificação de critérios e indicadores específicos e aplicáveis no delineamento de políticas públicas e de planejamento, nesse último aspecto, incorporando a noção de fragilidade ambiental proposta por Ross (1994), permitem identificar a direção de alteração e compensação dos fluxos e propor intervenções corretivas.

Figura 16. Modelo em mosaico heterogêneo de uma paisagem, na escala da bacia hidrográfica, com sustentabilidade da natureza.

Fonte: Adaptado de Lima e Zákia (1993) e Fávero (2007).

As cores das setas indicam a importância dos processos mantenedores da sustentabilidade paisagística e a direção dos fluxos de matéria e energia, no contexto da bacia hidrográfica. Quando adequadamente compensados, através do planejamento e manejo, o resultado avaliado a partir do monitoramento

expressa uma paisagem com sustentabilidade da natureza. Tal procedimento parte da prerrogativa proposta por Cavaleiro, Presotto e Rocha (2003, p.162) ao admitirem ser *necessário, pois, entender a fisiologia da paisagem, para que, então, se proponha intervenções.*

As áreas de transição entre as Unidades de Planejamento viabilizam a conectividade dos fluxos de energia e matéria na paisagem, a exemplo da manutenção da diversidade biológica e podem ser aquelas de preservação permanente, de reserva legal e a zona ripária, incluindo as áreas denominadas de corredores ecológicos.

A incorporação da noção de fragilidade ao manejo florestal na escala da bacia hidrográfica tal como proposto por Ross (1994) deve ser considerada juntamente com critérios e indicadores expressivos do arranjo paisagístico que compõe a sustentabilidade.

Deste modo, a geração de modelos preditivos deve, também, considerar a complexidade multi-escalar das variáveis econômicas, sociais e culturais associadas à noção de riscos e incertezas e envolver a participação da comunidade na tomada de decisões.

Nessa ótica a sustentabilidade total só poderá ser conseguida num arranjo paisagístico de mosaicos heterogêneos, sendo avaliada integralmente na bacia hidrográfica. Esta deve servir como escala de monitoramento de processos e identificação de indicadores não só do manejo florestal, mas daquelas atividades que se estabelecem no nível topológico, no talhão florestal, nas estradas e corredores e de tantas outras decorrentes dos múltiplos usos da terra inerentes ao espaço geográfico dado, indicando a direção e intensidade das compensações dos fluxos de energia e matéria no sistema.

5.3 Critérios e Indicadores de Sustentabilidade da Paisagem

A perspectiva da análise da sustentabilidade da paisagem através do monitoramento das interferências antrópicas e das práticas de manejo na escala da bacia hidrográfica deve considerar a possibilidade de identificação da intensidade da interferência e determinação da direção dos fluxos de energia e matéria que circulam entre os diversos componentes do sistema, resultado do arranjo paisagístico num dado espaço geográfico.

De acordo com Lima (2006) o monitoramento da sub-bacia possibilita obter respostas sistêmicas das práticas de manejo, em termos de processos relacionados a quantidade e qualidade de água e ao regime de vazão, bem como daqueles relacionados à biogeoquímica. Permite, deste modo, inferir sobre a manutenção do potencial produtivo ao longo do tempo.

O monitoramento ambiental, dessa forma, é parte integrante do manejo florestal sustentável. Como resultado os indicadores devem representar uma ou mais variáveis ou elementos do ecossistema, cuja relação com a sustentabilidade já tenha sido estabelecida experimentalmente (LIMA, 2006, p.32).

Pode-se dizer que, potencialmente, existirão tantos indicadores quantas variáveis a serem avaliadas, pois as respostas às intervenções são tão diferenciadas quanto a complexidade do mosaico considerado. Sua escolha dependerá de uma série de critérios (COLTRINARI e McCALL, 1994; KUHLMANN, 2001; LIMA, 2006; CÂMARA, LIMA E ZÁKIA, 2006), mas basicamente deve ser reativo às mudanças ambientais e às práticas de manejo. Por outro lado, o processo de definição da fragilidade ambiental da paisagem, conforme sugerido por Ross (1994) servirá como ponto de partida para a determinação dos indicadores mais adequados para cada realidade.

Metodologicamente, a cartografia da fragilidade da paisagem antecede a fase de monitoramento propriamente dita, mas só avança para o zoneamento tendo estabelecidos os indicadores adequados. Estes, por sua vez, servirão como instrumento efetivo no planejamento territorial comprometido com a sustentabilidade.

“É possível o regresso, a volta ao início do caminho? Para Antonio Machado, ‘ninguém voltou ainda’. Em todo o caso, o retorno não poderá ser um círculo completo, pois isso é impossível, uma vez que, para o homem, qualquer método traz consigo a antiquíssima experiência da viagem. Esse retorno nos ensina a sabedoria que se depreende dos mitos, das tradições e das religiões, mas sempre retornamos modificados, quem retorna é outro. Essa aprendizagem acarreta uma transfiguração. Se o caminho é uma trajetória em espiral, o método, agora consciente de si, descobre e nos descobre diferentes. Um retorno ao início da travessia também revela precisamente o quanto esse início encontra-se longínquo no presente. Essa é a revolução da aprendizagem”.

Edgar Morin

6 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS

Como o foco do trabalho consistiu na análise hidrológica utilizando-se de pequenas bacias hidrográficas pareadas e instrumentalizadas para fins de monitoramento, procedeu-se ao mapeamento temático de modo a oferecer subsídios às interpretações regionais de ocupação e uso da terra, compartimentação topográfica, tipos de solo, cobertura vegetal, escoamento e dinâmica de infiltração da água no solo, considerando o apoio da literatura especializada e os levantamentos de campo.

A primeira etapa de trabalho consistiu no levantamento bibliográfico para a elaboração da fundamentação teórica e orientação metodológica.

O segundo momento consistiu na elaboração do Projeto para a construção dos vertedores; realização de visitas de campo aos plantios de eucalipto da Copebrás, a fim de selecionar as sub-bacias a serem instrumentalizadas; construção das estações fluviométricas e poços piezométricos; aquisição e instalação dos equipamentos no campo.

Num terceiro momento procedeu-se ao monitoramento da vazão dos riachos; da água subterrânea; medição da precipitação; da qualidade da água; e à aquisição de dados climáticos históricos, mapas e cartas topográficas, fotografias aéreas, coleta e análise de amostras de solo dentre outros.

A quarta etapa compreendeu a elaboração dos mapas temáticos e de síntese; tabulação e tratamento estatístico dos dados monitorados; análise e interpretação dos resultados.

6.1 Monitoramento Hidrobiogeoquímico

Lima (1998) explica que a produção de água numa bacia compreende a descarga total da bacia durante um determinado período e pode ser obtida através da equação simplificada do balanço hídrico de uma bacia (Equação 1). Representa, portanto, a fração da precipitação (P) que não é perdida por evapotranspiração (ET).

$$Q = P - ET \quad (1)$$

Desta maneira, a produção de água de uma bacia inclui o deflúvio (volume de água que passa pela secção transversal de um canal durante um determinado tempo, expresso em mm de altura de água sobre a bacia correspondente) e também a variação do armazenamento na bacia, inclusive a recarga da água subterrânea. O deflúvio (Q) reflete a integração de todos os fatores hidrológicos em uma bacia hidrográfica, incluindo características topográficas, clima, solo, geologia e uso do solo. Pode ser classificado em escoamento direto (Qd) e escoamento base (Qb). O escoamento direto é a parte do deflúvio que é liberada pela bacia durante e imediatamente após a ocorrência de uma chuva. O escoamento base é a parte do deflúvio que deriva da água subterrânea (LIMA, 1998).

Para verificação do consumo de água pela cobertura vegetal através da quantificação das perdas por evapotranspiração, a determinação do balanço hídrico anual da bacia hidrográfica, baseando-se no princípio de conservação de massa, analisada pelas entradas e saídas de água no sistema, pode ser expressa pela Equação (2) seguinte, desde que se considere o armazenamento de água no solo tendendo a zero no decorrer do ano hídrico selecionado.

$$ET = P - Q \quad (2)$$

Para utilização do balanço de massas através do método de bacias pareadas procedeu-se, entre 2001 e 2002, a várias visitas técnicas no campo, percorrendo os plantios de eucalipto a fim de selecionar as sub-bacias onde seriam construídos os vertedores para o monitoramento da vazão e da qualidade da água da chuva e dos riachos (Figuras 17 e 18). Para a definição do local, além dos critérios anteriormente mencionados, considerou-se também a viabilidade logística tanto para a fase de construção quanto de monitoramento.

Figura 17. Sub-bacia com cerrado, selecionada para o monitoramento.

Figura 18. Sub-bacia com eucalipto, selecionada para o monitoramento.

As duas pequenas bacias selecionadas, com cobertura vegetal homogêneas, localizadas na margem esquerda do Córrego Taquara dos Cláudios, foram instrumentalizadas como segue.

6.1.1 Fluviometria e Pluviometria

A realização do balanço de massas, para determinação da taxa média anual de evapotranspiração nas sub-bacias e sua comparação com aquela obtida pelo balanço hídrico regional, se deram com base em uma série hidrológica de dados de vazão e precipitação tanto regionais quanto locais, obtidas nos postos

de monitoramento implantados nas sub-bacias e no posto regional do INMET – 10º DISME, Estação de Catalão (n. 83526).

Para coleta dos dados de vazão foram construídas e equipadas duas estações limnimétricas, sendo uma em cada sub-bacia, compostas por um poço tranquilizador de fluxo, vertedouro composto (triangular, para vazões baixas a mínimas e retangular, para vazões mais elevadas), régua limnimétrica e limnógrafo (Figuras 19, 22 e 23).

Figura 19. Esquema ilustrativo de uma estação fluviométrica.

Quanto às características originais do canal, elaborou-se o perfil da seção transversal à montante e à jusante do vertedor para duas sub-bacias.

Para a sub-bacia com cerrado, a largura da seção considerada à montante é de 6,6 m, enquanto que à jusante é de 3,8 m (Figura 19).

Figura 20. Perfil da seção transversal à montante do vertedor da sub-bacia com cerrado.

Para a sub-bacia com eucalipto a largura da seção de montante é de 4,3 metros e da seção de jusante, 2,4 m (Figura 20).

Figura 21. Perfil da seção transversal à montante do vertedor da sub-bacia com eucalipto.

A construção dos vertedores aconteceu no período de setembro a novembro de 2002, sob a supervisão de três técnicos hidrometristas coordenados por um Engenheiro Hidráulico do IPT/USP e acompanhamento da autora.

Figuras 22. Construção do vertedor na sub-bacia com cerrado.

Figuras 23. Construção do vertedor na sub-bacia com eucalipto.

Um elemento chave da estação fluviométrica é a parede frontal de concreto, a qual é assentada sobre a camada de impedimento, e onde é instalado o vertedor (Figuras 24, 25, 26).

Figura 24. Estação fluviométrica construída na sub-bacia com cerrado.

A equação de vazão apresentada (Equação 3) define a vazão total a partir de um único registro de nível de água, válido para as duas estruturas, em que h é o nível de água (m) e Q é a vazão total (m^3/s).

$$Q = 1,39 * [h^{2,50} - (h - 0,500)^{2,50}] + 2,34 * (h - 0,500)^{1,50} \quad (3)$$

No final de novembro de 2002 entraram em operação as duas estações limnimétricas, iniciando os trabalhos de monitoramento e coleta dos dados.

Figura 25. Vertedor construído na sub-bacia com cerrado, considerada como controle.

Figura 26. Vertedor construído na sub-bacia com eucalipto.

Os registros contínuos da variação da altura da lâmina de água (cota) nos vertedores e da temperatura da água dos riachos foram obtidos por dois limnígrafos digitais (*levellogger* – Figura 27) e um registrador da pressão atmosférica (*barologger*) instalados no poço tranquilizador de fluxo, ligado por vasos comunicantes à caixa de sedimentação anexa aos respectivos vertedores (tubo laranja na Figura 25).

Figura 27. Modelo de limnógrafo instalado em cada vertedor para registrar a variação da altura da lâmina de água.

Os dados registrados automaticamente (Figuras 28 e 29) eram descarregados mensalmente em um *lap top* como arquivos .xls/ do Excel, onde passaram por um processo de tabulação para o cálculo da vazão e do deflúvio, a partir da determinação da curva-chave dos vertedores.

Figura 28. Sistema de coleta de dados das estações limnimétricas.

Figura 29. Aparência do Programa *Levellogger 3.0*, utilizado para armazenamento dos dados de vazão e pressão atmosférica.

Para a coleta dos dados pluviométricos locais as sub-bacias foram equipadas com uma rede de 04 pluviômetros e um registrador (pluviógrafo – sub-bacia com eucalipto) instalados em março de 2003. Posteriormente, mais um pluviógrafo foi instalado na sub-bacia com cerrado, próximo ao vertedor.

Os pluviômetros (Figura 30) modelo *Ville de Paris*, construídos em folha zincada, foram apoiados em caibros de 4x4cm de diâmetro por meio de grampos, instalados a 1,5 m do solo e cercados para maior proteção. Após a instalação os cuidados resumiram-se a limpeza periódica dos aparelhos para evitar obstrução da passagem da água pela torneira e a verificação, sempre que se fazia a coleta, do fechamento total das torneiras para evitar vazamentos.

As medições diárias da chuva eram realizadas com uma proveta de polipropileno graduada em alto relevo, com intervalos de 10 mL, sendo sua capacidade total igual a 1.000 mL. Sabendo-se que 40 mL de chuva corresponde a 1 mm ou 1 L/m², através de uma simples regra de três transformou-se os valores em mL para mm.

Figura 30. Um dos quatro pluviômetros *Ville de Paris* instalados.

A leitura diária dos pluviômetros era realizada, preferencialmente, até as 09h00min horas da manhã do dia posterior ao evento.

Os dados registrados nos pluviógrafos eram coletados a cada dois meses, dependendo da maior ou menor intensidade de chuvas na estação. Os aparelhos são do tipo basculante (Figura 31), com capacidade de medir a precipitação líquida em incrementos de 0,25 mm. A água é coletada em um funil que a direciona aos baldes basculantes ajustados para bascularem e escoar a água no instante em que a coleta de água atinge 0,25 mm. A cada basculada um magneto fecha um contacto que envia um sinal à Unidade Controladora para indicar a ocorrência de uma contagem. A quantidade de chuva é medida contando o número de esvaziamentos dos baldes basculantes efetuados num determinado período de tempo. Para determinação da quantidade de chuva precipitada os dados eram descarregados no computador e salvos no formato *.xls*, como arquivo Excel.

Figuras 31. Pluviógrafo instalado na sub-bacia com eucalipto para medição da chuva. No detalhe, à direita, visualizam-se as básculas que coletam a água precipitada.

O registro efetuado é armazenado no software do equipamento, *BoxCar* 3.7 for Windows – *Data Logging Rain Gauge* (Figura 32).

Figura 32. Aparência do Programa *Box Car*.

Com os dados obtidos quantificou-se a precipitação média sobre as bacias de drenagem através do método dos polígonos de Thiessen. Este método consiste na normalização dos dados de precipitação coletados em função da área de influência de cada pluviômetro, determinada por polígonos obtidos das intersecções entre as mediatrizes das retas que unem os pontos de amostragem.

Galvão e Carneiro²⁷ explicam, ilustrativamente, que os Polígonos de Thiessen são áreas de “domínio” de um posto pluviométrico. Considera-se que no interior dessas áreas a altura pluviométrica é a mesma do respectivo posto.

Os polígonos são traçados da seguinte forma (Figura 33):

1º. Dois postos adjacentes são ligados por um segmento de reta;

2º. Traça-se a mediatriz deste segmento de reta. Esta mediatriz divide para um lado e para outro, as regiões de “domínio”.

Figura 33. Traçado da mediatriz.

3º. Este procedimento é realizado, inicialmente, para um posto qualquer (ex.: posto B), ligando-o aos adjacentes. Define-se, desta forma, o polígono daquele posto (Figura 34).

Figura 34. Definição do polígono de área.

²⁷ Material didático utilizado na disciplina de Hidrologia Aplicada, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG / Centro de Tecnologia e Recursos Naturais – CTRN, Unidade Acadêmica de Engenharia Civil – UAEC.

4º. Repete-se o mesmo procedimento para todos os postos.

5º. Desconsideram-se as áreas dos polígonos que estão fora da bacia.

6º. A precipitação média na bacia é calculada pela expressão:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \bar{P}_i}{A} \quad (3)$$

Onde:

$\bar{P}$ é a precipitação média na bacia (mm);

h_i é a precipitação no posto i (mm);

A_i é a área do respectivo polígono, dentro da bacia (km²);

A é a área total da bacia.

6.1.2 Análise de Hidrogramas e Componentes do Escoamento Fluvial

Um hidrograma é definido como sendo a curva de variação das vazões de um curso d'água em função do tempo. Tal variação, no caso em estudo, é causada pela entrada das águas de precipitação, que escapam à evaporação direta e à absorção pelas plantas, alcançando os cursos de água por três vias principais: escoamento superficial rápido (hortoniano), escoamento hipodérmico (sub-superficial) e escoamento de base ou subterrâneo (MORTATTI e PROBST, 1998).

O escoamento superficial rápido é realizado por gravidade sobre a superfície do terreno, pela água excedente à saturação e infiltração no solo. Sua determinação é de fundamental importância na avaliação da erosão mecânica efetiva.

O escoamento sub-superficial, mais retardado em relação ao anterior, é de difícil identificação, correspondendo à circulação lateral da água nos horizontes superficiais do solo, na zona não saturada, podendo ainda estar relacionado com o movimento de água estocada pela elevação do lençol freático. A importância deste tipo de escoamento está diretamente relacionada com a natureza pedológica e a topografia das bacias de drenagem.

O escoamento de base ou subterrâneo está relacionado com a parte das águas que se infiltram por gravidade nos poros e fissuras das rochas formando uma zona saturada onde a água se acumula, conhecida como lençol freático.

A água subterrânea tem, assim, um movimento mais lento, sendo função direta do regime hídrico da área de recarga, e se apresenta como reguladora do escoamento fluvial total.

Vários métodos podem ser usados para identificação dos principais componentes de um hidrograma de cheia (MORTTATI e PROBST, 1998). À análise comparativa dos hidrogramas de cheia consistiu na avaliação do intervalo de tempo transcorrido entre o início e o pico do escoamento e deste ao fim, para um dado evento de precipitação em milímetros. Considerada a área da bacia, tem-se que 1 mm de chuva corresponde a 1 litro por m² do terreno.

6.1.3 Monitoramento Piezométrico

Para registro da variação da água subterrânea, uma medida direta do lençol freático, foram construídos quatro poços piezométricos, sendo dois em cada sub-bacia e perfurados em alturas diferentes da vertente: um próximo ao canal e outro próximo ao divisor topográfico (Figura 35 e Quadro 09).

Figura 35. Poço piezométrico construído próximo ao divisor topográfico da sub-bacia com cerrado, à esquerda e medidor de nível manual com sonda utilizada para leitura do Nível Estático, à direita.

Quadro 09 – Profundidade e nível estático inicial dos poços piezométricos perfurados para o estudo.

SUB-BACIA COM CERRADO			
Poços	Profundidade Total (m)	Nível Estático (m)	Coluna de Água (m)
P – 1	14	1	13
P – 2	21,50	11	10,50
SUB-BACIA COM EUCALIPTO			
P – 3	16	11,50	4,50
P – 4	12,70	8,70	4,00

Água subterrânea refere-se à água contida na zona de saturação de um estrato geológico. Juntamente com a água do solo, perfaz a fase do ciclo hidrológico referida como “água sub-superficial”. Ocorre em formações geológicas permeáveis cujas características são tais que permitem o abastecimento e a liberação de quantidades apreciáveis de água. Esta formação geológica recebe o nome de aquífero. Desta forma, é um recurso natural renovável cujo manejo adequado é de elevada importância do ponto de vista de abastecimento de água para uso do homem (LIMA, 1996).

Os reservatórios de águas subterrâneas são chamados de lençóis. Essas águas podem estar acumuladas em dois tipos de lençóis: o freático ou o cativo. O lençol freático caracteriza-se por estar assentado numa camada impermeável de subsolo (rochas, por exemplo) e submetido à pressão atmosférica local.

O lençol cativo caracteriza-se por estar confinado entre duas camadas impermeáveis de crosta terrestre e submetido a uma pressão superior à pressão atmosférica local (VITAL, 2007).

O conhecimento de sua dinâmica é importante por que, segundo Lima (?) em locais onde o lençol freático é superficial a cobertura florestal provoca, pela evapotranspiração, um rebaixamento do lençol freático. Nestas condições de lençol freático superficial, dando ensejo à formação de áreas alagadiças, esta influência da cobertura florestal pode ser benéfica do ponto de vista de utilização da área. Por outro lado, em situações onde o recurso água já é naturalmente escasso, a possibilidade da competição devida a esta influência da floresta deve ser analisada de maneira mais abrangente.

O monitoramento do Nível Estático aconteceu no período de janeiro de 2003 a junho de 2006.

Constituiu-se, desta forma, um banco de dados automatizado para as sub-bacias contendo os dados monitorados.

A coleta dos dados abrangeu um período de 36 meses para as medições do deflúvio e da precipitação. Através da análise comparativa da precipitação e do deflúvio anual entre as sub-bacias, procedeu-se a caracterização das mesmas, buscando quantificar o balanço hídrico local (Balanço de Massas) e regional (Balanço Hídrico de THORNTHWAITE e MATHER, 1955).

Com os dados de qualidade da água foi possível quantificar as perdas médias de sólidos totais e identificar a tendência sazonal dos fluxos dos nutrientes avaliados.

Do monitoramento da pressão barométrica obteve-se a média de 69,1 cm, descontados dos valores registrados de cota para determinação da vazão de cada riacho.

Para preenchimento dos dados de precipitação do pluviógrafo instalado posteriormente na sub-bacia com cerrado e obtenção da precipitação total nas bacias, utilizou do método dos polígonos de Thiessen completando, por interpolação, a série de dados de 2003 a 2005.

Ambos os limnígrafos apresentaram problemas técnicos em períodos diferenciados no decorrer do monitoramento, gerando falhas no registro dos dados. As falhas ocorridas na sub-bacia com Cerrado aconteceram de 13/07/04 a 24/08/04 e de 15/05/05 a 31/12/05, todavia puderam ser tratadas e corrigidas estatisticamente gerando uma média móvel.

O aparelho instalado na sub-bacia com Eucalipto precisou ser retirado e enviado ao Canadá (fábrica autorizada) para manutenção em 20 de agosto de 2003, retornando em novembro do mesmo ano. Nesse período não houve registro de dados.

Decorreram-se mais seis meses de registro com o mesmo aparelho, mas não puderam ser aproveitados por apresentarem valores negativos intercalados aos valores reais e que não puderam ser tratados. Procedeu-se a aquisição de novo equipamento que foi instalado em 24/08/04, operando normalmente até 24/01/05. A partir de então o novo equipamento começou a apresentar problemas, restando ao final, apenas seis meses de dados contínuos que foram utilizados para caracterização geral das hidrógrafas.

Não obstante, a realização do balanço de massas, conforme previsto inicialmente ficou comprometida para a Sub-bacia com Eucalipto, pois requer um período mínimo de 01 ano de dados ininterruptos e consistentes. Consequentemente, as perdas inviabilizaram a análise comparativa da evapotranspiração para as duas coberturas vegetais.

6.1.4 Qualidade da Água

O uso de indicadores físico-químicos da qualidade da água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na sub-bacia, sejam essas de origem antrópica ou natural (DONADIO, GALBIATTI, PAULA, 2005).

Lima, Câmara e Zákia (2006) explicam que o primeiro passo para selecionar indicadores é definir, no contexto do manejo florestal, o objetivo específico para o qual se está buscando esses indicadores.

No caso de indicadores hidrológicos objetiva-se a manutenção da saúde hidrológica da sub-bacia²⁸, compreendendo os critérios seguintes: perpetuação de seu funcionamento hidrológico (quantidade e qualidade de água e regime de vazão) e do potencial produtivo do solo ao longo do tempo (biogeoquímica da sub-bacia), que estão diretamente relacionados com a integridade do ecossistema ripário, o qual também agrega valores de biodiversidade na escala da paisagem.

A Tabela 06 apresenta alguns indicadores obtidos em pesquisas e programas de monitoramento desenvolvidos pelos autores.

²⁸ O conceito de saúde biológica de pequenas bacias hidrográficas considera que, mesmo após a interferência antrópica, suas funções no que diz respeito à manutenção dos processos hidrológicos devem ser mantidas.

Tabela 06 – Variáveis selecionadas para o monitoramento de florestas plantadas em pequenas bacias.

Critérios	Indicadores
Manutenção dos processos hidrológicos e da qualidade do manejo florestal	Balanço hídrico
	Picos de vazão
	Sólidos em suspensão
	Turbidez
	Condutividade elétrica
	Fósforo
	Oxigênio dissolvido
	Potássio
	Temperatura da água
	Macroinvertebrados bentônicos
Manutenção do potencial produtivo do solo	Fósforo
	Nitrogênio
	Cálcio
	Potássio
	Magnésio
	Sólidos em suspensão
Manutenção do equilíbrio dinâmico do ecossistema aquático	Oxigênio dissolvido
	Fósforo
	Nitrogênio
	Temperatura da água
	Sólidos em suspensão
	pH
	Macroinvertebrados bentônicos

À caracterização hidrogeoquímica, procedeu-se a coleta e análise mensal de alíquotas de água da chuva e do deflúvio, para fins de determinação da qualidade da água, das perdas de sedimentos (erosão física) e da concentração de nutrientes no período de fevereiro de 2003 a novembro de 2006. Após a coleta as amostras eram armazenadas em geladeira e transportadas para o Laboratório de Ecologia Aplicada (LEA), do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP para serem analisadas.

A integração das concentrações de nutrientes na água da chuva e dos riachos, ao longo do período observado, permitiu quantificar as entradas e as perdas de nutrientes pelas sub-bacias, em termos de densidade de fluxo, para os parâmetros físico-químicos seguintes: Alcalinidade, Cor Aparente, pH, Ferro, Carbono Orgânico Dissolvido, Sedimentos em suspensão, Turbidez, Condutividade elétrica, Magnésio, Nitrogênio, Fósforo, Cálcio e Potássio. Os primeiros cinco parâmetros, embora não tenham sido inicialmente considerados indicadores potenciais das atividades de manejo florestal por Câmara, Lima e Zákia (2006) foram utilizados para caracterização geral da qualidade da água das sub-bacias.

As características dos parâmetros listados são brevemente descritas a seguir com base nos estudos desenvolvidos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB).

Normalmente, a erosão química antecede a erosão mecânica, constituindo na dissolução ou hidrólise dos minerais primários das rochas liberando, em solução, diversas espécies químicas, as quais são transportadas pelas águas de drenagem e carreadas direta ou indiretamente até os rios e posteriormente aos oceanos (MORTATTI e PROBST, 1998). Soma-se à erosão química natural, os aportes de nutrientes decorrentes das atividades antrópicas, no caso, relacionadas à fertilização das florestas plantadas e atividades de manejo como a capina química com o uso de defensivos no geral.

A **cor** de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico, sendo os primeiros, resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos. Os óxidos de ferro e manganês, abundantes em diversos tipos de solo, podem provocar efeitos de matéria em estado coloidal.

O problema maior de coloração na água reside no aspecto estético, quando associado ao consumo humano.

O **pH** (potencial hidrogeniônico) expressa a concentração de íons de hidrogênio nessa solução. Sua escala varia de 0 a 14, indicando vários graus de acidez ou alcalinidade. Valores abaixo de 7 e próximos de zero indicam aumento de acidez, enquanto valores de 7 a 14 indicam aumento da basicidade.

As medidas de pH são de extrema utilidade, pois fornecem inúmeras informações a respeito da qualidade da água. Às águas superficiais possuem um pH entre 4 e 9. Às vezes são ligeiramente alcalinas devido à presença de carbonatos e bicarbonatos. Naturalmente, nesses casos, o pH reflete o tipo de solo por onde a água percorre. Geralmente um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença de despejos industriais.

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante podendo, determinadas condições

de pH contribuírem para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados.

O conceito de **alcalinidade** está intimamente associado às formas nas quais se encontra o dióxido de carbono na água. Este termo não deve ser confundido com a basicidade no sentido de valores do pH. Assim, águas ácidas podem ter altos teores de alcalinidade. A alcalinidade da água é uma medida da capacidade para neutralizar ácidos, ou em outras palavras, é a forma de expressar a quantidade de íons bicarbonatos e carbonatos presentes na água, é a capacidade de resistir às mudanças de pH: capacidade tampão.

A **turbidez** de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (e esta redução se dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral.

A erosão das margens dos cursos de água em estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez. A erosão pode decorrer do mau uso do solo em que se impede a fixação da vegetação. Este exemplo mostra também o caráter sistêmico da poluição, ocorrendo inter-relações ou transferência de problemas de um compartimento (água, ar ou solo) para outro.

Alta turbidez reduz a fotossíntese da vegetação aquática e algas, que acaba por influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de uma água.

A **condutividade elétrica** expressa a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica e se relaciona com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água. Em águas continentais, os íons diretamente responsáveis pelos valores da condutividade são, entre outros, o cálcio, o magnésio, o potássio, o sódio, carbonatos, carbonetos, sulfatos e cloretos.

A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição da água, especialmente na sua concentração mineral, mas não

fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta.

O **nitrogênio** pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras chamam-se formas reduzidas e as duas últimas, formas oxidadas. Pode-se associar a idade da poluição com a relação entre as formas de nitrogênio. Ou seja, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo. Se prevalecer nitrito e nitrato, ao contrário, significa que as descargas de esgotos se encontram distantes. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas.

Quando descarregados nas águas naturais conjuntamente com o fósforo e outros nutrientes, provocam o enriquecimento do meio tornando-o mais fértil e possibilitam o crescimento em maior extensão dos seres vivos que os utilizam, especialmente as algas, causando a eutrofização. Os nitratos são tóxicos, por isso o padrão de potabilidade estabelece o valor máximo permitido de 10 mg/L.

O **Potássio** é encontrado em concentrações baixas nas águas naturais, pois as rochas que o contêm são relativamente resistentes ao intemperismo químico. Entretanto, sais de potássio são largamente usados na indústria e em fertilizantes para agricultura. Seu aporte nas águas doces ocorre via descargas industriais e lixiviação das terras agrícolas, associado ao escoamento superficial. É usualmente encontrado na forma iônica e os sais são altamente solúveis. Ele é pronto para ser incorporado em estruturas minerais e acumulado pela biota aquática, por se tratar de um elemento nutricional essencial.

Para a quantificação dos parâmetros físico-químicos da água foram adotados os métodos (Tabela 07) descritos por *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (1975).

Tabela 07 – Métodos utilizados para quantificação dos parâmetros físico-químicos monitorados.

Parâmetro	Nº Casas	Unidade	Método
Potássio	1	mg L ⁻¹	Espectrofotométrico
Cálcio	1	mg L ⁻¹	Espectrofotométrico
Magnésio	1	mg L ⁻¹	Espectrofotométrico
Ferro	2	mg L ⁻¹	Espectrofotométrico
Manganês	2	mg L ⁻¹	Espectrofotométrico
Fósforo	2	mg L ⁻¹	Colorimétrico
Nitrato	1	mg L ⁻¹	Brucina
Gás Carbônico	1	mg L ⁻¹	Brown et al. (1970)
pH	1	-	Potenciométrico
Sedimentos	1	mg L ⁻¹	Filtração e pesagem
Alcalinidade	1	mg L ⁻¹	Titulométrico
Acidez	1	mg L ⁻¹	Brown et al. (1970)
Dureza	1	mg L ⁻¹	Cálculo (Ca e Mg)
Cor	0	PtCo	Colorimétrico-DR 2000
Condutividade	2	mS cm ⁻¹	Condutivimétrico
Turbidez	0	FTU	Colorimétrico-DR 2000

A comunidade bentônica corresponde ao conjunto de organismos que vivem todo ou parte de seu ciclo de vida no substrato de fundo de ambientes aquáticos. Os macroinvertebrados (invertebrados selecionados em rede de 0,5mm) que compõe essa comunidade têm sido sistematicamente utilizados em programas de biomonitoramento em vários países, porque ocorrem em todo tipo de ecossistema aquático, exibem ampla variedade de tolerâncias a vários graus e tipos de poluição, têm baixa mobilidade e estão continuamente sujeitos às alterações de qualidade do ambiente aquático. Inserindo o componente temporal ao diagnóstico e, como monitores contínuos, possibilitam a avaliação em longo prazo dos efeitos de descargas regulares, intermitentes e difusas, de concentrações variáveis de poluentes, de poluição simples ou múltipla.

Os procedimentos para coleta e identificação da comunidade zoobêntica em cada sub-bacia, para fins de caracterização, foram baseados em *Revision to Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Rivers* (USEPA, 1997). Inicialmente procedeu-se à caracterização ambiental de cada riacho, na extensão do canal onde se localizam os vertedores para as respectivas sub-bacias. Foram selecionadas áreas representativas de cada curso de água em relação ao tipo de substrato, velocidade e profundidade da água. Na primeira etapa, foram realizadas coletas preliminares para estabelecer os procedimentos mais adequados e tipo de coletores.

Após esse período, as coletas foram realizadas bimestralmente. As épocas de coleta foram definidas de acordo com a variação sazonal de vazão nas sub-bacias. Os equipamentos utilizados para amostragem foram: 01 amostrador *surber* (amostrador por área); 01 bandeja de polipropileno branca (para visualização dos organismos e sua separação no momento da triagem e também para utilização no campo); 06 baldes de 5L (para acondicionamento das amostras, de material resistente, de forma a permitir o transporte do material até o local da triagem, com o mínimo de danos aos organismos coletados); 01 termômetro; 01 lupa (para auxiliar na visualização e captura); pinças (para a captura dos organismos coletados); Álcool 100% (para a preservação do material coletado); frascos pequenos, herméticos, para o acondicionamento e envio do material coletado para identificação.

Parâmetros como o oxigênio dissolvido, condutividade e temperatura da água foram determinados diretamente no campo com o auxílio de uma sonda portátil (*YSI Model, 85 Handhel*) no momento da coleta dos macroinvertebrados.

As coletas foram realizadas de jusante para montante nas duas sub-bacias. O material coletado foi triado e preservado no Laboratório de Pedologia do Curso de Geografia do Campus da Universidade Federal de Goiás (CAC/UFG)²⁹ e identificado no Laboratório de Hidrologia Florestal³⁰ do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP.

A localização dos pontos de amostragem determinados para a coleta dos macroinvertebrados bentônicos encontra-se nas tabelas seguintes.

Tabela 08 – Pontos de amostragem de macroinvertebrados na sub-bacia com cerrado.

Sub-bacia com Cerrado		
Ponto	Localização	Altitude (m)
P 1	18°08'59.68" S 47° 52'30.07" W	810
P 2	18°08'59.68" S 47°52'30.00" W	810
P 3	18°08'59.73" S 47°52'29.77" W	811

²⁹ Agnaldo Lobato Corrêa / Eduardo Vieira dos Santos.

³⁰ Câmara (2004).

Tabela 09 – Pontos de amostragem de macroinvertebrados na sub-bacia com eucalipto.

