

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**EVOLUÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL DE FLORESTA OMBRÓFILA
DENSE ALTO-MONTANA E A PRODUÇÃO DE ÁGUA EM MICROBACIA
EXPERIMENTAL, CUNHA - SP**

LARISSE SOUZA DE CICCO

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP - Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Ciência Florestal.

BOTUCATU - SP

Agosto, 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**EVOLUÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL DE FLORESTA OMBRÓFILA
DENSE ALTO-MONTANA E A PRODUÇÃO DE ÁGUA EM MICROBACIA
EXPERIMENTAL, CUNHA - SP**

LARISSE SOUZA DE CICCO

Orientador: Prof. Dr. Valdemir Antonio Rodrigues

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP - Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Ciência Florestal.

BOTUCATU - SP
Agosto, 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

C568e Cicco, Larisse Souza de, 1988-
Evolução da regeneração natural de floresta ombrófila densa Alto-Montana e a produção de água em microbacia experimental, Cunha - SP / Larisse Souza de Cicco. - Botucatu : [s.n.], 2013
xv, 123 f. : ils. color., tabs., grafs., fots. color.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013
Orientador: Valdemir Antonio Rodrigues
Inclui bibliografia

1. Mata Atlântica. 2. Vegetação - Mapeamento. 3. Balanço hidrológico. 4. Evapotranspiração. 5. Microbacias hidrográficas. I. Rodrigues, Valdemir Antonio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

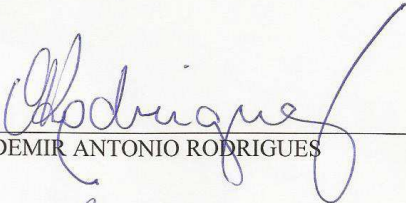
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: EVOLUÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL DE FLORESTA
OMBRÓFILA Densa ALTOMONTANA E A PRODUÇÃO DE ÁGUA EM
MICROBACIA EXPERIMENTAL, CUNHA - SP

ALUNA: LARISSA SOUZA DE CICCO

ORIENTADOR: PROF. DR. VALDEMIR ANTONIO RODRIGUES


Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. VALDEMIR ANTONIO RODRIGUES



PROFA. DRA. TERESA CRISTINA/TARLÉ PISSARRA



PROF. DR. MAURÍCIO RANZINI

Data da Realização: 22 de agosto de 2013.

Dedico

*Aos meus pais Valdir e Gerusa,
A minha irmã Camilla e meu cunhado Laércio,
A minha avó Emilia,
Ao meu namorado Adriano da Silva Maruyama.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela minha vida. A minha família, pela educação que me deram e incentivo que me ofereceram;

Esta pesquisa só foi possível de ser concretizado, com a ajuda de algumas pessoas que tiveram papel fundamental e importante nesta pesquisa. Entre elas gostaria de destacar:

Ao meu orientador, Prof. Dr. Valdemir Antonio Rodrigues, pela atenção, orientação e encorajamento durante a realização da pesquisa, bem como sua colaboração nas sugestões e revisões de texto;

A Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP – Campus de Botucatu, ao programa de pós-graduação em Ciência Florestal, onde pude aprimorar meus conhecimentos, conhecer pessoas maravilhosas e aprender a superar obstáculos;

Aos professores da pós-graduação da Unesp Botucatu;

Ao Instituto Florestal, pela oportunidade de realizar os trabalhos no Laboratório de Hidrologia Florestal Engenheiro Agrônomo Walter Emmerich, Cunha/SP;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa;

Aos pesquisadores da Seção de Geociências do Instituto Florestal Dr. Marcio Rossi, Dr. Dimas Antonio da Silva, Paula Gunther Haack, e as estagiárias Vanessa Fontes e Maria Prinholato. As pesquisadoras Msc. Isabel Fernandes de Aguiar Mattos e Marina Mitsue Kanashiro, pelo ensinamento e disponibilidade na fotointerpretação, digitalização e elaboração dos mapas de vegetação;

Aos pesquisadores da Seção de Engenharia Florestal do Instituto Florestal Msc. Francisco Carlos Soriano Arcova, Dr. Mauricio Ranzini e ao meu pai Dr. Valdir de Cicco, pela ajuda e ensinamento, e, também, por disponibilizar os dados hidrológicos;

A todos os funcionários do Núcleo Cunha e do Laboratório de Hidrologia Florestal Engenheiro Walter Emmerich, por sempre me receber bem e ajudar nos trabalhos de campo, em especial ao técnico João Batista Amaro dos Santos;

A minha ex-orientadora Profa. Dra. Vera Fátima Gomes Alves Pereira Lima e a professora Dra. Maria Ester Chaves, que sempre estavam prontas a me ajudar, me orientando, incentivando e persistindo para eu fazer pós-graduação;

Ao pesquisador Dr. Gustavo Armani, que sempre esteve pronto a me ajudar na revisão do relatório da qualificação;

Ao pesquisador Msc. Geraldo Antônio Daher Corrêa Franco, que dispôs de parte de seu tempo na identificação de espécies florestais;

Ao meu namorado e Engenheiro Florestal - Botânico Adriano Maruyama, que me ajudou na identificação de algumas espécies florestais e na revisão do texto;

Ao meu professor de inglês Vinicius Moquedace Bonanno, pela revisão e ajuda na elaboração do summary;

As secretárias da pós-graduação, que sempre estavam prontas a tirar qualquer dúvida;

A todos meus amigos e colegas do curso de pós-graduação em Ciência Florestal e Energia na Agricultura, que sempre estiveram comigo;

A todos meus amigos pela compreensão, ânimo e incentivo.

“É melhor tentar e falhar,
que preocupar-se e ver a vida passar;
é melhor tentar, ainda que em vão,
que sentar-se fazendo nada até o final.

Eu prefiro na chuva caminhar,
que em dias tristes em casa me esconder.
Prefiro ser feliz, embora louco,
que em conformidade viver...”

Martin Luther King

SUMÁRIO

| | |
|---|------|
| Lista de Ilustrações | x |
| Lista de Tabelas | xiii |
| RESUMO | xiv |
| SUMMARY | xvi |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2. OBJETIVOS | 4 |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 6 |
| 3.1. Mata Atlântica | 6 |
| 3.1.1. Floresta Ombrófila Densa..... | 9 |
| 3.1.2. Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana..... | 10 |
| 3.2. Sensoriamento remoto | 13 |
| 3.3. Fotografias aéreas | 14 |
| 3.3.1. Fotointerpretação | 16 |
| 3.4. Hidrologia..... | 17 |
| 3.4.1. Relação floresta-água | 19 |
| 3.4.2. Balanço hídrico de bacias hidrográficas..... | 23 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS..... | 27 |
| 4.1. Área de estudo | 27 |
| 4.2. Mapeamento da microbacia..... | 31 |
| 4.2.1. Mapa clinográfico..... | 31 |
| 4.2.2. Mapa hipsométrico | 32 |
| 4.2.3. Mapa de vegetação | 32 |
| 4.2. Levantamento de campo..... | 33 |
| 4.3. Hidrologia..... | 34 |
| 4.3.1. Análises estatísticas | 39 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 40 |
| 5.1. Mapeamento e Fitofisionomia..... | 40 |
| 5.2. Levantamento de campo..... | 61 |
| 5.3. Hidrologia..... | 64 |
| 5.3.1. Precipitação e deflúvio mensal..... | 64 |
| 5.3.2. Período chuvoso | 64 |
| 5.3.2. Período menos chuvoso..... | 76 |

| | |
|---|-----|
| 5.3.2. Relação entre a precipitação e o deflúvio mensal | 87 |
| 5.3.2. Precipitação, deflúvio e evapotranspiração anual | 88 |
| 6. CONSIDERAÇÕES GERAIS..... | 95 |
| 7. CONCLUSÕES | 98 |
| 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 99 |
| 9. APÊNDICES | 112 |

Lista de Ilustrações

| | |
|--|----|
| Figura 1. Perfil de vegetação no leste do Estado de São Paulo e a localização do Núcleo Cunha (HUECK, 1972). | 12 |
| Figura 2. Distribuição da água no planeta Terra. Adaptado de Shiklomanov (1998). | 18 |
| Figura 3. Processos hidrológicos em uma bacia hidrográfica florestada (ARCOVA e CICCIO, 2005). | 24 |
| Figura 4. Localização do Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Cunha (limites em vermelho), município de Cunha - SP. | 28 |
| Figura 5. Localização das microbacias hidrográficas experimentais, em vermelho a microbacia B. | 30 |
| Figura 6. Vista parcial da estação fluviométrica e a esquerda o vertedouro triangular. | 35 |
| Figura 7. Vista da estação fluviométrica, com os dois tanques de sedimentação e tranquilização. À esquerda o abrigo dos equipamentos. | 36 |
| Figura 8. Vista frontal da estação fluviométrica em fase final de construção. | 36 |
| Figura 9. Estação fluviométrica da microbacia hidrográfica experimental B. Em primeiro plano o vertedouro triangular 90° e a esquerda o abrigo do linígrafo, em 2012. | 37 |
| Figura 10. Localização da estação fluviométrica (linígrafo) e dos três pluviógrafos na microbacia B. | 38 |
| Figura 11. Mapa clinográfico da microbacia hidrográfica experimental B. | 41 |
| Figura 12. Mapa hipsométrico da microbacia hidrográfica experimental B. | 43 |
| Figura 13. Mapa da vegetação de 1962 da microbacia hidrográfica experimental B. | 46 |
| Figura 14. Distribuição das formações vegetacionais em hectares na microbacia B. | 47 |
| Figura 15. Mapa da vegetação de 1977 da microbacia B. | 49 |
| Figura 16. Distribuição das formações vegetacionais em hectares na microbacia B. | 51 |
| Figura 17. Mapa da vegetação de 1997 da microbacia hidrográfica experimental B. | 53 |
| Figura 18. Distribuição das formações vegetacionais em hectares na microbacia B. | 54 |
| Figura 19. Mapa da vegetação de 2009 da microbacia hidrográfica experimental B. | 57 |
| Figura 20. Distribuição das formações vegetacionais em hectares na microbacia B. | 58 |
| Figura 21. Evolução temporal da vegetação da microbacia B. | 60 |
| Figura 22. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de outubro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B. | 64 |

| | |
|--|----|
| Figura 23. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de outubro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B..... | 65 |
| Figura 24. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de novembro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B. | 66 |
| Figura 25. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de novembro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B..... | 67 |
| Figura 26. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de dezembro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B. | 68 |
| Figura 27. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de dezembro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B..... | 69 |
| Figura 28. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de janeiro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B..... | 70 |
| Figura 29. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de janeiro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B. | 71 |
| Figura 30. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de fevereiro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B. | 72 |
| Figura 31. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de fevereiro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B..... | 73 |
| Figura 32. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de março dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B..... | 74 |
| Figura 33. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de março dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B. | 75 |
| Figura 34. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de abril dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B..... | 76 |
| Figura 35. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de abril dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B. | 77 |
| Figura 36. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de maio dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B..... | 78 |
| Figura 37. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de maio dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B. | 79 |
| Figura 38. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de junho dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B..... | 80 |

| | |
|--|----|
| Figura 39. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de junho dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B. | 81 |
| Figura 40. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de julho dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B..... | 82 |
| Figura 41. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de julho dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B. | 83 |
| Figura 42. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de agosto dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B..... | 84 |
| Figura 43. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de agosto dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B. | 85 |
| Figura 44. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de setembro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B. | 86 |
| Figura 45. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de setembro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B..... | 87 |
| Figura 46. Relação entre a precipitação e o deflúvio mensal (bolas preenchidas estação chuvosa, bolas não preenchidas estação menos chuvosa). | 88 |
| Figura 47. Representação gráfica e linhas de tendências da precipitação (em vermelho), do deflúvio (em azul) e da evapotranspiração real (em verde), para a microbacia B, no período de 1987 a 2008..... | 91 |
| Figura 48. Relação entre a precipitação e o deflúvio anual do período de 1987 a 2008 na microbacia B..... | 92 |
| Figura 49. Relação entre a precipitação e a evapotranspiração anual do período de 1987 a 2008 na microbacia B. | 93 |

Lista de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Distribuição das formações vegetacionais da microbacia B, em percentual e área para o ano de 1962..... | 45 |
| Tabela 2. Distribuição das formações vegetacionais da microbacia B, em percentual e área para o ano de 1977..... | 50 |
| Tabela 3. Distribuição das formações vegetacionais da microbacia B, em percentual e área para o ano de 1997..... | 52 |
| Tabela 4. Distribuição das formações vegetacionais da microbacia B, em percentual e área para o ano de 2009..... | 56 |
| Tabela 5. Distribuição espacial das formações vegetacionais da microbacia B, em percentual e área. | 59 |
| Tabela 6. Listagem florística de acordo com o sistema de classificação APG III: Famílias (sub família), nomes científicos e populares, grupos sucessionais e alturas dos indivíduos arbóreos da microbacia hidrográfica experimental B..... | 61 |
| Tabela 7. Precipitação, deflúvio e evapotranspiração anual da microbacia B. | 89 |
| Tabela 8. Precipitação e evapotranspiração anuais e a altitude de diferentes estudos em florestas tropicais..... | 93 |

CICCO, L. S. EVOLUÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL DE FLORESTA OMBRÓFILA Densa ALTO-MONTANA E A PRODUÇÃO DE ÁGUA EM MICROBACIA EXPERIMENTAL, CUNHA – SP. Botucatu, 2013. 123 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Autora: LARISSA SOUZA DE CICCO

Orientador: VALDEMIR ANTONIO RODRIGUES

RESUMO

A pesquisa foi realizada na microbacia hidrográfica experimental B, com área de 36,68 ha, pertencente ao Laboratório de Hidrologia Florestal Eng. Agr. Walter Emmerich, localizado no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha/SP. Para caracterizar a fitofisionomia da vegetação e sua evolução foi elaborado o mapeamento para os anos de 1962, 1977, 1997 e 2009, com base na interpretação de fotografias aéreas e ortofoto digital colorida e, posteriormente, espacializados em base cartográfica digital utilizando-se o Sistema de Informações Geográficas (SIG) ArcGis 9.3. Avaliou-se em termos quantitativos a entrada e saída de água, via precipitação e deflúvio ao longo dos anos hídricos de 1987 a 2008, e assim foi possível estimar a evapotranspiração real anual pelo método do balanço hídrico.