Sub-bacia com Eucalipto		
Ponto	Localização	Altitude (m)
P 1	18°09'29.21" S 47° 52'24.00" W	794
P 2	18°09'29.03" S 47°52'23.93" W	795
P 3	18°09'28.96" S 47°52'23.67" W	795

6.2 Mapas Temáticos Produzidos

Às etapas intermediárias para a elaboração do mapa síntese seguiram a construção dos mapas de detalhe, na escala de 1:13.000: Clinográfico, Modelo de Elevação do Terreno, de Solos, de Evolução das áreas de Florestas Plantadas, Direção do Fluxo Hídrico Superficial, Modelagem da Zona Ripária e Fragilidade. Exceto para a modelagem da zona ripária, evolução das áreas de florestas plantadas e direção do escoamento superficial, a metodologia de elaboração dos mapas foi a mesma utilizada por Silva (2007). As informações de geologia e clima foram utilizadas em conjunto com as demais cartas, como informações adicionais e incorporadas na análise síntese.

As características morfométricas das bacias de drenagem são de grande importância em seu comportamento hidrológico. Os caracteres morfológicos como área de drenagem, forma, relevo e organização geométrica da rede de drenagem são essenciais para determinar as relações existentes entre os diversos tipos de precipitação e a drenagem (MORTATTI e PROBST, 1998, p.34).

Para caracterização morfométrica das sub-bacias e geração dos produtos cartográficos temáticos, foram utilizadas cartas topográficas (Escala 1:25.000), e imagens de satélite (*Landsat* e *Ikonos*).

6.2.1 Mapa Hipsométrico

Representa o terreno, em termos de altitude, sobre um plano de referência em cores graduadas. Foi elaborado a partir da junção de duas cartas topográficas na escala de 1:25.000, produzidas em 1987 pela Diretoria de

Serviço Geográfico (DSG), Folhas Catalão e Ouvidor. Definiram-se as seguintes classes altimétricas: < 780m; de 780 a 800m; de 800 a 840m; > 840m.

6.2.2 Mapa Clinográfico

O Mapa Clinográfico, produto cartográfico elaborado em meio digital, apresenta as classes de declividade em porcentagem.

Conforme proposto por Ross (1994) para análise das diferentes formas do relevo a partir de maiores detalhes, foram utilizadas as categorias apresentadas na Tabela 10, expressando, especialmente, a fragilidade do ambiente em relação aqueles processos comandados pelo escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais (Kawakubo et al., 2005).

Tabela 10 – Classes de declividade utilizadas para confecção do Mapa Clinográfico.

Classes de Declividade
até 6%
de 6 a 12%
de 12 a 20%
de 20 a 30%
acima de 30%

Para a geração do Modelo Digital de Elevação foram utilizadas, como base cartográfica, curvas de nível vetorizadas das Cartas Topográficas da Diretoria do Serviço Geográfico na escala 1:25.000: Folhas Catalão e Ouvidor e, também, os arquivos vetoriais de hidrografia e drenagem, limites das bacias e estradas.

De posse das curvas de nível no formato digital, elas foram inseridas no módulo *Topogrid* do *ArcInfo Workstation* para a interpolação e geração do modelo digital de elevação com células (*pixels*) de 1,300 metros de resolução espacial, compatível com a escala de 1:13.000.

Procedeu-se ao refinamento do modelo eliminando eventuais depressões espúrias, as quais podem ser relatadas no arquivo de *sinks* gerado durante a interpolação das curvas de nível e são indesejáveis no estudo do escoamento superficial.

6.2.3 Mapa de Solos

A fim de elaborar o mapa de solos, considerando-se a homogeneidade das glebas nas duas sub-bacias, procedeu-se a coleta e análise de solos.

De acordo com Chitolina et al (1999) o primeiro passo para se fazer uma amostragem de solo deve ser a divisão da área em glebas homogêneas, considerando o tipo de solo, a topografia, a vegetação e o histórico de manejo da área. Há que se lembrar que uma área considerada homogênea nesses aspectos não o é quimicamente, o que justifica a necessidade de um processo de amostragem conforme o considerado para as sub-bacias da área de estudo.

Como o interesse da amostragem era a identificação do tipo de solo, desprezou-se os primeiros 30 cm e coletou-se, com trado, uma amostra entre 30 e 60 cm de profundidade (horizonte B). Na sub-bacia com cerrado, foram coletadas nove (09) amostras simples, sendo três (03) em cada vertente e três (03) na cabeceira, assim distribuídas: 01 na porção mais alta (divisor topográfico), 01 na porção mediana e 01 próxima ao fundo de vale.

De modo semelhante amostrou-se, também, a sub-bacia com eucalipto, exceto na cabeceira por não haver distinção de glebas. As amostras foram secas à sombra e em local ventilado, sobre uma lona, ensacadas e levadas ao laboratório para análise física e química. Para análise química procedeu-se ao destorroamento, separação das frações do solo por tamização e homogeneização da fração < 2 mm (Terra Fina Seca ao Ar – TFSA), usada para as determinações. Os equipamentos utilizados foram estufa e peneira de 2 mm.

Com base em estudos anteriores (Ferreira, 1996; Klein, 1996), na topografia, na análise da geologia local e nos resultados das amostras de solo, elaborou-se o mapa de solos para a área.

6.2.4 Mapa de Direção do Fluxo

O mapa de direção do fluxo expressa o ângulo entre a direção do fluxo e o norte geográfico, indicando o sentido do escoamento superficial. Foi gerado em ambiente SIG, sendo um produto intermediário para a modelagem da Área Variável de Afluência.

6.2.5 Mapa de Fragilidade

A fim de se avaliar as potencialidades do meio ambiente de forma integrada, compatibilizando suas características naturais com suas restrições procedeu-se ao mapeamento da fragilidade ambiental.

Utilizando-se das etapas seguidas por Silva (2007), o mapa de fragilidade ambiental foi elaborado combinando-se a declividade do terreno com os tipos de solos encontrados na bacia, através de uma técnica de análise ambiental denominada tabela bidimensional, também conhecida como tabela de dupla entrada que permite ao usuário ILWIS³¹ definir a forma como todas as classes de dois mapas podem ser combinadas, resultando num terceiro mapa que guarda as características estabelecidas pela intersecção tabulada. Assim, os mapas de entrada são convertidos para o formato raster, utilizando a mesma georeferência (tamanho e pixel da área envolvente).

Para geração do mapa de fragilidade da área considerou-se as categorias hierárquicas apresentadas na Tabela 11, propostas por Ross (1994) para mapeamentos na escala de detalhe.

Tabela 11 - Categorias utilizadas para confecção do Mapa de Declividade da sub-bacia do Córrego Taquara dos Cláudios.

Categorias Hierárquicas	Declividade
Muito Fraca	até 6%
Fraca	de 6 a 12%
Média	de 12 a 20%
Forte	de 20 a 30%
Muito Forte	acima de 30%

Kawakubo et al. (2005) comprovam a eficácia dos sistemas computacionais na análise empírica da fragilidade ambiental, indicando que a aplicação correta dos modelos de grade que envolvem a Modelagem Numérica do Terreno e do tipo de álgebra de mapas são importantes para explorar com maior eficiência os dados disponíveis.

³¹ Integrated Land and Water Information System (ILWIS) - is a PC-based GIS and Remote Sensing software, developed by ITC up to its last release (version 3.3) in 2005. ILWIS comprises a complete package of image processing, spatial analysis and digital mapping.

6.2.6 Mapa da Área Variável de Afluência (Zona Ripária)

Para identificar as áreas hidrologicamente sensíveis das sub-bacias elaborou-se a modelagem da Zona Ripária, conforme metodologia utilizada por Zákia (1998), resumida no esquema da Figura 36, que consiste basicamente em três passos: preparo do modelo digital do terreno, escolha do *grid* adequado (tamanho de cada célula); cálculo dos Índices Topográficos; cálculo das áreas de contribuição.

Os trabalhos são desenvolvidos no Programa TOPMODEL, que reproduz o comportamento hidrológico de pequenas bacias hidrográficas, em particular da dinâmica das áreas de contribuição. As premissas básicas do modelo consistem em relacionar a topografia e o escoamento sub-superficial em condições saturadas e não saturadas. O programa considera o solo como um reservatório de água dividido em três compartimentos: zona das raízes finas; zona de transmissão; zona saturada. O resultado do Modelo de Escoamento Sub-Superficial (MESS), concebido a partir do TOPMODEL é a identificação da Área Variável de Afluência ou Zona Ripária (Zákia, 1998).

Figura 36. Etapas metodológicas seguidas para modelagem da Zona Ripária da área de estudo, segundo Zákia (1998, p.88).

Os mecanismos de geração do deflúvio em uma encosta, considerando os quatro processos dominantes: escoamento superficial hortoniano; escoamento superficial próximo a superfície; escoamento sub-superficial na zona saturada; e escoamento base, podem ser mais bem compreendidos na Figura 37, que ilustra o esquema concebido pelo TOPMODEL e MESS para pequenas bacias hidrográficas e para a encosta.

Figura 37. Esquema da bacia hidrográfica no modelo MESS, extraído de Zákia (1998, p.51), preparado por Moraes (1998)³², a partir de Saulnier (1996)³³.

A integração deste produto com o mapa de fragilidade resultou numa síntese que integra as potencialidades e os limites das paisagens com a dinâmica hidrológica em bacias hidrográficas. Se constitui num instrumento de análise integrada da paisagem a ser aplicado para fins de planejamento e implementação de florestas de rápido crescimento no contexto do Cerrado.

³² MORAES, J.M. *Aplicação do TOPMODEL na bacia do Rio Corumbataí*. Relatório de Pós-Doutorado, FAPESP/CENA, 1998.

³³ SAULNIER, G.M. *Information pedologique spatialisée et traitements topographiques améliorés dans la modélisation hydrologique par TOPMODEL*. Tese (Doutorado) – INPG GRENOBLE, FRANÇA, 1996. 288p.

“Mais do que simples espaços territoriais, os povos herdaram paisagens e ecologias, pelas quais são responsáveis, ou deveriam ser responsáveis. Desde os mais altos escalões de governo e da administração até o mais simples cidadão, todos têm uma parcela de responsabilidade permanente, no sentido da utilização não-predatória dessa herança única que é a paisagem terrestre. Para tanto, há que conhecer melhor as limitações de uso específicas para cada tipo de espaço e de paisagem”.

Aziz Nacib Ab'Sáber

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1. Ocupação e Uso da Terra

Considerando a paisagem como sendo uma *herança* de processos fisiográficos e biológicos de longa e complexa elaboração, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente as herdaram como território de atuação de suas comunidades, através de Ab'Saber (2003, p.9) entendemos que *as paisagens têm sempre o caráter de herança de processos de atuação antiga, remodelados e modificados por processos de atuação recente.*

À luz desse princípio é que se passa a tecer as análises dos resultados apresentados.

7.1.1 Processo de Ocupação e Transformação Paisagística do Cerrado e Sudeste do Estado de Goiás

De modo geral, os dados confirmam que a exploração das florestas nativas ainda tem sido realizada de forma largamente predatória (Figura 38), visto que a adoção do manejo florestal é recente e ainda representa uma pequena fração de toda a produção das matas nativas do Brasil.

A produção nacional de lenha originária de florestas nativas em 2005 totalizou 45,4 milhões de m³. A Bahia é o principal produtor dessa lenha com participação de 26,1% do total nacional. Entre outros importantes estados produtores, destacam-se o Ceará (10%), o Pará (8,2%), o Maranhão (6,7%) e o Paraná (6,2%) (SBS, 2006).

No contexto do Cerrado, e com impacto direto no aumento das taxas de desmatamento da vegetação nativa em Goiás (CHAVES, 1998) por conta da grande quantidade de carvão vegetal proveniente de matas nativas que consome, o Estado de Minas Gerais foi pioneiro na implantação de plantios florestais de eucalipto para atendimento às demandas energéticas do parque siderúrgico, embora ainda não tenha conseguido auto-suficiência.

Apesar de sua extensão e importância, o Cerrado está seriamente ameaçado. Dos mais de 2 milhões de km² de vegetação nativa restam pouco mais de 25 %.

Figura 38. Evolução das áreas antropizadas no Brasil, adaptado de Mendiando (2003)³⁴.

A Figura seguinte mostra a evolução do consumo nacional de madeira proveniente de florestas nativas e plantadas para a produção de carvão vegetal no período de 1993 a 2003.

³⁴ Eduardo Mário Mendiando: Material didático da Disciplina de Pós-Graduação SHS/EESC/USP: SEA 5871-1 – Recuperação Ambiental de Bacias Hidrográficas, cursada em 2003. Apresentação em formato Power Point.

Figura 39. Evolução do consumo de madeira proveniente de florestas nativas e plantadas para a produção de carvão vegetal no período de 1993 a 2003.

Fonte: Mendes (2005): elaborada pelo Instituto ETHOS, em 2005.

De acordo com dados do IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e da Associação Mineira de Silvicultura, em 2004, o Brasil consumiu 36 milhões MDCs, 50% proveniente de matas nativas, sendo Minas Gerais o estado com maior consumo. Foram queimados 24,5 milhões de MDCs. No mesmo ano, o Instituto Estadual de Florestas apreendeu 37 mil MDCs.

Uma reportagem do Informe Agropecuário de 1986 (p.95) apresentava uma realidade preocupante, mas que ainda perdura com poucas modificações, que, *do carvão produzido e consumido em Minas Gerais, 80 % provinha de florestas nativas*. Em média, o forno de uma siderúrgica precisa de 3 m³ de carvão para produzir 1 tonelada de ferro-gusa, o que explica, em grande parte, a causa do desmatamento da cobertura vegetal primitiva do Bioma Cerrado³⁵.

Em análise do setor siderúrgico considerando a realidade florestal atual, Chaves (2007) admite que o carvão vegetal de origem nativa ainda compõe a maior parte do suprimento do setor. Para reverter o quadro atual sugere que o ativo florestal deve ser considerado no licenciamento ambiental dos empreendimentos e que deve haver combate ao consumo ilegal com os novos instrumentos de controle (CHAVES, 2003) por parte do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e, ainda, mediante Acordo de Cooperação Técnica, deve este apoiar os processos de fiscalização,

³⁵ Um estudo detalhado da pilhagem do cerrado goiano para atender também as demandas do parque siderúrgico de Minas Gerais é encontrado na dissertação de Mestrado de CHAVES (2003).

articulação, levantamento e fornecimento de informações e integração de banco de dados.

Para a economia florestal, o contingente de empresas mais importante é o dos produtores independentes de ferro-gusa, fornecedores de matéria-prima para a indústria do aço. Os “guseiros” independentes consomem 70% de todo o carvão vegetal produzido no país, sendo 66% do total em Minas Gerais e 18% na região de Carajás (Pará e Maranhão). A tendência é que a cada ano o consumo de madeira nativa para produção de carvão vegetal diminua, sendo substituída pela madeira de reflorestamento, principalmente em função do maior controle exercido pelos órgãos fiscalizadores, visando reduzir a pressão sobre as florestas nativas (MENDES, 2005, p.7).

O suprimento do parque siderúrgico mineiro ainda requer atualmente um consumo anual significativo de matas e florestas nativas para a produção de carvão vegetal (Figura 40) advindas, principalmente, da Bahia e de Goiás.

Figura 40. Origem do carvão vegetal do parque siderúrgico mineiro consumido anualmente.

Fonte: Instituto Estadual de Florestas/MG (2003 e 2004).

O cenário exposto tem mudado anualmente, mas a auto-suficiência dependerá em grande parte do aumento da oferta de madeira de reflorestamento através da expansão das áreas de plantio de forma planejada sem comprometimento da sustentabilidade das paisagens.

A Tabela 12 mostra a evolução do consumo de madeira proveniente de extração vegetal, ou seja, nativa, com a quantidade de madeira de produtos advindos da atividade de silvicultura e o valor associado para o estado de Goiás no período de 2001 a 2004.

Tabela 12 - Quantidade e valor dos produtos da extração vegetal e da silvicultura em Goiás: 2001 a 2004.

Especificação	Quantidade				Valor (R\$ mil)			
	2001	2002	2003	2004	2001	2002	2003	2004
Madeira (extração vegetal)								
- Carvão Vegetal (t)	131.345	150.159	246.154	335.715	20.802	23.160	60.453	103.282
- Lenha (m ³)	883.804	814.397	775.391	752.732	6.352	9.459	11.397	12.734
- Madeira em Tora (m ³)	55.960	49.440	38.916	34.535	3.527	5.168	4.653	4.882
Madeira (Silvicultura)								
- Carvão Vegetal (t)	45.619	45.166	24.419	20.011	7.393	7.604	6.421	6.552
- Lenha (m ³)	517.768	459.388	865.885	935.370	6.226	6.183	17.847	24.776
- Madeira em Tora (m ³)	51.140	32.355	26.330	21.500	1.248	998	1.081	650

Fonte: IBGE. Elaborado pela Secretaria de Planejamento de Goiás / Gerência de Estatística Socioeconômica – 2006.

Considerando o pouco estoque de vegetação primitiva de Cerrado e no Brasil, de um modo geral, disponível e as restrições apresentadas na esfera da legislação ambiental para sua exploração, aliada aos crescentes preços competitivos, podemos afirmar que Goiás tende a encerrar a primeira década do século 21 iniciando uma verdadeira *Era Verde*, caracterizada pela expansão da fronteira florestal através do plantio de florestas de rápido crescimento para fins industriais, comerciais e domésticos, dentre outros, seguindo a tendência nacional, que se apresenta em estágios mais avançados em alguns estados das regiões Sul e Sudeste, a exemplo de São Paulo, Espírito Santo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul.

Nessa perspectiva, o Rio Grande do Sul se propôs à delicada tarefa de realizar um Zoneamento Ambiental para a Atividade de Silvicultura (ZAS) no Estado, e o primeiro do gênero no país. Sua origem está formalizada na Resolução de nº. 084/2004 do Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA), que inclui a silvicultura no sistema de licenciamento ambiental das atividades constantes de Sistemas Integrados de Produção. Tanto o zoneamento quanto o licenciamento são instrumentos previstos pelo Código Estadual de Meio Ambiente (Lei nº. 11.520) desse Estado desde 2000.

Este trabalho (ZAS) tem como objetivo elaborar um instrumento de gestão que possibilite avaliar de forma integrada a vulnerabilidade dos ambientes frente a implantação da atividade de silvicultura. Compreende a setorização do território estadual em unidades de paisagem com características naturais semelhantes, que são utilizadas como unidade de gestão ambiental. Foi elaborada uma matriz de vulnerabilidade ambiental que indica o grau de fragilidade de cada unidade de paisagem natural (UPN) do Estado em relação aos diferentes temas considerados, que correspondem aos principais impactos esperados a partir do desenvolvimento em larga escala da atividade de silvicultura. O

estabelecimento das diretrizes de uso e ocupação do solo pela atividade foi obtido pela análise integrada dos temas espacializados e da matriz de vulnerabilidade. Sua apresentação compreende os seguintes tópicos: Principais elementos da paisagem, aspectos atuais relevantes, objetivos de conservação e restrições. Como resultado deste trabalho, apresentamos a classificação das Unidades de Paisagem Natural - UPN de alta, média e baixa restrição para a atividade de silvicultura no Estado do Rio Grande Sul (FEPAM, 2007).

Fortemente defendido por ambientalistas, o documento foi executado por determinação da Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul (Portaria nº. 048/2004), com o apoio de técnicos da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (FZBRS) e do Departamento de Florestas e Áreas Protegidas (DEFAP) (BUCKUP, et al., 2007, p.1).

Uma Liminar da Ação Civil Pública emitida em 09/11/2007³⁶ determinou, entre outras coisas, a transferência da responsabilidade da FEPAM pelas licenças ambientais dos plantios de monoculturas de árvores para o IBAMA. A Ação Civil Pública ajuizada pelas ONG's InGá Estudos Ambientais, UPV - União pela Vida, Projeto Mira-Serra, IGRÉ - Amigos da Água, CONRAD - Conselho Regional de Radiodifusão, SAALVE - Sociedade Amigos da Água Limpa e do Verde e AGAPAN contra a Stora Enso, VCP - Votoratim Celulose e Papel, Aracruz Celulose S/A. e órgãos do Governo, expressa a complexidade da questão acerca dos possíveis impactos sócio-ambientais causados por conta do plantio de árvores exóticas (atividade de silvicultura), na Região Sul do país.

Se por um lado o Zoneamento Ambiental para a Atividade de Silvicultura proposto para o Rio Grande do Sul avança no sentido de considerar critérios de fragilidade das paisagens e propor limites para o plantio de espécies de rápido crescimento no contexto dos pampas, sem com isso impedir o desenvolvimento da atividade no território e a fim de resguardar a sustentabilidade do Bioma, por outro lado, reduz a utilização do zoneamento como instrumento de planejamento territorial, exatamente por não considerar os demais impactos advindos da diversidade de usos da terra de modo integrado. Do ponto de vista científico, pensar na sustentabilidade da paisagem é pensá-la a partir da complexidade, da

³⁶ Disponível na página http://www.inga.org.br/silvicultura/docs/liminar_acp_091107.doc, acessado em 12 de janeiro de 2008.

diversidade de usos existentes e da capacidade de suporte e resiliência dos ambientes, conforme discutido anteriormente.

Antes disso Ab'Saber (2003) já dizia da importância em considerar, inclusive a gênese, a evolução biogeográfica e geoecológica das paisagens no planejamento territorial, para ocupação dos diferentes domínios morfoclimáticos brasileiros e uso de suas potencialidades, reconhecendo uma história evolutiva iniciada há aproximadamente 4,6 bilhões de anos.

Mais do que simples espaços territoriais, os povos herdaram paisagens e ecologias, pelas quais certamente são responsáveis, ou deveriam ser responsáveis. Desde os mais altos escalões do governo e da administração até o mais simples cidadão, todos têm uma parcela de responsabilidade permanente, no sentido da utilização não-predatória dessa herança única que é a paisagem terrestre. Para tanto há que conhecer melhor as limitações de uso específicas de cada tipo de espaço e de paisagem. [...] Já se pode prever que entre os padrões para reconhecimento do nível de desenvolvimento de um país devam figurar a capacidade do seu povo em termos de preservação de recursos, o nível de exigência e o respeito ao zoneamento de atividades, assim como a própria busca de modelos para uma valorização e renovação corretas dos recursos naturais. (Ab'SABER, 2003, p.10).

A esse respeito Ross (2006) afirma que as proposições de zoneamento ambiental devem refletir a integração das disciplinas técnico-científicas na medida em que consideram as potencialidades do meio natural, adequando os programas de desenvolvimento e os meios institucionais a uma relação harmônica entre sociedade e natureza, cujo princípio básico é o ordenamento territorial calcado nos pressupostos do desenvolvimento com política conservacionista.

O conhecimento da potencialidade dos recursos naturais passa pelos levantamentos dos solos, relevo, rochas e minerais, das águas, do clima, da flora e fauna, enfim, de todos os componentes do estrato geográfico que dão suporte à vida, e das práticas sociais e econômicas. Para a análise da fragilidade, entretanto, exige-se que esses conhecimentos setorializados sejam avaliados de forma integrada, com base no princípio de que a natureza se apresenta com relações intrínsecas entre suas componentes físicas e bióticas. (ROSS, 2006, p.149-150).

São Paulo, dado o pioneirismo na implantação e cultivo de espécies de rápido crescimento em larga escala tem se destacado sobremodo, inclusive na comunidade científica e acadêmica internacional, através do desenvolvimento de pesquisas que visam avaliar e propor melhores práticas de manejo de florestas

plantadas em atendimento aos princípios de sustentabilidade e manutenção da integridade e dos serviços disponibilizados pela natureza. Nesse contexto, destacam-se os trabalhos realizados pelo Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais (IPEF), vinculado ao Departamento de Engenharia Florestal, da Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz (ESALQ/USP), com seus respectivos laboratórios e próprio Instituto Florestal do Estado. Nessa mesma linha, contribuições importantes são proporcionadas pelos centros de pesquisa e escolas de Engenharia Florestal de Minas Gerais dentre outros centros de pesquisa.

Em Goiás, a experiência governamental em zoneamentos ecológico-econômicos é ainda insipiente, mesmo para aqueles setoriais. É o que indicam Baldino e Oliveira (2005) ao avaliarem que Goiás necessita urgentemente de zoneamentos que embasem planos diretores e outros trabalhos em unidades bem definidas, como bacias hidrográficas de 4ª e 5ª ordens. Já foram executados em Goiás três zoneamentos numa escala mais restritiva, que demandam atualização e adequação de escala, tendo em vista as tecnologias disponíveis, são eles: no nordeste goiano; no entorno do Distrito Federal e no Vale do Rio Meia Ponte.

7.1.2 Transformações Paisagísticas Regionais e Locais

Em decorrência das reservas minerais estocadas no subsolo dos municípios de Catalão e Ouvidor, três mineradoras se instalaram no Complexo Dômico Alcalino Carbonatítico Catalão I: a Mineração Catalão Ltda, a Copebrás S.A e a Fosfértil S.A, explorando nióbio e fosfato, embora existam outras ocorrências minerais, e conferindo uma nova dinâmica sócio-econômica e ambiental para a região, até então baseada na agropecuária e monocultura de soja. Atualmente, a Copebrás e a Fosfértil exploram o fosfato (P_2O_5), retirado da rocha apatita. No Domo Intrusivo Catalão II, região de Coqueiros, retira-se o pirocloro, que dá origem à liga ferro-nióbio, explorado pela Mineração Catalão.

Klein (1996, p.49) ao elaborar e analisar os mapas de uso do solo para os anos de 1964, 1992 e 1995, quanto à evolução e transformação paisagística na região do Complexo Ultramáfico-Alcalino-Carbonatítico de Catalão I, à qual compreende a área em estudo, constatou os seguintes aspectos:

- 1964: a ausência de exploração mineral e atividades associadas, e conseqüente ausência de reflorestamento com o predomínio da vegetação nativa sobre o uso do solo (pastagens e agricultura); a pecuária extensiva apresentava a maior área ocupada, indicando a base econômica da região; a savana parque, seguida pela savana arbórea densa se constituíam no principal tipo de vegetação nativa, sendo que a mata (floresta estacional semidecidual) apresentou menor área ocupada.
- 1992 e 1995: presença das atividades de exploração mineral, de reflorestamentos com eucalipto, ocupando uma área de 950 ha e demais atividades associadas; diminuição significativa da vegetação nativa.

Klein (1996) registrou um aumento crescente de 1964 a 1995 de uso do solo associado a pecuária. A área passou de 5.661,58 ha para 9.448, 76 ha, respectivamente. O plantio de florestas de eucalipto ainda não ocorrido em 1964, contou em 1992 com 949,59 ha, ligeiro acréscimo de área plantada em 2005 (922, 54 ha).

Em análise do uso e ocupação do solo da sub-bacia do Ribeirão Ouvidor, Silva (2007) identificaram que 59% da área total da bacia está ocupada com pastagem natural e cultivada; cerca de 30% se refere a vegetação natural em diferentes estágios de preservação; 5% compreende plantios de eucalipto e o restante está ocupado com diversos tipos de culturas, usos urbanos e represamentos. De 2003 a 2005, especificamente, a área plantada com eucalipto na Bacia passou de 2 a 5%, ao que o autor classificou de *aumento acentuado* de florestamento na bacia (Figura 41).

[...] este florestamento concentrado pode ser verificado no mapeamento realizado [...] mostra a proximidade do florestamento das nascentes do córregos do alto curso, e isso pode trazer conseqüências como perda de nutrientes no solo podendo também causar migração de nascentes destes córregos para jusante causando redução da vazão dos mesmo a longo prazo (Silva, 2007, p.16-17).

Acredita-se que a revisão apresentada até o momento seja suficiente para desmistificar os argumentos apresentados. Além do mais, parece pouco consistente afirmar que os impactos mencionados *possam* ocorrer simplesmente com base em produtos cartográficos e sem aferições de campo.

Figura 41. Uso do solo na sub-bacia do Ribeirão Ouvidor em 2005.
Fonte: Silva (2007).

O plantio de eucalipto no Sudeste de Goiás está principalmente associado à demanda das mineradoras. Embora isso tenha ocorrido há quase 40 anos e a Empresa Vale do Rio Grande Reflorestamento Ltda., tenha iniciado o plantio de *Pinus spp* em 1975, em terras que compreendem os municípios de Cristalina, Campo Alegre de Goiás e Catalão ocupando, atualmente, uma área de 12.000 ha, constata-se a ausência de pesquisas sobre os efeitos de espécies de rápido crescimento no Estado, embora as críticas quanto as duas espécies sejam correntes, inclusive no meio acadêmico.

Conforme relatado no Programa de Recuperação de Áreas Degradadas (PRADE) da Mineração Catalão de Goiás, elaborado em 1990, os alvarás legais para realização de pesquisas minerais na região do domo, município de Catalão, foram concedidos em 1970 embora a concessão para lavrar o nióbio saísse quatro anos mais tarde. É neste documento, que consta a primeira citação sobre o plantio de eucalipto na região, de propriedade da Mineração Catalão, destacando-o junto com a pastagem como uso da terra predominante nas áreas pertencentes à mineradora.

A maior parte³⁷ da área está ocupada com reflorestamento de Eucalyptus spp e pastagem. Sabe-se, entretanto, que o eucalipto como qualquer outra monocultura não proporciona condições ideais para o desenvolvimento de diversidade faunística (PRADE – Mineração Catalão, 1990, p.130).

A Empresa que entra em operação no ano de 1976, então Fosfago, a partir de 1983 em função da privatização, torna-se Copebrás, com uma capacidade de produção de 500 mil ton/ano de rocha fosfática concentrada. Em 1985 a produção anual em Catalão passa para 630 mil toneladas de rocha fosfática concentrada e em 1996, inicia o processo de verticalização produzindo fertilizantes fosfatados, com uma capacidade instalada de 150 mil ton/ano. Uma nova unidade de granulação de fertilizante com capacidade de 300 mil ton/ano entra em operação em 200, mas é em 2003, com a inauguração do complexo mínero-químico através do Projeto Goiás que a auto-suficiência em madeira planta é definitivamente superada.

A Anglo American é um dos maiores grupos em mineração do mundo. Com suas subsidiárias, atua principalmente no sul da África, Europa, América do Norte, América do Sul e Austrália.

³⁷ Grifo nosso.

O grupo tem operações em 64 países, projetos aprovados que somam US\$ 12 bilhões e investimento previsto de US\$ 29 bilhões em futuros projetos. O principal destaque é em platina e diamantes, mas tem participação significativa em metais básicos, minério de ferro e carvão. Atuando no mercado brasileiro desde 1973, é responsável pelas operações das empresas Mineração Catalão, Codemin e Copebrás, com atuação nos estados de Goiás (Catalão, Ouvidor, Niquelândia e Barro Alto) e São Paulo (Cubatão).

Com a implantação, em 2003, do Projeto Goiás na Copebrás, englobando a instalação das unidades de Ácidos Sulfúrico e Fosfórico, Acidulação, Granulação e Fosfato Bicalcico (Figura 42), a produção global da empresa passou para 1,14 milhão de toneladas por ano de fertilizantes e fosfatos, sendo 660 mil toneladas em Catalão. A produção de rocha fosfática em 2003 era de 1,2 milhão de toneladas/ano.

Com a construção deste novo complexo industrial em Catalão, que contou com um investimento de R\$ 333 milhões (50% provenientes de recursos próprios e 50% de financiamento com o BNDES), a Copebrás passa a ocupar uma área de 900 mil m², algo equivalente a 4,5 Maracanãs, e ainda procura reduzir as importações nacionais de fertilizantes em cerca de US\$ 80 milhões.

Os programas de reflorestamento da Codemin (Niquelândia/GO) e da Copebrás (Catalão/GO) foram iniciados na década de 80, sendo que a Copebrás contava, em 1982, com uma área inicial de plantio de eucalipto de 86,10 ha, não sendo utilizadas outras espécies.

Figura 42. Visão panorâmica das unidades instaladas no complexo industrial da Copebrás, em Catalão.

O eucalipto, transformado em cavaco (madeira picada), na Copebrás abastece a Unidade de Secagem de Rocha Fosfática. Na Codemin é utilizado como agente redutor no processo final do minério. Em ambos os casos, o uso do cavaco significa a utilização de biomassa como combustível e todo o cavaco consumido vem de madeira de florestas plantadas em ambos os municípios onde as empresas estão instaladas e de áreas circunvizinhas, num raio aproximado de 50 km.

No PRADE da Copebrás os reflorestamentos são classificados como áreas de influência indireta do empreendimento que, inicialmente, necessitou expandir suas reservas e converter outros usos, inclusive áreas com vegetação nativa, para sua implantação.

Os reflorestamentos são uma consequência da produção propriamente dita, uma vez que a mesma necessita da matéria prima florestal, que aos níveis de demanda, levam a necessidade da transformação de áreas cobertas com outras vegetações, inclusive nativas, por monoculturas com espécies exóticas que propiciam maior produção de massa e maiores índices de carbono ativo (PRADE Copebrás, 1990, p.91).

Nota-se uma preocupação em tornar-se auto-suficiente em matéria-prima florestal para suprir a demanda total do complexo industrial da Copebrás, explicando a necessidade de aquisição de áreas para o plantio de eucalipto.

[...] a Empresa vem adquirindo novas áreas e executando os devidos plantios para tornar-se auto-suficiente em matéria-prima florestal, a partir do ano de 1995 como exige a legislação florestal, mostrando-se uma empresa verticalizada no setor (PRADE, 1990, p.106).

A auto-suficiência na produção de madeira chegou a ser alcançada no período de 1992, mas a verticalização do processo na unidade da empresa em Catalão, a partir de 2003, somada a conseqüente duplicação da capacidade produtiva esgotou as reservas de florestas de eucalipto locais havendo a necessidade de aquisição de mudas e madeira de eucalipto junto a outras empresas florestais.

A implantação da Anglo American – Barro Alto, no município goiano de igual nome, poderá a médio e longo prazos contribuir para uma expansão significativa do plantio de eucalipto na região se utilizar o cavaco como carvão vegetal no processo de redução ferro-níquel, mas inicialmente a operação utilizará carvão mineral. A utilização do cavaco dependerá, ainda, dos resultados de testes futuros e da auto-suficiência em madeira na quantidade demandada pela planta da usina³⁸, que espera produzir uma média de 36 mil t/ano de níquel contido em ferro-níquel.

A Unidade exploradora de minério de níquel iniciou suas atividades operacionais em março de 2004 e o transporte de minério para Niquelândia – Anglo Codemin, em agosto do mesmo ano, extraíndo cerca de 528.000 toneladas da mina. O depósito de Barro Alto dista aproximadamente 67 km de Goianésia, principal cidade daquela microrregião. Parte do depósito de minérios ainda não explorado localiza-se dentro do município de Santa Rita do Novo Destino (PEC, Anglo American Barro Alto, 2006, p.7).

A Anglo American Codemin possui, atualmente, 11.739 hectares plantados com eucalipto, sendo que na Copebrás essa área é superior a 3 mil hectares (Figura 43).

³⁸ Informação fornecida pessoalmente por Marcelo Galo, Eng. Florestal, respondendo pela Anglo American.

Figura 43. Evolução da quantidade de área de eucalipto plantada pela Copebrás no município de Catalão/GO.

Diretamente pelo viés da empresa, o processo de florestamento se dá através da aquisição ou arrendamento de novas áreas, sendo prioritárias para interesse as localizadas num raio de aproximadamente até 50 Km do Terminal de secagem do Fosfato e aquelas ocupadas anteriormente com lavouras ou pastagens, não sendo objeto de contratação áreas passíveis de desmatamento. A Reserva Legal e a Área de Preservação Permanente devem estar legalizadas. No caso de arrendamento de terras de terceiros um contrato é firmado entre as partes interessadas, ou seja, Copebrás e proprietário. A empresa tem o direito de explorar a terra para o plantio de eucalipto por um período de 13 a 18 anos, pagando 23,00 R\$ mensal por ha arrendado (informação verbal)³⁹.

Grande parte das mudas de eucalipto é produzida no viveiro da própria empresa, tanto por sementes quanto por clonagem (Figuras 44 e 45).

Figuras 44 e 45. À esquerda, jardim clonal e à direita, mudas em diferentes estágios de crescimento no viveiro da Copebrás.

³⁹ Informação fornecida por Neri Celso, respondendo pelo setor de reflorestamento da Copebrás/Catalão, em 2001.

Para o preparo da terra utilizam-se as técnicas de cultivo mínimo com dessecação de gramíneas, subsolagem e adubação da linha de plantio, em nível ou cortando o sentido das águas, evitando-se o preparo intensivo do solo com arações e gradagem (Figuras 46 e 47). O plantio é feito durante o ano todo e sua condução é feita através de irrigações, sendo utilizado um potencializador de irrigação à base de Polímero (informação pessoal)⁴⁰. Trata-se uma tecnologia israelense e funciona como um gel que em contato com a raiz da muda, se hidrata com a água da chuva ou irrigada, liberando umidade para que a planta suporte o período seco e o déficit hídrico do cerrado, sem prejuízos aos processos fisiológicos vitais.

Figuras 46 e 47. Etapas de plantio e manejo.

Até o final da década de 1980 os plantios eram feitos no espaçamento 3x1x1 metros, período marcado pelos incentivos fiscais do projeto Floram do governo federal. Foi o período mais marcado por impactos ambientais negativos em função do não rigor da legislação florestal e órgãos de controle e fiscalização ambiental.

Em 1990 o espaçamento usado era o de 3x1 m, por apresentar maior rendimento e menor taxa de mortalidade de indivíduos no primeiro ciclo.

Atualmente o aprimoramento genético aliado aos ganhos de rendimento do poder calorífico da madeira permite usar o espaçamento de 3,50 m entre linhas por 2,38 m entre plantas perfazendo um total de 1.200 plantas por ha, o que equivale a 8,33 m² de lenha por planta. A área total plantada pela empresa é 3.883 ha com um total aproximado de 6.193.513 Árvores.

A condução das florestas é feita através de adubações em cobertura nos dois primeiros anos. O controle da mato-competição é feito com capina química a

⁴⁰ CELSO, Neri. EucaliptoCopebrás. Mensagem recebida por amosca@usp.br em 16 nov. 2005.

fim de manter a floresta livre da concorrência de plantas daninhas e do sub-bosque com cerrado. A colheita é feita a partir dos seis anos de idade da floresta, sendo aproveitadas três brotações.

A matéria prima florestal é utilizada na forma *in natura* (lenha), recebendo a desbrota, o abate, a toragem e a picotagem para a alimentação das fornalhas (Figuras 48, 49, 50 e 51). Das etapas citadas apenas a desbrota é feita no campo, o que acaba gerando muito resíduo (informação pessoal)⁴¹.

Figuras 48 e 49. Após ser cortada no campo a madeira é estocada no terminal da Empresa, onde ficam os fornos e o beneficiamento do minério de fosfato para a produção de fertilizantes.

Figuras 50 e 51. As toras são picotadas e os cavacos seguem para alimentação dos fornos.

O resíduo final do processo são as cinzas provenientes da combustão da madeira de eucalipto (Figura 52).

⁴¹ CELSO, Neri. EucaliptoCopebrás. Mensagem recebida por amosca@usp.br em 16 nov. 2005.

Figura 52. O resíduo final, que é madeira queimada, retorna para o campo, onde é amontoado.

De acordo com as informações disponibilizadas pela Copebrás o resíduo do processo deverá retornar para as florestas (Figura 53), sendo inserido novamente no ciclo biogeoquímico.

Figura 53. O resíduo final depositado no campo.

As estradas construídas para viabilização do empreendimento são consideradas de influência direta no PRADe devido a forma e intensidade de utilização, embora quando mencionadas no PRADe não tenham sido consideradas aquelas decorrentes das atividades de manejo florestal bem como os carregadores e aceiros.

Do modo como estão traçadas no campo, muitas das estradas e carregadores acabam se constituindo nos principais geradores de poluição difusa por perda de sedimentos e desencadeador de processos erosivos. Ainda não se

consideram, assim como na grande maioria dos empreendimentos florestais, as zonas de maior sensibilidade hidrológica, denominadas como zona ripária, responsáveis pela recarga do lençol freático, no traçado das estradas florestais.

De um modo geral, com o plantio de *Pinus* para fins de produção de palitos, desde 1975 a Vale do Rio Grande⁴², localizada nos municípios de Cristalina e Campo Alegre de Goiás, região centro-oeste do Estado, também contribui consideravelmente como agente de modificação da paisagem regional através dos 12.000 ha de área plantada numa região altamente favorecida pela disposição plana a suave ondulada do relevo das chapadas, sobre latossolos profundos e intensamente lixiviados. Tal característica do relevo permite uma maior continuidade das áreas de plantio diferente da composição paisagística encontrada no sudeste, nas áreas de eucalipto da Copebrás as quais formam verdadeiros mosaicos intercalados com a vegetação nativa de cerrado, áreas de pastagem e agricultura.

O fato é que a partir de 2003 a crescente demanda de madeira observada no sudeste goiano, para diversos fins, aliada à queda da competitividade da soja e da pecuária de corte e, no caso das pequenas e médias propriedades, ao colapso da alhicultura (MENDONÇA, 1998), somadas às péssimas expectativas de geração de renda e de qualidade de vida do homem do campo, estimularam o plantio do eucalipto na região substituindo ora lavouras, ora pastagens e, por vezes, demandando a abertura de novas áreas com vegetação nativa, através de desmatamento, em um processo que nem sempre passa pelo viés da legalidade demandada pelo Código Florestal e órgãos ambientais fiscalizadores.

A necessidade de se estabelecer uma política florestal mais arrojada para Goiás, diante da demanda declarada, tanto se faz sentir que a I Conferência Estadual do Meio Ambiente (I CEMA) e I Conferência Estadual Infanto Juvenil pelo Meio Ambiente, preparatórias para a II Conferência Nacional do Meio Ambiente, com o tema Cerrado: Preservação e Desenvolvimento, ambas realizadas em 2005, contemplaram a discussão em um dos sete subtemas propostos, denominado Gestão Territorial e Política Florestal, reclamando inclusive a criação de órgão específico para sua implantação.

⁴² Informação fornecida pessoalmente pelo repórter Onésio Silva Júnior, em 18/12/2007.

É urgente fomentar a implantação de florestas plantadas para energia de biomassa em Goiás, em iniciativas intrinsecamente ligadas à obrigatoriedade legal de conservação de remanescentes e à cessação de sua conversão para carvão. Incentivos devem ser direcionados a pequenos e médios proprietários, e indústrias devem ser estimuladas a criar programas de fomento. É mister também a intensificação das ações de fiscalização e de regulação junto a transportadores e também junto a consumidores de carvão e lenha e lenha de áreas nativas. Cabe revisar a Política Florestal do Estado, impondo o auto-suprimento segundo o porte dos consumidores (2005, p.15).

Reconhecida pela legitimidade decorrente da participação democrática dos diversos segmentos da sociedade goiana, a I CEMA foi unânime em admitir a modéstia do Estado quanto à disponibilidade de estoques florestais para energia de biomassa sustentável.

Estão disponíveis apenas 40 mil hectares de florestas plantadas. Com isso, as necessidades energéticas de biomassa ainda recaem sobre remanescentes de Cerrado. Mais além, e de forma surpreendente, o Estado ainda exporta volumes superiores a 2.500.000 MDC⁴³/ano para indústrias siderúrgicas de Minas Gerais, segundo a AGMA⁴⁴. Cabe lembrar que Minas dispõe de um estoque de energia de biomassa em florestas plantadas muito maior que o território goiano. Este quadro não só pressiona a vegetação nativa remanescente em Goiás, como também prejudica a atratividade do Estado para setores industriais de base florestal (2005, p.15).

Diante da crise pronunciada, Goiás cria, um ano antes, o Programa de Fomento Florestal (PFFG), através do Decreto Nº. 5.898/2004, devendo ser executado pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH) e Supervisionado pelo Conselho Estadual do Meio Ambiente (CEMAm).

Em consonância com o PNF e com o desafio formar e estruturar a economia e cultura florestal no Estado, o PFFG objetiva: promover a conservação das áreas de preservação permanente e de reserva legal, diminuindo a pressão sobre remanescentes florestais nativos, através do estímulo à formação de florestas de produção; fomentar a formação de florestas de produção no Estado; assegurar a produção e oferta de madeira plantada, por meio do reflorestamento com espécies de rápido crescimento e valor econômico, para os consumidores de produtos florestais, prioritariamente os pequenos e médios; promover o desenvolvimento econômico sustentável da atividade florestal, utilizando

⁴³ MDC (metro de carvão), unidade de medida para o carvão e equivale a quantidade de carvão que cabe em um metro cúbico.

⁴⁴ Agência Goiana de Meio Ambiente.

racionalmente os recursos naturais disponíveis, objetivando a melhoria da qualidade de viver da população; criar alternativa de aumento da renda nas pequenas e médias propriedades rurais, ampliando a oferta de empregos, por meio da inserção das atividades florestais na ação produtiva rural, estimulando desdobramentos na cadeia produtiva; contribuir para a recuperação das áreas degradadas; e, por fim, reduzir a pressão sobre os remanescentes da cobertura florestal nativa do Estado, propiciando a conservação dos mesmos.

Estudos recentes (CHAVES, 2003; FERREIRA, 2003; MENDONÇA, 2004; RIBEIRO, 2005) mostram que a correção das distorções sócio-ambientais, etapa determinante para o desenvolvimento goiano, passa pela implementação da agroindústria, num processo pensado como cadeia de atividades relacionadas e interdependentes, que permita a existência de um futuro e partindo-se dos fundamentos agroecológicos, do conhecimento local e acumulado dos povos nativos cerradeiros para a superação de práticas impactantes, advindas da agricultura convencional e produto de um modelo econômico perverso. Para tanto, o plantio de agroflorestas de eucalipto em pequenas e médias propriedades, em função da demanda por madeira anunciada e dos diversos fatores discutidos neste trabalho pode ser determinante, desde que respeitadas as potencialidades naturais inerentes aos cerrados goianos, a exemplo do ordenado no projeto Floram.

A esse respeito Silva (1994) explica que, para os produtores rurais, os principais benefícios estão ligados ao surgimento de novas fontes de renda e de oportunidades de ocupação de mão-de-obra; ao aproveitamento de terras ociosas do ponto de vista produtivo; e à possibilidade de aproveitamento de parte da madeira para o abastecimento da propriedade e garantia de mercado para o excedente de madeira produzida, enquanto que para o poder público, essas vantagens se dão na forma de captação de recursos, pela geração de impostos e fixação do homem no meio rural.

Espera-se, portanto, que experiências anteriores possam servir como norteadoras de políticas públicas e de planejamento territorial a serem construídos no Estado, a fim de minimizar e, principalmente, antecipar impactos sócio-ambientais negativos, de modo a contribuir para a composição de cenários paisagísticos sustentáveis para as atuais e futuras gerações.

7.2 Caracterização Regional

7.2.1 Aspectos Climáticos Regionais

Nimer (1989) explica que nas superfícies elevadas do centro-sul da Região Centro-Oeste, a média das temperaturas máximas é inferior a 32 °C, caindo pouco abaixo de 30 nas mais elevadas altitudes do sul de Goiás. As temperaturas baixas do inverno (estação amena) estão relacionadas à ação direta do anticiclone polar, sucedendo à passagem de frentes frias que, associadas a continentalidade da região e conseqüente secura do ar registram temperaturas muito baixas nos meses de junho-julho. Porém nestes meses ocorrem temperaturas elevadas e, por isso, as temperaturas médias do inverno (mormente tratando-se de normais) são, neste particular pouco representativas. A maior parte do território da região não possui sequer um mês cuja temperatura média seja inferior a 20 °C, e no norte de Goiás chega a ser superior a 24 °C. Especialmente nos meses de junho-julho, frequentemente os termômetros descem para 15 °C na Região Centro-Oeste. No inverno, embora sujeito a máximas diárias elevadas, é uma estação mais caracterizada por temperaturas amenas e frias, principalmente no centro-sul da região, pelo efeito conjugado da latitude, altitude e maior participação de massa polar.

Segundo Nimer (op. cit.) a continentalidade da região centro-oeste impede a interferência das influências marítimas permitindo que a variação da latitude seja responsável pela temperatura cerca de 26 °C no extremo norte e de 22 °C no extremo sul. O relevo, através da altitude faz com que as chapadas sedimentares e superfícies cristalinas do centro sul da região possuam temperatura média anual entre 22° a 20 °C. A variação de latitude e de posição em relação a passagem de correntes de ar frio de origem polar, faz com que, durante o semestre primavera-verão (época mais quente), as temperaturas se mantenham quase que constantemente elevadas, principalmente na primavera, ocasião em que o sol passa pelos paralelos da região, dirigindo-se para o sul, e a estação chuvosa ainda não se iniciou. Isso confere ao mês mais quente médias de 28 a 26 °C no norte; 26 a 24 °C no centro sul (nas superfícies baixas) e inferior a 24 °C nas superfícies elevadas.

Quanto ao regime pluviométrico as características da altura e do regime de chuvas se devem basicamente aos sistemas de circulação atmosférica, sendo a influência da topografia sobre a distribuição da precipitação na Região Centro-Oeste de pouca importância. Com núcleos mais chuvosos atingindo 2.750 mm anuais ao norte de Mato Grosso, os valores decrescem para E e S atingindo níveis inferiores a 1.250 mm. As precipitações se distribuem diferentemente ao longo do ano, com regime tipicamente tropical: com máxima no verão e mínima no inverno, sendo que 70% do total de chuvas acumuladas durante o ano se precipita de novembro a março. O inverno, por sua vez, é excessivamente seco: as chuvas são muito raras, havendo de 5 a 4 dias de ocorrência de chuva por mês, não chegando a acumular em cada mês, em média, mais de 20 mm. A região de Catalão compreende uma faixa com ocorrência de até 4 meses secos⁴⁵ (NIMER, 1989).

Tarifa (1992) explica que a gênese das chuvas nos Cerrados depende, então, das interações entre os sistemas extratropicais (escoamento de sul associado à frente polar) e àqueles equatoriais continentais oriundos da Amazônia Centro-Occidental. Considerando que o movimento destes sistemas depende da circulação geral da atmosfera, conclui que a contribuição do processo de ocupação agropecuária na região dos Cerrados para provocar uma alteração climática a nível regional é praticamente inexistente. No entanto, é bastante provável que a área do Brasil Central possa sofrer uma diminuição das chuvas (à longo prazo) em função das mudanças climáticas que venham ocorrer na Amazônia, pois as evidências observacionais demonstram que uma parte considerável da umidade atmosférica do Brasil Central, é geneticamente formada na Amazônia Centro-Occidental.

Um aspecto que merece atenção reside no desvio pluviométrico médio anual em relação à Normal, que pode apresentar comportamentos bem distintos de um ano para outro, conforme explica Nimer (1989, p.412):

As precipitações em cada ano estão sujeitas a totais bem distintos, podendo afastar-se grandemente dos valores *normais*. Entretanto, por conta de sua posição tropical, não apresenta desvios notáveis como acontece com as demais regiões tropicais do país. [...] Os valores pluviométricos de um ano para outro variam em média pouco abaixo de 15% a mais ou a menos do total médio, representado pela *normal*.

⁴⁵ Considera-se seco aquele mês, cujo total das precipitações, em milímetros, é igual ou inferior ao dobro da temperatura média em grau de Celsius ($P \leq 2T$).

O autor (op.cit.), com base no regime de chuva, e mais especificamente, a existência ou inexistência de seca associada ao regime de duração dos períodos secos, classifica o clima regional que domina desde o centro de Mato Grosso e quase todo Goiás, excluindo o extremo sudoeste, em clima tropical semi-úmido de 4 a 5 meses secos.

7.2.2 Aspectos Geomorfológicos, Geológicos e Pedológicos

O mosaico de paisagens compreendido pelo domínio⁴⁶ dos chapadões recobertos por cerrados e penetrados por florestas-galerias ocupa, predominantemente, maciços planaltos de estrutura complexa, dotados de superfícies aplainadas de cimeira, associadas a um conjunto de planaltos sedimentares compartimentados, situados a níveis de altitude que variam de 300 a 1.700 m. As formas de relevo são, em sua maioria, similares, tanto nas áreas de solos cristalinos aplainados como nas áreas sedimentares mais elevadas, transformadas em planaltos típicos, predominando interflúvios e vertentes suaves (Ab' SABER, 1973).

Casseti (1979), numa síntese analítica das bases físicas do Estado de Goiás, propõe três grandes compartimentos morfoestruturais:

- 1) Maciços antigos, modelados por fenômenos denudacionais pretéritos, aplainados e reafeiçoados no cenozóico, topograficamente configurados por planaltos e serras cristalinas, em menor extensividade;
- 2) Bacias de sedimentação paleomesozóicas caracterizadas por planaltos escarpados de topos regulares, mesas e chapadões, além das estruturas monoclinais;
- 3) Peneplanície do Araguaia, compartimento morfométrico, aplainado e portador de platôs escalonados em diversos níveis.

No mesmo estudo Casseti (op Cit.) individualiza os grandes compartimentos morfológicos em sete outros, reconhecendo certa relação dos

⁴⁶ Entende-se por domínio morfoclimático e fitogeográfico um conjunto espacial de certa ordem de grandeza territorial onde haja um esquema coerente de feições de relevo, tipos de solos, formas de vegetação e condições climático-hidrológicas. Tais domínios ocorrem em uma área principal, de certa dimensão e arranjo, em que as condições fisiográficas e biogeográficas formam um complexo relativamente homogêneo e extensivo, a *área core* ou nuclear (Ab' SABER, 1973, p.21).

mesmos com os domínios estruturais, a saber: Planaltos Cristalinos; Testemunhos da Superfície de Aplainamento Pratinha; Planalto do Tocantins; Planalto do Rio Verde; Planalto do Bonito; Chapadas da Bacia do São Francisco; Chapadas da Bacia do Meio-Norte; Peneplanície do Araguaia.

Regionalmente, a área de estudo compreende o compartimento dos Planaltos Cristalinos com Participação de Testemunhos da Superfície de Pratinha.

Comporta-se como um imenso geossinclinal de metassedimentos, caracterizado por gnaisses, filitos, quartzitos e xistos, sendo um dos mais notáveis e salientes blocos de maciços antigos do território brasileiro, resultante de bombeamentos. [...] Incluem áreas de topografia pouco acidentada e de alto grau de movimentação, permitindo a distinção entre serras e planaltos cristalinos. A intercalação de divergências formacionais respondem pela variedade de resistência das rochas, produzindo um estímulo constante para a atuação da erosão diferencial. As influências estruturais vinculadas à ossatura rochosa, possibilitam a criação de cristas e colinas convexizadas, dando, às vezes, a característica de um relevo apalachiano. Como exemplo os quartzitos Araxá, de maior resistência em relação aos micaxistos, emergem relevos residuais em forma de serras ou cristas, relacionadas ou não à atividade intrusiva. Corresponde às altitudes mais elevadas do Estado, representadas por dois níveis altimétricos (WAIBEL, 1948): o primeiro relativo aos testemunhos da superfície de Pratinha, de ALMEIDA (1951), nivelada aos 1.100 – 1.300 metros, individualizadas como grandes divisores de águas das Bacias Platina e Amazônica, e o segundo (700 a 1.000 metros), atinente ao Planalto Cristalino, propriamente dito, periférico às superfícies elevadas. [...] Refletem movimentos epeirogênicos pós-cretácicos, responsáveis pelo soerguimento das superfícies desnudadas em fases erosivas pretéritas. A primeira superfície (de cimeira) corresponde a pediplanação provavelmente ocorrida a partir do cretáceo superior, uma vez que encontra-se fossilizada por sedimentos de formação Urucuia, no sudeste goiano, posteriormente arqueada e basculada (inclinação relativamente forte dessa topografia em direção à Bacia Sedimentar do Paraná), condicionando o aparecimento de níveis intermediários (superfícies intermontanas). Os testemunhos desse primeiro nível acham-se coroados por arenitos cretácicos (Pirenópolis) e, principalmente, por crostas lateríticas, resultantes de alteração química das rochas e do solo, sob um clima de savanas, caracterizadas pela concentração de sesquióxidos de ferro e alumina. (CASSETI, 1979, p.87-88).

Em 1981, Mamede ao elaborar uma classificação geomorfológica do centro-oeste brasileiro propõe as seguintes unidades para o Estado: Região dos Planaltos do Divisor São Francisco-Tocantins; Região dos Planaltos do Divisor Tocantins-Paraná; Região dos Planaltos Arenítico-Basálticos Inferiores; Região da Depressão Araguaia-Tocantins. Nessa classificação Klein (1996), identifica a

região de Catalão/Ouvidor inserida no compartimento da Região dos Planaltos do Divisor Tocantins-Paraná, situando-se na porção central e sudeste do Estado, com cotas médias de 800 m, mas que podem atingir até 1.650 m, compreendendo o Planalto Central Goiano, associada a rochas do Complexo Araxá e do Embasamento Granito Gnáissico Arqueano.

Estes planaltos se constituem em centros de dispersão das drenagens para as bacias dos rios Paraná e Tocantins, num contexto morfoestrutural remanescente de antigas cadeias dobradas. As particularidades do relevo induzidas pelas diferenças estruturais permitiram subdividir esta região geomorfológica em duas unidades distintas. A primeira unidade é chamada de Planalto Central Goiano, que é a mais elevada, composta por sub-unidades com denominações locais, tais como Planalto do Distrito Federal, Planalto de Cristalina-Patrocínio, Planalto do AltoTocantins-Paranaíba, Complexo Montanhoso Veadeiros-Araí e Chapadas do Alto Maranhão; a outra unidade é denominada Planalto Rebaixado de Goiânia. (KLEIN, 1996, p. 27).

A partir de Ferreira (1996, p.32), baseado na compartimentação geomorfológica sugerida por Caseti (1979; 1990⁴⁷), pode-se identificar quatro compartimentos (Figura 54), fundamentais para o entendimento da geomorfologia local: o Planalto de Catalão; o Complexo Dômico Ultramáfico Alcalino de Catalão; a Depressão do Rio São Marcos (a ENE do Domo); e a Formação Superficial de Cimeira.

Em termos de compreensão da gênese e evolução do relevo regional, o compartimento Depressão do Rio São Marcos, conforme descrito por Ferreira (1996) exprime os processos atuantes na área de estudos, mas estes encontram-se diretamente vinculados a Bacia do Rio Paranaíba, pelo Ribeirão Ouvidor. De modo que a partir daí, poderíamos propor um compartimento que individualizasse as formas de relevo resultantes do retrabalhamento hidrogeomorfológico do Rio Paranaíba e seus tributários pela margem direita, compreendendo um nível altimétrico entre 650 e 750 metros, caracterizado por intensa movimentação topográfica, atribuindo ao relevo um modelado convexo.

⁴⁷ CASSETI, Valter. Aspectos Geomórficos e Climáticos da Região de Catalão/GO. In: Plano de Recuperação de Área Degradada – Mineração Catalão de Goiás. Goiânia, J.M. FLEURY. 1989.

Figura 54. Seção Morfogeológica Catalão – Rio São Bento.

Fonte: FERREIRA (1996, p.34).

Os trabalhos de Barbosa et al. (1970)⁴⁸, Carvalho (1974)⁴⁹, os levantamentos realizados por ocasião do Projeto Radam Brasil, (1983) e estudos posteriores (KLEIN, 1996; FERREIRA 1996) indicam que a geologia local compreende rochas pré-cambrianas formadas no proterozóico inferior: predominando regionalmente metamorfitos da fácies epidoto-anfibolito, caracterizados principalmente de micaxistos com intercalações de delgados leitos e lentes de quartzitos, associadas ao Grupo Araxá, que servem de encaixantes à intrusão ultramáfica-alcalina de Catalão I, apresentando comportamento regional de xistosidade NW-SE mergulhando para SW (Figura 55).

Klein (1996, p.20) descreve que *os xistos são constituídos principalmente por moscovita e quartzo, aparecendo biotita subordinada e como acessórios mais comuns a estaurolita, rutilo, zircão e turmalina. Os quartzitos frequentemente apresentam moscovita, ocorrendo eventualmente variedades hematíticas, por vezes com estrutura itabirítica.*

⁴⁸ BARBOSA, O. et al. Geologia da Região do Triângulo Mineiro. Div. Fom. Prod. Min., 1970, p.136.

⁴⁹ CARVALHO, W.T. Aspectos Geológicos e Petrográficos do Complexo Ultramáfico Alcalino de Catalão I, GO. Anais XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, SBG: p. 107-123.

Figura 55. Recorte geológico do entorno da área de estudo.

7.2.3 Mapa Hipsométrico

A sub-bacia com cerrado compreendeu três níveis altimétricos, sendo a variação topográfica de 95m e o ponto mais elevado de 875 m. A sub-bacia com eucalipto compreende quatro níveis altimétricos os quais conferem uma variação de 76 metros (Figura 56), estando o ponto mais elevado na cota 856.

O Quadro seguinte apresenta alguns parâmetros morfométricos, determinados segundo as sugestões de Casseti (2006) para a análise de bacias hidrográficas.

Quadro 10 – Parâmetros morfométricos medidos nas sub-bacias estudadas.

Parâmetros	Sub-bacia Cerrado	Sub-bacia Eucalipto
Área de drenagem (ha)	39	24
Comprimento do canal (m)	823.34	803.99
Perímetro (m)	2.612	2.144

Recortando a área das sub-bacias à montante dos vertedores instalados, para fins de análises hidrológicas, a área de captação da sub-bacia com cerrado fica ligeiramente inferior (18 ha) a da sub-bacia com eucalipto (19 ha).

Percebe-se que não há diferenças morfométricas expressivas entre as sub-bacias, fator importante para a análise comparativa utilizando-se do método de bacias pareadas.

No geral, a margem esquerda do Córrego Taquara dos Cláudios onde estão situadas as sub-bacias apresenta uma topografia mais acentuada do que as demais compartimentações topográficas do entorno.

Figura 57 mostra o modelo de elevação do terreno, uma representação tridimensional do relevo, que permite melhor visualizar as formas associadas.

MODELO SOMBREADO DA SUB-BACIA DO CÓRREGO TAQUARA DOS CLAUDIOS (CATALÃO - GO)

— Limite da Bacia

— Curvas de Nível

— Drenagem

0 1 km
1 : 13000

Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM
Datum Horizontal: SAD-69
Zona 23

Fonte: DSG (1987), Folhas Ouvidor e Catalão
Escala Original: 1: 25000, Equid. Curvas: 10m
Org. Andreia Arruda de Oliveira Mosca

7.2.4 Mapa Clinográfico

As declividades mais acentuadas (20 a 30 %) ocorrem associadas as cabeceiras das nascentes, especialmente à margem esquerda do trecho do Córrego Taquara dos Cláudios onde localizam as sub-bacias estudadas (Figura 58).

No geral esse padrão de declividade condiciona a geomorfologia local/regional, dominada pelo entalhamento do relevo comandado pelos processos operantes na calha dos Rios São Marcos e Paranaíba, e os usos da terra associados, basicamente voltados para atividades de agricultura instaladas nos fundos de vale e poucas áreas planas a suave onduladas, e pecuária extensiva.

A classe de declividade predominante no entorno das sub-bacias está entre 6 e 12 %, compreendendo declividades inferiores a 6 %.

7.2.5 Mapa de solos

Em relação aos tipos de solo, a região sudeste de Goiás caracteriza-se pela disposição de quatro classes de solos dominantes: os Latossolos Vermelho-Escuros; os Latossolos Roxos; os Podzólicos Vermelho-Escuros; e os Cambissolos (FERREIRA, 1996).

A área compreende predominantemente os Latossolos Vermelho-Escuros-Distrófico (LEd), seguidos de cambissolo com algumas ocorrências pontuais de gleissolo associados aos ambientes de mata galeria com lençol freático superficial e expansão da AVA (Figura 59).

Os Latossolos Vermelho-Escuros são geralmente muito profundos, possuem horizonte A moderado e raramente A proeminente, com textura variando de média a argilosa, são ricos em sesquióxidos, muito porosos, bastante permeáveis e bem acentuadamente drenados, por conta dos horizontes A, B e C. Na área acontecem associados às rochas do Grupo Araxá (FERREIRA, 1996).

Os Cambissolos compreendem solos normalmente não hidromórficos com B insipiente. São de profundidade mediana, moderados a bem drenados com horizonte A fraco ou moderado. Apresenta seqüência de horizontes A e C. O horizonte B, quando aparece, é pouco expressivo. Na área de estudo estão associados as encostas, apresentam textura cascalhenta a muito cascalhenta, ocorrendo alguns pedregulhos. De acordo com Klein (1996) com relação ao aproveitamento agropecuário apresentam limitações severas tanto de natureza física (declividade e ocorrência de cascalhos), quanto química (baixa soma de bases).

O Gleissolo aparece na área de modo bastante pontual, associados aos fundos de vale da sub-bacia com cerrado e pequenas planícies de sedimentação. Tem uma relação espacial direta com a AVA. São solos hidromórficos, pouco desenvolvidos, organo-minerais, com horizonte A moderado ou proeminente, de profundidade variável assentado sobre um horizonte C Gleizado. Apresentam significativo teor de matéria orgânica no perfil, típicas de condições redutoras proporcionadas por um lençol freático flutuante que chega a superfície durante grande parte do ano. São mal drenados com características determinadas pela ação do clima e da vegetação (Klein, 1996).

MAPA DE SOLOS DA SUB-BACIA DO CÓRREGO TAQUARA DOS CLAUDIOS (CATALÃO - GO)

Solos

- Ld: Latossolo Distrófico
- C: Cambissolo
- G: Gleissolo

- Limite da Bacia
- Curvas de Nível
- Drenagem

0 1 km
1 : 13000

Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM
Datum Horizontal: SAD-69
Zona 23

Fonte: DSG (1987), Folhas Ouvidor e Catalão
Escala Original: 1: 25000, Equid. Curvas: 10m
Org. Andreia Arruda de Oliveira Mosca

7.2.6 Mapa de Direção do Fluxo

O mapa de direção do fluxo hídrico (Figura 60) apresenta faixas alternadas predominantemente de S/SW e NW/E, sendo as primeiras desenvolvidas em relevos mais movimentados com maior declividade, em oposição as faixas com relevo plano a suave ondulado, onde a direção do escoamento superficial é oposta.

A faixa que aparece no mapa, representada pelas cores mais frias, na qual se localizam as sub-bacias, acompanha o comportamento regional de xistosidade das rochas do Grupo Araxá de NW-SE mergulhando para SW. Tal informação pode ser conferida na literatura revisada e na figura do recorte geológico apresentada anteriormente.

A direção dos fluxos nas bacias e no entorno ocorre em duas direções predominantes, de NE – SW e no sentido SW – NE. Verifica-se também que a vertente esquerda da sub-bacia com eucalipto contribui mais na geração do escoamento superficial para o canal, enquanto que a da margem esquerda potencialmente oferece maiores condições de contribuir com a infiltração da água no solo.

MAPA DE DIREÇÃO DO FLUXO HÍDRICO SUPERFICIAL DO CÓRREGO TAQUARA DOS CLAUDIOS (CATALÃO - GO)

Direção do Fluxo

- N
- NE
- E
- SE
- S
- SW
- W
- NW

- Limite da Bacia
- Curvas de Nível
- Drenagem

Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM
Datum Horizontal: SAD-69
Zona 23

Fonte: DSG (1987), Folhas Ouvidor e Catalão
Escala Original: 1: 25000, Equid. Curvas: 10m
Org. Andreia Arruda de Oliveira Mosca

7.2.7 Modelagem da Área Variável de Afluência (Zona Ripária)

Zákia (1998) ao comparar a modelagem da zona ripária com a delimitação da mata ciliar exigida pelo código florestal, para uma pequena bacia hidrográfica experimental de 62 ha, identificou que a maior parte das áreas que contribuem para a geração do escoamento superficial, destacadas em verde na Figura 61, não coincide com os trinta metros mínimos de área de proteção permanente exigidos no código florestal brasileiro.

Figura 61. Comparação entre a modelagem da zona ripária (verde) e a delimitação da mata ciliar (vermelho) exigida pelo código florestal, delimitada em vermelho.

Fonte: Zákia (1998, p.76).

Nas sub-bacias monitoradas as zonas ripárias também não coincidem com os limites das áreas de preservação permanente (Figura 62).

Percebe-se que a sub-bacia com eucalipto possui menor quantidade de áreas que contribuem para o escoamento sub-superficial, mostrando um maior domínio dos processos relacionados ao escoamento superficial sendo, portanto, mais sensível às intervenções.

A legenda em amarelo se refere a zona intermediária, e as parte em branco às zonas de recarga..

Ranzini et al. (2004) ao avaliarem os processos hidrológicos de uma pequena bacia com Mata Atlântica na região da Serra do Mar/SP, verificaram que a AVA mostrou ser muito dinâmica e especialmente abrangente, indicando ser essa informação importante para tomada de decisões sobre manejo adequado dos recursos naturais.

Por serem áreas sensíveis e importantes para a manutenção dos processos hidrológicos mínimos e necessários a manutenção da sustentabilidade da paisagem na bacia hidrográfica e seguindo as recomendações de Zákia (1998), espera-se que a identificação da AVA possa ser tecnicamente incorporada nas ações de manejo associada a restrições de uso conforme o arranjo paisagístico dado.

7.2.8 Mapa de Fragilidade

Avaliando de modo integrado o mapa de fragilidade com a modelagem da Área Variável de Afluência tem-se um produto cartográfico (Figura 63) que procura responder a proposta de integração teórico-metodológica deste trabalho e oferecer subsídios que sinalizem a direção das intervenções com vistas ao planejamento. Pode, por isso, se constituir em instrumento técnico fundamental de análise da paisagem.

Considerando as classes definidas no mapa de declividade, enumerou-se as categorias (de 1 a 5), que vai de muito fraca a muito forte, conforme proposto por Ross (1994). Sendo atribuída fragilidade forte aos cambissolos, muito forte aos gleissolos e mais fraca aos latossolos. As estradas e carreadores florestais e no geral foram consideradas de alta fragilidade, embora não possam ser muito bem visualizadas no mapa.

À AVA (zona ripária), por conta de sua importância na manutenção dos processos hidrológicos desempenhados na bacia hidrográfica foi atribuída fragilidade muito forte. No geral, para as áreas das bacias, a fragilidade está entre média à fraca, sendo determinante o papel exercido pela cobertura vegetal na proteção do solo. A maior quantidade de áreas medianamente frágeis na sub-bacia com eucalipto e no entorno decorre da existência solo exposto, carreadores e estradas florestais associados, os quais carecem de um manejo intervencionista para a sustentabilidade da paisagem.