O mapeamento da vegetação da microbacia indicou treze fitofisionomias, sendo que foi possível observar principalmente a evolução de sete delas: D1 – porte arbóreo alto, com estrutura de dossel uniforme; D2 – porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme; D4 – porte arbóreo baixo a médio, com estrutura de dossel uniforme; D8 – porte arbóreo médio, com estrutura de dossel uniforme, P – pasto; Vs1 – porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme (capoeirão) e Vs4 – clareira. O balanço hídrico médio para os vinte e dois anos da série apresentou precipitação, deflúvio e evapotranspiração real de 1.856,3 mm (100%), 1.354,38 mm (72,96%) e 501,92 mm (27,04%), respectivamente. Para cada processo hidrológico verificou-se uma grande oscilação dos dados anuais. A precipitação e o deflúvio mostraram uma tendência negativa, sendo mais acentuada para o último processo. Já para a evapotranspiração real a tendência foi positiva. As variáveis precipitação e deflúvio anuais apresentaram alto valor do coeficiente de determinação ($r^2 = 0,8356$), indicando uma boa relação linear. Dessa forma, os resultados demonstraram que a regeneração natural da vegetação está afetando a produção de água, ou seja, com o aumento da evapotranspiração real está ocorrendo uma diminuição do deflúvio na microbacia hidrográfica experimental B.

Palavras-Chaves: Mata Atlântica, Mapeamento da vegetação, Balanço hídrico, Precipitação, Deflúvio, Evapotranspiração real.

CICCO, L. S. EVOLUTION OF NATURAL REGENERATION OF DENSE OMBRÓFILA FOREST ALTO-MONTANA AND WATER PRODUCTION IN EXPERIMENTAL WATERSHED, CUNHA – SP. Botucatu, 2013. 123 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: LARISSA SOUZA DE CICCO

Adviser: VALDEMIR ANTONIO RODRIGUES

SUMMARY

The survey was carried out in the experimental catchment B, with an area of 36.68 ha, belonging to the Eng. Agr. Walter Emmerich Forest Hydrology Laboratory, located in Serra do Mar State Park - Core Cunha / SP. To characterize the physiognomy of the vegetation and its evolution was developed mapping for the years 1962, 1977, 1997 and 2009, based on an interpretation of aerial photographs and digital color orthophoto, after spatialized in digital cartographic base by using the Geographical Information System (GIS) ArcGIS 9.3. To in quantitative terms evaluate the input and output of water via precipitation and runoff of the water years 1987 to 2008, and thus estimate the annual actual evapotranspiration by water balance method. The vegetation mapping of the

watershed indicated thirteen vegetation types, and it was possible to observe the evolution of mainly seven: D1 – arboreal high, structure with uniform canopy; D2 – arboreal high, with uneven canopy structure; D4 – low to medium-sized arboreal, structure with uniform canopy; D8 – arboreal average, structure with uniform canopy; P – pasture; Vs1 – sized arboreal high, with uneven canopy structure (brushwood) and Vs4 – glade. The medium water balance for the twenty-two years of the series presented precipitation, runoff and evapotranspiration of 1,856.3 mm (100%), 1,354.38 mm (72.96%) and 501.92 mm (27.04%), respectively. For each hydrological process there was a large variation in annual data. Rainfall and runoff showed a negative trend, being more pronounced in the last case. As for the real evapotranspiration trend was positive. The variables annual precipitation and runoff presented a high coefficient of determination ($r^2 = 0.8356$), indicating a good linear relationship. Thus, the results showed that natural regeneration of vegetation is affecting water production, therefore, with increasing real evapotranspiration is occurring a decrease in runoff in the catchment B.

Key-words: Rainforest, Vegetation mapping, Water balance, Precipitation, Runoff, Real evapotranspiration.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional associado ao aumento da expectativa de vida, a redução e a degradação das áreas naturais, tendo como consequência a diminuição do número de espécies vegetais e animais, são fatores relevantes por causarem sérias ameaças ao homem e ao meio ambiente. Assim, a compreensão e o entendimento dos processos relativos à manutenção da biodiversidade e das mudanças do uso do solo são importantes pré-requisitos para nossa habilidade de produzir alimentos (FORTI, 2003).

Dentre os biomas, a Mata Atlântica é atualmente considerada a mais ameaçada devido ao seu estado crítico, nela se concentra 70% da população brasileira, abrangendo 15 estados brasileiros das regiões sul, sudeste, centro-oeste e nordeste. Este bioma é composto por uma série de fitofisionomias e com muita diversificação, determinadas pela proximidade do litoral, relevo, tipos de solo e regimes pluviométricos (MMA, 1998).

A Mata Atlântica é a terceira maior formação vegetal do Brasil, depois da Floresta Amazônica (49,29%) e do Cerrado (23,92%), abrangendo 22% do território brasileiro (MMA, 2012). Segundo Myers et al. (2000), está entre os mais importantes hotspots mundiais de conservação da biodiversidade.

A maior porção de remanescentes contínuos de Mata Atlântica localiza-se entre os estados do Paraná, São Paulo e o Rio de Janeiro, sendo esta uma das regiões mais ricas em diversidade biológica. Mesmo reduzida e muito fragmentada, possui uma enorme importância, pois exerce influência direta na vida de mais de 80% da população brasileira que vive em seu domínio, garantindo o abastecimento de água para 120 milhões de pessoas (SÃO PAULO, 2006). Ela regula o fluxo dos mananciais hídricos, assegura a fertilidade do solo, controla o clima, protege as escarpas e encostas das serras, além de preservar um patrimônio histórico e cultural imenso (MMA, 1998).

Neste contexto, no estado de São Paulo, a Serra do Mar foi integralmente tombada, assim como todos os remanescentes de Mata Atlântica (UNESCO, 1998). Apesar de legalmente preservadas, essas áreas continuam sob pressão antrópica, que por estarem inseridas ou próximas aos centros urbanos estão sujeitas à deposição de poluentes transportados de longas distâncias. Sendo assim, essas áreas preservadas podem estar sofrendo processos de degradação devido à influência advinda de regiões urbanas e industriais vizinhas (FORTI, 2003).

Os avanços constantes das fronteiras agrícolas dos centros urbanos e industriais exercem, cada vez mais, pressão sobre os recursos naturais renováveis, causando grande preocupação, uma vez que a degradação destas implica em graves consequências econômicas, sociais e ambientais (AGUIAR et al., 2001).

Neste sentido, a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul compreende uma das regiões mais industrializadas do país, responsável por cerca de 10% do Produto Interno Bruto brasileiro, e abastece, aproximadamente, 14 milhões de pessoas, incluindo mais de 8 milhões de habitantes da região metropolitana do Rio de Janeiro. Possui uma área de drenagem de 55.400 km², abrangendo o Vale do Paraíba Paulista com 13.500 km², a Zona da Mata Mineira, com 20.900 km² e quase metade do estado do Rio de Janeiro, com 21.000 km² (BRAGA et al., 2006).

A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul está situada na província geomorfológica do Planalto Atlântico (IPT, 1981). É delimitada, ao norte, pelas Serras da Mantiqueira, Caparaó e Santo Eduardo. A nordeste, a bacia do rio Itabapoana, que ao sul, é formada pela Serra dos Órgãos e pelo trecho paulista e fluminense da Serra do Mar. A oeste o limite é a bacia do rio Tietê, sendo separada por várias ramificações dos maciços da Serra do Mar e da Mantiqueira (CEIVAP, 2001; COPPETEC, 2006).

O rio Paraíba do Sul tem aproximadamente 1.100 km de extensão e nasce no estado de São Paulo, a partir da união dos rios Paraitinga e Paraibuna, tendo sua foz no estado do Rio de Janeiro, na praia de Atafona, município de São João da Barra (ARGUELLO e SAUSEN, 2007).

Diante de uma das maiores ameaças na atualidade que é a escassez e a má distribuição de água, o Instituto Florestal da Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo, implantou o Laboratório de Hidrologia Florestal Eng. Agr. Walter Emmerich, no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha/SP. O seu monitoramento está sendo realizado desde o início da década de 80, em três microbacias hidrográficas experimentais, denominadas de A, B e D, sendo esse projeto pioneiro no Brasil. Este Núcleo está localizado entre as duas maiores cidades do país, São Paulo e Rio de Janeiro, e o Bioma Mata Atlântica da região, até então, muito pouco estudado, especialmente quanto aos seus recursos hídricos e vegetação (CICCO, 2004).

O Laboratório possui séries de dados hidrológicos importantes, como é o caso da microbacia hidrográfica experimental B, com registros de precipitação e de deflúvio a partir do ano hídrico de 1987. Outro aspecto relevante é que essa microbacia sofreu processo de desmatamento a partir de 1950. Com a criação da Reserva Estadual de Cunha, em 1974, e depois incorporada ao Parque Estadual, em 1977, a vegetação está em processo de regeneração natural.

Desta forma, o presente estudo apresenta a evolução da vegetação que está ocorrendo na microbacia B, onde no passado houve exploração madeireira, e atualmente, se encontra em processo de regeneração natural, devido as fontes de propágulos que estão inseridas próximas a área. Foi avaliado, também, a produção de água, por meio da estimativa do balanço hídrico, e pode verificar se o desenvolvimento da vegetação está influenciando a produção hídrica da microbacia.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho foi desenvolvido na microbacia hidrográfica experimental B e teve os seguintes objetivos:

Gerais:

- Avaliar a evolução temporal da regeneração natural de Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana dos anos de 1962, 1977, 1997 e 2009; e
- Avaliar a evolução da regeneração natural e sua relação com a produção de água pela microbacia experimental B.

Específicos:

- Elaborar os mapas clinográfico e hipsométrico;
- Mapear os fragmentos e os tipos fitofisionômicos com a utilização de fotografias aéreas dos anos de 1962, 1977, 1997 e 2009;
- Caracterizar, quantificar e analisar a evolução das diferentes fitofisionomias dos anos de 1962, 1977, 1997 e 2009;
- Analisar as séries históricas mensais e anuais da precipitação e do deflúvio dos anos hídricos de 1987 a 2008;

- Estimar a evapotranspiração real anual pelo método do balanço hídrico no período de 1987 a 2008; e
- Realizar a análise estatística descritiva e a regressão linear simples dos dados de precipitação, deflúvio e evapotranspiração.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Mata Atlântica

O Brasil é o país com a flora mais rica no mundo e possuía uma área de aproximadamente 4,9 milhões de km² de florestas primárias, ou seja, cerca de 57% do território nacional (SOARES et al., 1993). Nas últimas décadas, as consequências da ação antrópica no meio florestal nativo, leva a uma fragmentação e à formação de florestas secundárias (RONDON NETO, 1999), comprometendo a diversidade biológica, qualidade do ar, da água e do solo (PASCHOAL, 2004).

A Mata Atlântica originalmente percorria o litoral brasileiro, do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul, e ocupava uma área de 1,3 milhão de quilômetros quadrados. Tratava-se da segunda maior floresta tropical úmida do Brasil, só comparável à Floresta Amazônica (RIZZINI, 1988).

No Brasil, os remanescentes de vegetação encontram-se reduzidos a cerca de 22% da sua cobertura original e localizam-se em diferentes estágios de regeneração. Apenas cerca de 7% estão bem conservados em fragmentos acima de 100 hectares (MMA, 2012).

A devastação da Mata Atlântica remonta ao histórico de colonização do território brasileiro, sendo as atividades econômicas agropastoris, industriais e a expansão urbana suas principais causas (MORELLATO e HADDAD, 2000). Os maiores remanescentes dessa floresta estão localizados em áreas onde as atividades econômicas predatórias não foram desenvolvidas, devido ao relevo acidentado, como é o caso da Serra do Mar (CÂMARA et al., 1999; LEITÃO-FILHO, 1994), embora ainda estejam sob ameaça constante, dada à proximidade de grandes centros urbanos ou de áreas de interesse econômico (DEAN, 1996; MORELLATO e HADDAD, 2000).

A Floresta Atlântica possui uma grande diversidade florística, devido a forte influência oceânica, aliada às condições climáticas e ecológicas, e às suas ricas fácies geomorfológicas (GOMES et al., 2011). É formada por um conjunto de formações florestais (Ombrófila Densa, Ombrófila Mista, Estacional Semidecidual, Estacional Decidual e Ombrófila Aberta) e ecossistemas associados como as restingas, manguezais e campos de altitude, que se estendem originalmente por aproximadamente 1.300.000 km² em 17 estados do território brasileiro (IBGE, 2012).

Seu clima é equatorial ao norte e quente temperado sempre úmida ao sul, tem temperaturas médias elevadas durante o ano todo e não apenas no verão. A alta pluviosidade nessa região deve-se à barreira que a serra constitui para os ventos que sopram do oceano, de correntes quentes. Seu solo é pobre e a topografia é bastante acidentada. No interior da mata, devido à densidade da vegetação, a luz é reduzida (RIZZINI et al., 1988).

As várias formações florestais e ecossistemas associados à Mata Atlântica são definidos como Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual, manguezais, restingas, estando neste contexto a Região de Cunha.

Os números dos remanescentes florestais, bem com o as formações vegetacionais para esta Fitofisionomia variam de acordo com a fonte e metodologia adotada, porém, dados mais atuais indicam que ainda restam cerca de 11% da vegetação natural (BELLOTTO et al., 2009), distribuída em fragmentos florestais de tamanho reduzido (< 100 ha), biologicamente empobrecido e cuja a restauração poderia levar centenas de anos (LIEBSCH et al., 2008).

Este bioma está dentre a formação mais ameaçada do mundo, uma vez que grande parte de sua área de distribuição coincide com as regiões brasileiras mais populosas, onde os europeus introduziram atividades econômicas predatórias, há mais ou menos cinco séculos (VIANA e TABANEZ, 1996).

Uma ferramenta muito útil nos estudos de caracterização de áreas de vegetação fragmentada ou em mosaico é o mapeamento de vegetação. Os estudos de caracterização de formações vegetais contam com ferramentas muito úteis na complementação da descrição de ambientes naturais, tais como os mapas de vegetação (FIDALGO, 1995).

Küchler (1988) afirmou que o mapa de vegetação é uma expressão integrada das condições ecológicas locais, caracterizando-se uma forma acurada de retratar as comunidades vegetais e seus diferentes estágios numa determinada área. Para tanto, técnicas de sensoriamento remoto e de sistemas de informação geográfica (SIG) têm sido aplicadas com sucesso, tendo em vista sua repetitividade e sua capacidade de interação e análise de diferentes planos de informação (DEFRIES e TOWNSEND, 1999).

A identificação e o mapeamento de padrões espaciais de comunidades vegetais têm recebido novos impulsos nos últimos anos, frente a questões como mudança climática global e perda de biodiversidade em diversas formações (SÁNCHEZ-AZOFEIFA et al., 1999; FOODY, 2002). Entretanto, estudos envolvendo o mapeamento de vegetação em unidades de conservação ainda são relativamente escassos, principalmente em escalas maiores, que são muito úteis e importantes na caracterização detalhada de importantes remanescentes de formações altamente ameaçadas, como as da Mata Atlântica.

Atualmente, essas florestas estão reduzidas a manchas disjuntas, constituindo formações em diferentes estádios sucessionais, concentradas principalmente nas regiões sudeste e sul do Brasil (MORELLATO e HADDAD, 2000). Esses remanescentes encontram-se protegidos, em sua maioria, em unidades de conservação, onde é realizada grande parte dos estudos de caracterização de sua fauna e flora.

O estado de São Paulo apresentava, originalmente, cerca de 83% de sua área coberta por formações florestais pertencentes ao domínio da Mata Atlântica. Atualmente, restam apenas 17,5% de seus remanescentes (NALON et al., 2008). Os fragmentos florestais remanescentes apresentam diversos tamanhos, formas, estádios de

sucessão e situação de conservação (REDEMAP, 2008), e ocorrem em uma ampla variação de condições climáticas, topográficas e edáficas.

Esta fisionomia situa-se desde o Equador a mais de 27 graus de latitude, incluindo ainda, partes da Argentina e Paraguai, percorrendo o litoral brasileiro, desde o Rio Grande do Norte ao Rio grande do Sul, com alguns encaves nos estados de Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. Suas variações geológicas, climatológicas, no relevo e nos regimes pluviométricos formam alguns mosaicos de ecossistema, fonte de sua grande biodiversidade (PINTO et al., 2006). Cerca de metade dos remanescentes florestais de grande extensão estão protegidos em unidades de conservação, em sua maioria localizadas na região serrana do Estado (GALINDO e CÂMARA, 2005).

De acordo com Veloso et al. (1991), o sistema fisionômico-ecológico e a vegetação que predominantemente ocorre sobre essa região é classificada como Floresta Ombrófila Densa, subdividida em faciações altitudinais. Recobrando a Serra do Mar e porções do Planalto Atlântico, localiza-se entre o paralelos 24° até 32° da latitude Sul, acima de 1.000 m, a formação alto-montana.

O Parque Estadual da Serra do Mar (PESM) foi criado em 1977 (Decreto N° 10.251 de 30/08/1977) e possui uma área de cerca de 315.390 ha. Situada a leste do estado de São Paulo, abrangendo 23 municípios. A grande parte dessa área está sobre as escarpas da Serra do Mar, sendo que algumas estão no Planalto Atlântico e Planície Costeira adjacentes. Por ser uma unidade de conservação com uma grande área de abrangência, o PESM é gerenciado por meio de oito núcleos administrativos, dos quais três sedes encontram-se no Planalto Atlântico, dentre elas a do Núcleo Cunha (SÃO PAULO, 2006).

3.1.1. Floresta Ombrófila Densa

Segundo Veloso (1991) a Floresta Ombrófila Densa de uma maneira geral é caracterizada por fanerófitos, justamente pelas subformas de vida macro e mesofanerófitos, além de lianas lenhosas e epífitos em abundância que o diferenciam das outras classes de formações vegetacionais. No entanto, suas principais características ecológicas estão distribuídas nos ambientes ombrófilos marcam muito bem a “região florística florestal”.

Este tipo de vegetação é caracterizado por lianas lenhosas e epífitas em abundância, que o diferenciam das outras classes de formações. Sua característica ecológica principal reside nos ambientes ombrófilos. Essa característica presa a fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25°C) e de alta precipitação, bem distribuída durante o ano (de 0 a 60 dias secos), o que determina uma situação bioecológica praticamente sem período seco (IBGE, 2012).

O tipo vegetacional Floresta Ombrófila Densa foi subdividido em cinco formações, ordenadas segundo a hierarquia topográfica, que condiciona fisionomias diferentes, de acordo com as variações das faixas altimétricas: Formação Aluvial, Formação das Terras Baixas, Formação Submontana, Formação Montana e Formação Alto-Montana (IBGE, 2012).

3.1.2. Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana

No Brasil, as florestas alto-montanas, também chamadas de florestas nebulares, florestas altimontanas ou matinhas nebulares foram descritas inicialmente por Dusén (1955), na região sudeste e por Klein (1980), na região sul. Essa formação típica aparece descrita sob diversas denominações como “Mata de Neblina” (MAACK, 1968; WALTER, 1986), “Mata ou Floresta Nebular” (BIGARELLA, 1978; FALKENBERG e VOLTOLINI, 1995) e Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana (VELOSO e GOÉS-FILHO, 1982), seu limite está acima de 1.000 m de altitude, encontrando-se em locais onde a água evaporada se condensa em neblina, precipitando-se sobre as áreas elevadas (IBGE, 2012).

Os ecossistemas alto-montanos, Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana e Refúgios Vegetacionais Alto-Montanos (VELOSO et al., 1991), são ambientes singulares que recebem um aporte adicional de água por estarem situados nos patamares altimétricos superiores das montanhas, onde as nuvens são mais frequentes (HAMILTON et al., 1995). A retenção hídrica desses ecossistemas é ainda maior devido à redução da radiação solar e da evapotranspiração (HAMILTON et al., 1995; BRUIJNZEEL e PROCTOR, 1995).

As menores temperaturas em altitudes elevadas também diminuem as taxas de decomposição da biomassa, causando um maior acúmulo de matéria orgânica nos solos. Essa característica indica altos potenciais de fixação de carbono e de retenção hídrica (BRUIJNZEEL, 2000). Aliado à sua importância hidrológica, principalmente na

proteção e manutenção de cabeceiras das bacias hidrográficas, está sua importância para a diversidade biológica, uma vez que comporta altos níveis de endemismo de fauna e flora (HAMILTON et al., 1995).

No sudeste brasileiro, a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira apresentam desníveis altitudinais capazes de alterar a fisionomia das comunidades florestais nelas presentes. Estas serras alcançam cerca de 2.000 m de altitude na Serra do Mar e 2.800 m na Mantiqueira Meridional (MOREIRA e CAMELIER, 1977). Hueck (1972), registrou a ocorrência de matas de altitude ou de neblina no topo dessas serras, com limite inferior a 1.200 m de altitude na Serra do Mar, enquanto na Serra da Mantiqueira está entre 1.300 e 1.400 m (Figura 1).

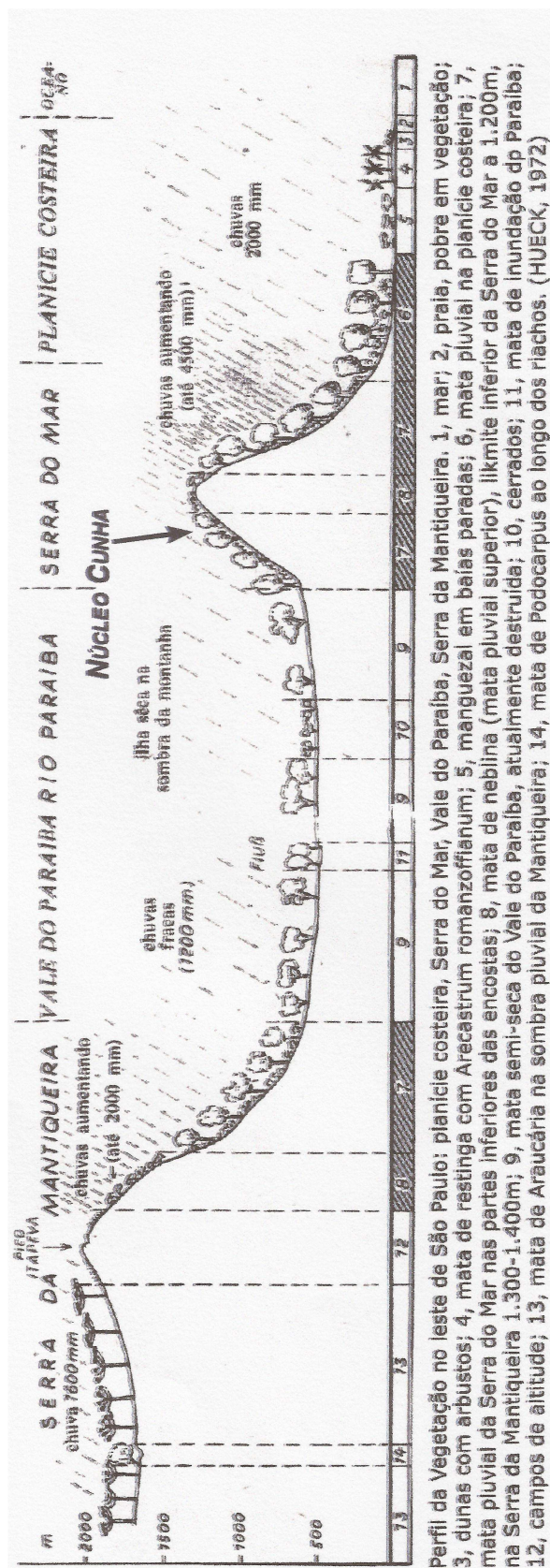


Figura 1. Perfil de vegetação no leste do Estado de São Paulo e a localização do Núcleo Cunha (HUECK, 1972).

3.2. Sensoriamento remoto

Sensoriamento remoto (do inglês *remote sensing*; em alguns países de língua portuguesa, empregam os termos *detecção remota* ou *teledetecção* – *percepción remota* ou *teledetección*, em espanhol) é a “técnica que utiliza sensores para a captação e registro à distância, sem o contato direto, da energia refletida ou absorvida pela superfície terrestre” (FITZ, 2008).

Historicamente adotou-se o termo *Sensoriamento Remoto* capaz de indicar o avanço de uma nova tecnologia de instrumentos apropriados para obtenção de imagens da superfície terrestre a distâncias remotas. Com isso, a definição mais aceita ou clássica é: *Sensoriamento remoto é uma técnica de obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto* (MENESES e ALMEIDA, 2012).

O sensoriamento remoto é uma ferramenta importante na obtenção de imagens em vários locais do espectro eletromagnético, incluindo a luz visível, consistindo na revelação do objeto sem tocá-lo. É usada na identificação e quantificação de regiões/áreas/objetos desde uma escala global até a local, sendo também empregada para monitorar a cobertura de florestas na superfície terrestre (MARCHETTI e GARCIA, 1977; FREITAS e SHIMABUKURO, 2007).

Os recursos naturais e o meio ambiente do Planeta Terra estão em constantes mudanças com relação à evolução e o aumento das atividades humanas. Para compreender os acontecimentos que originam essas mudanças é indispensável fazer observações em escala temporal e espacial. Com isso, vemos que existem várias maneiras para definir e/ou expressar um objetivo comum, ou seja, o conjunto de atividades utilizadas para obter informações a respeito dos recursos naturais, renováveis e não renováveis da Terra, por meio da utilização de dispositivos sensores colocados em aviões, satélites ou, até mesmo, na superfície (MOREIRA, 2001; INPE, 2012).

O benefício de se utilizar o sensoriamento remoto é a facilidade de visualização de grandes áreas de difícil acesso, e também de áreas com grandes altitudes, permitindo, portanto, a visão sinóptica da superfície terrestre (DEGANUTTI, 2000). Segundo Vettorazzi e Couto (1992), ao analisar imagens orbitais, concluíram que o emprego desse método diminui o trabalho de campo e aumenta a precisão do traçado dos limites de mapeamento.

Segundo Rodriguez (2005), a origem e o impacto das modificações sobre o uso e ocupação da terra, obtidas por meio de sensores orbitais integrado aos sistemas de informações geográficas tem se mostrado útil para auxiliar na discriminação de elementos da paisagem, nas alterações ambientais, nos levantamentos de uso e ocupação da terra, nos mapeamentos dos recursos naturais e na espacialização de áreas preservadas.

3.3. Fotografias aéreas

O interesse em observar e mapear a Terra tem início nos tempos mais remotos da humanidade. Com as primeiras civilizações os mapas passam a ter maior importância, registrando os conhecimentos sobre regiões e sendo utilizados para fins comerciais e militares. Durante a Primeira e a Segunda Grande Guerra, houve um grande avanço nas cartas e mapas, devido ao uso e aperfeiçoamento das fotografias aéreas. Os cientistas franceses Niepce e Naguerre, começaram a mais de um século a trabalhar com a fotografia aérea, dando as primeiras notícias sobre o assunto publicamente (MARCHETTI e GARCIA, 1977). O emprego de fotografias aéreas para estudos destinados a recursos naturais teve início antes do sensoriamento remoto orbital (MOREIRA, 2001). Atualmente contamos com outros recursos como, fotografias aéreas obtidas em vários locais do espectro eletromagnético, imagens orbitais, programas de computadores, sistemas de posicionamento por satélite que agilizam e permitem a obtenção com menor custo, rapidez e frequência.

O método de reconhecimento das áreas/objetos utilizado em fotografias aéreas é importante na análise visual, onde se destacam padrão, tonalidade, cor, textura, sombra, forma e tamanho. Por outro lado, o conhecimento das relações da vegetação com o meio é fundamental na obtenção de dados (AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY, 1960; AVERY, 1977; MARCHETTI e GARCIA, 1977; PEREIRA et al., 1989; MOREIRA, 2001; PISSARRA, 2002). As informações citadas acima podem ser descritas como:

Padrão: é a disposição espacial de algumas feições geológicas, topográficas ou de vegetação. Em lugares com vegetação, o padrão refere-se à distribuição espacial podendo ser “ordenados” (cafezal, pomares, eucalipto, etc.), “ao acaso” (vegetação natural), “maciços” (florestas, cerrado), etc. Outro padrão característico é a

drenagem dos rios e córregos existentes na fotografia, os fatores que influenciam estão associados ao relevo, vegetação e solo.