As fragilidades fortes ocorrem em áreas ocupadas com pastagem, que mesmo associadas aos latossolos acarretam perdas significativas de solo e nutrientes e redução da infiltração da água no solo pelo predomínio do escoamento superficial, conforme discutido nos resultados de qualidade da água. As áreas com fragilidade muito forte ocorrem nos cambissolos associados a pastagem. Áreas de regeneração apresentaram fragilidade mediana.

O mapeamento da fragilidade ambiental quando associado à AVA e a delimitação das Áreas de Preservação Permanente oferece importante subsídio ao planejamento territorial e ao manejo integrado da paisagem, desde que correlacionado aos indicadores avaliados nos sistema. Servindo inclusive na identificação inicial de variáveis a serem monitoradas no sistema.

7.3 Aspectos hidrobiogeoquímicos

7.3.1 Pluviometria

Para caracterização do regime pluviométrico regional utilizou-se dados do período de 1961 a 1990 coletados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A Tabela 13 e a Figura 64 mostram o Balanço Hídrico Normal para Catalão (Estação 83526–INMET) segundo metodologia aplicada por Thornthwaite e Mather (1965), considerando uma Capacidade de Armazenamento de Água (CAD) no solo de 100 mm para uma altitude de 840 m.

Tabela 13 – Balanço Hídrico segundo Thornthwaite e Mather (1965).

MESES	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	ARM (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	23	272	104	168	100	104	0	168
Fev	23	217	95	122	100	95	0	122
Mar	23,2	172	104	68	100	104	0	68
Abr	22,4	80	88	-8	92	88	0	0
Mai	20,6	31	71	-40	62	61	9	0
Jun	19,4	10	57	-47	39	33	24	0
Jul	19,3	10	58	-48	24	25	33	0
Ago	21,2	14	75	-61	13	25	50	0
Set	22,9	41	92	-51	8	46	45	0
Out	23,3	151	103	48	56	103	0	0
Nov	23	212	101	111	100	101	0	67
Dez	22,6	283	102	181	100	102	0	181
Totais		1493	1050		793	888	162	605
Médias	22	124	87		66	74	13	50

O Balanço Hídrico Normal Mensal para a região de Catalão mostra uma precipitação anual da ordem de 1.493 mm, sendo que 1.050 mm retornam ao ciclo hidrológico na forma de evapotranspiração. Os cinco meses entre abril e setembro, especialmente os três últimos, representam o período mais crítico para as florestas plantadas. Marcado pela pouca ou nenhuma precipitação e baixa umidade relativa do ar, as árvores do cerrado desenvolveram o mecanismo adaptativo de deciduidade, liberando as folhas para então reduzirem as perdas evapotranspirativas e aumentarem, assim, a eficiência no consumo da pouca água que circula no sistema para a manutenção de seus processos fisiológicos vitais. Como isso não acontece com espécies de rápido crescimento, a evapotranspiração tende a permanecer constante, por isso a implantação de florestas plantadas no Cerrado deve ser cuidadosamente planejada, sendo a

quantidade de árvores por m² determinada pelas características regionais do balanço hídrico e, quando possível, do balanço de massas.

Figura 64. Balanço Hídrico segundo Thornthwaite e Mather (1965).

O extrato do Balanço Hídrico Mensal (Figura 65) expressa a má distribuição pluviométrica para a região, caracterizada por uma acentuada deficiência de água no período de abril a outubro (somando 162 mm), sendo o mês de agosto marcado pelo maior déficit (50 mm) e um período com excedente de 605 mm, entre novembro a março.

Figura 65. Extrato do Balanço Hídrico Mensal segundo Thornthwaite e Mather (1965).

Comparando os índices pluviométricos regionais médios da Normal Climatológica nos períodos de 1955 a 1984 (extraídos de Ferreira, 1996) e de 1985 a 2006 (10° DISME – INMET/GO) com aqueles medidos nas sub-bacias monitoradas, entre 2003 e 2005 (Tabela 14), observa-se que localmente choveu menos nos meses de abril a julho, apresentando médias ligeiramente mais altas para agosto e setembro e um decréscimo inferior a média regional nos meses de outubro e novembro.

Nota-se, também, uma tendência a maior intensidade de precipitação nos meses de janeiro e fevereiro. No geral, as chuvas estão terminando mais cedo, iniciando mais tarde e se concentrando mais nos meses de janeiro e fevereiro, o que não significa ter chovido menos, pois quando comparada as duas médias históricas, a precipitação total monitorada não apresentou redução significativa.

Tabela 14 – Precipitação média mensal para os períodos analisados.

Mês/ Ano	Precipitação Média (mm)												Total
	jan	Fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
1955-1984	304,7	230,4	182,3	82,6	38,4	10,0	10,6	8,6	38,9	158,1	221,6	282,2	1.568
1985-2006	260,1	199,2	218,0	69,3	30,4	7,1	3,8	16,2	41,1	104,4	179,1	272,6	1.401
2003-2005	327,6	228,7	219,1	37,4	12,5	4,7	8,5	15,4	57,7	96,8	118,7	257,0	1.384

Os dados coletados nos pluviógrafos e pluviômetros distribuídos nas duas sub-bacias registraram, para o período de 2003 a 2005, uma precipitação média total de 1.384 mm (Tabela 15).

Tabela 15 – Precipitação monitorada nas sub-bacias.

Mês/ Ano	Precipitação (mm)												Total
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
2003	413,3	88,8	213,8	75,1	10,4	0,0	6,2	22,0	77,6	77,6	151,2	148,8	1.285
2004	268,9	456,2	100,2	5,6	13,4	0,0	19,4	0,2	55,8	189,7	69,7	316,2	1.495
2005	300,6	141,0	343,2	31,4	13,6	14,1	0,0	23,9	39,7	23,1	135,4	306,1	1.372
Média	327,6	228,7	219,1	37,4	12,5	4,7	8,5	15,4	57,7	96,8	118,7	257,0	1.384

Como o desvio pluviométrico médio anual esperado para o Centro-Oeste é de 15% a mais ou a menos do total médio representado pela Normal, para o caso em estudo isso equivale a 235,2 milímetros a serem subtraídos da média histórica de 1.568 mm, que é igual a 1.333 mm. Deste modo, o desvio pluviométrico médio anual foi negativo para os anos monitorados de 2003, 2004 e 2005, correspondendo a 18%, 4,6% e 12,5%, respectivamente.

De acordo com Nimer (1989, p.412), por se tratar de desvios médios, sua importância reside apenas no fato de indicarem a tendência de irregularidade: *as áreas de maiores desvios médios são aquelas mais sujeitas, em determinados anos, a maiores desvios efetivos, e estes, só raramente, atingem valores superiores a 50%*. Isto indica que o ano de 2003 não representa uma anomalia, embora possa ser perfeitamente considerado como uma irregularidade.

A Figura 66 mostra a distribuição regional média mensal da precipitação nos períodos históricos de 1955 a 1986; 1970 a 2006 em relação à média monitorada entre 2003 e 2005.

Figura 66. Índices pluviométricos médios regionais e monitorados.

A Tabela 16 apresenta a variação da precipitação média monitorada nas sub-bacias para os anos de 2003, 2004 e 2005 e a média regional da umidade relativa do ar (1987 a 2006).

Considerando os meses secos como sendo aqueles com precipitação $\leq$ a 44 mm, foi possível identificar um período de 5 meses secos, típico do clima semi-úmido caracterizado por Nimer (1989).

Tabela 16 – Médias mensais da precipitação e umidade relativa, e identificação dos meses secos.

Mês	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
P (mm)	327,6	228,7	219,1	37,4	12,5	4,7	8,5	15,4	57,7	96,8	118,7	257,0
UR (%)	76	74	76	70	66	62	56	50	54	60	71	76

Verifica-se que a variação da umidade relativa do ar para o período, atingiu valores mais baixos (39 %) em julho e agosto de 2003.

O mês de março de 2003 apresentou o maior índice de umidade, 70% (Figura 67).

Figura 67. Variação da precipitação e umidade relativa médias.

Os valores de temperatura, quando comparados a precipitação monitorada, seguem a tendência climática apresentada para a região Centro-Oeste relatada por Nimer (1989): com o domínio de um clima quente com oscilações da temperatura de amenas a elevadas, constituindo o caráter predominante do seu regime térmico. Por isso a diferença entre as condições térmicas da primavera (sua estação mais quente) e do inverno (sua estação “fria”) é pouco significativa, tratando-se de condições médias (Tabela 17 e a Figura 68).

Tabela 17 – Precipitação média monitorada e temperatura regional média compensada.

Variação da Temperatura em Catalão/GO (1987 a 2006)													
Temperatura	Jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	média
Máxima	29	29	29	29	27	27	27	29	31	31	29	29	29
Média	24	24	24	23	21	20	20	22	24	25	24	24	23
Compensada													
Mínima	20	20	19	19	16	15	15	16	18	20	19	20	18

Figura 68. Variação da temperatura média regional e precipitação média monitorada.

Observa-se que a média das máximas (29 °C) está dentro do previsto para a Região Centro-Oeste, especificamente para o sudeste goiano. O mês mais quente, outubro (25 °C) também está dentro da média assinalada (26 a 24 °C) para o centro sul, não havendo um mês sequer cuja temperatura média seja inferior aos 20 °C. Durante o inverno, a temperatura cai para 15 °C, conforme se pode verificar examinando a média das mínimas de junho e julho (Figura 69).

Figura 69. Variação da Temperatura em Catalão (1987 a 2006).

Nota-se uma menor umidade relativa média entre os meses de agosto e setembro, voltando a subir com as primeiras chuvas de outubro (Figura 70).

Figura 70. Precipitação média mensal e umidade relativa do ar.

De um modo geral, observa-se que embora os menores índices de precipitação média regional e monitorada aconteçam em junho e julho, e para a umidade relativa, em agosto, resultando numa maior deficiência hídrica para este mês, na verdade, o mês mais sensível e crítico relacionado à produção de água no sistema bacia hidrográfica, tanto para a superficial quanto para a água subterrânea é setembro, por conta do menor armazenamento.

É interessante observar, nos resultados seguintes, as respostas climáticas nas variáveis fluviométricas das duas sub-bacias monitoradas, tanto na vazão dos riachos quanto na variação do lençol freático,

7.3.2 Fluviometria

Dada a complexidade do arranjo paisagístico, para um entendimento mais completo do regime hidrológico dos cursos d'água localizados no entorno e nas florestas de eucalipto consideradas na área de abrangência do presente estudo, há que se considerarem três aspectos fundamentais: primeiramente, a dinâmica hidrológica no contexto do semi-úmido (Bioma Cerrado), caracterizada pela ocorrência de cursos de água perenes e uma grande quantidade de canais intermitentes, em consequência da estação seca; as imposições estruturais

determinadas pela evolução das formas de relevo; e, por fim, as interferências decorrentes da evolução da ocupação e uso da terra.

Os dados registrados no monitoramento hidrológico especialmente da sub-bacia com cerrado permitiram avaliar para o período, a dinâmica natural do ecossistema e compreender o primeiro aspecto considerado.

A comparação com os resultados obtidos na sub-bacia coberta com eucalipto sugerem um conhecimento das alterações hidrológicas por conta da conversão da cobertura vegetal.

Para completar a análise do segundo aspecto, foram avaliadas as principais influências relacionadas às atividades de extração mineral realizadas no Domo, especificamente a escavação vertical das lavras a céu aberto das empresas Copebrás, Mineração Catalão e Fosfertil; e das atividades praticadas no entorno das sub-bacias monitoradas.

Considerou-se, portanto, três níveis escalares de análise partindo do contexto do Bioma Cerrado: um nível mais regional dominado pela estrutura de relevo dômica; uma escala intermediária que se refere ao uso da terra e atividades praticadas, historicamente, no entorno das sub-bacias monitoradas; e, por fim, o topológico, ou seja, a própria sub-bacia. Uma abordagem mais aprofundada dos referidos níveis será apresentada a seguir.

A evolução da estrutura Dômica Ultramáfica Alcalina Carbonatítica Catalão I pode ser observada na Figura 71, e permite compreender os mecanismos de infiltração e recarga da água subterrânea, afloramento e dinâmica das nascentes e cursos d'água do entorno.

Ferreira (1996), baseando-se em levantamentos de campo e análise de fotografias aéreas corrobora a provável evolução morfológica sugerida por Casseti, em 1990, ao constatar presença de canga laterítica sotoposta por sedimentos argilosos nas áreas enriquecidas mineralicamente, conforme descreve a seguir.

1 – Após condição biotásica vinculada a um clima do tipo tropical com estação seca definida onde a elevada precipitação de hidróxido de Ferro teria propiciado o desenvolvimento do horizonte B estrutural pronunciado, a área foi submetida a um clima seco, responsável por uma fase resistásica (Figura 71-A). 2 – A morfogênese mecânica teria implicado em decapitação do horizonte estrutural, momento que o recuo paralelo das vertentes

respondia pelo processo de desagregação e conseqüente tendência de aplainamento, inclusive com possibilidade de seccionar parcialmente o "core" intrusivo (Figura 71-B). 3 – a) Com o retorno do clima úmido, organiza-se, no topo, uma drenagem do tipo centrípeta, proporcionada pela dissolução parcial do "core" intrusivo representado sobretudo pelos carbonatitos exumados na condição anterior, enquanto na periferia implanta-se uma drenagem do tipo radial centrífuga, segundo mergulho da camada e orientação produzida por falhamentos, que evolui para ânulo radial à medida que tributários ortoclinais se desenvolvem, respondendo pela elaboração de cristas monoclinais em função da erosão diferencial. b) Associado ao processo de dissolução que responde por subsidências de colapso no centro do "core" intrusivo, constata-se a acumulação gradativa de argila, que ocupou a referida depressão e sotopôs parcialmente as concreções ferralíticas retrabalhadas por ocasião do processo de pediplanação precedente (Figura 71-C). 4 – A deposição gradativa de sedimentos em provável condição lacustre e a conseqüente tendência de rebaixamento do lençol freático proporcionaram o desenvolvimento da referida depressão embutida no Pediplano de Cimeira, atualmente caracterizada por condição hortomórfica (Figura 71-D).

Em síntese, o Domo de Catalão I é a expressão topográfica de uma intrusão ígnea carbonatítica, encaixada em rochas metamórficas constituídas por quartzitos e xistos. Constitui um platô com sua parte central rebaixada com relação às bordas. As bordas são dissecadas por pequenas e numerosas drenagens radiais, destacando-se na parte nordeste o córrego Chapadão que é perene e abastece o ponto mais baixo do platô. A chapada em si é caracterizada por ondulações e depressões com drenagens pequenas e estreitas. Hidrogeologicamente identificam-se três unidades produtoras de água: a unidade de subsolo argiloso; o carbonatito decomposto; e a rocha carbonatítica, sendo o carbonatito decomposto a mais permeável destas formações segundo testes de suprimento de água (CASSETI, 1990, p.101).

O Domo de Catalão I se constitui, portanto, num verdadeiro exutório responsável pela gênese de numerosos cursos que dissecam as bordas externas do complexo e se constituem nas cabeceiras dos córregos Chapadão, Fundo e do ribeirão Ouvidor, que são os principais corpos perenes do local.

Figura 71. Complexo Dômico de Catalão/Goiás. Provável evolução morfológica da seção central do maciço Ultramáfico Alcalino de Catalão, elaborada por Casseti (1990).

Segundo Casseti (1990), de acordo com informações obtidas na perfuração de alguns poços, o nível freático original se apresentava essencialmente uniforme, estando numa elevação entre 839 e 840 metros, caindo para nordeste provavelmente interceptando as nascentes do Córrego Chapadão. As profundidades do nível foram estimadas ou medidas diretamente durante a fase de exploração, através de perfurações e medidas realizadas durante o ano de 1976 (no fim da estação seca) e registradas novamente

durante janeiro de 1977. As informações foram usadas para a confecção de uma carta topográfica do nível freático. No período de tempo avaliado o nível freático subiu, aproximadamente, 20 cm por toda a área, indicando um nível estável durante todo o tempo.

As variações no nível freático são medidas desde o final da década de 1980, usando poços existentes nas concessões das Minerações Catalão e Copebrás, o que permite avançar no conhecimento da situação atual.

Informações fornecidas por Ferreira (2008)⁵⁰ confirmam que a topografia original da área da mina quando a Copebrás iniciou as atividades de lavra estava na cota de 900 m. O lençol freático foi atingido na cota 840 m. A vazão média drenada na mina é de, aproximadamente, 700 m³/h, sendo que na mina da Fosfertil a vazão aproximadamente drenada é de 2,000 m³/h. Atualmente existem atividades de extração mineral na cota de 870 m, na parte mais profunda da mina. A previsão é chegar nos 840 metros de lavra uniforme da cava.

A Fosfertil trabalha com duas frentes de lavra, sendo a altitude inicial na Frente 1, de 843 m e na Frente 2, 883 m. O lençol freático foi atingido na cota de 803 m de altitude. Atualmente a lavra encontra-se nas cotas de 765 m e 783 metros para as Frentes 1 e 2, respectivamente. Há previsão de lavra na Frente 1 até a cota 763, por conta da exaustão mineral. Pode-se chegar aos 733 metros de exploração na Frente 2, com bombeamento da água subterrânea, considerando, para ambos os casos a tecnologia atual envolvida no processo (FERNANDES, 2008)⁵¹.

De acordo com as informações disponibilizadas por Baecker, em 2001, então geólogo da Mineração Catalão de Goiás Ltda⁵², baseadas no monitoramento mensal em 08 poços tubulares distribuídos nos arredores das minas e cursos d'água adjacentes (Figura 72), a área de recarga do Domo compreende um diâmetro de 6 km, coberta por solos com espessura média de 80 m, estando o aquífero original situado em, aproximadamente, 40 m de profundidade no nível de 845 m de altitude.

⁵⁰ FERREIRA, A.J.D. Gerência de Mineração da Anglo American do Brasil / Copebrás. Informações fornecidas por e-mail em 12/03/2008, às 10:23:52.

⁵¹ FERNANDES, M. Téc. Mineração/Fosfertil. Informações fornecidas por e-mail, em 12/03/2008.

⁵² BAECKER, M.L. Informações fornecidas pessoalmente no ano de 2001.

mascarando o efeito das florestas de eucalipto e alimentando opiniões inconsistentes pautadas no senso comum.

Historicamente o entorno das sub-bacias, como apresentado no capítulo anterior, é caracterizado pela substituição da vegetação típica de cerrado por pastagem extensiva. Ao norte, no divisor topográfico, a pastagem foi substituída pelo plantio de soja irrigado por pivô e ao sul, na margem direita do Córrego Taquara dos Cláudios, a substituição da pastagem e de algumas áreas de agricultura por eucalipto ocorreu no final da década de 1990.

O Mapa elaborado (Figura 73) mostra o uso da terra atual nas duas sub-bacias. A área em lilás, antes ocupada com soja, foi recentemente adquirida pela Copebrás e será utilizada para o plantio de florestas de eucalipto.

A sub-bacia com eucalipto teve sua cobertura vegetal original transformada em pastagem no início da década de 1980, sendo florestada em 2001. No final do período de monitoramento da vazão a floresta se encontrava com 04 anos de idade.

O efeito quantitativo e qualitativo de uma pastagem deteriorada na escala da bacia hidrográfica, comparativamente ao de uma floresta de eucalipto foi avaliado por Mosca e Lima (2003) em duas bacias experimentais pareadas, localizadas no município de Bofete/SP. Observaram que, para um período de dois anos de monitoramento, embora a evapotranspiração tenha sido inferior no caso da gramínea *Brachiaria decumbens* as perdas por escoamento superficial foram consideravelmente superiores levando a menores taxas de infiltração da água no solo, menor recarga do lençol freático e maior oscilação da vazão no decorrer do ano hídrico, ou seja, a uma desregularização da vazão chegando ao quase secamento no período de estiagem.

As perdas de sedimentos e a deterioração da qualidade da água do deflúvio também foram avaliadas, sendo significativamente mais expressivas para a sub-bacia com pastagem. A sub-bacia com eucalipto apresentou maior consumo de água por evapotranspiração, mas uma capacidade de resiliência mais elevada em eventos pluviais intensos, contribuindo para a manutenção dos processos hidrológicos, regularização da vazão e maior qualidade da água, sendo a perda de sedimentos bastante inferior.

De fato, a pastagem extensiva e as atividades agropecuárias no geral têm causado grandes desarranjos nos fluxos e estoques de energia e biomassa dos ecossistemas de Cerrado, Pesquisas desenvolvidas junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, da Universidade Federal de Goiás (CIAMB-UFG), estimam que 50 mil hectares de solos arenosos no Sudoeste goiano estejam degradados.

Os principais processos de degradação de áreas naturais no Estado se associam à atividade agropecuária, sob forma de erosões lineares de grande porte e de erosão laminar difusa, que causa a degradação de grandes extensões. Grandes ravinamentos e voçorocamentos em Goiás ocorrem em áreas de maior fragilidade ambiental, sem áreas de preservação permanente, sob regime intensivo de irrigação, e sem aplicação de práticas de conservação dos solos. Da mesma forma, a pecuária extensiva em áreas de baixa capacidade de lotação e a agricultura sem planejamento vem gerando ambientes arenizados, de baixa produtividade e difícil recuperação ambiental (2005, p.15).

Pode-se verificar, portanto, que o uso tradicional da terra para fins de pecuária extensiva, tal como é desenvolvido na região de Catalão, se constitui num fator de redução da infiltração da água no solo ao longo do tempo, contribuindo também para a redução da vazão e transformação de cursos d'água perenes em intermitentes, num processo que se mostra sensível a médio e longo prazo, dependendo das características e tamanho da bacia hidrográfica.

Esse processo, iniciado há aproximadamente quatro décadas e se tornado mais intenso nas duas últimas pode ser verificado empiricamente através do secamento e migração de nascentes e também confundido com os possíveis efeitos das florestas plantadas nas fazendas limítrofes aos projetos de florestamento com eucalipto e em todo o Estado.

Na parte baixa da sub-bacia com eucalipto, sentido Sul, a Copebrás mantém sete poços captando a vazão média anual de 10 m³/h. A água é bombeada para o Terminal da empresa e utilizada nos processos de beneficiamento do minério de fosfato.

Acredita-se que esse fator tenha contribuído para o sensível rebaixamento do nível freático e conseqüente secamento do poço piezométrico e da nascente no período monitorado, embora não tenha sido possível separar e quantificar claramente a interferência dos demais processos e mecanismos hidrológicos de infiltração e recarga da água subterrânea e das perdas

evapotranspirativas. No último caso contribuiu os problemas apresentados no limnógrafo instalado na sub-bacia com eucalipto.

Considerado o contexto no qual a análise hidrológica se insere, passa-se a apresentar e discutir os resultados obtidos no período de monitoramento das sub-bacias experimentais.

7.3.2.1 Água Subterrânea

Os resultados obtidos nos quatro poços piezométricos perfurados nas sub-bacias monitoradas, conforme descrito na Metodologia, expressam três anos e meio de medições do nível estático (N.E.)⁵⁴. Tendo-se a profundidade de cada poço, obtém-se pela diferença, a variação da coluna de água (C.A.).

As medições foram realizadas bimestralmente nos anos de 2003 e 2004 e mensalmente em 2005 e no primeiro semestre de 2006. Nenhum dos poços perfurados é jorrante.

Pode-se verificar na Tabela 23 que a oscilação da coluna de água foi menor nos poços A e B da sub-bacia com Cerrado, sendo que no primeiro a variação foi mínima (0,44 m), incluindo os meses de seca.

O poço B (mais profundo), com uma variação de 2,02 metros na coluna de água também respondeu discretamente aos períodos mais úmidos, apresentando ligeira subida, praticamente se estabilizando com a retomada dos períodos secos.

O poço C da sub-bacia com Eucalipto foi o que apresentou maior variação na coluna de água (6,40 m), respondendo visivelmente aos meses mais chuvosos e tendendo a um decréscimo ao longo do período monitorado.

O poço D apresentou decréscimo na coluna de água para os três primeiros meses de 2003 secando em seguida. Não foi observado, mesmo com os períodos chuvosos, recuperação do nível da coluna de água.

⁵⁴ Nível Estático é a altura, medida em metros, do nível zero de profundidade do poço no nível do solo até a altura da coluna de água.

Tabela 18 – Variação da água subterrânea nas duas sub-bacias monitoradas.

Mês/Ano	C.A. (m)	N.E. (m)	C.A. (m)	N.E. (m)	C.A. (m)	N.E. (m)	C.A. (m)	N.E. (m)
	Cerrado A		Cerrado B		Eucalipto C		Eucalipto D	
jan-03	13,98	0,02	9,67	11,83	6,80	9,20	1,79	10,91
mar-03	13,97	0,03	9,70	11,80	9,80	6,20	1,75	10,95
mai-03	13,97	0,04	9,72	11,78	7,08	8,92	1,36	11,34
jul-03	13,64	0,36	10,74	10,76	7,13	8,87	12,70	-
set-03	13,64	0,36	10,64	10,86	5,54	10,46	12,70	-
nov-03	13,70	0,30	10,16	11,34	5,27	10,73	12,70	-
fev-04	14,00	0,00	10,57	10,93	9,65	6,35	12,70	-
abr-04	13,97	0,03	10,53	10,97	8,52	7,48	12,70	-
jun-04	13,66	0,34	10,47	11,03	7,77	8,23	12,70	-
ago-04	13,61	0,39	10,42	11,08	6,30	9,70	12,70	-
nov-04	13,60	0,40	10,30	11,20	5,50	10,50	12,70	-
jan-05	13,96	0,04	10,70	10,80	6,58	9,42	12,70	-
fev-05	14,00	0,00	11,01	10,49	7,59	8,41	12,70	-
mar-05	13,98	0,02	11,34	10,16	8,45	7,55	12,70	-
abr-05	13,85	0,15	11,39	10,11	7,53	8,47	12,70	-
mai-05	13,82	0,18	11,69	9,81	7,13	8,87	12,70	-
jun-05	13,79	0,21	11,32	10,18	6,20	9,80	12,70	-
jul-05	13,72	0,28	11,17	10,33	6,21	9,79	12,70	-
ago-05	13,70	0,31	10,86	10,64	5,60	10,40	12,70	-
set-05	13,63	0,38	10,58	10,92	5,34	10,66	12,70	-
out-05	13,56	0,44	10,28	11,22	5,15	10,85	12,70	-
nov-05	13,71	0,29	10,32	11,18	5,12	10,88	12,70	-
dez-05	13,77	0,23	10,52	10,98	6,16	9,84	12,70	-
jan-06	13,97	0,03	10,57	10,93	6,35	9,65	12,70	-
fev-06	13,98	0,02	10,70	10,80	6,58	9,42	12,70	-
mar-06	13,79	0,21	10,74	10,76	6,50	9,50	12,70	-
abr-06	13,70	0,30	11,25	10,70	3,40	12,60	12,70	-
mai-06	13,56	0,44	10,85	10,65	5,60	10,40	12,70	-
jun-06	13,73	0,27	11,00	10,50	4,70	11,30	12,70	-

Para o monitoramento do nível estático no período de três anos e meio verificou-se maior instabilidade na variação da coluna de água na sub-bacia com eucalipto (Figura 74).

Figura 74. Variação do nível estático dos quatro poços piezométricos monitorados.

Moster (2007), em avaliação hidrológica da zona ripária através da análise da água subterrânea ao longo das vertentes de uma sub-bacia experimental, localizada na Estação Experimental de Itatinga/SP, com área de 85,81 ha plantada com eucalipto desde 1940, verificou que poucas flutuações da água subterrânea ocorreram durante o ano hidrológico estudado (maio/05 a abril/06). Os resultados também indicaram que a floresta plantada, estando com nove anos de idade, não alterou o nível da água subterrânea durante o monitoramento do nível freático, nem apresentou altas concentrações nas variáveis químicas avaliadas, em todos os transectos.

De acordo com Lima (1996), a partir de resultados obtidos por diversos trabalhos (HEWLETT e NUTTER, 1969; WILDE et al., 1953; TROUSDELL e HOOVER, 1955; ADAMS et al., 1972; URIE, 1971; BIRYUKOV, 1968), em locais onde o lençol freático é superficial (zona ripária, planícies costeiras, áreas alagadiças, entre outros), a cobertura florestal realmente provoca, pela evapotranspiração, um rebaixamento do lençol freático. Nestas mesmas áreas, o corte da floresta pode frequentemente, resultar na subida do lençol freático, o que requer manejo diferenciado conforme as demandas locais e regionais.

O modelo (Figura 75) extraído de Lima (1996) sobre os mecanismos atuantes e terminologias relativas à água subterrânea, pode contribuir para o

entendimento dos resultados constatados anteriormente e corroborar a hipótese de que o monitoramento da água subterrânea através dos poços piezométricos perfurados na área de estudo, referem-se ao aquífero freático e não ao aquífero subterrâneo considerando a profundidade máxima dos poços, sendo de 21,50 metros (divisor topográfico da sub-bacia com cerrado).

Figura 75. Modelo ilustrativo dos mecanismos associados à água subterrânea, com destaque para a provável situação na qual se encontrariam os poços monitorados na área de estudo.

De acordo com o modelo, o aquífero freático seria, conforme sua profundidade, mais ou menos vulnerável a ações antrópicas associadas nos casos mencionados por Lima (op. Cit.) à cobertura vegetal, contaminação por resíduos químicos ou mesmo a retirada constante de água por bombeamento acima da capacidade de suporte do sistema. Isso remete a outro aspecto importante a ser considerado na análise: é que além dos poços existentes exclusivamente para fins de monitoramento da pesquisa, outros sete poços foram perfurados na área e estão em operação pela Copebrás. Todos eles estão localizados na parte baixa da sub-bacia com eucalipto. Os poços da empresa e a quantidade de água outorgada retirada diariamente podem ser verificados na Tabela 19.

Tabela 19 – Vazão retirada dos poços piezométricos localizados na parte baixa da sub-bacia com Eucalipto.

Período	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Vazão Total
	Vazão (m³/h)							
Jun/03	1,29	4,23	0,81	1,42	*	1,97	3,42	13,14
Ago/03	0,74	1,64	0,57	1,09	3,67	1,07	***	8,78
Dez/03	0,45	1,50	0,60	1,16	3,60	****	6,67	13,98
Jan/04	****	1,37	0,36	0,79	2,90	****	4,00	9,42
Mar/04	0,80	***	0,63	1,47	3,53	****	4,61	11,04
Abr/04	****	1,28	0,46	0,91	3,99	****	4,50	11,14
Jun/04	2,70	1,10	0,45	0,76	3,00	****	3,80	11,81
Nov/04	0,50	0,90	0,26	0,60	2,80	****	3,46	8,52
Nov/04	0,60	0,80	0,24	0,80	2,60	****	3,16	8,20
Fev/05	0,75	***	0,68	0,66	2,77	****	3,46	8,32
Mar/05	0,60	***	0,38	0,90	3,33	****	4,50	9,71
Mai/05	0,49	1,90	0,27	0,54	2,76	****	2,57	8,53
Jun/05	0,70	3,15	0,20	0,95	3,52	****	2,90	11,42
Set/05	0,41	0,82	0,20	0,45	2,57	****	2,18	6,63
Out/05	0,47	***	0,27	0,51	2,99	****	2,25	6,50
Nov/05	0,60	***	0,50	0,70	4,00	****	4,70	10,50
Total	11,10	18,69	6,89	13,71	48,03	3,04	56,18	157,64

* Parado com circuito (marimbondo na parte elétrica).

** Sem pontos de medição.

*** Bomba em manutenção.

**** Possível assoreamento, poço desativado.

Verifica-se que dos sete poços cinco apresentaram alguma intermitência (P1, P2, P5, P6 e P7) e destes, dois (P1 e P6) foram desativados. Os demais tiveram sensível diminuição na quantidade de água retirada por conta da redução na vazão do aquífero (Figura 76).

Figura 76. Poços piezométricos e vazão captada da sub-bacia com Eucalipto, pela Copebrás.

Quando avaliada a quantidade total de água captada nos sete poços para o período de dois anos (2003 a 2005), observa-se uma tendência a redução exatamente por conta da limitação imposta pelo sistema indicando uma redução da vazão do aquífero freático (Figura 77).

Figura 77. Quantidade total de água subterrânea captada da sub-bacia com eucalipto pela Copebrás.

Observa-se, portanto, que neste caso os limites de capacidade do suporte do ambiente estão sendo excedidos para além do limiar. Quando isso acontece a unidade de paisagem não está mais com condições de se auto-reproduzir enquanto natureza acumulando mais insustentabilidade da natureza, a menos que a retroalimentação positiva possa cessar.

O secamento do poço piezométrico D perfurado no divisor topográfico da sub-bacia com eucalipto parece, deste modo, estar mais associado ao bombeamento e retirada diária da água subterrânea para sua utilização nos processos de beneficiamento do minério de fosfato realizados no Terminal da Copebrás. Caso contrário, se relacionado ao efeito da floresta de eucalipto, o poço piezométrico C, com uma coluna de água mais superficial, provavelmente sofreria decréscimo semelhante chegando ao secamento.

Sugere-se a elaboração de um Estudo e Relatório de Impacto Ambiental integrado compreendendo as três mineradoras a fim de avaliar as alterações ambientais com implicações na sustentabilidade da paisagem, superando a visão pontual e individualizada dos impactos.

7.3.2.2 Caracterização Hidrológica

A análise da série hidrológica dos dados medidos de entradas e saídas de água no sistema da sub-bacia com Cerrado permitiu calcular o balanço hídrico, considerando o ano civil, para os anos de 2003, 2004 e 2005 (Tabela 20).

Tabela 20 – Balanço hídrico anual para a sub-bacia com cerrado.

Sub-bacia com Cerrado				
Ano	P (mm)	Q (mm)	EP (mm)	EP (%)
2003	1.211,1	114,0	1.097,1	91
2004	1.333,6	100,2	1.233,4	92
2005	1.372,0	84,5	1.287,5	94

De um modo geral, estudos (LIMA, 1996) mostram que as perdas médias por evapotranspiração correspondem entre 60 e 70% da precipitação total considerada, de 10 a 15% é interceptado pelas copas e restante esco superficialmente.

Agregando as porcentagens interceptadas pelas copas, percebe-se que os valores encontrados para a sub-bacia com cerrado apresentam normalidade.

Observa-se que o ano de 2003 apresentou a menor taxa de evapotranspiração associada ao ano com menor quantidade de chuva, aproximando-se da taxa obtida no balanço hídrico regional de Thorntwaite, que foi de 1.050 mm. Este mesmo ano apresentou também o maior desvio pluviométrico médio anual (18%) da Normal. Nos dois anos seguintes a evapotranspiração verificada foi um superior a 2003. De um modo geral, houve redução da vazão medida de 2003 a 2005 com ligeiro aumento das porcentagens de evapotranspiração para a vegetação nativa de cerrado.

Para uma sub-bacia com eucalipto localizada sob condições de clima mesotérmico úmido, no interior do Estado de São Paulo, Câmara e Lima (1989) observaram através do balanço hídrico de massas, perdas de água por evapotranspiração da ordem de 1.061 mm antes do corte da floresta de eucalipto e 1.216 mm após o corte. Este aumento no consumo de água pela floresta após o corte foi considerado baixo em relação a plantações mais jovens, assim como valores normais de evapotranspiração.