Tonalidade: quantidade da luz refletida ou da radiação emitida, onde é registrada numa emulsão fotográfica. Os tons em fotografias possuem gradações do cinza, apresentando o preto e o branco, e o olho humano possui uma boa habilidade de distinção. Outro item importante é a cor dos solos, que se encontram entre o vermelho e o amarelo, e entre o branco e o preto. Com isso eles apresentam tons de cinza diferentes, por refletirem a luz em quantidades diferentes.

Cor: é muito utilizada para substituir a tonalidade, pois nossos olhos estão mais acomodados em enxergar objetos coloridos ao invés de tons de cinza. O olho humano consegue distinguir mais de 2.000 combinações diferentes de cores contra 200 tons de cinza, conclui-se que com a fotografia colorida é possível identificar um maior número de detalhes.

Textura: produzida pelo agregamento de unidades muito pequenas para serem identificadas individualmente. A textura varia de lisa a rugosa, dependendo das características dos alvos e da escala. Sendo uma característica própria no estudo da vegetação, permitindo a partir destas a conclusão sobre a geologia.

Sombras: iluminação oblíqua da superfície terrestre pelo Sol e omite a informação do tipo de ocupação do solo onde está. Às vezes, a sombra auxilia na identificação dos tipos de vegetação.

Forma: relaciona a topografia ou aos contornos em geral. Na fotointerpretação possui formas características, onde cursos d'água – linhas sinuosas contínuas de trajeto irregular, conforme suas dimensões e escala da fotografia; pântanos e alagadiços – áreas com predomínio de contornos curvilíneos, associados aos cursos d'água; vegetação natural – áreas de contorno irregulares e de aparência variável, segundo o tipo e a idade; culturas – formas retangulares ou em faixas, de aspecto variável com a idade.

Tamanho: os objetos variam em relação à escala fotográfica. Em uma visão plana possui a mesma forma, mas em tamanho relativo são distintos. Com isso, é fácil distinguir erosão em sulco de uma vossoroca.

Como a vegetação reflete mais radiação, fica fácil identificar diferentes tipos vegetacionais que são parecidos. Com isso, a tonalidade registrada nas fotografias aéreas pancromáticas corresponde à mesma encontrada no alvo, exemplo disto é a tonalidade escura do alvo e da fotografia aérea e a tonalidade clara no alvo e na

fotografia aérea, assim, o verde intenso de uma floresta será verde escuro na fotografia aérea (MARCHETTI e GARCIA, 1977; PIEDADE, 1983, MOREIRA, 2001).

3.3.1. Fotointerpretação

A fotointerpretação é a arte de examinar as fotografias envolvendo pelo menos a observação e a interpretação. O processo de observação pode ser analisado a partir de um exame em uma simples fotografia aérea por causa das características da natureza e às construções feitas pelo homem. Até o iniciante não tem dificuldade em identificar as características da superfície terrestre, como florestas, áreas cultivadas, lagos, rios, pontes, cidades e grandes construções (MARCHETTI e GARCIA, 1977).

O intérprete utiliza um raciocínio lógico, dedutivo ou indutivo para compreender e explicar o comportamento de cada objeto contido nas fotos (DAINELLI, 1990). Com a interpretação da área de estudo e elaborado um mapa, que consiste dos resultados obtidos na interpretação da fotografia aérea, contendo a distribuição espacial das diversas aparências analisadas e delimitadas. Após é realizada um trabalho de campo para uma nova interpretação da fotografia, como também, classificar cada área individualizada (MOREIRA, 2001).

As fotografias aéreas são tomadas de tal maneira que um mesmo objeto aparece em duas fotografias sucessivas, capturadas de ângulos diferentes. Com essas duas fotografias, faz-se chegar a cada olho uma imagem do objeto a ser estudado. Uma vez feita a fusão das duas imagens, obtém-se a percepção estereoscópica (3ª dimensão) (MARCHETTI e GARCIA, 1977).

Cada posição do avião ao bater a foto corresponderá a cada um dos olhos e permitirá a visão estereoscópica, isto é, a visão do relevo da superfície fotografada. Cada jogo de duas fotografias, com essas características, é chamado estereopar. O recobrimento horizontal (linha de vôo) é de 60% e o lateral de 30% (MARCHETTI e GARCIA, 1977).

Esta técnica pode ser aplicada nos seguintes campos: geologia, exploração de petróleo, silvicultura, agricultura, mapeamento, cartografia e planejamento urbano e rural, militar, etc. (MARCHETTI e GARCIA, 1977).

Segundo Pissarra et al. (2013), o levantamento e o mapeamento manual possui alta precisão devido ao detalhamento rigoroso adotado de uso e ocupação do solo, rede de drenagem e vegetação arbórea nas áreas de preservação permanentes

(APPs), sendo perfeitamente adequado para pequenas áreas e regiões proporcionando máxima aproximação da realidade do local.

Segundo Santos et al. (1993), o uso de imagens de satélite como base cartográfica é muito promissor, devido ao seu baixo custo, fácil aquisição, periodicidade e que pode fornecer importantes subsídios sobre mudanças no uso da terra.

As técnicas de sensoriamento remoto, aliado às ferramentas do geoprocessamento, fornecem subsídios para o levantamento atualizado de recursos ambientais do meio físico, onde é vital que as tomadas de decisões garantam a sua viabilidade e a melhor relação entre funcionalidade e custo/benefício. Deste levantamento resultam mapas temáticos básicos contendo as informações mais relevantes ao problema, de modo que este pode ser diagnosticado e modelado, orientando a integração dos dados em mapas-síntese, cartogramas, tabelas e quadros, que subsidiam o processo de planejamento e os prognósticos que norteiam a tomada de decisões (PENIDO et. al., 1998).

3.4. Hidrologia

A hidrologia é o estudo da água em todas suas formas (líquido, gasoso e sólido), sua ocorrência, circulação e distribuição, as propriedades químicas e físicas e suas reações com o meio ambiente, incluindo a relação com os seres vivos (BARTH et al., 1987; LINSLEY et al., 1988; RIGHETTO, 1998).

É uma ciência ampla, pois integra vários conceitos que fazem parte do conhecimento humano. Dependendo do ambiente particular de estudo da água e de sua circulação, a hidrologia pode ser diferenciada em hidrometeorologia (água na atmosfera), potamologia (água nos arroios e rios), limnologia (água nos lagos e reservatórios), glaciologia (neve e gelo), oceanologia (oceanos) e hidrogeologia (águas subterrâneas) (HEWLETT, 1969; TUCCI, 1993; LIMA, 1996).

O ciclo da água tem seu início com a evaporação da água que vem do oceano para a terra e retorna, incluindo todos os caminhos e processos relacionados como o armazenamento e movimentação de água dos três estados. O vapor resultante é transportado por massas de ar em movimento, sob condições apropriadas, condensado para formar nuvens, que por sua vez resulta em precipitação, que cai sobre a terra é dispersa em vários modos. A grande parte é temporariamente retida no solo, finalmente volta para a atmosfera por evaporação e por transpiração pelas plantas (LINSLEY et al., 1988; BLACK, 1996).

A quantidade de água total na Terra é de 1.386 milhões de km³ (Figura 2), onde 97,5% encontram-se nos oceanos e somente 2,5% são de água doce, sendo que 68,9% de água doce encontram-se nas calotas polares e geleiras. Os 29,9% restantes constituem-se nas águas subterrâneas doce. A água dos rios e lagos representam 0,3% e em outros reservatórios 0,9% (SHIKLOMANOV, 1998).

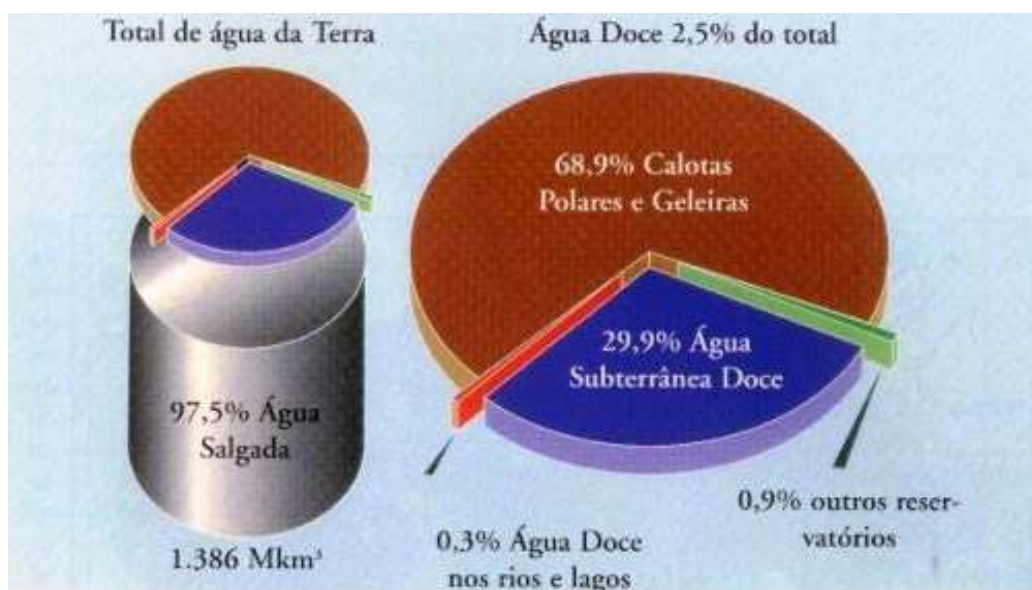


Figura 2. Distribuição da água no planeta Terra. Adaptado de Shiklomanov (1998).

A disponibilidade hídrica do Brasil é de 179 mil m³.s⁻¹, correspondendo a aproximadamente 12% do total mundial. A região hidrográfica Amazônica detém 73,6% (132.145 m³/s) dos recursos hídricos superficiais do país, ou seja, a vazão média desta região é quase três vezes maior que a soma das vazões das demais regiões hidrográficas (ANA, 2009).

No estado de São Paulo, a produção hídrica é estimada em 3.120 m³.s⁻¹, entretanto, as vazões produzidas fora do estado, mas que afluem ao território paulista, é de aproximadamente 9.800 m³.s⁻¹ (SÃO PAULO, 2006).

A disponibilidade e a demanda hídrica são componentes fundamentais em qualquer avaliação sobre o futuro dos recursos hídricos, sendo que suas reservas têm importância ecológica, econômica e social (REBOUÇAS, 2006).

A presença da floresta é de suma importância no ciclo hidrológico (DREW, 1986). A microbacia não se limita apenas a um contexto hidrológico, mas

também ecológico, econômico e social, devido as riquezas naturais. Estas são unidades de menor dimensão e, portanto, perfeitas para produção de água, conservação e manejo, envolvendo basicamente água, solo, vegetação, fauna e a produção florestal sustentável (RODRIGUES et al., 2011).

Para Brooks et al. (1993), o conhecimento da relação floresta-água é relativamente limitado, principalmente pelas poucas bacias monitoradas nos ecossistemas tropicais. A implantação da infraestrutura e equipamentos, longo períodos de observação e a pouca representatividade são as principais causas dos elevados custos, e ainda pela dificuldade de extrapolação dos resultados (NEWSON e CALDER, 1989).

No Laboratório de Hidrologia Florestal Eng. Agr. Walter Emmerich, no núcleo Cunha do Parque Estadual da Serra do Mar, os aspectos hidrológicos evidenciaram relações entre a precipitação e o escoamento superficial e subsuperficial, indicando que a maior parte da água das chuvas é retida no solo, sendo gradualmente liberada para o curso d'água, confirmando a alta capacidade de armazenamento de água, que influencia o escoamento fluvial no canal principal até dois meses após as chuvas (CICCO et al., 1995).

3.4.1. Relação floresta-água

Somente nas últimas décadas tem sido dada maior atenção ao papel das florestas no equilíbrio dos ecossistemas. A sua influência sobre o clima, o solo, a água e o uso da terra têm gerado vários estudos, principalmente, os associados pelos aumentos da industrialização, da urbanização e da população, como também, pela redução de áreas com florestas naturais. Dessa forma, pesquisas relacionadas às microbacias hidrográficas têm uma importância fundamental para o entendimento do seu funcionamento hidrológico, como por exemplo, o efeito regulador que as florestas exercem.

Os primeiros estudos relacionando os efeitos do manejo florestal às consequências no fornecimento de água foram realizados em uma bacia experimental no Colorado, EUA, em 1909 (WHITEHEAD e ROBINSON, 1993). Desde então, este tema tem sido muito explorado, sempre concluindo que a redução da cobertura florestal causa em curto prazo, aumento da disponibilidade de água na bacia (HIBBERT, 1967; STONEMAN, 1993).

Bates e Henry (1928), utilizaram pela primeira vez o método de microbacias pareadas, que consiste em usar duas microbacias experimentais vizinhas com características semelhantes.

Nesse sentido, os estudos de microbacias pareadas, tradicionalmente, têm sido amplamente utilizados como uma ferramenta experimental para detectar mudanças no escoamento resultantes da alteração da cobertura vegetal (WATSON et al., 2001).

Hibbert (1967), realizou a revisão de estudos em 39 microbacias experimentais em diferentes países, como a África do Sul, os Estados Unidos, o Japão e o Leste da África, avaliando o resultado de microbacias pareadas, principalmente, em relação às alterações na produção de água resultantes de mudanças na cobertura florestal, sendo as seguintes conclusões:

- a redução da cobertura florestal aumenta a vazão média;
- o estabelecimento de cobertura florestal em áreas de vegetação esparsa diminui a vazão média; e
- a resposta ao tratamento é muito variável, e na maioria das vezes, é imprevisível.

Bosch e Hewlett (1982), atualizaram o trabalho de Hibbert (1967), acrescentando novos resultados, num total de 94 experimentos, a maioria com bacias pareadas, concluindo que:

- a redução da cobertura florestal causa um aumento na produção de água;
- o aumento na cobertura florestal causa uma diminuição na produção de água;
- as coníferas e os eucaliptos causam alteração de até 40 mm na produção anual de água, com uma mudança de 10% na cobertura florestal;
- as espécies decíduas estão associadas com a mudança de até 25 mm na produção de água com uma alteração de 10% na cobertura florestal;
- pastagens e gramíneas estão associadas com a mudança de até 10 mm na produção de água com uma alteração de 10% na cobertura;
- reduções na cobertura florestal menor do que 20%, aparentemente, não são detectadas por medição no escoamento; e
- a resposta do escoamento para a retirada da cobertura florestal depende tanto da precipitação média anual da bacia como da precipitação para o ano sob tratamento.

Os efeitos potenciais da mudança da vegetação sobre o escoamento têm recebido muita atenção dos pesquisadores em vários campos. Revisão abrangente dos impactos potenciais de mudanças na vegetação no escoamento foi realizada por Hibbert (1967), Bosch e Hewlett (1982), Whitehead e Robinson (1993) e Brown et al. (2005).

A resposta do escoamento é influenciada pela alteração na vegetação, incluindo as variações climáticas, como a chuva, o solo, as características da vegetação, como a idade da floresta e sua área foliar, práticas de manejo e condições topográficas (SUN et al., 2008; ZHAO et al., 2010). Dentre estes fatores, a precipitação anual e a idade da floresta são os principais fatores que controlam a evapotranspiração total (SCOTT e SMITH, 1997; LANE et al., 2005).

Segundo Scott e Smith (1997), o tempo de resposta de uma bacia hidrográfica com vegetação que sofreu alteração depende de uma série de fatores, tais como as chuvas, as propriedades do solo e os padrões espaciais da mudança da vegetação (tanto na estrutura florística – riqueza e diversidade, quanto nas estruturas verticais e horizontais – parâmetros fitossociológicos). As bacias que apresentam maior taxa de pluviosidade, geralmente a vegetação se desenvolve mais rapidamente, formando um dossel fechado.

Vertessy (1999), destacou alguns usos com experimentos de regeneração da vegetação para estimar aumentos de produção de água, sendo os mais importantes:

- é preciso um determinado tempo para uma bacia ajustar o seu escoamento, e
- a compactação do solo e os distúrbios durante o desmatamento e a queima da floresta pode mudar o padrão das vazões.

As revisões de Hibbert (1969) e Bosch e Hewlett (1982) foram focadas principalmente em zonas temperadas. Já, Bruijnzeel (1988) estudou os impactos das mudanças na vegetação sobre a produção de água, particularmente nos escoamentos da estação seca nas regiões tropicais, concluindo que:

- infiltração superficial e evapotranspiração associada aos tipos representativos de vegetação desempenham um papel fundamental na determinação do que acontece com o regime de escoamento após a conversão de floresta;
- se as oportunidades de infiltração após a remoção da floresta diminuem na medida em que a quantidade total de água que sai de uma área como escoamento rápido

excede o ganho no escoamento de base associado com a diminuição da evapotranspiração, tendo como resultado a diminuição dos escoamentos na estação seca;

- se as características de infiltração de superfície são mantidas, o efeito da redução da evapotranspiração após a limpeza demonstra um aumento no escoamento de base; e
- o efeito do reflorestamento não apenas reflete o balanço entre as mudanças na infiltração e na evapotranspiração, mas isso depende da avaliação da capacidade de armazenamento de água no solo.

Segundo HORNBECK et al., (1993), que estudaram dados de bacias pareadas e seus efeitos de longo prazo do tratamento de floresta sobre a produção de água nos Estados Unidos, sob diferentes condições climáticas, encontrando uma variedade de respostas, como:

- aumentos iniciais ocorrem rapidamente após a retirada da floresta;
- aumentos poderão ser prolongados pelo controle da rebrota (análoga com a permanente mudança da vegetação) – com o aumento da regeneração da cobertura florestal ocorre uma diminuição rápida do escoamento, entre 3 a 10 anos; e
- um pequeno aumento ou diminuição na produção de água pode persistir por pelo menos de uma década.

As florestas de montanha no sul da Austrália oferecem um excelente exemplo dessa redução da produção de água após a regeneração da vegetação, e, também, após incêndios florestais. Essas florestas são limitadas para as áreas de alta pluviosidade, em altitudes entre 200 a 1.000 metros, onde a precipitação média anual é superior a 1.200 milímetros. O fogo é um elemento pouco frequente, no entanto, vital para o ciclo de vida destas florestas, onde os indivíduos jovens crescem apenas em solo exposto a radiação solar direta (VERTESSY et al., 2001). Algumas conclusões estão descritas, a seguir:

- o rendimento médio anual de água de grandes bacias em áreas montanhosas cobertas com florestas velhas (> 200 anos) é de aproximadamente 1.195 mm, para as regiões onde a precipitação média anual é de 1.800 mm;
- após a queima e a regeneração completa da floresta de montanha, o rendimento de água reduz para 580 mm na idade de aproximadamente 27 anos; e

- depois de 27 anos de idade o rendimento médio anual de água aumenta e retorna aos níveis que se encontravam antes da perturbação, restaurando-se por volta de 150 anos.

3.4.2. Balanço hídrico de bacias hidrográficas

Bacia hidrográfica é qualquer superfície inclinada com uma divisão topográfica que verter a água para um canal principal. A entrada de água na bacia é o volume precipitado e a saída é o volume de água escoado. A bacia é a unidade básica de abastecimento de água (TUCCI, 1993; BLACK, 1996).

Em escala menor, o balanço hídrico se completa na bacia hidrográfica (unidade geomorfológica). Desde os menores vales até as grandes bacias, sempre existe uma discreta área de terreno que capta a água da chuva, perde água por evaporação e, produz o restante como deflúvio ou escoamento superficial (LIMA, 1996).

Para um dado período de tempo a equação do balanço hídrico pode ser expressa:

$$P = (T + I_c + I_p + E_o) + Q + \Delta S \pm L + U \dots\dots\dots(1)$$

onde:

P – Precipitação

T – Transpiração

I_c – Interceptação pelas copas

I_p – Interceptação pelo piso

E_o – Evaporação do solo e de superfícies líquidas

Q – Deflúvio

ΔS – Variação do armazenamento de água no solo

L – Vazamento freático

U – Vazamento (água que flui por fora do leito)

Considerando uma bacia hidrográfica ideal onde não apresentam vazamentos de água, isto é, nem entrada nem saída de água por meio de fluxos laterais, o balanço hídrico pode ser determinado pela equação:

$$P = Q + ET \pm \Delta S \dots\dots\dots (2)$$

onde:

P – Precipitação (mm);

ET – Evapotranspiração (mm);

Q – Deflúvio (mm);

ΔS – Variação do armazenamento de água no solo (mm).

Para determinação do balanço, considera-se o período de doze meses do ano hídrico. A variação do armazenamento de água no solo é considerada desprezível, ou seja, tendendo a zero, e a equação acima fica simplificada (equação 3), sendo utilizada para determinar o balanço hídrico anual:

$$ET = P - Q \dots\dots\dots (3)$$

Na Figura 3 visualizam-se os processos hidrológicos que envolvem a relação floresta-água, visando o manejo de bacias hidrográficas. Possui como foco principal os processos do balanço hídrico de uma microbacia hidrográfica.

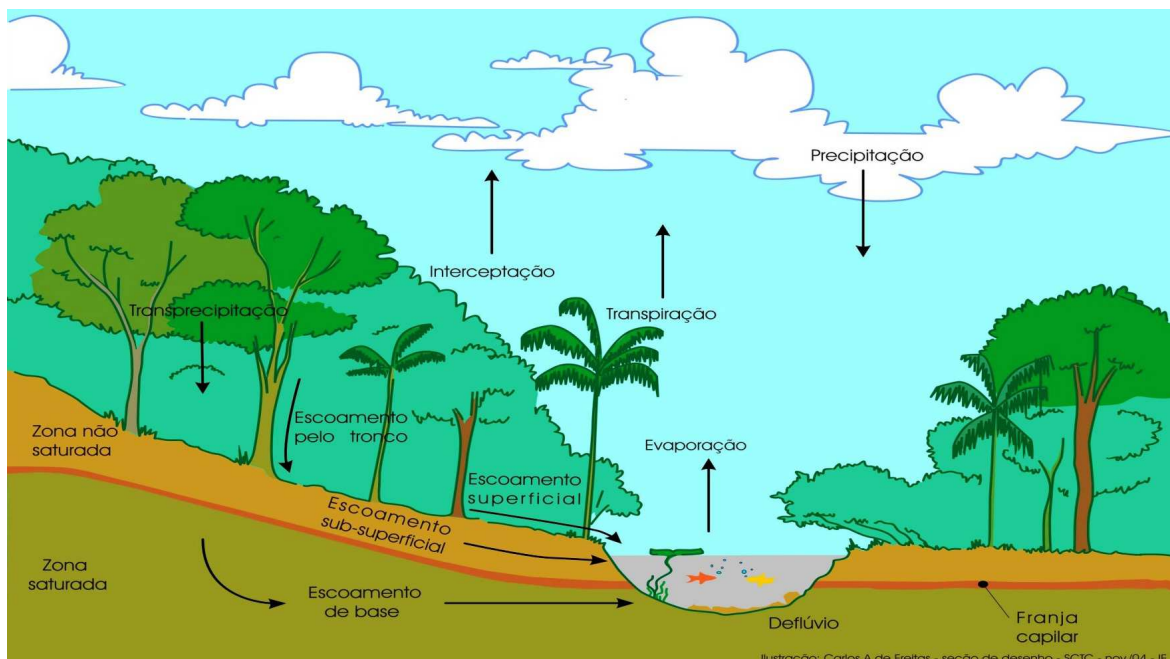


Figura 3. Processos hidrológicos em uma bacia hidrográfica florestada (ARCOVA e CICCIO, 2005).

O ciclo hidrológico é o movimento que a natureza faz sendo infinito e circular. A evaporação é o processo de transferência de água líquida para vapor do ar, como de lagos, rios, reservatórios, poças, e gotas de orvalho. A água do solo está em estado líquido e pode ser transferida para a atmosfera diretamente por evaporação. Mais comumente neste caso, entretanto, é a transferência de água através do processo de transpiração. A transpiração envolve a retirada da água do solo pelas raízes das plantas, o transporte da água através da planta até as folhas e a passagem da água para a atmosfera através dos estômatos das folhas. Os processos de evaporação e transpiração combinados são denominados de evapotranspiração, que são controlados pelas condições meteorológicas, sendo que sua estimativa é determinada pela diferença da precipitação e deflúvio anuais de uma microbacia experimental florestada (BLACK, 1996).

No Brasil, a forma mais comum de precipitação é a líquida, conhecida como chuva. Ayoade (1988), classifica a precipitação líquida em três tipos de chuva: a convectiva, a ciclônica e a orográfica. Esta última caracteriza-se pela elevação do ar úmido sobre uma área de elevação (montanhas), sofrendo uma redução da temperatura, resultando na formação de nuvens e chuvas (MILANESI, 2007).

Segundo DNAEE (1970), o deflúvio é o volume total de água que passa, em determinado período, pela secção transversal de um curso d'água. O deflúvio reflete a integração de todos os fatores hidrológicos em uma bacia hidrográfica, incluindo características topográficas, clima, solo, geologia e uso do solo.

Na hidrologia florestal o deflúvio possui três principais escoamentos (HEWLETT, 1969; LINSLEY et al., 1988; BLACK, 1996), sendo eles:

- Escoamento superficial: é o segmento do ciclo hidrológico dado pelo deslocamento da água na superfície da Terra. Sua origem, fundamentalmente, são as precipitações. É a mais importante fase do ciclo hidrológico, uma vez que a maioria dos estudos está ligada ao aproveitamento da água superficial e à proteção contra os fenômenos provocados pelo seu deslocamento (erosão do solo, inundação, etc.);
- Escoamento sub-superficial: constitui a fração da chuva que, após a infiltração no solo, escoam lateralmente através dos horizontes superficiais na direção da declividade. É de grande importância para o processo de percolação de água para o lençol freático;
- Escoamento de base: sua principal origem ocorre pela água da chuva que infiltra no solo e percola para camadas mais profundas. Ao longo de um período longo de

chuvas é grande a quantidade de água que atinge os aquíferos, especialmente o aquífero superficial. Por outro lado, durante os períodos secos, a água armazenada no subsolo vai sendo descarregada para as nascentes dos rios e o nível da água subterrânea diminui. Entretanto, ao contrário do escoamento superficial, o fluxo de água subterrânea é, normalmente, muito lento.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

O município de Cunha está localizado na região do Alto Paraíba e possui uma área de 1.410 km². Encontra-se entre as Serras da Quebra-Cangalha, da Bocaina e do Mar. Faz limite com Ubatuba, São Luiz do Paraitinga, Lagoinha, Guaratinguetá, Lorena, Silveiras, Areias e São José de Barreiro no estado de São Paulo e Angra dos Reis e Paraty no estado do Rio de Janeiro (CUNHATUR, 2012).

Cunha é o décimo primeiro município paulista em extensão territorial e abriga duas unidades de conservação de proteção integral, o Parque Nacional da Bocaina e o Parque Estadual da Serra do Mar (PESM). Este último possui uma área de 315.000 ha e é a maior unidade de conservação do estado de São Paulo, onde se encontra o Núcleo Cunha, que se localiza entre os paralelos 23°16'28'' e 23°16'10'' de latitude sul e os meridianos 45°02'53'' e 45°05'15'' de longitude oeste (Figura 4).