A Figura 78 mostra a série histórica de vazão e precipitação para os anos mencionados. Os dois momentos que aparecem com vazão média uniforme no gráfico se referem aos períodos em que os aparelhos apresentaram problemas.

Embora se tenha perdido a resposta dos picos de vazão, não houveram prejuízos quanto ao volume medido.

Figura 78. Série histórica do deflúvio e da precipitação para a sub-bacia com Cerrado.

A variação sazonal da vazão na sub-bacia com cerrado apresentou-se bastante regular, com ligeiro decréscimo no período seco e aumento gradativo com as chuvas, o que é natural para um ambiente não perturbado.

Esse padrão de variação da vazão superficial resulta também da regularidade apresentada na movimentação da água subterrânea, indicando um efeito importante do escoamento base na regularização da vazão e da importância da cobertura vegetal associada para a redução do escoamento superficial.

Os dados de precipitação e deflúvio utilizados para a geração do hidrograma representativo da sub-bacia com eucalipto para o período de dezembro de 2002 a agosto de 2003 estão mostrados na Tabela 21 e na Figura 79.

Tabela 21 – Precipitação e deflúvio medidos na sub-bacia com eucalipto.

Período	P (mm)	Q (mm)
Dez/02	299,6	15,9
Jan/03	413,3	19,0
Fev/03	88,8	15,5
Mar/03	213,8	18,7
Abr/03	75,1	16,9
Mai/03	10,4	15,9
Jun/03	0,0	15,6
Jul/03	6,2	18,0
Ago/03	3,4	11,7
Total	1.110,6	147,3

Figura 79. Série histórica do deflúvio e da precipitação para a sub-bacia com Eucalipto.

A vazão média da sub-bacia com eucalipto (1,28 l/s) para o período considerado (6 meses) foi superior ao valor observado na sub-bacia com cerrado (0,58 l/s), embora as áreas de contribuição sejam pequenas em ambas as sub-bacias. Isso mostra a importância dos pequenos canais e bacias hidrográficas na produção e abastecimento de água das bacias para as quais escoam, sendo importante o uso e manejo corretos para a manutenção da integridade do sistema.

Como não se dispõe de uma base de dados de vazão e precipitação diários para períodos anteriores associados ao uso da terra com pastagem, fica difícil atribuir ao eucalipto qualquer efeito nas perdas por evapotranspiração ou

na redução do deflúvio, embora a análise dos dados do monitoramento da água subterrânea associada àqueles apresentados na revisão de literatura e na análise das hidrógrafas sejam esclarecedores. Explicam, inclusive, a intermitência observada no riacho da sub-bacia com eucalipto no final do período seco de 2003.

Embora não tenha sido possível avaliar, comparativamente, através do balanço de massas das sub-bacias monitoradas as perdas evapotranspirativas anuais, pelos motivos expostos, passa-se a avaliar as respostas hidrológicas das sub-bacias aos mesmos eventos de precipitação, a fim de compreender sua dinâmica de funcionamento.

Mello (2003) explica que quando há alta umidade antecedente, conseqüentemente há maiores deflúvios, perdas de solo, vazões de pico e duração do escoamento.

A Figura 80 apresenta as hidrógrafas de ambas as bacias correspondente a chuva do dia 26/03 de 40,6mm, tendo precipitado 45 mm nos 5 dias antecedentes.

É possível observar que a sub-bacia com cerrado tem uma resposta hidrológica mais rápida iniciando a subida da hidrógrafa 16 minutos antes da sub-bacia com eucalipto. O pico do escoamento também foi alcançado mais rapidamente, embora a liberação da água e retorno à vazão média anterior tenha levado 11 horas a mais que na sub-bacia com eucalipto.

Considerando que a sub-bacia com eucalipto possui uma vazão mais elevada, essa resposta indica uma menor taxa de infiltração da água no solo e predomínio do escoamento superficial. Afeta, diretamente, a comunidade aquática, conforme observado na diversidade e quantidade reduzida de macroinvertebrados bentônicos no canal, pois o substrato é logo removido.

O retardo no início da hidrógrafa da sub-bacia com eucalipto pode ser explicado pelo efeito de interceptação das copas, menor no cerrado por conta da irregularidade e forma da copa das árvores.

Figura 80. Hidrógrafas referentes à chuva do dia 27/03/2003.

No dia 09/03/2005 choveram 39,6 mm antecidos por apenas 0,4 mm precipitados no dia 08/03/2005.

A resposta hidrológica (Figura 81) é bastante semelhante a do evento anterior, sendo mais rápida a subida da hidrógrafa e o pico na sub-bacia com cerrado, seguido de liberação mais lenta da água infiltrada pelo deflúvio. Ou seja, a água leva mais tempo para chegar no canal do riacho da sub-bacia com eucalipto por conta da interceptação, mas escoar mais rapidamente.

Figura 81. Hidrógrafas referentes à chuva do dia 03/03/2005.

Para o dia 28/03/2005, a menor precipitação dos três eventos (37,8 mm) gerou o mesmo padrão de resposta da hidrógrafa (Figura 82) observado nos dois eventos anteriores, entretanto a liberação da água foi mais lenta na sub-bacia com eucalipto.

Há que observar que em março o solo encontra-se bastante saturado e as chuvas, embora tendam a diminuir são bastante freqüentes, o que torna as bacias bastante sensíveis às menores precipitações.

Figura 82. Hidrógrafas referentes à chuva do dia 28/03/2005.

A maior capacidade de retenção de água no solo proporcionada pela cobertura vegetal de cerrado provocou efeito-tampão, amenizando os picos de vazão nos períodos de pluviosidade mais elevada. Resultado semelhante foi observado por Cardoso et al. (2006) em floresta preservada localizada no município do Rio de Janeiro.

A amortização dos picos das hidrógrafas da sub-bacia com cerrado observados, pode estar relacionada a existência de uma ligeira planície que se forma cerca de 100 metros à montante do vertedor, originando uma considerável área variável de afluência, quando analisado em conjunto com o mapa da área variável de afluência. Esta exerce um papel de regulação do escoamento sub-

superficial que alimenta o riacho. Esse fato foi determinante também para explicar as mínimas variações da água subterrânea observadas no poço A, localizado poucos metros à esquerda do vertedor.

Numa escala de análise topológica, em avaliação comparativa do armazenamento de água no solo sob vegetação de cerrado e sob eucalipto nos espaçamentos de 3x2m, 3x3m, 3x4m, 3x5m, 4x2,25m, 5x1,8m, 6x1,5m e 9x1m, no município de Bocaiúva (MG), Assis (1996) constatou que os espaçamentos mais amplos (3x4m e 3x5m) foram os mais conservadores de água no solo, principalmente no período de chuva, enquanto que o espaçamento de 3x2m proporcionou uma relação mais estreita entre os valores armazenados na linha e entre linha de plantio.

Zinn (1998), avaliando plantações de eucalipto e pinus sob condições de Cerrado no município de Uberlândia/MG, conclui que a água disponível parcial do solo não foi influenciada pelo plantio das florestas de rápido crescimento.

Tendo em vista o espaçamento predominante utilizado no plantio das florestas pela Copebrás, que é de 3,5x2,38m e prolongado período seco característico do clima local/regional, recomenda-se que a densidade de árvores por unidade de área possa ser reduzida gradativamente respeitando-se potencialidades e fragilidades do sistema.

Para uma maior compreensão dos processos hidrológicos atuantes na área de estudo e que subsidiem tomadas de decisão em longo prazo com o propósito de assegurar os usos múltiplos proporcionados pelos serviços ambientais da bacia e a perpetuação de seus processos, uma base de dados pluviométricos e hidrológicos com séries históricas somadas a gerada nesta pesquisa é indispensável, dada a complexidade e importância que envolve o tema.

As causas do secamento do poço D da sub-bacia com eucalipto logo no início do monitoramento, em julho de 2003, não são decorrentes da cobertura vegetal atual, uma vez que a conversão de pasto para eucalipto aconteceu em novembro de 2002. A floresta estaria muito jovem para efetuar um consumo de água nessa dimensão, o que eliminaria também a hipótese de as raízes das árvores terem atingido a profundidade média de 12 metros neste intervalo de tempo. Além disso, o poço C embora tenha apresentado uma tendência à

diminuição da coluna de água, mais superficial e próxima ao riacho, não sofreu um rebaixamento tão drástico.

Para tanto o monitoramento através do método de bacias pareadas, nesse caso, deve ser tomado como instrumento determinante para a avaliação dos impactos das ações e interferências, tanto aquelas relacionadas ao manejo da floresta quanto às voltadas diretamente para o bombeamento da água subterrânea a ser utilizada nos processos industriais.

7.3.2.3 Qualidade da água

Para os dados de qualidade da água dos riachos das sub-bacias considerou-se o período de fevereiro de 2003 a novembro de 2006. Os resultados são apresentados a seguir. Primeiramente são apresentados aqueles utilizados para a caracterização geral da qualidade da água no sistema: pH (Figura 83), alcalinidade (Figura 84), cor aparente (Figura 85), Fe (Figura 86) e CO₂ (Figura 87).

O pH não apresentou muita variação entre as unidades amostrais e nem entre os períodos secos e chuvosos, estabilizando-se entre 6 e 7, associados a uma alcalinidade ligeiramente mais básica no cerrado. Variação semelhante foi observada por Donadio, Galbiatti e Paula (2005) para nascentes associadas a diferentes usos da terra. Os autores citam que valores de referência correspondentes a 7 estão associados a águas puras; para águas superficiais os valores variam entre 4 e 9.

Figura 83. Valores mensais de pH determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada.

A alcalinidade representa a capacidade que um sistema aquoso tem de neutralizar ácidos a ele adicionados. Esta capacidade depende de alguns compostos, principalmente bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Nesse aspecto a sub-bacia com cerrado apresenta maior resiliência por apresentar valores ligeiramente superiores.

Figura 84. Valores mensais de alcalinidade determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada.

As altas taxas de coloração verificadas na sub-bacia com vegetação nativa decorrem das elevadas concentrações de óxidos de ferro presentes no solo, associadas à abundância de matéria orgânica em decomposição, com uma variação praticamente constante no decorrer do ano. Neste caso não se trata de um impacto negativo, antes exibe a dinâmica natural do ecossistema em estado de equilíbrio dinâmico, característica dos pequenos cursos de água perenes em ambientes de cerrado, com presença de mata ciliar protegida.

Figura 85. Valores mensais de cor aparente determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada.

As águas que contêm ferro caracterizam-se por apresentar cor elevada e turbidez baixa. Os flocos formados geralmente são pequenos, ditos "pontuais", com velocidades de sedimentação muito baixa, característica típica do riacho com cerrado (Figura 86).

As concentrações de ferro provavelmente decorrem das altas taxas encontradas no solo, típica dos solos de cerrado.

Figura 86. Valores mensais de Ferro determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada.

As concentrações de Carbono (Figura 87) nas águas do riacho da sub-bacia com cerrado foram superiores as verificadas na sub-bacia com eucalipto, sendo ligeiramente mais estáveis nesta última. O resultado demonstra o esperado para um ambiente não perturbado e embora a sub-bacia com eucalipto tenha apresentado valores inferiores (naturalmente) é interessante observar que a variação em ambas as sub-bacias, inclusive para os picos, é bastante semelhante.

Figura 87. Valores mensais de Gás Carbônico determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada.

A análise dos parâmetros considerados indicadores das alterações decorrentes das atividades e operações de manejo florestal são apresentados a seguir para Sedimentos em suspensão (Figura 88), Turbidez (Figura 89), Condutividade elétrica (Figura 90), Mg (Figura 91), Ca (Figura 92), Nitrato (Figura 93), P (Figura 94) e K (Figura 95).

Câmara, Lima e Zákia (2006) apresentam para os indicadores determinados alguns índices que servem como referência de alteração, expressos na Tabela 22.

Tabela 22 – Intervalos de confiança estimados por Lima, Câmara e Zákia (2006) para variáveis indicadoras da qualidade do manejo florestal em sub-bacias com floresta secundária e eucalipto, localizadas em Imperatriz, MA.

Indicador	Floresta secundária		Eucalipto	
Nitrato (mg.L ⁻¹)	0,60	0,35	1,30	0,75
Fósforo (mg.L ⁻¹)	0,03	0,015	0,13	0,07
Potássio (mg.L ⁻¹)	4,25	3,75	3,00	2,55
Cálcio (mg.L ⁻¹)	3,60	2,75	2,05	1,55
Magnésio (mg.L ⁻¹)	2,85	2,50	1,00	0,75
Turbidez (FTU)	11,00	7,50	52,50	33,50
Sedimentos em suspensão (mg.L ⁻¹)	16,50	9,15	51,80	36,30
Condutividade (µg.cm)	100	90	80	60

Sedimentos em suspensão é o material particulado não dissolvido, encontrado suspenso no corpo d'água, composto por substâncias inorgânicas e orgânicas, incluindo-se aí os organismos planctônicos (fito e zooplâncton). Influencia principalmente na diminuição da transparência da água, impedindo a penetração da luz.

Cogo (2005) verificou que as alterações nas taxas respiratórias (consumo de oxigênio) sugerem que não somente a concentração dos sedimentos em suspensão foram fatores determinantes no metabolismo aquático dos rios monitorados em sua pesquisa, mas também, à quantidade e qualidade do Carbono Orgânico Dissolvido alteram toda a dinâmica do ecossistema fluvial.

As concentrações de sedimentos em suspensão, embora tenham variado de modo semelhante nas duas sub-bacias (Figura 86), pode ser mais indicadora de perturbação na sub-bacia com eucalipto, pois estão relacionadas às práticas de manejo, contribuindo sobretudo a área de cascalheira localizada na parte alta da sub-bacia, as estradas e carregadores florestais. O aporte de sedimentos no poço tranquilizador de fluxo do vertedor foi intenso nos períodos de chuva, chegando a assoreá-lo inúmeras vezes, dificultando, inclusive a quantificação das

perdas de sedimentos por ultrapassarem o volume comportado pela caixa, e chegando na marca dos 50 cm da régua linimétrica. Para tanto optou-se por amostrar os sedimentos através de alíquotas da água do riacho.

Das quatro limpezas realizadas no vertedor com eucalipto para retirada de sedimentos, na sub-bacia com cerrado o material acumulado composto por uma camada de folhas, galhos e argila não ultrapassou 15 cm da base do poço.

Figura 88. Valores mensais de sedimentos em suspensão determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada.

Os elevados valores de turbidez (Figura 89) verificados na sub-bacia com vegetação nativa se devem a alta concentração de matéria orgânica, folhas e restos vegetais, em decomposição, encontradas ao longo do ano no canal do riacho. O que altera também os valores de cor aparente da água e sedimentos em suspensão.

Arcova e Cicco (1994) constataram valores superiores de turbidez em sub-bacias com uso agrícola associado, quando comparados aos valores observados em sub-bacias florestadas e explicam que na ausência de chuvas há, provavelmente, uma maior influência de material orgânico em suspensão produzido pela vegetação florestal sobre a turbidez, que o material mineral proveniente dos solos agrícolas.

Figura 89. Valores mensais de turbidez determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada.

A condutividade elétrica da água pode variar de acordo com a temperatura e a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas. Em geral, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados e conferir características corrosivas da água. Os baixos valores de condutividade observados nas sub-bacias (Figura 90) indicam a interferência pouco expressiva do intemperismo químico, refletindo pequenas quantidades de íons em solução. Para Arcova e Cicco (1994) baixos valores de condutividade podem também estar associados a solos quimicamente pobres.

Figura 90. Valores mensais de condutividade determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada.

Exatamente como observado por Thomaz et al. (2001) a alcalinidade está altamente correlacionada com a condutividade elétrica, sugerindo que o bicarbonato de magnésio e cálcio encontram-se entre os principais íons que determinam a condutividade (Figura 91 e Figura 92).

Figura 91. Valores mensais de Magnésio determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada.

Em águas naturais geralmente as concentrações de cálcio são inferiores a 15 mg.L^{-1} . Com exceção da crescente concentração observada na sub-bacia com cerrado entre junho e outubro de 2003, no geral os valores oscilaram entre 1 e 3 mg.L^{-1} .

Figura 92. Valores mensais de Cálcio determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada.

Concentrações de nitrato em águas naturais são usualmente menores que 10 mg/L. Concentrações elevadas, da ordem de grandeza de 100 e 25.000 mg/L, podem indicar a ocorrência de águas termais e salmouras, respectivamente. Concentrações médias ligeiramente inferiores a 0,5 mg/l⁻¹ foram observadas para a sub-bacia com eucalipto (Figura 93), de modo muito semelhante ao verificado por MOSCA (2003) em uma sub-bacia experimental de 50 ha localizada em Bofete/SP, coberta com eucalipto na idade entre 8 e 12 anos. Para a uma cobertura de pastagem as concentrações médias observadas foram de 6 mg/l.

Figura 93. Valores mensais de Nitrogênio (nitrato) determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada.

Os compostos de fósforo são um dos mais importantes fatores limitantes à vida dos organismos aquáticos e sua manutenção em baixas concentrações é fundamental no controle ecológico das algas.

Segundo Lima, Câmara e Zákia (2006) por se tratar de um elemento ligado às camadas superficiais do solo, junto à matéria orgânica, ele pode chegar aos cursos de água via escoamento superficial. Ou seja, a redução da permeabilidade do solo e a conseqüente erosão levam ao aumento da concentração de fósforo nos cursos de água. Em regiões cujos solos apresentam baixas concentrações de fósforo, sua origem estará associada a decomposição de matéria orgânica proveniente de áreas adjacentes. Geralmente sua concentração em águas naturais está na ordem de 0,005 a 0,020 mg.L⁻¹ PO₄-P.

Observa-se que as concentrações em ambas as sub-bacias são extremamente reduzidas e estáveis (Figura 94). Para a sub-bacia com cerrado as concentrações variaram entre 0,02 e 0,21 mg.L⁻¹, enquanto que com eucalipto a variação foi de 0,03 a 0,6 mg.L⁻¹ com um pico de 15,90 mg.L⁻¹, associado a uma chuva de 118 mm.

Valores observados por Lima, Câmara e Zákia (2006) em uma sub-bacia com floresta adulta, no decorrer de 2 anos e 5 meses, estiveram entre 0,1 e 0,29 mg.L⁻¹ diferentemente daqueles observados por Mosca (2003) para uma sub-bacia com florestas de eucalipto entre 8 e 12 anos de idade, que variaram entre 0,0 e 0,82 mg.L⁻¹. A baixa velocidade da água favorecida pelo material orgânico proveniente da mata ciliar, e o reduzido volume de água no riacho criam condições propícias para aumento das concentrações de fósforo na água.

Figura 94. Valores mensais de fósforo determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada.

Pela ampla utilização do potássio como fertilizante, a drenagem das águas das chuvas, através do escoamento superficial, pode ser a principal fonte desse elemento nos cursos de água, estando as concentrações em águas naturais inferiores a 10 mg.L⁻¹.

Nas sub-bacias, de um modo geral, as concentrações permaneceram entre 2,0 e 3,0 mg.L⁻¹, à exceção de alguns picos com valores mais elevados para a sub-bacia com eucalipto (Figura 95).

Figura 95. Valores mensais de Potássio determinados para a água dos riachos das sub-bacias estudadas e precipitação associada.

A Tabela 23 mostra os valores de temperatura da água no momento das coletas de macroinvertebrados bentônicos, da condutividade elétrica e de oxigênio dissolvido para as duas sub-bacias. Observam-se valores reduzidos de Oxigênio Dissolvido na sub-bacia com cerrado, que são explicados pela existência de uma comunidade mais expressiva e diversa de macroinvertebrados bentônicos.

A temperatura da água não variou muito de uma unidade amostral para outra, descontando as variações sazonais. Isso porque a vegetação ciliar e a zona ripária encontram-se, em ambos os casos, relativamente preservadas, contribuindo para a manutenção dos processos vitais e servindo como zona de amortecimento para as operações florestais processadas na sub-bacia com eucalipto.

Arcova e Cicco (1999) avaliando, comparativamente a qualidade da água de sub-bacias com diferentes usos do solo na região de Cunha/SP, observaram que as sub-bacias com atividades agrícolas tiveram temperaturas mais elevadas durante os dois anos amostrados, tanto para as máximas, quanto para as mínimas mensais.

Nas sub-bacias florestadas a temperatura máxima não ultrapassou a marca de 20 °C. As outras sub-bacias, ao contrário, tiveram este valor suplantado por diversas vezes na primavera e verão.

Donadio, Galbiatti e Paula (2005) verificaram variações de temperatura da água de 17,5 a 19,8 °C em nascentes com vegetação natural remanescente, refletindo condições semelhantes de sombreamento dos cursos de água, proporcionadas pela cobertura vegetal, sendo que em nascentes cercadas com agricultura a temperatura variou de 20,2 a 22,6 °C.

Tabela 23 – Caracterização da temperatura, condutividade e oxigênio dissolvido nos pontos de amostragem de macroinvertebrados bentônicos para as duas sub-bacias monitoradas.

Data/Ponto	Sub-bacia com Cerrado			Sub-bacia com Eucalipto		
	T (°C)	Condutividade (µS)	OD (mg/L)	T (°C)	Condutividade (µS)	OD (mg/L)
26/6/2003						
P1	18,0	40,0	4,0	14,7	22,6	8,0
P2	18,6	41,0	2,7	14,8	26,5	8,1
P3	18,7	46,0	1,4	14,9	26,2	7,9
17/2/2004						
P1	22,1	42	4,5	23,0	33,0	6,0
P2	21,5	49	2,4	20,5	26,0	6,5
P3	21,7	53	1,7	20,6	33,0	6,5
20/8/2004						
P1	15,6	25,2	4,8	15,7	27,2	7,98
P2	15,6	32,4	3,13	15,8	24,4	7,61
P3	15,6	77,4	2,88	15,8	13,5	7,43
19/3/2005						
P1	21,2	0,7	6,75	22,5	1,7	7,21
P2	21,4	46,8	6,31	21,7	1,2	7,6
P3	21,4	0,4	6,04	21,5	10,4	7,21

Câmara e Fonseca-Gessner (2007) explicam que particularidades regionais e locais, assim como o tipo de solo, os regimes de vazão e de precipitação devem ser considerados na implantação e na interpretação dos resultados do monitoramento de macroinvertebrados, com o objetivo de identificar impactos relativos às atividades florestais realizadas nas sub-bacias, sob pena de comprometer a separação entre efeitos do manejo florestal e efeitos dos processos naturais do sistema aquático sobre os organismos bentônicos.

Os resultados observados para as sub-bacias estudadas são apresentados nas Tabelas 24, 25, 26 e 27. Tiveram a pretensão de oferecer uma caracterização geral quanto a diversidade e quantidade da comunidade de macroinvertebrados presentes nas duas unidades amostrais e relacioná-los aos demais parâmetros físico-químicos avaliados, não se preocupando em determinar índices estruturais específicos.

Observa-se que a sub-bacia com cerrado apresentou maior diversidade de espécies e número de indivíduos em todos os pontos monitorados e em todos

os períodos em comparação com aqueles organismos encontrados na sub-bacia com eucalipto.

A simplificação das comunidades encontradas na sub-bacia com eucalipto pode estar relacionada aos eventos de precipitação associados a picos de vazão mais intensos e maior produção de sedimentos.

De fato, picos altos em resposta a eventos de chuva podem desestabilizar o substrato, causando deslocamento dos organismos.

Esse aspecto, por outro lado, torna esses organismos bons indicadores das características de infiltração e percolação da água o solo, cuja alteração constitui um dos potenciais impactos do manejo florestal, especialmente associados a operações de colheita e preparo do solo. (CÂMARA e FONSECA-GESSNER, 2007).

Tabela 24 – Quantidade e diversidade total das espécies de macroinvertebrados bentônicos coletadas no ponto 1 da sub-bacia com cerrado.

Sub-bacia com Cerrado				
Ponto 1				
Filo	Classe	Ordem	Família	Indivíduos
		<i>Coleoptera</i>	<i>Dyticidae</i>	6
		<i>Coleoptera</i>	<i>Syrthidae</i>	1
		<i>Diptera</i>	<i>Culcidae</i>	1
		<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>	2
		<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	6
		<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	1
		<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiae</i>	1
		<i>Hemiptera</i>	<i>Belostomatidae</i>	1
		<i>Hemiptera</i>	<i>Gerriidae</i>	2
		<i>Orthoptera</i>	*	1
		<i>Ttrichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	1
		<i>Ttrichoptera</i>	<i>Odontoceridae</i>	5
<i>Platyhelminthes</i>	<i>Turbellaria</i>	*	*	1

Tabela 25 – Quantidade e diversidade total das espécies de macroinvertebrados bentônicos coletadas nos pontos de monitoramento 2 e 3 da sub-bacia com cerrado.

Sub-bacia com Cerrado				
Ponto 2				
Filo	Classe	Ordem	Família	Indivíduos
		<i>Coleoptera</i>	<i>Hydraenidae</i>	1
		<i>Coleoptera</i>	<i>Dyticidae</i>	1
		<i>Diptera</i>	<i>Sciomyzidae</i>	1
		<i>Diptera</i>	<i>Culcidae</i>	1
		<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>	10
		<i>Diptera</i>	<i>Simuliidae</i>	1
		<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	53
		<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	1
		<i>Hemiptera</i>	<i>Mesoveliidae</i>	2
		<i>Odonata</i>	<i>Libellulidae</i>	1
		<i>Orthoptera</i>	*	1
		<i>Ttrichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	1
<i>Annelida</i>	<i>Oligochaeta</i>	*	*	1
<i>Nematoda</i>	*	*	*	1
<i>Platyhelminthes</i>	<i>Turbellaria</i>	*	*	7
Ponto 3				
		<i>Coleoptera</i>	<i>Dyticidae</i>	1
		<i>Coleoptera</i>	<i>Hydraenidae</i>	1
		<i>Coleoptera</i>	<i>Syrthidae</i>	5
		<i>Coleoptera</i>	<i>Hydrophilidae</i>	1
		<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	66
		<i>Diptera</i>	<i>Culcidae</i>	2
		<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>	1
		<i>Diptera</i>	<i>Tipuliidae</i>	3
		<i>Diptera</i>	<i>Sciomyzidae</i>	1
		<i>Diptera</i>	<i>Tipuliidae</i>	4
		<i>Hemiptera</i>	<i>Veliidae</i>	6
		<i>Hemiptera</i>	<i>Belostomatidae</i>	1
		<i>Lepidoptera</i>	<i>Pyrallidae</i>	1
		<i>Ttrichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	3
<i>Platyhelminthes</i>	<i>Turbellaria</i>	*	*	8
<i>Annelida</i>	<i>Hirudinea</i>	*	*	15
<i>Annelida</i>	<i>Oligochaeta</i>	*	*	1

*não identificado

Tabela 26 – Quantidade e diversidade total das espécies de macroinvertebrados bentônicos coletadas no ponto de monitoramento 1 da sub-bacia com cerrado.

Sub-bacia com Eucalipto				
Ponto 1				
Filo	Classe	Ordem	Família	Indivíduos
		<i>Collembola</i>	<i>Isotomidae</i>	1
		<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	3
		<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	2
		<i>Hemiptera</i>	<i>Belostomatidae</i>	
		<i>Hemiptera</i>	<i>Gerriidae</i>	1
		<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	1
		<i>Ttrichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	9
		<i>Ttrichoptera</i>	<i>Odontoceridae</i>	1
<i>Annelida</i>	<i>Oligochaeta</i>	*	*	1

Tabela 27 – Quantidade e diversidade total das espécies de macroinvertebrados bentônicos coletadas nos pontos de monitoramento 2 e 3 da sub-bacia com cerrado.

Sub-bacia com Eucalipto				
Ponto 1				
Filo	Classe	Ordem	Família	Indivíduos
		<i>Collembola</i>	<i>Isotomidae</i>	1
		<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	3
		<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiae</i>	2
		<i>Hemiptera</i>	<i>Belostomatidae</i>	
		<i>Hemiptera</i>	<i>Gerriidae</i>	1
		<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	1
		<i>Ttrichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	9
		<i>Ttrichoptera</i>	<i>Odontoceridae</i>	1
<i>Annelida</i>	<i>Oligochaeta</i>	*	*	1
Ponto 2				
		<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	4
		<i>Hemiptera</i>	<i>Veliidae</i>	1
		<i>Diptera</i>	<i>Tipuliidae</i>	1
		<i>Ttrichoptera</i>	<i>Glossosomatidae</i>	1
		<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	3
Ponto 3				
		<i>Hemiptera</i>	<i>Veliidae</i>	2
		<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiae</i>	3
		<i>Ttrichoptera</i>	<i>Glossosomatidae</i>	1
		<i>Ttrichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	1
		<i>Ttrichoptera</i>	<i>Odontoceridae</i>	1
		<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	5
		<i>Hemiptera</i>	<i>Hebridae</i>	1
		<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>	1
		<i>Diptera</i>	<i>Stratiomyidae</i>	1
		<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	1
		<i>Coleoptera</i>	*	2

*não identificado

Consta-se que a sub-bacia com eucalipto apresentou ligeira perturbação para alguns parâmetros de qualidade da água avaliados, os quais são observados também na análise das hidrógrafas correspondentes aos eventos de chuva.

Os impactos associados decorrem das áreas com solo exposto e estradas florestais, que relacionadas ao tipo de solo, geram perdas significativas de sedimentos em suspensão, contribuem para redução da infiltração e aumento na velocidade e quantidade do escoamento superficial.

As conclusões obtidas em Donadio, Galbiatti e Paula (2005) foram corroboradas no presente estudo e admitem que a presença de remanescentes de vegetação ciliar auxilia na manutenção e integridade dos processos ecossistêmicos; os períodos de amostragem, assim como as características do solo e seus diferentes usos, influenciam na qualidade da água dos riachos.

Na sub-bacia com vegetação natural remanescente, a qualidade da água mostrou-se melhor que na sub-bacia com floresta de eucalipto, sendo as

variáveis cor, turbidez, alcalinidade e sedimentos as que mais explicaram essas diferenças, resultando na maior diversidade da comunidade de macroinvertebrados bentônicos para a sub-bacia com cerrado.

Espera-se que através de mais estudos integrados, um conjunto de indicadores apropriados para as escalas macro, meso e micro possa ser identificado a fim de contribuir para um melhor entendimento dos impactos das atividades humanas na área em estudo; auxiliar no processo de tomada de decisões, disponibilizando informação e dados consistentes; e propiciar um suporte mais efetivo no planejamento do uso e ocupação da terra e na implementação de melhores práticas de manejo.

Uma avaliação conjunta dos resultados das variáveis monitoradas no período da pesquisa mostra que, efetivamente, a resposta do sistema é sensivelmente percebida na escala da pequena bacia através dos registros efetuados, mostrando que algumas alterações podem ser corrigidas numa escala de tempo curta e viável.

Há que considerar, nos dizeres de Lima (1996), que os fatores envolvidos na origem e no funcionamento de uma nascente são complexos. Além disto, são poucos os trabalhos já realizados com o objetivo de se determinar os efeitos da vegetação sobre o fluxo de nascentes, especialmente no semi-úmido, para o caso do Cerrado e, conforme discutido anteriormente, práticas que tendem a diminuir a infiltração da água no solo tendem a reduzir a vazão das nascentes a médio e longo prazo.

Não obstante, os resultados apresentados neste trabalho não devem ser considerados definitivos pelos seguintes motivos: a utilização de novos dados hidrológicos, climáticos, geomorfológicos e biológicos – quanto maior for o número de postos de monitoramento distribuídos nas áreas de florestas plantadas com idêntico e longo período de observação, tanto melhores serão os dados sobre os quais as pesquisas estarão embasadas e, por conseguinte, os limites hidrobiogeomorfológicos tenderão a maior proximidade da realidade; pela experiência e pelo tempo disponível à realização da pesquisa.

A visão tradicional de gestão empresarial, que concebe a atividade florestal como simples apoio a atividade de extração mineral precisa ser superada, Sua complexidade envolve questões sócio-ambientais determinantes

para a sustentabilidade da atividade de extração mineral, devendo ser reconhecida por contribuir com um processo de geração de energia limpa e redução das emissões de CO₂, em detrimento ao uso de combustíveis fósseis a exemplo do carvão mineral.

“Cabe à universidade, portanto – através do melhor que ela possui, em termos de conhecimento acumulado e propostas multidisciplinares – ofertar parâmetros pra um novo cenário de organização do espaço, em importantes áreas interiores do país. Transformar regiões inteiras por um novo padrão de reflorestamento poderá se constituir na valorização de terras incultas, complementarização da economia regional, e, sobretudo, na revalorização dos espaços críticos, altamente vulneráveis perante os fatores de degradação existentes nas terras da retaguarda sudeste do Brasil”.

Aziz Nacib Ab'Sáber

CONCLUSÕES

As sub-bacias hidrográficas apresentaram respostas hidrológicas consistentes e dentro do padrão observado na literatura, servindo como escala de análise ideal dos processos operantes na paisagem.

A sub-bacia com cerrado mostrou-se mais eficiente em amenizar os efeitos hidrológicos decorrentes de eventos de precipitação intensos e na manutenção da qualidade da água.

O secamento do poço piezométrico localizado no divisor topográfico da sub-bacia com eucalipto, bem como da intermitência verificada em seu riacho no final do período seco de 2003, não estão relacionados à cobertura vegetal, dada a elevada captação de água subterrânea. Devem-se buscar outras fontes de captação de água que não comprometam a manutenção dos processos mínimos necessários ao funcionamento do sistema e nem os múltiplos usos à jusante. No entanto, a presença de áreas com solo exposto e inadequação de estradas e carregadores florestais contribuíram para uma maior fragilidade na sub-bacia, constatada pelo maior aporte de sedimentos no vertedor, menor diversidade e quantidade amostrada de macroinvertebrados bentônicos, e comportamento das hidrógrafas.

Intermitências de cursos de água antes perenes eventualmente observadas em regiões próximas ao domo comandas pela geomorfologia dominante podem estar associadas ao rebaixamento do lençol freático nas áreas de cava. Caberia um estudo geotécnico detalhado e integrado das três mineradoras, a fim de se conhecer e avaliar a área de influência do impacto.

Da análise integrada da paisagem, a partir do monitoramento dos processos na bacia hidrográfica, pode-se dizer que a sub-bacia com eucalipto ao propiciar a produção de biomassa apresenta-se com menos sobra de sustentabilidade da natureza, mas que é compensada pela regularização da vazão e pelo equilíbrio na ciclagem de nutrientes e comunidade aquática. O fato não dispensa, portanto, ações de manejo que venham a corrigir os eventuais desequilíbrios e desvios nos fluxos compensatórios, a exemplo das retiradas expressivas de água subterrânea.

O mapeamento da fragilidade ambiental quando associado à AVA e a delimitação das Áreas de Preservação Permanente oferece importante subsídio ao planejamento territorial e ao manejo integrado da paisagem, desde que correlacionado aos indicadores avaliados no sistema. Servindo inclusive na identificação inicial de variáveis a serem monitoradas no sistema.