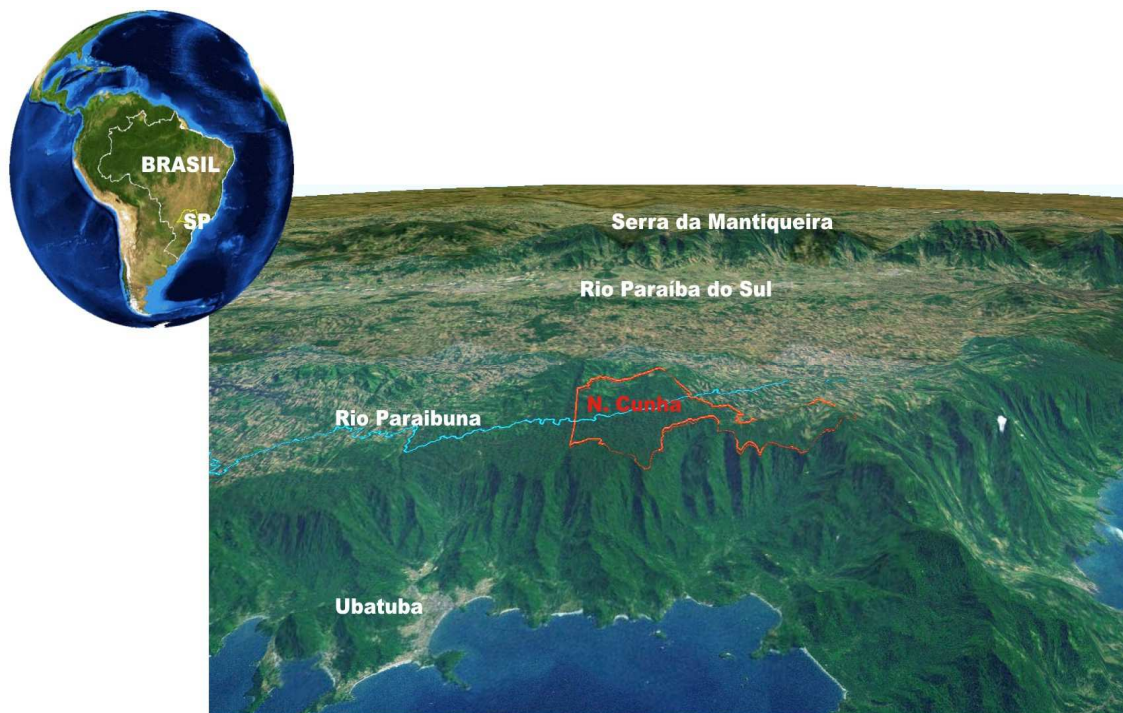


Figura 4. Localização do Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Cunha (limites em vermelho), município de Cunha - SP.

O Governo do estado de São Paulo desapropriou em 1974 a área do Núcleo Cunha, que inicialmente tinha a denominação de Reserva Estadual de Cunha, que em 1977 foi incorporada ao Parque Estadual da Serra do Mar (CICCO, 2009).

Segundo Aguiar et al. (2001), antes da criação do PESH a área foi utilizada para extração de madeira, agricultura de subsistência e criação de gado. Resquícios de fornos de carvão ainda podem ser encontrados nas trilhas do Núcleo Cunha, indicando que uma parte da madeira também foi utilizada para a produção de carvão. Somente nos topos dos morros (divisores d'água principais) e em alguns trechos do fundo de vale é que a mata foi preservada.

Essa área pertence à Zona do Planalto do Paraitinga inserida na Província do Planalto Atlântico, apresentando configurações topomorfológicas resultantes dos produtos da atuação da erosão sobre a estrutura tectônica. A altitude ultrapassa os 1.000 metros e as declividades superiores a 15%, configurando a aparência de “mares-de-morros” ou de “meias-laranjas” (ALMEIDA, 1974).

Segundo Furian (1987), a área se insere na superfície pré-Serra do Mar, cujas origens englobam tanto deformações tectônicas Cenozóicas quanto flutuações

climáticas e de níveis de base regionais. A história geológica está intimamente ligada à evolução tectônica pós-cretácea ou pós-eocênica da porção sul oriental do Escudo Brasileiro.

Na região do rio Paraibuna o sistema de relevo é do tipo Morros Paralelos e, junto às bordas do planalto, por Morrotes Baixos o conjunto constituindo a Morraria do Paraibuna (PONÇANO et al., 1981).

Furian e Pfeifer (1986), classificou os solos do Núcleo Cunha como Latossolo Vermelho Amarelo Fase Rasa, atualmente Latossolo Vermelho-Amarelo Câmbico (EMBRAPA, 1999). São provenientes de rochas duras, orientadas e de difícil decomposição, como gnaisses, migmatitos e granitos. São solos quimicamente pobres, ácidos e relativamente rasos, com textura grosseira, estrutura fraca, elevada porosidade e boa permeabilidade.

O sudeste do Brasil, segundo Nimer (1979), se caracteriza como uma região de transição entre climas quentes das latitudes baixas e climas mesotérmicos de tipo temperado das latitudes médias. Assim, nas regiões serranas como o município de Cunha, localizadas a leste, são registrados os extremos mínimos de temperatura durante o inverno do hemisfério sul (QUADROS et al., 2012).

Segundo Conti (1975), nessa região ocorre o confronto entre dois domínios climáticos: um que é controlado por massas equatoriais e tropicais, e o outro regido por massas tropicais polares que se reveza em rápida sucessão, o que ocasiona uma diversidade de influências. Cunha localiza-se entre as vertentes mais íngremes das Serras do Mar e da Mantiqueira, onde correntes úmidas provenientes do leste e sudeste, deixam boa parte das chuvas na escarpa Atlântica e Litoral (MONTEIRO, 1973).

A classificação climática proposta por Köppen para o Núcleo Cunha é do tipo Cwb, com clima temperado chuvoso e moderadamente quente, com preponderância de chuvas em verões brandamente quentes. Verificou-se a existência de dois períodos: um considerado úmido, de outubro a março, com as maiores médias de precipitação e da temperatura do ar, e o outro período, pouco úmido, com as menores médias para os meses de abril a setembro (LUIZ, 2008).

Em Cunha, os controles climáticos mostram um clima regional, notando-se que os meses mais quentes são normalmente janeiro, fevereiro e março, sendo que as temperaturas oscilam entre 23 e 21°C (ARMANI, 2009).

A precipitação média anual do Núcleo Cunha é de 2.200 mm e as temperaturas médias máximas e mínimas do ar são de 26°C e 16°C, respectivamente (CICCO, 2004).

A cobertura vegetal original da região é Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana, que é uma formação arbórea mesofanerofítica com aproximadamente 20 m de altura. A florística é apresentada por famílias de dispersão universal, embora suas espécies sejam endêmicas, revela um isolamento antigo de “refúgio cosmopolita”. Este refúgio é conhecido popularmente por “mata nuvígena ou mata nebular”, nos pontos onde a água evaporada se condensa em neblina, precipitando-se sobre as áreas elevadas (IBGE, 2012).

No Núcleo Cunha está instalado o Laboratório de Hidrologia Florestal Eng. Agr. Walter Emmerich, que possui três microbacias hidrográficas experimentais monitoradas (Figura 5). O Laboratório dista, em linha reta, 15 km da costa do litoral norte do estado de São Paulo.

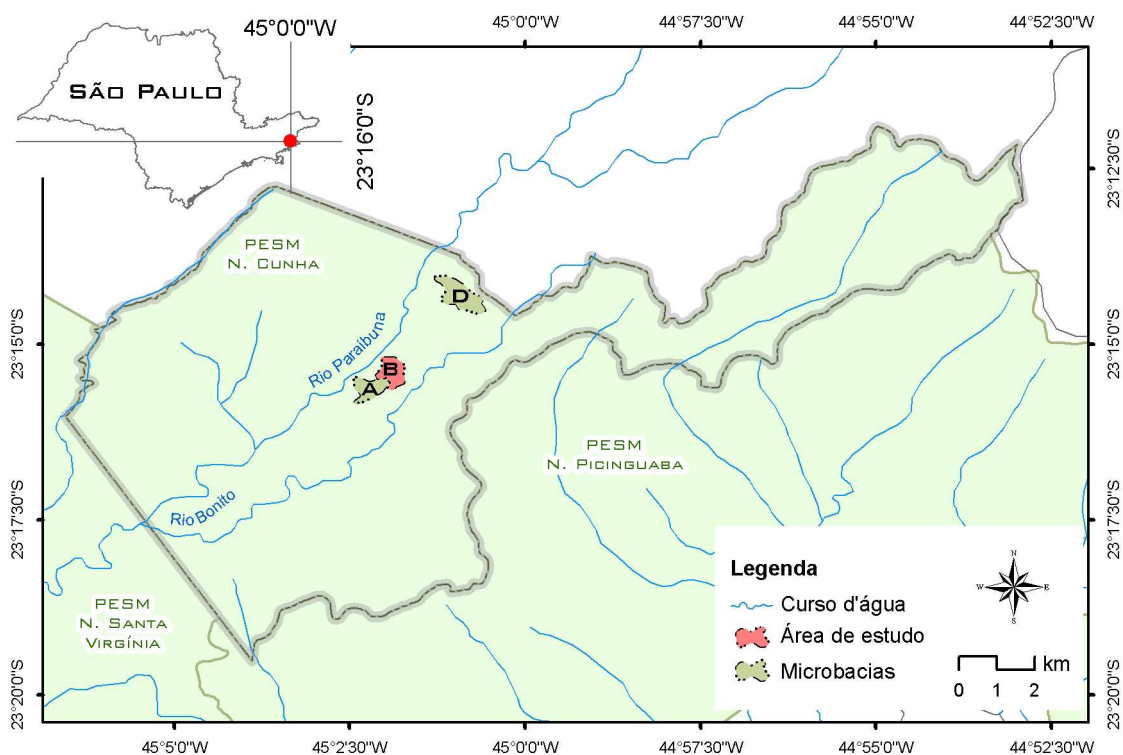


Figura 5. Localização das microbacias hidrográficas experimentais, em vermelho a microbacia B.

O estudo foi desenvolvido na microbacia hidrográfica experimental B. A floresta primária foi retirada parcialmente no início da década de 50 e substituída por pastagens. A área possui cobertura com floresta natural secundária em franco processo de regeneração (CICCO, 2009).

Segundo Arcova (1996), a microbacia possui as seguintes características físicas: área de 36,68 ha, declividade média de 25,8%, densidade de drenagem de 2,51 km/km², fator de forma de 0,433, declividade do canal de 6,6%, comprimento do rio principal de 920 metros, e com um perímetro de 2.750 metros.

O curso d'água da microbacia está orientado no sentido sudeste/noroeste, resultando em uma divisão em vertentes sudoeste na margem direita e vertentes nordeste na margem oposta. A maior diversificação das orientações ocorrem próxima aos topos isolados. Como a forma dos topos é próxima a um cone, o formato cônico faz com que existam áreas com a face voltada para norte e noroeste nestes topos da margem direita do curso d'água (ARMANI, 2004).

4.2. Mapeamento da microbacia

A confecção dos mapas foi realizada a partir das informações levantadas e digitalizadas da base cartográfica digital da folha topográfica Fazenda São Lourenço (SF-23-Y-D-III-4-NE-B), do Plano Cartográfico de São Paulo, na escala 1:10.000, de 1978, utilizando-se do Sistema de Informação Geográfica, ArcGIS® 9.3.

4.2.1. Mapa clinográfico

O mapa clinográfico foi elaborado para subsidiar a análise do relevo e apoiando à confecção dos mapas de vegetação, para tanto, buscou-se representar as superfícies mais planas e com declives suaves, utilizando-se as classes de 0% a 5% e 5% a 15%. Já para as áreas com maior inclinação estabeleceu as classes de 15% a 30% pois nesse declive observa-se um escoamento superficial mais rápido e apresenta alguma dificuldade para a sua utilização. A classe maior do que 30% foi empregada para se caracterizar as áreas muito íngremes com solos mais rasos e que significavam dificuldades para a atividades agrícolas e pastoris (MATTOS, 1994).

Com o emprego de recursos computacionais para a produção cartográfica foi possível a elaboração do mapa com rapidez e precisão, como também, a possibilidade de se comparar os intervalos de classes mais adequados.

A escolha das cores para representação das classes de declividade seguiu uma escala de cores quentes, como verde claro para os menores valores e o vermelho para as maiores declividades. A elaboração do mapa clinográfico é uma ferramenta importante no entendimento da ocorrência e/ou evolução da vegetação da área.

4.2.2. Mapa hipsométrico

O mapa hipsométrico foi elaborado conforme as curvas de nível da carta topográfica, para subsidiar a análise do relevo e apoiando à confecção dos mapas de vegetação. O mapa representa a elevação de um terreno através de cores, e as áreas mais planas e sua vez as mais íngremes e os topos que apresentavam vegetação diferente e mais preservada (MATTOS, 1994).

As classes de elevação utilizadas neste mapa, em metros foram: 1030 a 1050; 1050 a 1100; 1100 a 1150 e de 1150 a 1172. A escolha das cores para representação do mapa seguiu uma escala de cores quentes, como verde claro para os menores valores e o marrom para as maiores elevações.

O mapa hipsométrico permite diferenciar as áreas mais elevadas, normalmente mais frias, das mais baixas, comumente mais quentes, como também, poderá subsidiar um possível entendimento dos mapas de vegetação, bem como de sua evolução numa escala temporal e espacial.

4.2.3. Mapa de vegetação

O mapeamento da vegetação foi realizado para quatro períodos distintos. Em 1962 foram utilizadas as fotografias aéreas do Levantamento Aerofotográfico do estado de São Paulo, pancromático, na escala aproximada de 1:25.000, realizado pela Aerofoto Natividade Ltda, para o Instituto Agrônomo de Campinas; em 1977, o Recobrimento Aerofotogramétrico do estado de São Paulo, pancromático, na escala aproximada de 1:45.000, executado pela Terrafoto S.A., e em 1997, as fotografias aéreas do vôo obra 0-639, realizada pela Base S/A - Instituto Florestal Cunha, escala aproximada

de 1:20.000, e em 2009, ortofoto digital colorida elaborada pela Base Aerofoto - Fundação Floresta, da Secretaria de Estado de Meio Ambiente de São Paulo.

O método básico está centrado nos procedimentos adotados por Lueder (1959) e Spurr (1960), que identificam e classificam a vegetação com fotointerpretação de fotografias aéreas, utilizando-se os elementos da imagem: cor, tonalidade, textura, forma, dimensão e convergência de evidências, correlacionadas aos parâmetros de campo, tais como porte, densidade estrutura da vegetação, condições de preservação e condições ecológicas. Para a classificação da vegetação adotou-se o sistema fitogeográfico brasileiro (VELOSO et al., 1991).

Os produtos sensores utilizados na confecção dos mapas de vegetação do ano de 1962, 1977, 1997 e 2009 são de períodos e escalas diferentes, sendo necessário na sua interpretação, considerar estes aspectos. Para tanto, tomou-se como base para a fotointerpretação, a foto de 1977 que foi a de maior escala e para a qual se utilizou a lupa de 6x. A partir de sua análise montou-se uma chave de interpretação e as diferentes fitofisionomias presentes na área. Para avaliação da evolução das fitofisionomias foram utilizados os seus percentuais em relação à área da microbacia.

As unidades utilizadas para a fotointerpretação foram treze fitofisionomias, sendo elas: D1 – Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel uniforme; D2 – Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme; D3 – Porte arbóreo médio a alto, com estrutura de dossel desuniforme; D4 – Porte arbóreo baixo a médio, com estrutura de dossel uniforme; D5 – Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel uniforme; D6 – Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme; D7 – Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme; D8 – Porte arbóreo médio, com estrutura de dossel uniforme; Vs1 – Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme (capoeirão); Vs2 – Porte arbóreo médio, com estrutura de dossel desuniforme (capoeira); Vs3 – Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme (capoeira rala); Vs4 – Clareira e P – Pasto.

4.2. Levantamento de campo

Após a delimitação e quantificação das fitofisionomias demarcadas a partir da interpretação visual da ortofoto colorida digital, do ano de 2009, seguido de um

trabalho de campo, no período de 17 a 19 de outubro de 2012, para checagem das fitofisionomias na microbacia hidrográfica experimental B.

O método empregado no trabalho de campo foi o “caminhamento”, o qual consistiu em três etapas distintas: reconhecimento dos tipos de vegetação (fitofisionomias), elaboração da lista das espécies e análise dos resultados (FILGUEIRAS et al., 1994).

As espécies identificadas foram registradas em tabelas de campo, pré-elaboradas, constando família, nomes científico e popular, grupo sucessional.

Segundo Souza e Lorenzi (2012), a determinação dos espécimes vegetais foi utilizado o sistema de classificação das angiospermas, proposto em *The Angiosperm Phylogeny Group III - APG III* (2009).

4.3. Hidrologia

A estação fluviométrica da microbacia B fez parte do projeto Pesquisas Florestais no Estado de São Paulo, que ocorreu de 1979 a 1991, resultante da cooperação técnica do Brasil com o Japão. O projeto construtivo é de autoria do Engenheiro Civil Satoshi Tatenuma, perito japonês e contraparte, tendo seu início e término no ano de 1986 (YAMAZOE, 2005). As Figuras 6, 7, 8 e 9 apresentam as distintas fases da estação fluviométrica.



Figura 6. Vista parcial da estação fluviométrica e a esquerda o vertedouro triangular.



Figura 7. Vista da estação fluviométrica, com os dois tanques de sedimentação e tranquilização. À esquerda o abrigo dos equipamentos.



Figura 8. Vista frontal da estação fluviométrica em fase final de construção.



Figura 9. Estação fluviométrica da microbacia hidrográfica experimental B. Em primeiro plano o vertedouro triangular 90° e a esquerda o abrigo do linígrafo, em 2012.

Segundo Arcova (1996), o monitoramento hidrológico da microbacia B está sendo realizado por meio de medições contínuas da precipitação e do deflúvio. A microbacia conta com três pluviógrafos e uma estação fluviométrica, conforme Figura 10.

Os pluviógrafos são do tipo caçamba, modelo B400, da NAKAASA Corporation. Cada um tem capacidade de 0,5 mm e são alimentados por bateria de 7,5 volts e operam com carta de registro de duração mensal ou trimensal. O linígrafo é do tipo flutuador, modelo WR-11Z, da NAKAASA Corporation, de precisão igual a 0,5 cm, alimentado por conjunto de baterias de 7,5 volts, com carta de registro mensal, medindo continuamente as variações da altura da lâmina d'água no vertedouro (ARCOVA, 1996).

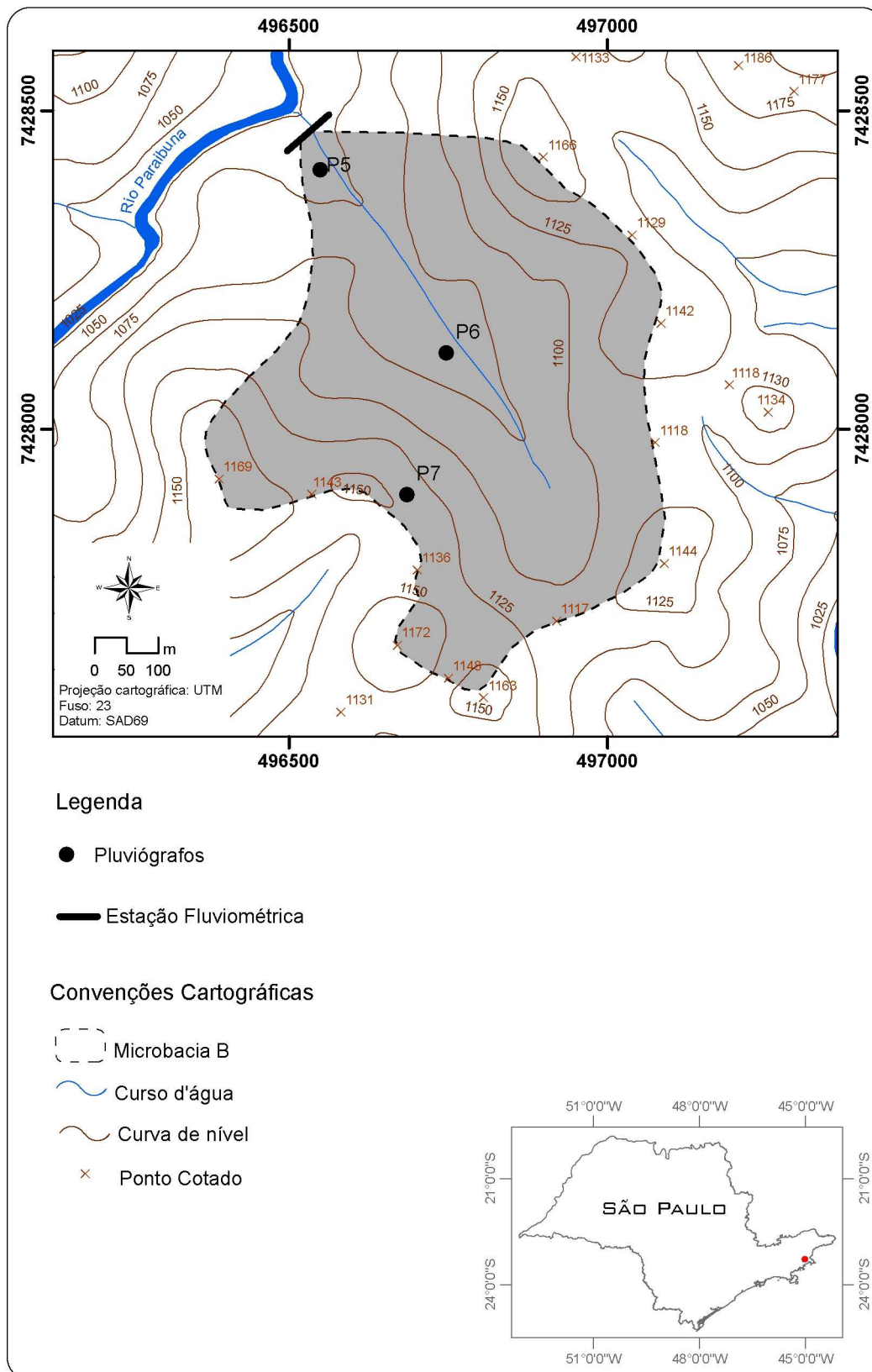


Figura 10. Localização da estação fluviométrica (linígrafo) e dos três pluviógrafos na microbacia B.

A conversão dos valores de altura da lâmina da água em descarga da microbacia B foi realizado por meio da curva-chave expressa na equação 4:

$$Q = 0,018 \times H^{2,4887} \dots\dots\dots(4)$$

onde, Q é a descarga (vazão) em litros por segundo e H a altura da lâmina d'água em centímetros.

O ano hídrico adotado para o Laboratório compreende o período de 1º de outubro a 30 de setembro (CICCO et al., 1995). Para avaliar a produção de água pela microbacia experimental B, por meio da evapotranspiração real para os anos hídricos de 1987 a 2008, foi utilizada a equação hidrológica fundamental simplificada (HEWLLET; NUTTER, 1969), expressa na equação 5:

$$ET = P - Q \dots\dots\dots(5)$$

onde, ET a evapotranspiração real (mm), P é a precipitação (mm) e Q o deflúvio (mm).

4.3.1. Análises estatísticas

Os dados hidrológicos, ou seja, a precipitação, o deflúvio e a evapotranspiração foram analisados por meio do pacote estatístico BioEst 5.0, desenvolvido por Ayres et al. (2007). Neste estudo foram utilizados os programas de estatística descritiva e análise de regressão linear simples.

Segundo Ayres et al. (2007) e Martins (2008), a estatística descritiva consiste em organizar, sumarizar e descrever um conjunto de dados. Os seguintes parâmetros selecionados foram: amplitude (mínima e máxima), média aritmética, variância, desvio padrão, erro padrão e coeficiente de variação.

A análise de regressão tem por finalidade a determinação de uma variável dependente em relação à variável independente ou preditora. A regressão linear simples e de amplo emprego em pesquisas científicas, na qual procura-se prever o valor de uma variável dependente (y) a partir de uma variável independente (x), pressupondo que a relação entre as duas seja linear (AYRES et al., 2007; MARTINS, 2008).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Mapeamento e Fitofisionomia

A Figura 11 apresenta o mapa clinográfico da microbacia hidrográfica experimental B. Predominam as declividades entre 5% e 30%, enquanto as superiores a 30% encontram-se próximos aos topos. Nas vertentes da margem direita do curso d'água prevalecem declividades maiores que na margem esquerda.

Em direção a montante ao longo do curso d'água, na parte central da microbacia, nota-se uma área com declividades mais baixas, associado às áreas de planícies de inundação, dificultando o escoamento das águas fluviais e pluviais, permanecendo frequentemente encharcada.

Do centro da microbacia em direção à jusante as declividades da margem direita são elevadas, variando de 15% a 30%. Já na margem esquerda as declividades são menores, oscilando entre 5% e 30%.

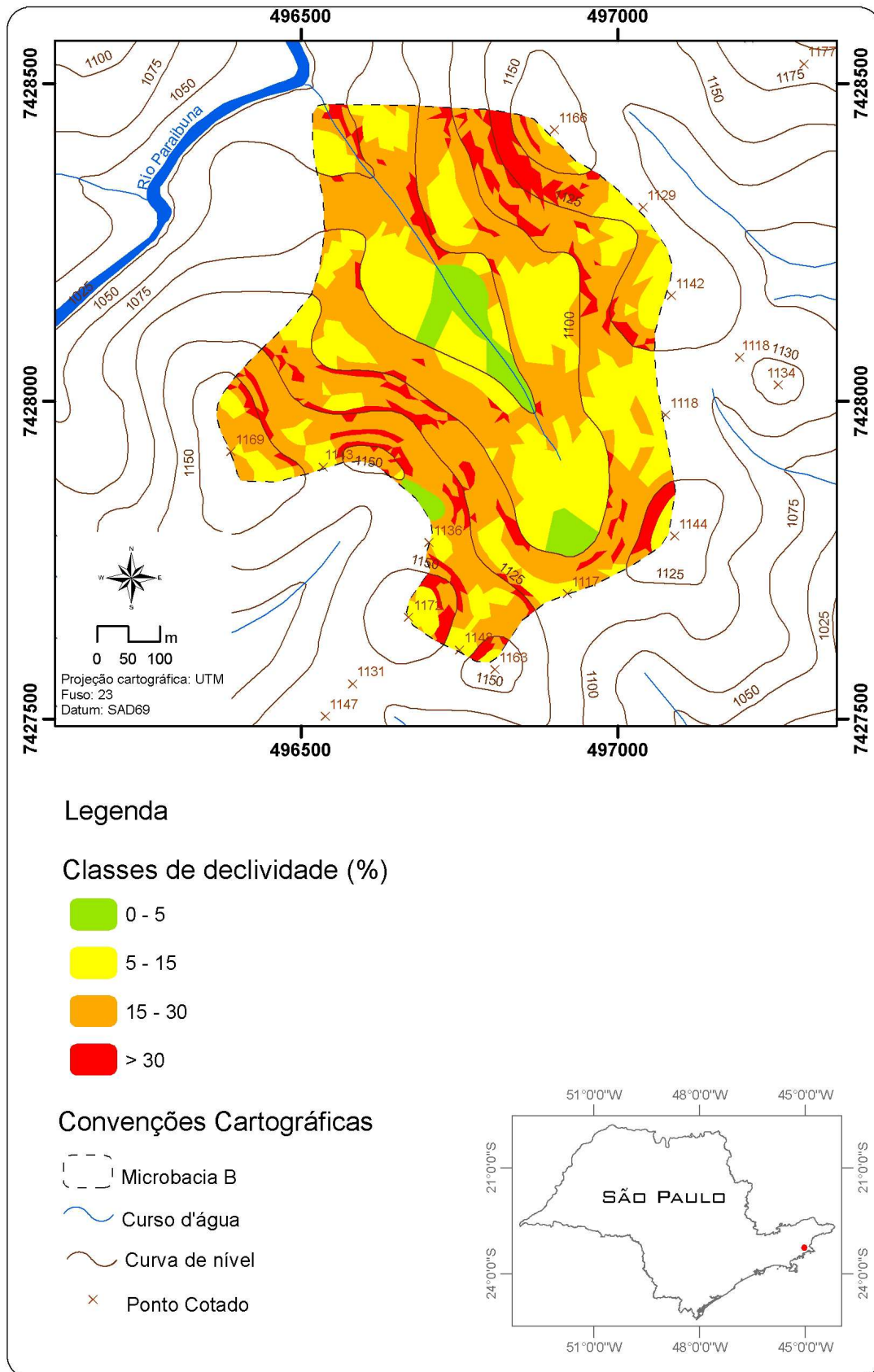


Figura 11. Mapa clinográfico da microbasia hidrográfica experimental B

A Figura 12 exibe o mapa hipsométrico permitindo visualizar a distribuição das classes de altitude e a configuração geral do relevo. De maneira geral, as classes de elevação predominantes na microbacia são a de 1.050 – 1.100 metros e 1.100 – 1.150 metros, seguidos de 1.150 – 1.172 metros e 1.030 – 1.050 metros.