Verifica-se um sensível aumento do plantio de florestas de eucalipto e de rápido crescimento no sudeste do Estado e território goiano como um todo, acompanhando a tendência nacional, motivados tanto pelo déficit de madeira quanto pela contribuição das florestas de rápido crescimento na fixação de carbono e conseqüente amenização das mudanças climáticas globais.

A utilização do eucalipto em sistemas agroflorestais tem se mostrado uma alternativa econômica viável e sustentável para pequenas e médias propriedades

De fato ações no sentido de planejamento para a expansão da base florestal no município e no Estado devem antecipar a ocupação de áreas estratégicas à manutenção da sustentabilidade da natureza e à produção de alimentos, e ocupar, preferencialmente, pastagens degradadas abandonadas, áreas com solo exposto e encostas, onde a vegetação arbórea exerce efeito importante de estabilização da vertente contribuindo para a manutenção dos processos hidrológicos.

Deste modo, a ocupação das paisagens de cerrado com espécies florestais de rápido crescimento deve se pautar nas potencialidades e fragilidades das paisagens herdadas.

Deve, acima de tudo, assegurar os múltiplos usos dos recursos naturais para as presentes e futuras gerações e a reprodução da natureza enquanto natureza.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ab'SÁBER, Aziz Nacib. Os Mecanismos da Desintegração das Paisagens tropicais no Pleistoceno – efeitos paleoclimáticos do período Würm-Wisconsin no Brasil. Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, Rev. Paleoclimas, n.8, 1979.

Ab'SÁBER, Aziz Nacib. Potencialidades Paisagísticas Brasileiras, Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, Rev. Paleoclimas, n.55, 1977.

ACIESP, Academia de Ciências do Estado de São Paulo. Glossário de Ecologia. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Tecnológico. 2ª ed. (revista e ampliada), São Paulo: Publicação ACIESP, nº. 103, 1997, 352 p.

ALVES, M.I.F.; MACHADO, A.A.; ZONTA, E.P. Tópicos Especiais de Estatística Experimental Utilizando o SANEST (Sistema de análise estatística para microcomputadores). In: *Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agrônômica*. 5ª Reunião Anual da Sociedade Internacional de Biometria. Porto Alegre, 1993: Resumos. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 110p.

ARCOVA, F.C.S. Balanço hídrico, características do deflúvio e calibragem de duas microbacias hidrográficas na Serra do Mar. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996. 130 p.

ARCOVA, Francisco Carlos Soriano. Qualidade da Água de Microbacias com Diferentes Usos do Solo na Região de Cunha, Estado de São Paulo. *Scientia Forestalis*, n.55, dez. 1999. p.125-134.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). Anuário Estatístico da ABRAF: ano base 2007. Brasília/DF: 2008, 90p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABIMCI). Estudo Setorial 2007 – Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. Ano base 2006, Curitiba/PR: STCP Engenharia de Projetos Ltda., 2007. 44p.

ATUAR. Informativo publicado pela Copebrás Ltda. São Paulo/SP: n. Especial, 2003. 7 p.

BARROS, Nairam Félix de; NEVES, Júlio César Lima; NOVAIS, Roberto Ferreira de. Fertilidade de Solos, Nutrientes e Produção Florestal. Rev. Visão Agrícola, USP/ESALQ, n.4, 2005. p.76-79.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. Caderno de Ciências da Terra, Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, São Paulo, 1971.

BROWN, P.M.; MCCLELLAND, N.I.; DENINGER, R.A.; TOZER, R.G. A Water Quality Index - do we dare? *Water & Sewage World*, 1970. p. 339-343.

BUCKUP, L. et al. *Porque Respeitar o Zoneamento*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 2007, 19 p.

CÂMARA, Carla Daniela. Efeitos do corte raso do eucalipto sobre o balanço hídrico e a ciclagem de nutrientes em uma microbacia experimental Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, Piracicaba, 1999.

CÂMARA, Carla Daniela. Critérios e Indicadores para o Monitoramento Hidrológico de Florestas Plantadas, Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2004. 190 p.

CAMPOS, C.P. A. Conservação das Florestas no Brasil, Mudança do Clima e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Kyoto. Dissertação (Mestrado) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2001. 169p.

CARDOSO, Christiany Araújo; DIAS, Herley Carlos Teixeira; MARTINS, Sebastião Venâncio; SOARES, Carlos Pedro Boechat. Caracterização Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Rev. Árvore*, v.30, n.002, 2006. p.249-256.

CASSETI, Valter. Síntese Analítica das Bases Físicas do Estado de Goiás. Goiânia, Fundação Indur, 1979. 117p. (Coleção Monografias da Fundação Indur, 1).

CASTRO, Paulo R.C. Alelopatia: impacto na agricultura. *Notas*, ano I. n.03, junho/1988: 6p.

CAVALHEIRO, Felisberto; PRESOTTO, Andréa; ROCHA, Yuri Tavares. Planejamento e Projeto Paisagístico e a Identificação de Unidade de Paisagem: o caso da Lagoa Seca do bairro Jardim América, Rio Claro (SP). *Rev. GEOUSP – Espaço e Tempo*, São Paulo, n.13, 2003. p.161-167.

CERNY, J.; BILLET, M.F.; CRESSER, M.S. Element Budgets, Biogeochemistry of Small Catchments: a tool for environmental research. Moldan e Cerny (Eds.), John Wiley: 1994. p.189-206.

CHAVES, José Humberto. O Setor Siderúrgico e a Realidade Florestal. IBAMA, Coordenação Geral de Gestão dos Recursos Florestais, Documento no formato de apresentação Power Point, 2007.

CHAVES, Manoel Rodrigues. A Descentralização da Política Nacional de Meio Ambiente e a Gestão dos Recursos Naturais no Cerrado Goiano. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro, UNESP/Rio Claro, Brasil, 2003.

CHAVES, Manoel Rodrigues. A devastação legal do Cerrado para Produção de Carvão Vegetal em Catalão-GO. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP/Rio Claro, Brasil, 1998. 188p.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blücher, 1ª ed. 1980, 9ª reimpressão, 2006. 188p.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. Modelagem de Sistemas Ambientais. Ed, Blücher, 2002. 236p.

COLTRINARI, Lylia; McCALL, G. Joseph.H. Geo-indicadores: ciências da Terra e mudanças ambientais. Workshop Internacional sobre Geológicos de Mudanças Ambientais Rápidas, Canadá. 1994.

COGO, Michelle Cristine. O Papel dos Sedimentos de Suspensão no Metabolismo dos Rios em Micro e Meso-Escala no Estado de Rondônia. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP. 2005. p.?

COPEBRAS S/A. Plano Integrado Floresta-Indústria (PIFI), Legislação atualizada. 12/1999, Catalão.

COPEBRÁS S/A. Programa de Recuperação de Áreas Degradadas – PRADE, Relatório final: O empreendimento e sua caracterização no meio ambiente, Catalão/Ouvidor – GO, vol. 1, 1990.

CORREA, Roberto Lobato; ROSENDAHL, Zeny (Orgs). *Paisagem, tempo e cultura*. Rio de Janeiro: Eduerj, vol. 1, 1998. 123p.

DELPOUX, Marcel. Ecossistema e Paisagem. Rev. Métodos em Questão, Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, São Paulo, n.7, 1974. p.1-23.

DONADIO, Nicole M.M; GALBIATTI, João A.; PAULA, Rinaldo C. de. Qualidade da Água de Nascentes com Diferentes Usos do Solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.25, n.1, jan./abr. 2005. p.115-125.

DREW, David. Processos Interativos Homem-Meio Ambiente. 6ª. ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 224p.

DURIGAN, Giselda; SANTOS, João Dagoberto dos; GANDARA, Flávio Bertin. O Uso Combinado dos Métodos de Quadrantes e Parcelas na Fitossociologia de Fragmentos Florestais do Pontal do Paranapanema, SP. Rev. do Instituto Florestal (submetido), 2004.

DURIGAN, Júlio César; ALMEIDA, Fernando L. Sousa de. Noções sobre a alelopatia. Jaboticabal, FUNEP, 1993. 28p.

FÁVERO, Oriana Aparecida. Paisagem e Sustentabilidade na Bacia Hidrográfica do rio Sorocaba (SP). Tese (Doutorado) - Departamento de Geografia, FFLCH/USP, São Paulo: 2007. 330 p.

FERREIRA, Idelvone Mendes. O Afogar das Veredas: uma análise comparativa espacial e temporal das veredas do chapadão de Catalão / Goiás. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro, UNESP, Rio Claro: 2003.

FERREIRA, Idelvone Mendes. Relações Morfopedológicas em Formações Superficiais de Cimeira - o exemplo do complexo dômico de Catalão-GO, Dissertação (Mestrado), Salvador, Bahia, UFBA: 1996. 242p.

FRIEDRICH, D.; CHAPMAN, D.; BEIM, A. In: CHAPMAN, D. Water quality assessments, London: Chapman & Hall, 1991. p.71-229.

GADOTTI, Moacir. Pedagogia da Terra. São Paulo: Peirópolis, 2000. (Série Brasil cidadão).

GRIGORIEV, A.A. The Theoretical Fundaments of Modern Physical Geography. Progress Publisher, Moscow, 1968.

GROSS, O.M.S. Zoneamento Ambiental: o caso das APA's do Corumbataí e da Bacia do Piracicaba. In: Análise Ambiental uma visão Multidisciplinar, São Paulo: Editora UNESP, 1991. p.101-104.

GUERASIMOV, I. La Sociedad y el Medio Natural. Editorial Progreso, Moscou, 1983.

GUERRA, Cláudio (coord.). Meio Ambiente e Trabalho no Mundo do Eucalipto. Associação Agência Terra, 1995. 143p.

II CONFERENCIA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CNMA) e II Conferência Nacional Infanto-Juvenil pelo Meio Ambiente – Política Ambiental Integrada e Uso sustentável. Junho/dezembro de 2005.

III CONFERÊNCIA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Mudanças Climáticas: caderno de debate. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF. Março de 2008. 88p. (Coord. Nacional: Hamilton Pereira da Silva).

III Conferência Nacional do Meio Ambiente. Vamos Cuidar do Brasil – Mudanças Climáticas. Caderno de Debate. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF. Março de 2008. 88p.

JOHNSON, R.K. The Indicator Concept in Freshwater Biomonitoring. In: CRANSTON, P. *Chironomids From Genes to Ecosystems*. East Melbourne, CSIRO, 1995. p.11-27.

KLEIN, Percy Boris Wolf. A Evolução do Uso do Solo e suas Conseqüências para o Meio Ambiente na Região do Complexo Ultramáfico-Alcalino-Carbonatítico de Catalão I. Dissertação (Mestrado), Brasília, UNB: 1996.

KLINK, H.J. Geoecologia e Regionalização Natural (Bases para Pesquisa Ambiental). Biogeografia. Instituto de Geografia, USP, São Paulo, n.17, 1981. p.01-32.

KUHLMANN, Mônica Luisa; BRANDIMARTE, Ana Lúcia; SHIMIZU, Gisela Yuka; ANAYA, Maurício. Invertebrados Bentônicos como Indicadores de Impactos Antrópicos sobre Ecossistemas Aquáticos Continentais. In: BOLLMANN, Harry Alberto et al. (orgs). Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações. São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, 2001. p.237-248.

LAL, R. Global Potential of Soil Carbon Sequestration to Mitigate the Greenhouse Effect. *Critical Reviews in Plant Sciences*, n.22, vol. 2: 2003. p.151-184.

LARA, Hugo de. (ed.). Cultura do eucalipto. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, ano 12, n.141, 1986. p.95-96.

LAUDON, Hjalmar; SJÖBLOM, Viktor; BUFFAM, Ishi; SEIBERT, Jan; MÖRTH, Magnus. The Role of Catchment Scale and Landscape Characteristics for Runoff Generation of Boreal Streams. *Journal of Hydrology*, 2007. p.198-209.

LIMA, Walter de Paula. Impacto Ambiental do Eucalipto. 2ª ed., São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1996.

LIMA, Walter de Paula. Indicadores hidrológicos do manejo sustentável de plantações de eucalipto. IUFRO Conference on Silviculture and Improvements of Eucalypts. Vol. 4, EMBRAPA, Colombo: 1997. p.12-29.

LIMA, Walter de Paula. Introdução ao Manejo de Bacias Hidrográficas. Apostila do Curso de Graduação em Ciências Florestais, Disciplina LCF 678 – Manejo de Bacias Hidrográficas. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, Departamento de Ciências Florestais. Piracicaba: 1996. 132 p.

LIMA, Walter de Paula. O Eucalipto Seca o Solo? Sociedade Brasileira de Ciências do Solo - Volume 29 – Número 1 – janeiro/abril 2004.

LIMA, Walter de Paula; ZÁKIA, Maria José Brito. As Florestas Plantadas e a Água – implementando o conceito de bacia hidrográfica como unidade de planejamento, São Carlos: RiMa, 2006. 226p.

LIMA, Walter de Paula; ZÁKIA, Maria José Brito. Indicadores Hidrológicos em Áreas Florestais. Série Técnica IPEF, v.12, n.31, 1998. p.53-64.

MACHADO. Sebastião do Amaral; SANQUETTA, Carlos Roberto; AZEVEDO, Celso Paulo de. Manejo Integrado Viabiliza Uso Múltiplo dos Recursos. Visão Agrícola, USP/ESALQ, n.4, 2005. p.6-9.

McCafferty, W. Aquatic Entomology. Jones and Bartlett Publishers: Boston, 1983. 448 p.

MELLO, Carlos Rogério de. Estudo Hidrológico em Microbacia Hidrográfica com Regime de Escoamento Efêmero. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras: 2003. 133p.

MENDES, Jefferson B. Estratégias e Mecanismos Financeiros para Florestas Plantadas: estudo de caso brasileiro sobre estratégia nacional de financiamento de uso sustentável e conservação de florestas. Curitiba/PR: FAO – Food and Agricultural Organization of the United Nations. Projeto FAO/Holanda/UICN/CGP/INT/953/NET, 2005. 66p.

MENDONÇA, Marcelo R. A questão regional e o campesinato: a alhicultura em Catalão – GO. Dissertação (Mestrado) – ICHL-UFG, Goiânia, 1998. 233p.

MENDONÇA, Marcelo R. A Urdidura do Espacial do Capital e do Trabalho no Cerrado do Sudeste Goiano. Tese (Doutorado) – UNESP, 2004. 457p.

MINERAÇÃO CATALÃO DE GOIÁS LTDA. Programa de Recuperação de Áreas Degradadas – PRADE. Relatório final: o empreendimento e sua caracterização no meio ambiente. Catalão/Ouvidor – GO, vol.1, 1990.

MORTATTI, J.; PROBST, J.L. *Hidrogeoquímica de Bacias de Drenagem*. Editoração CPG/CENA. Universidade de São Paulo, Piracicaba, Série Didática, vol.1, 1998. 235p.

MOSCA, Andréia Arruda de Oliveira. Caracterização Hidrológica de duas Microbacias visando a Identificação de Indicadores Hidrológicos para o Monitoramento Ambiental de Florestas Plantadas. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, Piracicaba, 2003. 100p.

MOSTER, Cláudia. Avaliação Hidrológica da Zona Ripária através da Análise da Água Subterrânea ao longo das Vertentes de uma Microbacia Experimental. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz / USP, Piracicaba, 2007. 82 p.

NEIMAN, Zysman. *Era Verde? - ecossistemas brasileiros ameaçados*. 6ª ed., São Paulo, Ed. Atual, 1989.

NIMER, Edmon. *Climatologia do Brasil*. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 422p.

ODUM, Eugene P. *Fundamentos de Ecologia*. Trad. de C.J. TRIBE, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 434p.

PERRY, J.; VANDERKLEIN, E. *Water quality: Management of a natural resource*. Blackwell Science: Cambridge, Mass, USA, 1996.

PRADE (PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS). Relatório Final: o empreendimento e sua caracterização no meio ambiente. Vol.I, Mineração Catalão de Goiás LTDA, Catalão/Ouvidor – Goiás, J.M. Fleury Consultoria, 1990.

RANZINI, Maurício; RIGHETTO, Antônio Marozzi; LIMA, Walter de Paula; GUANDIQUE, Manuel E.G.; ARCOVA, Francisco C.S.; CICCIO, Valdir de. Processos Hidrológicos de uma Microbacia com Mata Atlântica, na Região da Serra do Mar, SP. *Scientia Forestalis*, n.66, 2004. p.108-119.

REINHART, K.G.; PIERCE. R. Stream-Gaging Stations for Research on Small Watersheds. U.S. Department of Agriculture, Handbook 268, Washington, D.C.: Forest Service, 1964. 37 p.

REZENDE, Alba Valéria. O Estoque de Carbono no Cerrado: um estudo de caso. In: SANQUETA, Carlos Roberto et al. (ed.). *As Florestas e o Carbono*. Curitiba, Brasil: 2002. 265 p.

RIBEIRO, Dinalva Donizete. Agricultura Caificada no Sudoeste de Goiás: do bônus econômico ao ônus sócio-ambiental. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Fluminense, UFF, Rio de Janeiro: 2005. 254p.

RODRIGUES, Cleide; ADAMI, A. Bacia Hidrográfica como Unidade de Estudo. In: VENTURI, Luiz Antônio Bittar. (org.). *Praticando Geografia - técnicas de campo e laboratório*. Vol. 1, 1ª ed., São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 238 p.

RODRIGUES, Luís Roberto de Andrade. Alelopatia em plantas forrageiras. Jaboticabal, FCAJV-UNESP/FUNEP, 1992. 18p. (Boletim).

RODRÍGUEZ ANIDO, Noemí Mabel. Caracterização Hidrológica de uma Microbacia Experimental visando Identificar Indicadores de Monitoramento Ambiental. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002. 68p.

ROSEMBERG, D.M.; RESCH, V.H. Introduction to fresh water biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: ROSEMBERG, D.M.; RESH, V.H. *Fresh water biomonitoring and Benthic macroinvertebrates*. New York, Chapman & Hall, 1993. p.1-9.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, n.8, 1994. p.63-74.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. *Ecogeografia do Brasil – subsídios para planejamento ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Geomorfologia ambiental. In: *Geomorfologia do Brasil*, Bertrand Brasil Ed., Rio de Janeiro, 1998.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. *Geomorfologia e Geografia Aplicadas à Gestão Territorial: teoria e metodologia para o planejamento ambiental*. (Tese de Livre Docência), Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2001.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. *Geomorfologia, Ambiente e Planejamento*. São Paulo: Contexto, 1990. 88p.

SAUER, Carl. A morfologia da Paisagem. In: *Paisagem, Tempo e Cultura*. Organizado por CORRÊA, Roberto Lobato; ROSENDAHL, Zeny. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1998. p.12-74.

SCHIMEL, David S. Terrestrial Ecosystems and Carbon Cycle. *Global Change Biology*, n.1, 1995. p.77-91.

SILVA, Z.L. Alelopatia e Defesa em Plantas. *Boletim Geográfico*, Rio de Janeiro, v.36, n.258-259, p.90-96, 1978.

SOTCHAVA, V.B. O Estudo de Geosistemas. *Rev. Métodos em Questão*, Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, São Paulo, n.16, 1977.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association - Fourteenth Edition, 1975.

STAPE, José Luiz. Modelos Ecofisiológicos têm Aplicação Ampliada. Rev. Visão Agrícola, USP/ESALQ, n.4, 2005. p.108-109.

SUERTEGARAY, D.M. A Epistemologia da Geomorfologia. (Palestra). V Simpósio Nacional de Geomorfologia e I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia, Santa Maria, 2004.

SUERTEGARAY, D.M.A. Geografia Física e Geomorfologia: uma (re) leitura. 1ªed. Ijuí: Editora Unijuí, 2002. 112 p.

TARIFA, José Roberto. Alterações Climáticas Resultantes da Ocupação Agrícola no Brasil. *Paper*, Laboratório de Climatologia, Departamento de Geografia/USP, 1992.

TRICART, Jean. O Conceito Ecológico. Rev Ecodinâmica. FIBGE, Rio de Janeiro, 1977. 97p.

U.S.E.P.A. Environmental Regulations and Technology: land application of municipal sludge. EPA 625/1-83-016: Cincinnati. 1984.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. Na Extration Method for Mesurement Soil Microbial Biomass C, *Soil Biology and Biochemistry*, vol.19, n.6, 1987. p.703-707.

ZÁKIA, Maria José de Brito. Identificação e Caracterização da Zona Ripária em uma Microbacia Experimental: implicações no manejo de bacias hidrográficas e na recomposição da floresta. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 1998. 98p.

ZINN, Yuri Lopes. Caracterização de Propriedades Físicas, Químicas e da Matéria Orgânica de Solos nos Cerrados sob Plantações de *Eucaliptus* e *pinus*. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Veterinária. 1998, 85p.

ANEXOS

Anexo 01

Sra. Andriea - Capesbas.

- 1) Lençol freático atual na Cte 820 no Minon
Nível original 845
- 2) Área de recarga toda o Domo ϕ 6 Km, espessura
do solo ϕ 0 m (medida), aquífero original com
 ± 40 metros
- 3) Lençol atingido em 1985
Bombamento constante Min. Catalão $400 \text{ m}^3/\text{h}$
Capesbas?
Vazão inicial de aquífero $800 \text{ m}^3/\text{h}$, hoje $\pm 400 \text{ m}^3/\text{h}$
- 4) Minerais presentes: magnetita, ilmenita, barita,
limonita, hematita, apatita e pirrocloro
- 5) Números de poços tubulares 06 Capesbas, 02 Minuscel
Catalão.
- 6) Na Capesbas e Ultrapotil estas também lavan-
do abaixo do lençol freático, esta é a mesma coisa
da Catalão vai para o Campo de Goiânia.

Anexo 02

Anexo 03

Série Histórica de Vazão e Precipitação - Sub-bacia com Cerrado											
Data	P(mm)	Q(mm)	Data	P(mm)	Q(mm)	Data	P(mm)	Q(mm)	Data	P(mm)	Q(mm)
1/1/2003	0,8	0,24	20/2/2003	2,8	0,35	11/4/2003	2,7	0,27	31/5/2003	0,0	0,34
2/1/2003	4,3	0,25	21/2/2003	2,7	0,32	12/4/2003	0,0	0,29	1/6/2003	0,0	0,33
3/1/2003	16,8	0,26	22/2/2003	0,1	0,30	13/4/2003	0,0	0,30	2/6/2003	0,0	0,32
4/1/2003	20,3	0,28	23/2/2003	9,9	0,33	14/4/2003	0,0	0,30	3/6/2003	0,0	0,31
5/1/2003	31,7	0,27	24/2/2003	0,0	0,34	15/4/2003	0,0	0,30	4/6/2003	0,0	0,30
6/1/2003	10,5	0,26	25/2/2003	0,0	0,31	16/4/2003	2,5	0,27	5/6/2003	0,0	0,44
7/1/2003	1,4	0,28	26/2/2003	0,0	0,29	17/4/2003	0,0	0,26	6/6/2003	0,0	0,31
8/1/2003	0,2	0,28	27/2/2003	0,0	0,28	18/4/2003	0,0	0,26	7/6/2003	0,0	0,31
9/1/2003	2,8	0,32	28/2/2003	0,0	0,27	19/4/2003	0,0	0,27	8/6/2003	0,0	0,31
10/1/2003	0,0	0,29	1/3/2003	0,0	0,27	20/4/2003	0,0	0,27	9/6/2003	0,0	0,32
11/1/2003	2,0	0,29	2/3/2003	0,0	0,28	21/4/2003	0,0	0,29	10/6/2003	0,0	0,33
12/1/2003	7,5	0,29	3/3/2003	0,0	0,29	22/4/2003	0,0	0,33	11/6/2003	0,0	0,31
13/1/2003	0,3	0,28	4/3/2003	0,0	0,30	23/4/2003	0,0	0,33	12/6/2003	0,0	0,28
14/1/2003	1,6	0,28	5/3/2003	12,5	0,30	24/4/2003	0,0	0,32	13/6/2003	0,0	0,26
15/1/2003	1,3	0,40	6/3/2003	0,0	0,27	25/4/2003	0,0	0,31	14/6/2003	0,0	0,27
16/1/2003	12,8	0,31	7/3/2003	0,0	0,27	26/4/2003	0,0	0,29	15/6/2003	0,0	0,28
17/1/2003	21,0	0,32	8/3/2003	0,0	0,36	27/4/2003	0,0	0,30	16/6/2003	0,0	0,29
18/1/2003	3,1	0,29	9/3/2003	2,5	0,27	28/4/2003	0,0	0,28	17/6/2003	0,0	0,29
19/1/2003	0,0	0,39	10/3/2003	1,7	0,27	29/4/2003	0,0	0,27	18/6/2003	0,0	0,30
20/1/2003	74,8	0,39	11/3/2003	8,4	0,29	30/4/2003	0,0	0,29	19/6/2003	0,0	0,30
21/1/2003	40,2	0,29	12/3/2003	1,0	0,29	1/5/2003	0,0	0,30	20/6/2003	0,0	0,28
22/1/2003	19,0	0,41	13/3/2003	28,8	0,30	2/5/2003	0,0	0,26	21/6/2003	0,0	0,30
23/1/2003	31,8	0,47	14/3/2003	33,3	0,27	3/5/2003	0,5	0,25	22/6/2003	0,0	0,28
24/1/2003	5,4	0,36	15/3/2003	1,1	0,27	4/5/2003	0,0	0,27	23/6/2003	0,0	0,29
25/1/2003	0,0	0,34	16/3/2003	10,2	0,29	5/5/2003	2,0	0,28	24/6/2003	0,0	0,32
26/1/2003	9,1	0,30	17/3/2003	0,2	0,28	6/5/2003	2,0	0,27	25/6/2003	0,0	0,31
27/1/2003	6,2	0,28	18/3/2003	9,5	0,29	7/5/2003	0,0	0,28	26/6/2003	0,0	0,30
28/1/2003	19,0	0,30	19/3/2003	0,5	0,25	8/5/2003	0,0	0,30	27/6/2003	0,0	0,29
29/1/2003	33,4	0,33	20/3/2003	0,0	0,27	9/5/2003	0,0	0,32	28/6/2003	0,0	0,30
30/1/2003	26,5	0,36	21/3/2003	45,5	0,24	10/5/2003	0,0	0,35	29/6/2003	0,0	0,29
31/1/2003	9,5	0,32	22/3/2003	5,7	0,23	11/5/2003	0,0	0,38	30/6/2003	0,0	0,31
1/2/2003	0,0	0,33	23/3/2003	0,0	0,25	12/5/2003	0,0	0,34	1/7/2003	0,0	0,36
2/2/2003	0,0	0,34	24/3/2003	5,0	0,27	13/5/2003	0,0	0,31	2/7/2003	0,0	0,33
3/2/2003	0,0	0,35	25/3/2003	3,6	0,27	14/5/2003	0,0	0,30	3/7/2003	0,0	0,30
4/2/2003	0,0	0,32	26/3/2003	40,6	0,28	15/5/2003	0,0	0,32	4/7/2003	0,0	0,29
5/2/2003	0,0	0,31	27/3/2003	2,4	0,61	16/5/2003	0,0	0,32	5/7/2003	0,0	0,27
6/2/2003	0,0	0,30	28/3/2003	0,0	0,29	17/5/2003	0,0	0,29	6/7/2003	0,0	0,29
7/2/2003	1,6	0,32	29/3/2003	0,0	0,26	18/5/2003	0,0	0,30	7/7/2003	0,0	0,28
8/2/2003	1,3	0,32	30/3/2003	1,3	0,24	19/5/2003	0,0	0,29	8/7/2003	0,0	0,28
9/2/2003	0,0	0,31	31/3/2003	0,0	0,23	20/5/2003	0,0	0,28	9/7/2003	0,0	0,28
10/2/2003	0,0	0,28	1/4/2003	0,0	0,26	21/5/2003	0,0	0,27	10/7/2003	0,0	0,27
11/2/2003	0,0	0,27	2/4/2003	1,0	0,26	22/5/2003	0,0	0,26	11/7/2003	0,0	0,31
12/2/2003	0,0	0,28	3/4/2003	0,0	0,25	23/5/2003	0,0	0,24	12/7/2003	0,0	0,34
13/2/2003	0,0	0,28	4/4/2003	0,9	0,42	24/5/2003	0,8	0,26	13/7/2003	0,0	0,35
14/2/2003	0,0	0,29	5/4/2003	44,2	0,33	25/5/2003	3,1	0,27	14/7/2003	0,0	0,36
15/2/2003	29,0	0,31	6/4/2003	1,0	0,24	26/5/2003	0,0	0,31	15/7/2003	0,0	0,35
16/2/2003	15,3	0,34	7/4/2003	0,2	0,21	27/5/2003	0,0	0,30	16/7/2003	0,0	0,35
17/2/2003	9,2	0,33	8/4/2003	0,0	0,25	28/5/2003	0,0	0,31	17/7/2003	0,0	0,36
18/2/2003	14,2	0,30	9/4/2003	5,2	0,26	29/5/2003	2,0	0,32	18/7/2003	0,0	0,36
19/2/2003	2,7	0,31	10/4/2003	17,4	0,29	30/5/2003	0,0	0,33	19/7/2003	0,0	0,36

Série Histórica de Vazão e Precipitação - Sub-bacia com Cerrado											
Data	P(mm)	Q(mm)	Data	P(mm)	Q(mm)	Data	P(mm)	Q(mm)	Data	P(mm)	Q(mm)
20/7/2003	0,0	0,32	8/9/2003	0,0	0,34	28/10/2003	0,0	0,34	17/12/2003	0,0	0,32
21/7/2003	0,0	0,32	9/9/2003	0,0	0,35	29/10/2003	0,4	0,35	18/12/2003	0,0	0,36
22/7/2003	0,0	0,29	10/9/2003	0,0	0,33	30/10/2003	0,0	0,35	19/12/2003	0,0	0,38
23/7/2003	6,2	0,34	11/9/2003	0,0	0,35	31/10/2003	4,0	0,32	20/12/2003	0,0	0,37
24/7/2003	0,0	0,31	12/9/2003	0,0	0,32	1/11/2003	28,6	0,33	21/12/2003	0,0	0,31
25/7/2003	0,0	0,34	13/9/2003	0,0	0,32	2/11/2003	7,2	0,35	22/12/2003	0,0	0,30
26/7/2003	0,0	0,36	14/9/2003	0,0	0,26	3/11/2003	0,4	0,33	23/12/2003	12,2	0,31
27/7/2003	0,0	0,35	15/9/2003	0,0	0,32	4/11/2003	0,0	0,33	24/12/2003	1,0	0,33
28/7/2003	0,0	0,34	16/9/2003	13,0	0,31	5/11/2003	0,0	0,32	25/12/2003	0,0	0,35
29/7/2003	0,0	0,34	17/9/2003	0,2	0,32	6/11/2003	44,4	0,40	26/12/2003	6,8	0,32
30/7/2003	0,0	0,35	18/9/2003	0,0	0,30	7/11/2003	0,2	0,35	27/12/2003	43,6	0,41
31/7/2003	0,0	0,32	19/9/2003	0,0	0,31	8/11/2003	1,0	0,33	28/12/2003	10,2	0,33
1/8/2003	0,0	0,34	20/9/2003	0,0	0,31	9/11/2003	0,0	0,33	29/12/2003	1,4	0,36
2/8/2003	0,0	0,36	21/9/2003	0,0	0,31	10/11/2003	0,0	0,34	30/12/2003	2,0	0,38
3/8/2003	0,0	0,35	22/9/2003	0,0	0,31	11/11/2003	0,4	0,34	31/12/2003	0,2	0,39
4/8/2003	0,0	0,31	23/9/2003	0,0	0,28	12/11/2003	0,0	0,34	1/1/2004	64,4	0,56
5/8/2003	0,0	0,27	24/9/2003	0,0	0,28	13/11/2003	0,2	0,35	2/1/2004	30,4	0,35
6/8/2003	0,0	0,26	25/9/2003	0,0	0,29	14/11/2003	0,0	0,33	3/1/2004	9,6	0,29
7/8/2003	0,0	0,27	26/9/2003	0,0	0,29	15/11/2003	1,4	0,34	4/1/2004	0,2	0,27
8/8/2003	0,0	0,27	27/9/2003	3,4	0,28	16/11/2003	0,0	0,34	5/1/2004	0,0	0,27
9/8/2003	0,0	0,30	28/9/2003	0,2	0,29	17/11/2003	2,6	0,33	6/1/2004	1,6	0,30
10/8/2003	0,0	0,31	29/9/2003	4,0	0,32	18/11/2003	5,6	0,36	7/1/2004	14,2	0,32
11/8/2003	0,0	0,35	30/9/2003	0,0	0,37	19/11/2003	7,2	0,35	8/1/2004	0,0	0,30
12/8/2003	0,0	0,28	1/10/2003	0,0	0,37	20/11/2003	17,0	0,42	9/1/2004	23,2	0,29
13/8/2003	0,0	0,27	2/10/2003	0,0	0,32	21/11/2003	0,0	0,41	10/1/2004	14,8	0,28
14/8/2003	0,6	0,26	3/10/2003	0,0	0,30	22/11/2003	0,0	0,39	11/1/2004	1,3	0,26
15/8/2003	1,2	0,27	4/10/2003	0,0	0,29	23/11/2003	0,0	0,37	12/1/2004	3,8	0,26
16/8/2003	0,0	0,27	5/10/2003	0,0	0,38	24/11/2003	0,0	0,35	13/1/2004	0,0	0,25
17/8/2003	0,0	0,30	6/10/2003	0,0	0,38	25/11/2003	1,6	0,33	14/1/2004	2,0	0,24
18/8/2003	1,4	0,31	7/10/2003	0,0	0,38	26/11/2003	0,8	0,35	15/1/2004	0,0	0,23
19/8/2003	0,2	0,34	8/10/2003	7,6	0,38	27/11/2003	32,2	0,35	16/1/2004	4,0	0,24
20/8/2003	0,0	0,35	9/10/2003	0,2	0,27	28/11/2003	0,0	0,31	17/1/2004	0,0	0,26
21/8/2003	0,0	0,31	10/10/2003	8,4	0,26	29/11/2003	0,4	0,28	18/1/2004	0,0	0,26
22/8/2003	0,0	0,34	11/10/2003	18,4	0,26	30/11/2003	0,0	0,29	19/1/2004	0,0	0,26
23/8/2003	0,0	0,29	12/10/2003	0,0	0,24	1/12/2003	0,0	0,29	20/1/2004	0,0	0,26
24/8/2003	0,0	0,28	13/10/2003	0,2	0,35	2/12/2003	9,6	0,31	21/1/2004	6,0	0,26
25/8/2003	0,0	0,29	14/10/2003	0,0	0,36	3/12/2003	8,2	0,32	22/1/2004	9,2	0,24
26/8/2003	0,5	0,26	15/10/2003	0,0	0,36	4/12/2003	15,2	0,32	23/1/2004	4,0	0,25
27/8/2003	0,0	0,26	16/10/2003	0,0	0,36	5/12/2003	2,2	0,33	24/1/2004	12,4	0,26
28/8/2003	0,0	0,27	17/10/2003	0,0	0,32	6/12/2003	7,4	0,31	25/1/2004	12,6	0,29
29/8/2003	0,0	0,28	18/10/2003	0,0	0,32	7/12/2003	18,2	0,35	26/1/2004	28,0	0,28
30/8/2003	0,0	0,28	19/10/2003	0,0	0,32	8/12/2003	5,2	0,33	27/1/2004	23,8	0,34
31/8/2003	0,0	0,29	20/10/2003	0,0	0,31	9/12/2003	0,6	0,36	28/1/2004	3,2	0,30
1/9/2003	0,0	0,30	21/10/2003	0,0	0,28	10/12/2003	0,2	0,34	29/1/2004	0,2	0,29
2/9/2003	0,0	0,34	22/10/2003	0,0	0,30	11/12/2003	4,6	0,36	30/1/2004	0,0	0,29
3/9/2003	0,0	0,35	23/10/2003	28,8	0,31	12/12/2003	0,0	0,34	31/1/2004	0,0	0,29
4/9/2003	1,2	0,37	24/10/2003	9,6	0,39	13/12/2003	0,0	0,32	1/2/2004	2,0	0,30
5/9/2003	0,0	0,37	25/10/2003	0,0	0,36	14/12/2003	0,0	0,33	2/2/2004	2,2	0,29
6/9/2003	0,0	0,33	26/10/2003	0,0	0,30	15/12/2003	0,0	0,33	3/2/2004	0,8	0,27
7/9/2003	0,0	0,35	27/10/2003	0,0	0,32	16/12/2003	0,0	0,33	4/2/2004	5,8	0,28

Série Histórica de Vazão e Precipitação - Sub-bacia com Cerrado											
Data	P(mm)	Q(mm)	Data	P(mm)	Q(mm)	Data	P(mm)	Q(mm)	Data	P(mm)	Q(mm)
5/2/2004	0.4	0.28	26/3/2004	0.0	0.29	15/5/2004	0.0	0.33	4/7/2004	0.0	0.24
6/2/2004	27.8	0.33	27/3/2004	0.0	0.30	16/5/2004	0.0	0.36	5/7/2004	0.0	0.25
7/2/2004	31.0	0.31	28/3/2004	0.0	0.30	17/5/2004	0.0	0.36	6/7/2004	0.0	0.24
8/2/2004	43.0	0.61	29/3/2004	0.0	0.32	18/5/2004	0.0	0.28	7/7/2004	0.0	0.24
9/2/2004	41.4	0.42	30/3/2004	0.0	0.34	19/5/2004	0.0	0.33	8/7/2004	0.0	0.24
10/2/2004	3.2	0.31	31/3/2004	0.0	0.32	20/5/2004	2.0	0.33	9/7/2004	2.0	0.24
11/2/2004	22.0	0.34	1/4/2004	0.0	0.32	21/5/2004	0.0	0.31	10/7/2004	0.0	0.24
12/2/2004	3.8	0.35	2/4/2004	0.0	0.36	22/5/2004	0.0	0.31	11/7/2004	10.8	0.24
13/2/2004	0.4	0.34	3/4/2004	0.0	0.32	23/5/2004	0.0	0.33	12/7/2004	0.0	0.24
14/2/2004	9.6	0.31	4/4/2004	0.0	0.34	24/5/2004	0.0	0.32	13/7/2004	0.0	0.24
15/2/2004	28.4	0.36	5/4/2004	0.0	0.44	25/5/2004	0.0	0.26	14/7/2004	0.0	0.24
16/2/2004	22.4	0.37	6/4/2004	0.0	0.31	26/5/2004	0.0	0.26	15/7/2004	0.0	0.24
17/2/2004	51.2	0.43	7/4/2004	0.0	0.30	27/5/2004	0.0	0.26	16/7/2004	0.0	0.24
18/2/2004	41.6	0.43	8/4/2004	0.0	0.25	28/5/2004	0.0	0.28	17/7/2004	0.0	0.24
19/2/2004	0.0	0.32	9/4/2004	0.0	0.28	29/5/2004	0.0	0.32	18/7/2004	0.0	0.24
20/2/2004	8.8	0.31	10/4/2004	0.0	0.27	30/5/2004	6.0	0.34	19/7/2004	4.2	0.24
21/2/2004	23.8	0.36	11/4/2004	0.0	0.26	31/5/2004	0.0	0.26	20/7/2004	2.0	0.24
22/2/2004	21.8	0.39	12/4/2004	0.0	0.30	1/6/2004	0.0	0.25	21/7/2004	0.0	0.24
23/2/2004	19.0	0.41	13/4/2004	0.0	0.34	2/6/2004	0.0	0.26	22/7/2004	0.0	0.24
24/2/2004	8.8	0.37	14/4/2004	5.0	0.32	3/6/2004	0.0	0.26	23/7/2004	0.0	0.24
25/2/2004	1.4	0.41	15/4/2004	0.6	0.33	4/6/2004	0.0	0.26	24/7/2004	0.0	0.24
26/2/2004	0.2	0.36	16/4/2004	0.0	0.34	5/6/2004	0.0	0.27	25/7/2004	0.4	0.24
27/2/2004	0.0	0.32	17/4/2004	0.0	0.36	6/6/2004	0.0	0.28	26/7/2004	0.0	0.24
28/2/2004	35.2	0.38	18/4/2004	0.0	0.34	7/6/2004	0.0	0.30	27/7/2004	0.0	0.24
29/2/2004	0.2	0.30	19/4/2004	0.0	0.34	8/6/2004	0.0	0.29	28/7/2004	0.0	0.24
1/3/2004	0.0	0.31	20/4/2004	0.0	0.32	9/6/2004	0.0	0.29	29/7/2004	0.0	0.24
2/3/2004	0.0	0.29	21/4/2004	0.0	0.34	10/6/2004	0.0	0.30	30/7/2004	0.0	0.24
3/3/2004	0.0	0.30	22/4/2004	0.0	0.34	11/6/2004	0.0	0.32	31/7/2004	0.0	0.24
4/3/2004	27.4	0.31	23/4/2004	0.0	0.31	12/6/2004	0.0	0.33	1/8/2004	0.0	0.24
5/3/2004	46.0	0.83	24/4/2004	0.0	0.29	13/6/2004	0.0	0.32	2/8/2004	0.0	0.24
6/3/2004	5.0	0.38	25/4/2004	0.0	0.31	14/6/2004	0.0	0.31	3/8/2004	0.0	0.24
7/3/2004	7.0	0.39	26/4/2004	0.0	0.32	15/6/2004	0.0	0.32	4/8/2004	0.0	0.24
8/3/2004	0.0	0.37	27/4/2004	0.0	0.36	16/6/2004	0.0	0.30	5/8/2004	0.0	0.24
9/3/2004	0.0	0.39	28/4/2004	0.0	0.38	17/6/2004	0.0	0.30	6/8/2004	0.0	0.24
10/3/2004	0.0	0.38	29/4/2004	0.0	0.38	18/6/2004	0.0	0.31	7/8/2004	0.0	0.24
11/3/2004	0.0	0.33	30/4/2004	0.0	0.35	19/6/2004	0.0	0.34	8/8/2004	0.0	0.24
12/3/2004	5.8	0.31	1/5/2004	0.0	0.33	20/6/2004	0.0	0.33	9/8/2004	0.0	0.24
13/3/2004	0.0	0.33	2/5/2004	0.0	0.36	21/6/2004	0.0	0.32	10/8/2004	0.0	0.24
14/3/2004	4.8	0.32	3/5/2004	0.0	0.37	22/6/2004	0.0	0.31	11/8/2004	0.0	0.24
15/3/2004	4.2	0.29	4/5/2004	0.0	0.37	23/6/2004	0.0	0.31	12/8/2004	0.0	0.24
16/3/2004	0.0	0.27	5/5/2004	0.0	0.37	24/6/2004	0.0	0.28	13/8/2004	0.0	0.24
17/3/2004	0.0	0.26	6/5/2004	0.0	0.37	25/6/2004	0.0	0.26	14/8/2004	0.0	0.24
18/3/2004	0.0	0.26	7/5/2004	0.0	0.37	26/6/2004	0.0	0.28	15/8/2004	0.0	0.24
19/3/2004	0.0	0.50	8/5/2004	0.0	0.37	27/6/2004	0.0	0.30	16/8/2004	0.0	0.24
20/3/2004	0.0	0.34	9/5/2004	0.0	0.36	28/6/2004	0.0	0.28	17/8/2004	0.0	0.24
21/3/2004	0.0	0.29	10/5/2004	0.0	0.36	29/6/2004	0.0	0.29	18/8/2004	0.0	0.24
22/3/2004	0.0	0.30	11/5/2004	0.0	0.35	30/6/2004	0.0	0.31	19/8/2004	0.0	0.24
23/3/2004	0.0	0.31	12/5/2004	0.0	0.35	1/7/2004	0.0	0.28	20/8/2004	0.0	0.24
24/3/2004	0.0	0.31	13/5/2004	5.2	0.35	2/7/2004	0.0	0.24	21/8/2004	0.0	0.24
25/3/2004	0.0	0.30	14/5/2004	0.2	0.33	3/7/2004	0.0	0.24	22/8/2004	0.0	0.24

Série Histórica de Vazão e Precipitação - Sub-bacia com Cerrado											
Data	P(mm)	Q(mm)	Data	P(mm)	Q(mm)	Data	P(mm)	Q(mm)	Data	P(mm)	Q(mm)
23/8/2004	0.0	0.24	12/10/2004	0.0	0.20	1/12/2004	0.0	0.19	20/1/2005	13.4	0.28
24/8/2004	0.0	0.24	13/10/2004	6.4	0.20	2/12/2004	5.4	0.22	21/1/2005	1.0	0.30
25/8/2004	0.0	0.26	14/10/2004	0.0	0.21	3/12/2004	11.1	0.23	22/1/2005	0.0	0.35
26/8/2004	0.0	0.26	15/10/2004	0.0	0.20	4/12/2004	7.7	0.26	23/1/2005	5.0	0.22
27/8/2004	0.0	0.24	16/10/2004	0.0	0.20	5/12/2004	0.0	0.23	24/1/2005	0.0	0.14
28/8/2004	0.2	0.26	17/10/2004	0.0	0.19	6/12/2004	3.9	0.21	25/1/2005	2.4	0.23
29/8/2004	0.0	0.26	18/10/2004	0.0	0.17	7/12/2004	0.0	0.18	26/1/2005	1.9	0.25
30/8/2004	0.0	0.26	19/10/2004	12.6	0.22	8/12/2004	0.9	0.17	27/1/2005	16.7	0.28
31/8/2004	0.0	0.28	20/10/2004	0.0	0.21	9/12/2004	11.0	0.18	28/1/2005	17.3	0.25
1/9/2004	0.0	0.31	21/10/2004	0.0	0.22	10/12/2004	19.2	0.28	29/1/2005	6.8	0.26
2/9/2004	0.0	0.33	22/10/2004	0.0	0.26	11/12/2004	60.7	0.23	30/1/2005	10.7	0.23
3/9/2004	0.0	0.32	23/10/2004	0.3	0.22	12/12/2004	5.7	0.25	31/1/2005	17.1	0.39
4/9/2004	0.0	0.29	24/10/2004	6.9	0.19	13/12/2004	32.7	0.22	1/2/2005	66.1	0.36
5/9/2004	0.0	0.27	25/10/2004	0.0	0.17	14/12/2004	0.0	0.21	2/2/2005	6.2	0.24
6/9/2004	0.0	0.24	26/10/2004	0.6	0.17	15/12/2004	0.0	0.21	3/2/2005	0.8	0.29
7/9/2004	0.0	0.24	27/10/2004	0.0	0.20	16/12/2004	0.1	0.21	4/2/2005	5.9	0.29
8/9/2004	0.0	0.24	28/10/2004	0.0	0.22	17/12/2004	0.1	0.17	5/2/2005	0.0	0.28
9/9/2004	0.0	0.27	29/10/2004	1.4	0.19	18/12/2004	16.9	0.22	6/2/2005	0.0	0.29
10/9/2004	0.0	0.27	30/10/2004	0.0	0.22	19/12/2004	16.1	0.23	7/2/2005	10.2	0.27
11/9/2004	0.0	0.27	31/10/2004	0.0	0.20	20/12/2004	9.8	0.21	8/2/2005	0.0	0.26
12/9/2004	33.5	0.30	1/11/2004	0.0	0.18	21/12/2004	9.1	0.27	9/2/2005	0.0	0.27
13/9/2004	0.0	0.31	2/11/2004	9.2	0.18	22/12/2004	53.3	0.21	10/2/2005	0.0	0.23
14/9/2004	0.0	0.31	3/11/2004	0.0	0.18	23/12/2004	20.0	0.16	11/2/2005	0.0	0.21
15/9/2004	0.0	0.28	4/11/2004	0.2	0.20	24/12/2004	0.8	0.17	12/2/2005	0.0	0.20
16/9/2004	0.0	0.26	5/11/2004	0.0	0.21	25/12/2004	31.9	0.26	13/2/2005	0.0	0.20
17/9/2004	0.0	0.27	6/11/2004	0.2	0.21	26/12/2004	0.0	0.19	14/2/2005	0.3	0.20
18/9/2004	0.0	0.29	7/11/2004	0.0	0.21	27/12/2004	0.0	0.19	15/2/2005	0.0	0.19
19/9/2004	0.0	0.28	8/11/2004	0.0	0.20	28/12/2004	0.0	0.19	16/2/2005	0.0	0.21
20/9/2004	19.3	0.26	9/11/2004	3.3	0.21	29/12/2004	0.0	0.21	17/2/2005	0.0	0.23
21/9/2004	0.0	0.27	10/11/2004	0.0	0.19	30/12/2004	0.0	0.22	18/2/2005	0.4	0.37
22/9/2004	0.0	0.29	11/11/2004	0.0	0.17	31/12/2004	0.0	0.22	19/2/2005	38.2	0.24
23/9/2004	0.0	0.25	12/11/2004	2.2	0.17	1/1/2005	0.0	0.33	20/2/2005	0.0	0.23
24/9/2004	3.0	0.20	13/11/2004	0.0	0.19	2/1/2005	11.0	0.34	21/2/2005	0.2	0.21
25/9/2004	0.0	0.20	14/11/2004	0.0	0.20	3/1/2005	0.0	0.36	22/2/2005	0.0	0.22
26/9/2004	0.0	0.23	15/11/2004	0.0	0.23	4/1/2005	0.0	0.32	23/2/2005	0.0	0.25
27/9/2004	0.0	0.23	16/11/2004	28.6	0.24	5/1/2005	5.5	0.34	24/2/2005	0.0	0.24
28/9/2004	0.0	0.18	17/11/2004	0.0	0.21	6/1/2005	0.0	0.35	25/2/2005	0.0	0.23
29/9/2004	0.0	0.32	18/11/2004	2.2	0.24	7/1/2005	0.0	0.32	26/2/2005	0.0	0.21
30/9/2004	0.0	0.16	19/11/2004	0.0	0.21	8/1/2005	4.3	0.30	27/2/2005	3.3	0.24
1/10/2004	0.0	0.18	20/11/2004	0.8	0.21	9/1/2005	42.6	0.33	28/2/2005	9.5	0.24
2/10/2004	0.0	0.18	21/11/2004	0.0	0.22	10/1/2005	0.0	0.26	1/3/2005	22.5	0.29
3/10/2004	0.0	0.19	22/11/2004	0.0	0.22	11/1/2005	0.0	0.27	2/3/2005	2.6	0.28
4/10/2004	0.0	0.20	23/11/2004	0.0	0.25	12/1/2005	0.0	0.30	3/3/2005	49.5	0.37
5/10/2004	0.0	0.20	24/11/2004	0.0	0.24	13/1/2005	0.0	0.25	4/3/2005	52.3	0.32
6/10/2004	0.0	0.18	25/11/2004	0.0	0.24	14/1/2005	37.9	0.22	5/3/2005	0.0	0.28
7/10/2004	0.0	0.18	26/11/2004	0.0	0.19	15/1/2005	9.2	0.26	6/3/2005	0.0	0.24
8/10/2004	0.0	0.18	27/11/2004	0.0	0.15	16/1/2005	10.0	0.23	7/3/2005	0.0	0.23
9/10/2004	0.0	0.18	28/11/2004	7.3	0.17	17/1/2005	14.2	0.21	8/3/2005	0.4	0.24
10/10/2004	0.0	0.20	29/11/2004	13.3	0.19	18/1/2005	42.8	0.35	9/3/2005	0.0	0.39
11/10/2004	0.0	0.21	30/11/2004	2.4	0.17	19/1/2005	31.0	0.31	10/3/2005	39.6	0.24

Série Histórica de Vazão e Precipitação - Sub-bacia com Cerrado											
Data	P(mm)	Q(mm)	Data	P(mm)	Q(mm)	Data	P(mm)	Q(mm)	Data	P(mm)	Q(mm)
11/3/2005	0.0	0.23	30/4/2005	16.7	0.18	19/6/2005	0.0	0.22	8/8/2005	0.0	0.22
12/3/2005	0.0	0.21	1/5/2005	0.0	0.22	20/6/2005	0.0	0.22	9/8/2005	0.0	0.22
13/3/2005	0.0	0.20	2/5/2005	0.0	0.22	21/6/2005	9.3	0.22	10/8/2005	0.0	0.22
14/3/2005	1.4	0.18	3/5/2005	0.0	0.25	22/6/2005	0.0	0.22	11/8/2005	0.0	0.22
15/3/2005	0.0	0.19	4/5/2005	0.0	0.19	23/6/2005	4.8	0.22	12/8/2005	0.0	0.22
16/3/2005	36.3	0.32	5/5/2005	0.0	0.22	24/6/2005	0.0	0.22	13/8/2005	0.0	0.22
17/3/2005	3.3	0.25	6/5/2005	0.0	0.28	25/6/2005	0.0	0.22	14/8/2005	1.4	0.22
18/3/2005	18.4	0.25	7/5/2005	0.0	0.22	26/6/2005	0.0	0.22	15/8/2005	0.0	0.23
19/3/2005	50.6	0.60	8/5/2005	0.0	0.24	27/6/2005	0.0	0.22	16/8/2005	0.0	0.22
20/3/2005	1.2	0.25	9/5/2005	0.0	0.22	28/6/2005	0.0	0.22	17/8/2005	0.0	0.22
21/3/2005	6.6	0.24	10/5/2005	0.0	0.22	29/6/2005	0.0	0.22	18/8/2005	5.7	0.22
22/3/2005	18.9	0.25	11/5/2005	0.0	0.22	30/6/2005	0.0	0.22	19/8/2005	0.0	0.22
23/3/2005	0.0	0.25	12/5/2005	0.0	0.25	1/7/2005	0.0	0.22	20/8/2005	0.0	0.22
24/3/2005	0.2	0.24	13/5/2005	0.0	0.22	2/7/2005	0.0	0.22	21/8/2005	0.0	0.22
25/3/2005	0.0	0.23	14/5/2005	0.0	0.22	3/7/2005	0.0	0.22	22/8/2005	0.0	0.22
26/3/2005	0.0	0.20	15/5/2005	0.0	0.22	4/7/2005	0.0	0.22	23/8/2005	0.0	0.22
27/3/2005	0.0	0.20	16/5/2005	0.0	0.22	5/7/2005	0.0	0.22	24/8/2005	0.0	0.22
28/3/2005	1.4	0.33	17/5/2005	0.0	0.22	6/7/2005	0.0	0.22	25/8/2005	0.0	0.22
29/3/2005	37.8	0.24	18/5/2005	0.0	0.22	7/7/2005	0.0	0.22	26/8/2005	16.8	0.22
30/3/2005	0.2	0.25	19/5/2005	0.0	0.22	8/7/2005	0.0	0.22	27/8/2005	0.0	0.22
31/3/2005	0.0	0.25	20/5/2005	0.0	0.22	9/7/2005	0.0	0.22	28/8/2005	0.0	0.22
1/4/2005	0.0	0.26	21/5/2005	0.0	0.22	10/7/2005	0.0	0.22	29/8/2005	0.0	0.22
2/4/2005	0.0	0.26	22/5/2005	0.0	0.22	11/7/2005	0.0	0.22	30/8/2005	0.0	0.22
3/4/2005	0.0	0.27	23/5/2005	0.0	0.22	12/7/2005	0.0	0.22	31/8/2005	0.0	0.22
4/4/2005	0.0	0.28	24/5/2005	0.0	0.22	13/7/2005	0.0	0.22	1/9/2005	0.0	0.22
5/4/2005	0.0	0.28	25/5/2005	0.0	0.22	14/7/2005	0.0	0.22	2/9/2005	0.0	0.22
6/4/2005	0.0	0.29	26/5/2005	13.6	0.22	15/7/2005	0.0	0.22	3/9/2005	0.0	0.22
7/4/2005	0.0	0.27	27/5/2005	0.0	0.22	16/7/2005	0.0	0.22	4/9/2005	0.0	0.22
8/4/2005	0.0	0.28	28/5/2005	0.0	0.22	17/7/2005	0.0	0.22	5/9/2005	4.5	0.22
9/4/2005	0.0	0.28	29/5/2005	0.0	0.22	18/7/2005	0.0	0.22	6/9/2005	4.7	0.22
10/4/2005	0.0	0.25	30/5/2005	0.0	0.22	19/7/2005	0.0	0.22	7/9/2005	0.0	0.22
11/4/2005	0.0	0.25	31/5/2005	0.0	0.22	20/7/2005	0.0	0.22	8/9/2005	0.0	0.22
12/4/2005	0.0	0.27	1/6/2005	0.0	0.22	21/7/2005	0.0	0.22	9/9/2005	0.0	0.22
13/4/2005	0.0	0.27	2/6/2005	0.0	0.22	22/7/2005	0.0	0.22	10/9/2005	0.0	0.22
14/4/2005	0.0	0.27	3/6/2005	0.0	0.22	23/7/2005	0.0	0.22	11/9/2005	0.0	0.22
15/4/2005	0.0	0.27	4/6/2005	0.0	0.22	24/7/2005	0.0	0.22	12/9/2005	0.0	0.22
16/4/2005	0.0	0.27	5/6/2005	0.0	0.22	25/7/2005	0.0	0.22	13/9/2005	0.0	0.22
17/4/2005	0.0	0.27	6/6/2005	0.0	0.23	26/7/2005	0.0	0.22	14/9/2005	0.0	0.22
18/4/2005	0.0	0.24	7/6/2005	0.0	0.22	27/7/2005	0.0	0.22	15/9/2005	0.0	0.22
19/4/2005	0.0	0.21	8/6/2005	0.0	0.22	28/7/2005	0.0	0.22	16/9/2005	0.0	0.22
20/4/2005	0.0	0.23	9/6/2005	0.0	0.22	29/7/2005	0.0	0.23	17/9/2005	0.0	0.22
21/4/2005	0.0	0.21	10/6/2005	0.0	0.23	30/7/2005	0.0	0.22	18/9/2005	0.0	0.22
22/4/2005	0.0	0.21	11/6/2005	0.0	0.22	31/7/2005	0.0	0.22	19/9/2005	0.0	0.22
23/4/2005	0.0	0.19	12/6/2005	0.0	0.22	1/8/2005	0.0	0.22	20/9/2005	0.0	0.22
24/4/2005	0.0	0.22	13/6/2005	0.0	0.22	2/8/2005	0.0	0.22	21/9/2005	0.0	0.22
25/4/2005	0.0	0.19	14/6/2005	0.0	0.22	3/8/2005	0.0	0.22	22/9/2005	0.0	0.22
26/4/2005	14.3	0.22	15/6/2005	0.0	0.22	4/8/2005	0.0	0.22	23/9/2005	0.0	0.22
27/4/2005	0.0	0.18	16/6/2005	0.0	0.22	5/8/2005	0.0	0.22	24/9/2005	0.0	0.22
28/4/2005	0.0	0.22	17/6/2005	0.0	0.22	6/8/2005	0.0	0.22	25/9/2005	30.5	0.22
29/4/2005	0.4	0.22	18/6/2005	0.0	0.22	7/8/2005	0.0	0.22	26/9/2005	0.0	0.22

Série Histórica de Vazão e Precipitação - Sub-bacia com Cerrado											
Data	P(mm)	Q(mm)	Data	P(mm)	Q(mm)	Data	P(mm)	Q(mm)	Data	P(mm)	Q(mm)
27/9/2005	0.0	0.22	21/10/2005	0.0	0.22	14/11/2005	0.0	0.22	8/12/2005	20.2	0.22
28/9/2005	0.0	0.22	22/10/2005	0.0	0.22	15/11/2005	0.0	0.22	9/12/2005	19.0	0.23
29/9/2005	0.0	0.22	23/10/2005	0.0	0.22	16/11/2005	0.0	0.22	10/12/2005	0.0	0.22
30/9/2005	0.0	0.22	24/10/2005	10.3	0.22	17/11/2005	1.7	0.22	11/12/2005	0.0	0.22
1/10/2005	0.0	0.22	25/10/2005	0.4	0.22	18/11/2005	0.0	0.22	12/12/2005	19.4	0.22
2/10/2005	0.0	0.22	26/10/2005	1.8	0.22	19/11/2005	0.0	0.22	13/12/2005	14.1	0.22
3/10/2005	0.0	0.22	27/10/2005	0.0	0.22	20/11/2005	2.0	0.22	14/12/2005	6.1	0.22
4/10/2005	0.0	0.22	28/10/2005	0.0	0.22	21/11/2005	6.2	0.22	15/12/2005	17.8	0.22
5/10/2005	8.7	0.22	29/10/2005	0.0	0.22	22/11/2005	0.0	0.22	16/12/2005	1.0	0.22
6/10/2005	0.0	0.22	30/10/2005	0.0	0.22	23/11/2005	5.4	0.22	17/12/2005	0.0	0.22
7/10/2005	0.0	0.22	31/10/2005	1.9	0.22	24/11/2005	8.4	0.22	18/12/2005	0.0	0.22
8/10/2005	0.0	0.22	1/11/2005	20.8	0.22	25/11/2005	0.0	0.22	19/12/2005	5.1	0.22
9/10/2005	0.0	0.22	2/11/2005	3.8	0.22	26/11/2005	0.0	0.22	20/12/2005	1.4	0.22
10/10/2005	0.0	0.22	3/11/2005	0.0	0.22	27/11/2005	19.9	0.22	21/12/2005	0.0	0.22
11/10/2005	0.0	0.22	4/11/2005	25.1	0.22	28/11/2005	1.0	0.22	22/12/2005	0.0	0.22
12/10/2005	0.0	0.22	5/11/2005	0.0	0.22	29/11/2005	12.3	0.22	23/12/2005	1.5	0.22
13/10/2005	0.0	0.22	6/11/2005	11.6	0.22	30/11/2005	12.3	0.22	24/12/2005	0.0	0.22
14/10/2005	0.0	0.22	7/11/2005	1.5	0.22	1/12/2005	26.6	0.22	25/12/2005	0.0	0.22
15/10/2005	0.0	0.22	8/11/2005	1.1	0.22	2/12/2005	42.0	0.22	26/12/2005	0.0	0.22
16/10/2005	0.0	0.22	9/11/2005	2.4	0.22	3/12/2005	27.1	0.22	27/12/2005	0.0	0.22
17/10/2005	0.0	0.22	10/11/2005	0.0	0.22	4/12/2005	0.0	0.22	28/12/2005	0.0	0.22
18/10/2005	0.0	0.22	11/11/2005	0.0	0.22	5/12/2005	54.1	0.22	29/12/2005	0.0	0.22
19/10/2005	0.0	0.22	12/11/2005	0.0	0.22	6/12/2005	4.4	0.22	30/12/2005	0.0	0.22
20/10/2005	0.0	0.22	13/11/2005	0.0	0.22	7/12/2005	46.6	0.22	31/12/2005	0.0	0.22

Anexo 4

Série Histórica de Vazão e Precipitação - Sub-bacia com Eucalipto											
Data	P(mm)	Q(mm)	Data	P(mm)	Q(mm)	Data	Prec	Q(mm)	Data	P(mm)	Q(mm)
01/12/02	0.0	0.43	19/01/03	0.0	1.06	09/03/03	2.5	0.56	27/04/03	0.0	0.52
02/12/02	0.0	0.42	20/01/03	74.8	0.83	10/03/03	1.7	0.56	28/04/03	0.0	0.49
03/12/02	0.0	0.45	21/01/03	40.2	0.82	11/03/03	8.4	0.58	29/04/03	0.0	0.49
04/12/02	0.0	0.44	22/01/03	19.0	0.82	12/03/03	1.0	0.54	30/04/03	0.0	0.50
05/12/02	0.0	0.44	23/01/03	31.8	0.85	13/03/03	28.8	0.65	01/05/03	0.0	0.51
06/12/02	6.8	0.41	24/01/03	5.4	0.75	14/03/03	33.3	0.58	02/05/03	0.0	0.45
07/12/02	0.0	0.40	25/01/03	0.0	0.55	15/03/03	1.1	0.59	03/05/03	0.5	0.43
08/12/02	0.0	0.39	26/01/03	9.1	0.50	16/03/03	10.2	0.62	04/05/03	0.0	0.45
09/12/02	1.7	0.42	27/01/03	6.2	0.54	17/03/03	0.2	0.58	05/05/03	2.0	0.45
10/12/02	7.7	0.52	28/01/03	19.0	0.57	18/03/03	9.5	0.60	06/05/03	2.0	0.47
11/12/02	27.0	0.59	29/01/03	33.4	0.57	19/03/03	0.5	0.54	07/05/03	0.0	0.49
12/12/02	11.8	0.55	30/01/03	26.5	0.65	20/03/03	0.0	0.64	08/05/03	0.0	0.53
13/12/02	15.2	0.55	31/01/03	9.5	0.59	21/03/03	45.5	0.58	09/05/03	0.0	0.54
14/12/02	21.0	0.55	01/02/03	0.0	0.61	22/03/03	5.7	0.57	10/05/03	0.0	0.57
15/12/02	9.2	0.64	02/02/03	0.0	0.61	23/03/03	0.0	0.61	11/05/03	0.0	0.59
16/12/02	13.6	0.57	03/02/03	0.0	0.62	24/03/03	5.0	0.64	12/05/03	0.0	0.58
17/12/02	19.4	0.55	04/02/03	0.0	0.57	25/03/03	3.6	0.62	13/05/03	0.0	0.55
18/12/02	0.0	0.53	05/02/03	0.0	0.56	26/03/03	40.6	0.63	14/05/03	0.0	0.53
19/12/02	0.0	0.56	06/02/03	0.0	0.56	27/03/03	2.4	1.08	15/05/03	0.0	0.55
20/12/02	24.9	0.62	07/02/03	1.6	0.56	28/03/03	0.0	0.66	16/05/03	0.0	0.54
21/12/02	10.0	0.62	08/02/03	1.3	0.57	29/03/03	0.0	0.67	17/05/03	0.0	0.51
22/12/02	8.6	0.58	09/02/03	0.0	0.55	30/03/03	1.3	0.61	18/05/03	0.0	0.54
23/12/02	4.4	0.57	10/02/03	0.0	0.51	31/03/03	0.0	0.58	19/05/03	0.0	0.52
24/12/02	0.0	0.54	11/02/03	0.0	0.50	01/04/03	0.0	0.58	20/05/03	0.0	0.51
25/12/02	0.0	0.54	12/02/03	0.0	0.51	02/04/03	1.0	0.53	21/05/03	0.0	0.49
26/12/02	3.5	0.55	13/02/03	0.0	0.52	03/04/03	0.0	0.74	22/05/03	0.0	0.48
27/12/02	83.1	0.61	14/02/03	0.0	0.52	04/04/03	0.9	0.86	23/05/03	0.0	0.47
28/12/02	3.0	0.42	15/02/03	29.0	0.53	05/04/03	44.2	0.60	24/05/03	0.8	0.44
29/12/02	0.0	0.42	16/02/03	15.3	0.54	06/04/03	1.0	0.50	25/05/03	3.1	0.46
30/12/02	27.2	0.57	17/02/03	9.2	0.53	07/04/03	0.2	0.48	26/05/03	0.0	0.49
31/12/02	1.5	0.51	18/02/03	14.2	0.53	08/04/03	0.0	0.48	27/05/03	0.0	0.54
01/01/03	0.8	0.49	19/02/03	2.7	0.54	09/04/03	5.2	0.52	28/05/03	0.0	0.54
02/01/03	4.3	0.49	20/02/03	2.8	0.57	10/04/03	17.4	0.59	29/05/03	2.0	0.53
03/01/03	16.8	0.49	21/02/03	2.7	0.55	11/04/03	2.7	0.54	30/05/03	0.0	0.54
04/01/03	20.3	0.58	22/02/03	0.1	0.59	12/04/03	0.0	0.58	31/05/03	0.0	0.55
05/01/03	31.7	0.52	23/02/03	9.9	0.62	13/04/03	0.0	0.60	01/06/03	0.0	0.53
06/01/03	10.5	0.45	24/02/03	0.0	0.60	14/04/03	0.0	0.61	02/06/03	0.0	0.52
07/01/03	1.4	0.47	25/02/03	0.0	0.56	15/04/03	0.0	0.60	03/06/03	0.0	0.49
08/01/03	0.2	0.51	26/02/03	0.0	0.53	16/04/03	2.5	0.56	04/06/03	0.0	0.48
09/01/03	2.8	0.57	27/02/03	0.0	0.54	17/04/03	0.0	0.56	05/06/03	0.0	0.49
10/01/03	0.0	0.54	28/02/03	0.0	0.54	18/04/03	0.0	0.55	06/06/03	0.0	0.51
11/01/03	2.0	0.54	01/03/03	0.0	0.52	19/04/03	0.0	0.54	07/06/03	0.0	0.53
12/01/03	7.5	0.54	02/03/03	0.0	0.53	20/04/03	0.0	0.52	08/06/03	0.0	0.51
13/01/03	0.3	0.52	03/03/03	0.0	0.55	21/04/03	0.0	0.54	09/06/03	0.0	0.52
14/01/03	1.6	0.52	04/03/03	0.0	0.56	22/04/03	0.0	0.59	10/06/03	0.0	0.55
15/01/03	1.3	0.97	05/03/03	12.5	0.55	23/04/03	0.0	0.60	11/06/03	0.0	0.51
16/01/03	12.8	0.53	06/03/03	0.0	0.53	24/04/03	0.0	0.57	12/06/03	0.0	0.48
17/01/03	21.0	0.53	07/03/03	0.0	0.52	25/04/03	0.0	0.54	13/06/03	0.0	0.48
18/01/03	3.1	0.66	08/03/03	0.0	0.62	26/04/03	0.0	0.50	14/06/03	0.0	0.50

Série Histórica de Vazão e Precipitação - Sub-bacia com Eucalipto								
Data	P(mm)	Q(mm)	Data	P(mm)	Q(mm)	Data	P(mm)	Q(mm)
15/06/03	0.0	0.51	08/07/03	0.0	0.47	31/07/03	0.0	0.58
16/06/03	0.0	0.52	09/07/03	0.0	0.47	01/08/03	0.0	0.57
17/06/03	0.0	0.51	10/07/03	0.0	0.47	02/08/03	0.0	0.61
18/06/03	0.0	0.51	11/07/03	0.0	0.52	03/08/03	0.0	0.61
19/06/03	0.0	0.52	12/07/03	0.0	0.56	04/08/03	0.0	0.59
20/06/03	0.0	0.52	13/07/03	0.0	0.60	05/08/03	0.0	0.55
21/06/03	0.0	0.53	14/07/03	0.0	0.61	06/08/03	0.0	0.51
22/06/03	0.0	0.50	15/07/03	0.0	0.60	07/08/03	0.0	0.54
23/06/03	0.0	0.53	16/07/03	0.0	0.62	08/08/03	0.0	0.55
24/06/03	0.0	0.57	17/07/03	0.0	0.64	09/08/03	0.0	0.62
25/06/03	0.0	0.57	18/07/03	0.0	0.65	10/08/03	0.0	0.61
26/06/03	0.0	0.54	19/07/03	0.0	0.63	11/08/03	0.0	0.59
27/06/03	0.0	0.51	20/07/03	0.0	0.61	12/08/03	0.0	0.58
28/06/03	0.0	0.53	21/07/03	0.0	0.60	13/08/03	0.0	0.62
29/06/03	0.0	0.55	22/07/03	0.0	0.61	14/08/03	0.6	0.61
30/06/03	0.0	0.56	23/07/03	6.2	0.57	15/08/03	1.2	0.55
01/07/03	0.0	0.59	24/07/03	0.0	0.60	16/08/03	0.0	0.54
02/07/03	0.0	0.60	25/07/03	0.0	0.65	17/08/03	0.0	0.58
03/07/03	0.0	0.54	26/07/03	0.0	0.66	18/08/03	1.4	0.61
04/07/03	0.0	0.52	27/07/03	0.0	0.65	19/08/03	0.2	0.65
05/07/03	0.0	0.49	28/07/03	0.0	0.61	20/08/03	0.0	0.66
06/07/03	0.0	0.50	29/07/03	0.0	0.63			
07/07/03	0.0	0.49	30/07/03	0.0	0.65			

Anexo 5

ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS ANUAIS (mm) EM CATALÃO/GO - PERÍODO (1987 a 2006)													
Ano/Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
1955	488.8	194.5	70.7	140.0	7.8	1.4	0.0	0.0	0.0	272.5	147.1	462.6	1785.4
1956	309.9	306.1	199.2	106.6	113.4	69.9	24.8	33.9	21.1	67.7	359.5	363.5	1975.6
1957	296.3	418.5	218.8	156.1	75.3	0.8	14.6	3.4	16.1	82.2	332.8	247.9	1862.8
1958	395.5	219.7	67.5	82.9	5.0	0.2	39.3	0.0	79.4	164.7	117.7	213.9	1385.8
1959	408.0	65.2	461.4	1.2	0.0	7.1	0.0	2.2	42.5	153.9	259.9	246.4	1647.8
1960	333.8	324.0	304.2	46.7	77.5	0.0	0.0	0.0	7.6	152.7	258.1	232.8	1737.4
1961	424.4	290.6	285.7	16.2	33.2	0.7	0.0	0.0	0.0	125.3	115.3	196.7	1488.1
1962	320.2	274.6	178.4	95.9	1.2	37.9	0.0	27.2	51.7	256.3	135.7	538.9	1918.0
1963	134.0	274.1	42.5	96.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.9	51.0	236.1	849.6
1964	514.7	408.2	73.8	48.8	69.7	0.0	0.0	0.0	31.5	242.6	76.8	247.0	1713.1
1965	315.9	370.3	334.2	49.9	0.5	5.4	0.2	13.2	46.5	323.8	232.5	283.4	1975.8
1966	353.6	307.2	156.2	40.3	36.5	0.0	0.2	0.0	67.4	135.1	171.6	391.7	1659.8
1967	289.1	281.2	208.7	126.2	0.2	0.0	0.0	0.0	14.4	80.7	234.2	336.7	1571.4
1968	251.4	223.5	110.3	0.0	0.0	0.0	0.0	41.1	8.0	202.0	176.4	200.2	1212.9
1969	222.5	235.9	142.0	91.9	3.8	27.3	1.8	0.0	13.2	296.7	266.2	242.1	1543.4
1970	493.2	177.8	109.3	23.4	0.0	0.3	0.0	13.5	55.0	119.8	189.1	184.1	1365.5
1971	116.4	220.8	158.6	58.9	3.4	28.2	43.4	0.0	73.6	126.9	336.3	294.0	1460.5
1972	159.2	203.5	137.7	99.5	29.1	0.0	48.6	4.8	72.9	218.0	432.4	316.9	1722.6
1973	282.2	183.6	167.3	113.2	104.7	11.1	0.0	0.0	42.2	127.5	176.9	140.1	1348.8
1974	124.9	87.0	384.7	150.4	44.0	13.2	0.0	37.7	0.7	261.1	56.4	211.2	1371.3
1975	250.3	199.5	46.1	49.5	58.5	0.1	20.6	0.0	44.7	11.5	247.5	169.2	1097.5
1976	124.5	337.6	72.4	23.3	42.7	0.0	41.1	4.0	56.6	93.2	261.3	383.3	1440.0
1977	240.0	57.7	125.5	167.8	57.2	23.0	0.0	0.0	44.9	107.1	338.3	238.7	1400.2
1978	381.3	96.9	181.4	78.2	68.9	7.4	12.5	0.0	14.5	121.7	312.4	190.8	1466.0
1979	385.6	205.1	181.9	86.0	42.1	0.0	23.7	22.8	122.5	80.5	284.4	305.9	1740.5
1980	245.6	483.2	28.1	235.4	12.5	19.7	0.0	2.0	51.5	111.3	209.7	302.7	1701.7
1981	313.8	92.8	0.0	55.8	50.6	31.4	4.0	0.0	7.6	261.0	319.4	299.7	1436.1
1982	366.2	76.6	549.5	78.3	136.9	6.8	1.9	0.2	25.3	278.2	88.8	349.9	1958.6
1983	509.2	242.1	335.3	112.5	21.5	9.4	40.5	0.0	97.1	179.7	207.2	446.9	2201.4
1984	90.5	55.4	138.1	48.2	56.9	0.0	0.0	53.0	58.0	74.2	253.6	194.1	1022.0
1985	482.7	129.8	231.6	25.0	9.3	0.0	0.0	0.0	20.9	160.7	226.6	165.7	1452.3
1986	227.3	162.9	121.0	10.9	44.7	0.0	15.3	116.8	54.4	118.6	80.5	519.7	1472.1
1987	150.9	75.2	181.8	87.8	*	6.8	0.0	*	*	*	*	*	502.5
1988	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1989	*	*	*	*	*	*	0.0	30.7	60.0	66.5	263.5	450.5	871.2

ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS ANUAIS (mm) EM CATALÃO/GO - PERÍODO (1987 a 2006)													
Ano/Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
1990	152.6	198.8	115.1	60.1	37.8	0	24.3	8.9	41.3	173.6	178.6	170	1161.1
1991	296.7	137.8	336.1	67.3	30.5	0	0	0	33.5	157.1	239.3	300.1	1598.4
1992	267.8	209.1	130.4	88.6	7.7	0	0	10	58.7	167.9	283.7	155.1	1379
1993	107.1	324.5	111.4	93.8	21.8	54.7	0	40.1	40.8	62.1	105.6	290	1251.9
1994	347.5	72.1	292.6	29	37.2	5.3	1.3	0	0	161.3	167.9	315.6	1429.8
1995	174.6	396.9	181.5	31.6	111.8	0.3	0	0	23.2	120.5	101.9	230.3	1372.6
1996	242.2	141	207	96.9	9.4	0.9	0	16.9	54.4	51.9	186.9	429	1436.5
1997	361.2	139.8	256.1	68.4	31.2	50.6	0	0	47.4	121.7	173.5	260.8	1510.7
1998	174	230.3	129.4	62.2	108.3	0	0	24.7	10	119.1	169.1	178.2	1205.3
1999	224.3	159.9	435	28.1	1.3	3	0	0	40.4	26.4	205.5	240.1	1364
2000	317.9	339.2	216.8	67.1	0	0	16.7	20.8	119.8	50.9	244.8	167.7	1561.7
2001	262.7	54.1	317.6	40.8	38.7	0	0	6	61.9	108.1	231.1	275.8	1396.8
2002	230.4	351.6	168.9	48.7	42.5	3.6	1	22.1	27.1	41.2	44.8	299.6	1281.5
2003	427.4	142.3	181.6	80.4	8.1	0	0	0.5	57.9	89.7	164.9	212.3	1365.1
2004	219.5	515.5	158	133.7	4.8	0	20.4	0.2	2	52.7	153.2	220.1	1480.1
2005	336.4	95.4	289.8	22.9	15.1	16.3	0	16.1	47.4	75.1	226.6	315.7	1456.8
2006	197.9	108.5	297.5	243.1	16.9	0.7	0.2	9.4	20	162	133.2	254.9	1444.3
Média*	286.84	217.96	196.57	77.31	35.31	8.87	7.77	11.64	39.75	136.62	204.59	278.37	

* Média do Período de 1955 a 2006.

Anexo 6

TEMPERATURA MAXIMA, MEDIA MENSAL												
Mês/Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1987	29.3	28.5	28.8	28.7	NULL	26.6	28.5	30.9	31.1	32.0	28.4	NULL
1988	30.3	29.0	29.0	29.2	28.3	25.7	25.3	28.2	31.6	28.7	28.3	NULL
1989	28.8	29.2	29.0	29.5	26.7	26.6	26.2	27.6	30.1	30.3	28.8	26.3
1990	30.1	29.9	29.9	29.8	27.1	26.5	26.3	27.7	29.2	30.2	31.0	29.8
1991	28.2	29.3	28.1	28.5	27.1	27.5	26.7	28.8	29.6	30.1	29.3	29.6
1992	28.5	28.5	28.8	29.0	28.9	27.4	27.8	28.9	27.3	29.5	29.0	29.2
1993	30.8	28.8	31.7	30.2	27.8	26.7	28.7	29.4	31.3	31.5	32.5	30.5
1994	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
1995	30.4	28.7	29.6	28.5	27.5	26.9	27.6	30.5	30.7	30.6	28.5	29.0
1996	29.3	30.6	29.2	29.0	27.5	26.2	27.7	29.4	29.6	31.0	27.7	29.0
1997	27.9	29.5	27.5	27.5	25.8	25.8	26.6	29.2	32.8	31.6	31.3	29.0
1998	29.6	30.4	30.5	29.8	27.2	26.9	28.0	30.2	32.0	30.3	29.3	29.1
1999	29.6	30.0	28.8	29.0	27.1	28.0	28.5	28.9	31.0	31.1	29.6	28.7
2000	28.9	28.4	28.3	28.5	27.3	27.8	26.4	29.6	28.6	32.4	27.8	28.9
2001	29.7	31.5	29.5	29.7	26.9	27.0	28.4	28.2	30.3	29.0	29.1	28.4
2002	29.5	28.5	30.0	29.6	28.8	27.8	28.2	30.1	30.1	33.7	30.9	30.6
2003	28.6	30.7	28.8	29.1	27.0	28.6	27.6	29.6	30.7	30.4	29.1	30.6
2004	28.3	27.7	28.9	28.5	27.7	26.5	26.1	29.6	33.1	31.6	30.0	*
2005	*	*	*	*	28.3	26.8	27.5	29.8	31.2	33.4	28.3	28.1
2006	29.7	29.9	29.1	28.7	27.6	26.6	27.5	30.6	30.7	28.7	29.0	29.2
Média	29.3	29.4	29.2	29.0	27.5	26.9	27.3	29.3	30.6	30.9	29.4	29.1
TEMPERATURA MINIMA, MEDIA MENSAL												
Mês/Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1987	19.5	19.4	18.4	18.5	NULL	15.0	15.3	16.4	18.6	20.1	19.4	NULL
1988	20.3	20.0	19.5	19.5	17.0	13.3	12.9	14.7	18.6	18.6	18.8	NULL
1989	19.3	19.3	19.5	18.8	14.9	15.0	13.6	15.8	18.1	18.4	18.7	18.8
1990	19.3	19.1	19.2	18.8	15.6	13.8	14.2	15.5	16.6	19.5	19.7	19.6
1991	19.5	19.4	19.3	18.3	15.8	15.3	14.0	15.4	17.2	18.7	18.9	19.1
1992	19.6	18.4	18.5	18.6	17.0	14.9	14.8	16.1	17.3	19.0	18.8	18.7
1993	19.0	18.9	19.5	18.8	16.0	14.7	15.0	15.7	18.4	19.3	20.2	19.5
1994	19.5	19.9	19.3	18.5	17.2	14.4	14.2	15.7	18.9	19.7	19.9	19.8
1995	20.2	19.4	19.8	18.7	16.8	14.7	15.8	17.5	18.1	19.4	18.9	19.9
1996	19.7	20.3	19.7	18.5	16.3	13.7	14.2	16.7	17.9	19.9	19.3	19.6
1997	19.5	19.4	18.9	17.4	15.6	14.4	14.7	15.7	19.9	19.6	20.8	19.8
1998	20.3	21.0	20.7	19.9	16.5	15.2	14.8	17.8	19.4	19.6	19.4	20.0
1999	19.9	20.5	19.9	18.4	15.0	15.2	16.3	15.3	18.1	19.8	18.7	19.3
2000	19.9	19.7	19.6	17.8	15.7	14.5	13.5	16.8	18.1	20.2	19.0	19.6
2001	19.4	20.4	19.2	18.8	16.0	15.0	15.6	15.5	17.9	18.9	19.8	19.6
2002	20.2	19.6	20.0	19.1	17.3	15.6	15.7	17.8	17.6	21.3	20.5	20.7
2003	20.2	20.0	19.5	19.0	15.6	15.3	15.0	16.1	18.2	19.4	19.4	20.3
2004	20.0	19.3	19.0	18.7	16.9	14.9	14.2	15.5	19.2	19.6	20.0	19.5
2005	19.8	19.7	20.1	19.5	16.7	15.7	15.0	16.3	19.4	21.2	19.3	19.0
2006	19.6	20.2	19.9	18.7	15.7	14.6	15.2	17.3	18.1	19.3	19.4	20.2
Média	19.7	19.7	19.5	18.7	16.2	14.8	14.7	16.2	18.3	19.6	19.4	19.6
Fonte: INMET – 10º DISME (2008).												
Estação 83526 - Catalão / Localização – Lat.: 18º 11'00" S Long.: 047º 57'00" W / Alt.: 840.47 m.												

Anexo 07

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA DA SUB-BACIA COM CERRADO														
Data da Coleta	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Dureza	Sed.	Alc.	CO ₂	pH	Cor Aparente	Turb.	Cond.
						(mg/l)						PtCo	FTU	mScm ⁻¹
21-fev-03	0.80	0.04	2.5	3.0	1.2	0.2	12.2	30.0	18.2	-	6.2	101	74	0.07
21-mar-03	0.20	0.04	2.0	1.2	0.8	1.2	6.4	23.7	12.0	-	6.2	87	19	0.06
21-abr-03	0.80	0.04	2.7	1.8	1.5	0.6	10.7	25.0	21.0	-	6.3	161	52	0.07
13-mai-03	0.60	0.04	2.2	1.8	1.4	1.2	10.1	15.7	19.2	-	6.5	83	27	0.06
13-jun-03	0.20	0.04	2.4	3.1	1.6	1.5	14.4	23.0	23.6	-	6.4	108	34	0.06
15-jul-03	0.20	0.02	2.7	4.2	1.9	0.3	18.3	14.3	26.0	-	6.4	61	28	0.07
04-ago-03	0.20	0.03	3.0	5.1	2.1	0.6	21.1	25.7	34.2	-	6.4	96	32	0.07
15-set-03	0.60	0.05	1.1	5.7	2.2	1.0	23.3	33.3	36.0	-	6.5	89	23	0.07
25-mai-04	0.40	0.04	2.8	2.3	2.4	1.4	15.4	27.0	24.8	-	6.4	166	57	0.06
01-jul-04	1.90	0.04	2.4	1.7	1.9	1.0	13.8	31.3	19.2	-	6.4	152	58	0.06
20-ago-04	0.20	0.05	2.5	1.9	2.0	0.5	13.9	24.0	21.6	-	6.3	178	55	0.06
30-set-04	0.20	0.04	3.0	3.4	2.5	1.2	18.6	31.7	29.0	16.6	6.5	130	68	0.07
26-out-04	0.30	0.01	2.4	2.0	1.9	0.2	13.1	14.7	22.8	16.4	6.3	111	36	0.07
16-nov-04	3.70	0.05	2.4	0.9	1.0	2.1	6.5	13.3	11.0	12.5	6.2	118	23	0.06
09-dez-04	0.20	0.03	2.4	1.5	1.1	0.6	8.3	6.0	15.4	11.1	6.4	118	23	0.06
7-jan-05	0.47	0.05	2.6	1.7	1.7	1.2	11.1	10.3	17.2	9.3	6.5	177	35	0.07
19-fev-05	0.31	0.06	2.3	1.8	1.8	1.7	11.8	11.3	22.0	14.0	6.4	193	43	0.08
22-mar-05	0.61	0.07	2.4	2.4	2.0	0.1	9.8	56.3	18.0	7.2	6.6	220	43	0.07
20-abr-05	0.42	0.04	2.6	1.9	2.3	2.6	14.3	12.3	24.6	13.3	6.5	217	46	0.08
26-mai-05	0.20	0.05	2.1	1.7	1.8	1.4	11.7	12.0	23.0	10.4	6.6	223	58	0.06
30-jun-05	0.20	0.04	2.0	1.6	1.7	1.2	13.4	40.7	22.4	13.5	6.4	146	47	0.06
19-jul-05	0.20	0.04	1.9	1.4	1.6	0.8	11.5	53,7	21.0	9	6.6	107	43	0.06
19-ago-05	0.40	0.04	2.2	1.5	1.7	1.0	10.5	4.0	21.6	10.4	6.5	125	30	0.06
25-ago-05	0.30	0.04	2.3	1.8	2.0	0.5	12.6	10.3	22.6	13.7	6.4	101	39	0.07
26-set-05	0.24	0.04	2.3	1.6	1.9	0.5	11.9	17.3	20.8	15.0	6.4	74	23	0.07
26-out-05	0.00	0.04	2.4	3.0	2.4	0.2	17.3	13.3	23.6	11.9	6.5	63	25	0.07
30-nov-05	0.70	0.04	2.1	1.6	1.7	0.3	10.9	27.0	14.4	1.2	7.3	79	22	0.06
20-dez-05	0.10	0.04	2.4	2.5	2.5	0.6	16.4	8.3	20.2	1.6	7.3	85	28	0.07
15-jan-06	0.20	0.04	2.3	2.4	2.2	0.9	15.1	23.3	17.2	0.8	7.5	133	28	0.07
20-fev-06	0.30	0.04	2.2	2.2	2.3	0.6	15.9	25.3	22.4	7.2	6.7	100	25	0.08
09-mar-06	0.20	0.03	2.7	2.6	2.7	0.4	18.0	26.0	24.0	12.1	6.5	30	21	0.07
19-abr-06	0.60	0.03	2.6	2.4	2.2	0.5	14.8	14.3	18.8	6	6.7	93	23	0.07
16-mai-06	0.30	0.03	2.0	1.5	1.8	1.2	13.3	13.3	18.0	6.9	6.6	96	27	0.06
05-jun-06	0.50	0.21	2.1	1.7	1.9	0.6	13.0	47.0	18.0	10.3	6.5	181	75	0.06
15-ago-06	0.20	0.02	1.8	1.7	1.9	0.4	12.8	22.0	19.0	4.8	6.8	107	45	0.07
29-set-06	0.20	0.03	2.1	1.7	2.0	0.0	12.6	15.3	28.0	12.0	6.6	23	10	0.07
04-nov-06	0.80	0.05	2.4	2.1	2.3	1.0	16.4	60.0	20.4	4.6	6.9	80	21	0.07
23-nov-06	0.80	0.05	2.4	2.1	2.0	0.4	14.0	11.0	18.2	3.3	7.0	16	27	0.07

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA DA SUB-BACIA COM EUCALIPTO														
Data da Coleta	N	P	K	Ca	Mg	Fe (mg/l)	Dureza	Sed.	Alc.	CO2	pH	Cor Aparente PtCo	Turb. FTU	Cond. mScm-1
21-fev-03	0.4	0.03	2.4	2.3	2.2	0.1	14.8	16.3	19.0	-	6.7	33	26	0.07
21-mar-03	0.1	0.05	2.5	1.6	1.9	1.0	12.0	22.0	18.0	-	6.8	112	26	0.07
21-abr-03	1.4	0.04	2.1	1.4	1.8	0.7	10.9	14.0	18.0	-	6.8	62	13	0.07
13-mai-03	0.0	0.03	2.0	1.6	1.8	0.1	11.3	18.7	17.4	-	6.8	27	6	0.06
13-jun-03	0.0	0.03	1.8	1.5	1.8	0.2	11.0	16.7	19.6	-	6.8	30	7	0.06
15-jul-03	0.2	0.03	1.9	1.6	1.8	0.2	11.2	28.0	19.2	-	6.6	17	7	0.05
04-ago-03	0.3	0.04	1.9	1.8	1.8	0.2	12.0	66.3	18.6	-	6.7	32	8	0.06
15-set-03	0.6	0.04	2.1	1.7	1.9	0.3	12.2	6.0	19.4	-	6.8	25	5	0.05
25-mai-04	0.2	0.04	2.5	2.0	1.9	0.2	12.8	20.3	16.4	-	6.9	61	16	0.05
01-jul-04	0.2	0.03	2.0	1.2	1.6	0.30	10.2	10.3	17.0	-	6.9	20	6	0.05
20-ago-04	0.2	0.04	2.1	1.2	1.7	0.20	10.5	31.3	16.4	-	6.8	29	7	0.05
30-set-04	0.2	0.05	2.4	1.9	2.0	0.20	13.0	17.0	19.6	6.3	6.7	6	10	0.06
26-out-04	0.3	0.03	2.3	2.0	2.2	0.30	14.5	5.7	22.0	4.4	6.9	37	7	0.06
16-nov-04	0.7	0.09	3.8	1.8	2.0	1.10	12.8	11.0	20.0	4.6	6.9	92	19	0.07
09-dez-04	0.1	0.04	3.0	2.2	2.2	0.40	14.4	5.7	20.4	3.3	7.0	59	13	0.07
07-jan-05	0.2	0.06	2.4	2.0	1.9	0.3	12.9	18.7	21.0	4.0	6.9	93	18	0.07
19-fev-05	0.4	0.28	2.7	1.3	1.2	1.2	7.9	50.7	18.6	4.0	6.9	493	153	0.07
22-mar-05	0.8	0.15	2.6	2.3	1.3	1.5	12.0	59.3		3.0	6.8	513	146	0.06
20-abr-05	1.7	0.05	2.0	1.2	1.5	0.1	9.1	8.0	14.8	3.6	6.8	83	17	0.06
26-mai-05	0.2	0.08	2.2	1.4	1.5	0.3	9.5	6.3	19.2	3.7	6.9	90	18	0.05
30-jun-05	0.2	0.04	2.1	1.3	1.5	0.3	9.7	32.0	16.0	5.8	6.7	36	9	0.05
19-jul-05	0.2	0.05	1.9	1.2	1.4	0.2	9.2	51.3	16.0	5.4	6.7	41	10	0.05
19-ago-05	0.8	0.10	3.1	1.6	1.6	0.2	10.7	10.7	19.2	4.9	6.8	55	11	0.06
25-ago-05	0.4	0.05	2.4	1.6	1.6	0.1	10.6	25.7	19.6	5.0	6.8	35	8	0.06
26-set-05	0	0.09	3.6	1.9	2.2	0.3	13.7	17.0	19.8	5.0	6.8	83	20	0.07
26-out-05	0.1	0.06	3.2	1.8	2.7	1.5	15.4	39.3	27.0	11.6	6.6	103	22	0.08
30-nov-05	0.1	0.14	3.0	2.2	2.1	0.6	14.0	39.3	16.4	0.8	7.5	154	32	0.07
20-dez-05	0.0	0.07	2.6	2.6	2.4	0.3	16.3	19.7	19.0	1.1	7.5	94	21	0.07
15-jan-06	0.4	0.12	2.6	2.0	2.1	0.60	13.5	36.0	15.4	1.1	7.4	240	50	0.07
20-fev-06	0.3	0.05	2.3	1.7	2.0	0.40	13.2	17.7	15.2	2.3	7.0	119	23	0.10
09-mar-06	0.2	0.04	2.5	1.8	2.0	0.20	13.0	21.3	20.0	5.4	6.8	17	10	0.06
19-abr-06	0.4	15.90	2.5	1.6	13.9	0.14	60.9	34.0	54.2	0.01	9.8	132	29	0.12
16-mai-06	0.3	0.03	2.0	1.2	1.5	0.39	10.0	18.3	15.0	2.6	7.0	35	9	0.05
05-jun-06	0.0	0.03	1.8	1.2	1.6	0.3	10.2	12.7		6.0	6.6	11	5	0.05
15-ago-06	0.5	0.13	2.0	1.5	1.8	0.2	11.3	6.7	15.4	2.5	7.0	34	7	0.06
29-set-06	1.0	0.60	0.6	1.4	0.3	0.0	4.5	24.0	12.6	4.5	6.6	33	7	0.06
04-nov-06	0.5	0.06	2.8	2.3	2.0	0.5	14.8	24.3	18.8	2.7	7.0	47	13	0.07
23-nov-06	0.6	0.12	2.0	1.4	1.3	0.4	9.4	13.0	12.4	2.8	6.9	100	19	0.06

Anexo 08

LABORATÓRIO PRO-SOLO

Fones: 64 - 34112142 - 62-9694-8194

Rua 33 Num. 651, Vila Margon

CATALÃO - GOIÁS

CEP - 75711-100

Nome:	ANDREIA ARRUDA DE OLIVEIRA MOSCA					
Propriedade:	ouvidor da Taquara			Solicitação de:		
Cultura:	Eucalipto			Data Entrada:	15/1/2008	
Município:	Catalão-GO			Data Saída:	22/1/2008	

ANÁLISE DE SOLO - Num.

AMOSTRA	01	02	03	04	05	06	REFERÊNCIA
---------	----	----	----	----	----	----	------------

Macronutriente

PH (H2O)	5,75	5,50	5,55	5,90	5,80	5,60	6,00-6,50
Ca (mE/100 ml)	0,25	0,20	0,45	1,60	0,60	0,45	2,00-5,00
Mg (mE/100 ml)	0,10	0,10	0,15	1,60	0,60	0,20	0,50-1,50
Ca+Mg (mE/100 ml)	0,35	0,30	0,60	3,20	1,20	0,65	2,50-6,50
Al (mE/100 ml)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H+Al (mE/100 ml)	2,20	3,60	3,60	2,70	2,70	3,70	-
CTC	2,79	4,05	4,38	6,25	4,13	4,54	-
P (ppm)	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	10,00-30,00
P (resina)	-	-	-	-	-	-	40,00-80,00
K (mE/100 ml)	0,24	0,15	0,18	0,35	0,23	0,19	0,15-0,46
K (ppm)	92,00	57,90	68,80	135,00	90,00	75,30	60,00-180,00

Micronutriente

Na	42,1	38,7	44,3	47,4	43,6	44,9	-
S	13,20	8,10	11,40	7,50	13,80	12,90	10,00-20,00
B	0,16	0,21	0,25	0,23	0,20	0,22	0,40-0,80
Cu	3,60	4,10	5,20	14,30	8,10	8,10	1,20-2,40
Fe	100,00	104,50	111,50	117,50	106,00	114,50	40,00-80,00
Mn	20,40	25,00	35,00	67,50	43,00	56,00	20,00-40,00
Zn	1,20	1,00	1,30	1,60	1,00	1,10	2,00-2,40
Co	-	-	-	-	-	-	-
Mo	-	-	-	-	-	-	-

Dados Complementares

pH (CaCl2)	-	-	-	-	-	-	5,50-6,00
pH (SMP)	-	-	-	-	-	-	-
Mat Org %	0,58	1,16	0,58	0,70	0,87	0,93	1,50-3,00
Sat Al %	-	-	-	-	-	-	-
Sat Base %	21,03	11,08	17,74	56,77	34,64	18,56	-
Ca/Mg	2,50	2,00	3,00	1,00	1,00	2,25	2,00-5,00
Ca/CTC %	8,97	4,94	10,28	25,62	14,53	9,91	48,00-60,00
Mg/CTC %	3,59	2,47	3,43	25,62	14,53	4,40	16,00-20,00
K/CTC %	8,47	3,67	4,03	5,54	5,59	4,25	3,00-5,00
H + Al/CTC %	78,97	88,92	82,26	43,23	65,36	81,44	-

Análise de Textura

Argila %	38,00	35,00	36,00	40,00	37,00	35,00	-
Silte %	9,00	10,00	14,00	12,00	11,00	10,00	-
Areia %	53,00	55,00	50,00	48,00	52,00	55,00	-

Antero Horácio dos Santos

Responsável Técnico - CRQ N. 12100848

Data: 22/1/2008

LABORATÓRIO PRO-SOLO

Fones: 64 - 34112142 - 62-9694-8194

Rua 33 Num. 651, Vila Margon

CATALÃO - GOIÁS

CEP - 75711-100

Nome:	ANDREIA ARRUDA DE OLIVEIRA MOSCA					
Propriedade:	Faz. Ouvidor da Taquara			Solicitação de:		
Cultura:	Eucalipto			Data Entrada:	15/1/2008	
Município:	Catalão-GO			Data Saída:	22/1/2008	

ANÁLISE DE SOLO - Num.

AMOSTRA	07	08	09	10	11	12	REFERÊNCIA
---------	----	----	----	----	----	----	------------

Macronutriente

PH (H ₂ O)	6,00	6,20	5,30	5,45	5,65	5,55	6,00-6,50
Ca (mE/100 ml)	1,05	3,65	0,35	0,40	0,50	0,60	2,00-5,00
Mg (mE/100 ml)	0,45	1,80	0,10	0,60	0,25	0,25	0,50-1,50
Ca+Mg (mE/100 ml)	1,50	5,45	0,45	1,00	0,75	0,85	2,50-6,50
Al (mE/100 ml)	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00
H+Al (mE/100 ml)	2,20	3,50	3,00	3,80	4,00	3,70	-
CTC	3,87	9,87	3,60	5,09	4,87	4,66	-
P (ppm)	2,00	11,00	2,00	3,00	3,00	2,00	10,00-30,00
P (resina)	-	-	-	-	-	-	40,00-80,00
K (mE/100 ml)	0,17	0,92	0,15	0,29	0,12	0,11	0,15-0,46
K (ppm)	66,00	358,00	57,00	115,00	48,40	44,40	60,00-180,00

Micronutriente

Na	40,6	42,6	43,1	46,3	41,5	48,1	-
S	5,10	12,00	16,80	9,00	9,00	1,50	10,00-20,00
B	0,20	0,66	0,09	0,23	0,12	0,29	0,40-0,80
Cu	5,40	5,00	16,30	6,20	6,20	5,00	1,20-2,40
Fe	113,00	96,50	110,50	131,00	116,50	107,50	40,00-80,00
Mn	67,50	95,00	42,00	75,50	48,00	54,00	20,00-40,00
Zn	1,10	2,00	1,30	3,00	1,20	1,30	2,00-2,40
Co	-	-	-	-	-	-	-
Mo	-	-	-	-	-	-	-

Dados Complementares

pH (CaCl ₂)	-	-	-	-	-	-	5,50-6,00
pH (SMP)	-	-	-	-	-	-	-
Mat Org %	0,75	2,49	1,45	1,10	0,93	1,33	1,50-3,00
Sat Al %	-	-	-	-	-	-	-
Sat Base %	43,14	64,53	16,58	25,42	17,93	20,67	-
Ca/Mg	2,33	2,03	3,50	0,67	2,00	2,40	2,00-5,00
Ca/CTC %	27,14	36,99	9,73	7,85	10,26	12,86	48,00-60,00
Mg/CTC %	11,63	18,24	2,78	11,78	5,13	5,36	16,00-20,00
K/CTC %	4,37	9,30	4,06	5,79	2,55	2,44	3,00-5,00
H + Al/CTC %	56,86	35,47	83,42	74,58	82,07	79,33	-

Análise de Textura

Argila %	38,00	40,00	37,00	29,00	35,00	38,00	-
Silte %	14,00	5,00	12,00	9,00	9,00	10,00	-
Areia %	48,00	55,00	51,00	62,00	56,00	52,00	-

Antero Horácio dos Santos
 Responsável Técnico - CRQ N. 12100848

Data: 22/1/2008

LABORATÓRIO PRO-SOLO

Fones: 64 - 34112142 - 62-9694-8194

Rua 33 Num. 651, Vila Margon

CATALÃO - GOIÁS

CEP - 75711-100

Nome:	ANREIA ARRUDA DE OLIVEIRA MOSCA					
Propriedade:	Faz. Ouvidor da Taquara			Solicitação de:		
Cultura:	Eucalipto			Data Entrada:	15-01-208	
Município:	Catalão-GO			Data Saída:	22/1/2008	

ANÁLISE DE SOLO - Num.

AMOSTRA	13	14	15				REFERÊNCIA
---------	----	----	----	--	--	--	------------

Macronutriente

PH (H ₂ O)	5,70	5,50	5,40	-	-	-	6,00-6,50
Ca (mE/100 ml)	0,50	0,50	0,50	-	-	-	2,00-5,00
Mg (mE/100 ml)	0,30	0,15	0,10	-	-	-	0,50-1,50
Ca+Mg (mE/100 ml)	0,80	0,65	0,60	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	2,50-6,50
Al (mE/100 ml)	0,00	0,00	0,00	-	-	-	0,00
H+Al (mE/100 ml)	2,60	2,90	3,00	-	-	-	-
CTC	3,52	3,67	3,69	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	-
P (ppm)	2,00	3,00	2,00	-	-	-	10,00-30,00
P (resina)	-	-	-	-	-	-	40,00-80,00
K (mE/100 ml)	0,12	0,12	0,09	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	0,15-0,46
K (ppm)	46,00	47,00	35,10	-	-	-	60,00-180,00

Micronutriente

Na	53,1	50,1	48,3	-	-	-	-
S	7,20	10,20	7,80	0,00	0,00	0,00	10,00-20,00
B	0,25	0,16	0,16	0,00	0,00	0,00	0,40-0,80
Cu	4,20	6,50	6,00	0,00	0,00	0,00	1,20-2,40
Fe	110,50	110,50	107,50	0,00	0,00	0,00	40,00-80,00
Mn	42,00	49,00	37,50	0,00	0,00	0,00	20,00-40,00
Zn	1,40	1,40	1,20	0,00	0,00	0,00	2,00-2,40
Co	-	-	-	-	-	-	-
Mo	-	-	-	-	-	-	-

Dados Complementares

pH (CaCl ₂)	-	-	-	-	-	-	5,50-6,00
pH (SMP)	-	-	-	-	-	-	-
Mat Org %	0,35	0,46	0,58	0,00	0,00	0,00	1,50-3,00
Sat Al %	-	-	-	-	-	-	-
Sat Base %	26,09	20,99	18,70	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	-
Ca/Mg	1,67	3,33	5,00	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	2,00-5,00
Ca/CTC %	14,21	13,62	13,55	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	48,00-60,00
Mg/CTC %	8,53	4,09	2,71	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	16,00-20,00
K/CTC %	3,35	3,28	2,44	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	3,00-5,00
H + Al/CTC %	73,91	79,01	81,30	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	-

Análise de Textura

Argila %	40,00	38,00	41,00	-	-	-	-
Silte %	10,00	10,00	7,00	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	-
Areia %	50,00	52,00	52,00	-	-	-	-

Antero Horácio dos Santos
Responsável Técnico - CRQ N. 12100848

Data: 22/1/2008