O nível de base local da microbacia é o rio Paraíba que está na altitude aproximada de 1.025 metros. Contudo, a estação fluviométrica da microbacia está a 1.030 metros, atuando como o nível de base local da mesma. A amplitude altimétrica máxima entre o nível de base local e o topo mais elevado (1.172 metros) é de 147 metros.

Da base local em direção a montante, o curso d'água drena uma área plana e ampla, na classe de 1.050 a 1.100 metros. É uma planície de inundação com muitos canais pluviais e fluviais, permanecendo boa parte do tempo encharcada. O gradiente altimétrico até as nascentes do curso d'água é relativamente baixo, isto porque as nascentes estão em uma altitude aproximada de 1.080 metros.

De uma forma geral, as vertentes da margem esquerda são mais longas e menos íngremes do que aquelas da margem direita. Seguindo o curso d'água em direção a montante encontra-se uma soleira, que faz com que seu leito torna-se encachoeirado.

Os topos dos interflúvios da microbacia estão na classe de elevação de 1.050 – 1.172 metros. São isolados uns dos outros por colos, que ocorrem preferencialmente em uma classe de elevação de 1.100 – 1.150 metros.

Dessa forma, procurou-se uma melhor compreensão e entendimento em relação às intervenções antrópicas que ocorreram ao longo do tempo na microbacia.

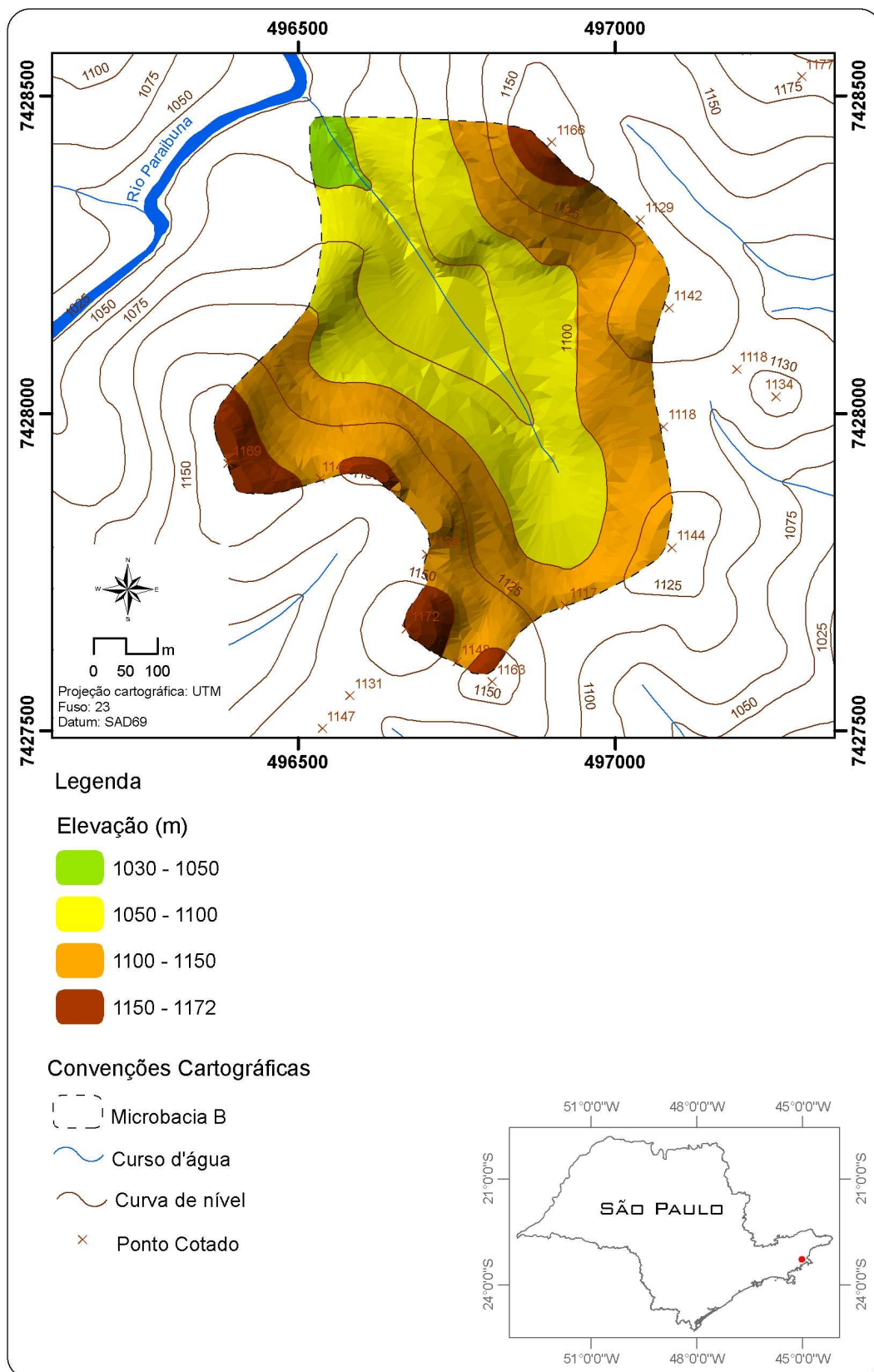


Figura 12. Mapa hipsométrico da microbacia hidrográfica experimental B.

Os mapas clinográfico e hipsométrico foram elaborados com o intuito de subsidiar a análise do relevo, servindo de apoio à confecção do mapa de vegetação. Para compartimentar a área foram definidas quatro classes compostas, por declividades de 0 a 3% que correspondem a áreas planas ou quase planas onde o escoamento superficial é lento e a vegetação se apresenta adaptada às condições de umidade do terreno; de 3 a 15% que representam os declives acentuados onde o escoamento superficial é de médio a rápido; a classe de 15 a 30% que constituem áreas onde as vertentes são mais inclinadas e o escoamento mais rápido. Acima dos 30% observam-se as vertentes mais íngremes onde o escoamento é muito rápido.

Essas classes de declividades foram representadas por cores, buscando dar a “sensação” da intensidade das diferentes classes estabelecidas. Portanto, utiliza - se os tons de verde para ilustrar as áreas mais planas, passando pelo amarelo, laranja, chegando ao vermelho que representa os locais mais íngremes da microbacia. O objetivo era entender porque algumas áreas não tinham sido objeto de corte da vegetação e outras, utilizadas como pasto.

O mapa hipsométrico foi elaborado em intervalos de 20 metros, também com a finalidade de compartimentar o relevo, que está representado como elemento de fundo do referido mapa. Observa-se, portanto, que as áreas mais declivosas que ocorrem preferencialmente acima dos 1.100m, e é onde a floresta, embora com alguma perturbação, permanece desde 1977. Desta forma, esses elementos auxiliaram na elaboração dos mapas de vegetação permitindo entender a alteração e a recuperação da floresta na microbacia.

Na análise realizada para o ano de 1962 da microbacia hidrográfica experimental B, pode-se observar que em 1962 a mesma havia sido praticamente alterada em sua totalidade, 17,9% eram dedicados à pecuária, sendo a área recoberta por vegetação herbácea, destacando-se as gramíneas. O restante da microbacia teve a sua vegetação muito alterada, apresentando espaços entre as árvores, o que revela a retirada seletiva de indivíduos. Nos topos ainda permanecia a vegetação em seu aspecto natural caracterizado pelo porte alto e denso (D2).

Nas porções mais íngremes das vertentes, que pode ser verificado no mapa clinográfico, a mata também permaneceu próxima de seu aspecto natural, com indivíduos altos e adensados (D1).

Ao longo do rio a mata ciliar foi retirada dando lugar ao pasto e ainda na pequena planície existente na área, a Floresta Ombrófila Densa Aluvial havia sido bastante alterada, não sendo possível sua identificação com muita clareza, neste ano analisado, para isso contamos também, com o auxílio do mapa clinográfico, através do qual permite identificar as áreas mais planas do relevo.

A Tabela 1 apresenta a classificação e as formações vegetacionais da microbacia B, e estão representadas na seguinte ordem: D2 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme > D3 - Porte arbóreo médio a alto, com estrutura de dossel desuniforme > P - Pasto > D6 - Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme > D1 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel uniforme > D5 - Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel uniforme > Vs4 – Clareira > D7 - Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme.

Tabela 1. Distribuição das formações vegetacionais da microbacia B, em percentual e área para o ano de 1962.

| Legenda | Área (ha) | Área (%) |
|--|------------------|-----------------|
| Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana | | |
| D1 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel uniforme | 1,98 | 5,41 |
| D2 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme | 13,45 | 36,67 |
| D3 - Porte arbóreo médio a alto, com estrutura de dossel desuniforme | 6,52 | 17,78 |
| D5 - Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel uniforme | 1,91 | 5,21 |
| D6 - Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme | 4,20 | 11,46 |
| Floresta Ombrófila Densa Aluvial | | |
| D7 - Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme | 0,58 | 1,57 |
| Vegetação Secundária | | |
| Vs4 – Clareira | 1,70 | 4,62 |
| Outros usos | | |
| P – Pasto | 6,33 | 17,27 |
| Total | 36,68 | 100,00 |

A Figura 13 apresenta as oito classificações das formações vegetacionais, assim denominadas: D1 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel uniforme; D2 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme; D3 - Porte arbóreo médio a alto, com estrutura de dossel desuniforme; D5 - Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel uniforme; D6 - Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme; D7 - Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme; P – Pasto e Vs4 – Clareira.

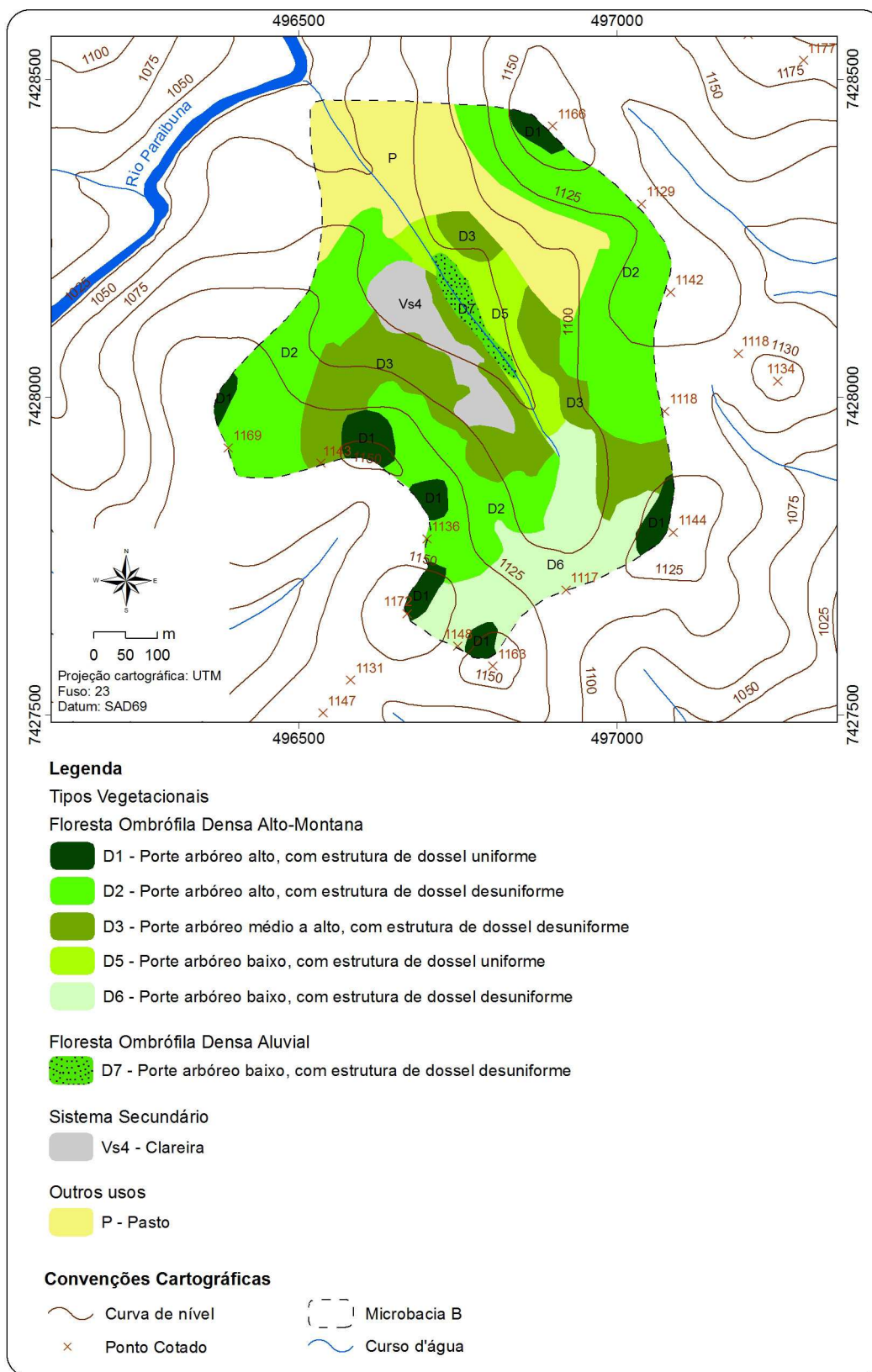


Figura 13. Mapa da vegetação de 1962 da microbacia hidrográfica experimental B.

Na Figura 14 está representada graficamente a classificação e as formações vegetacionais da microbacia B, para o ano de 1962.

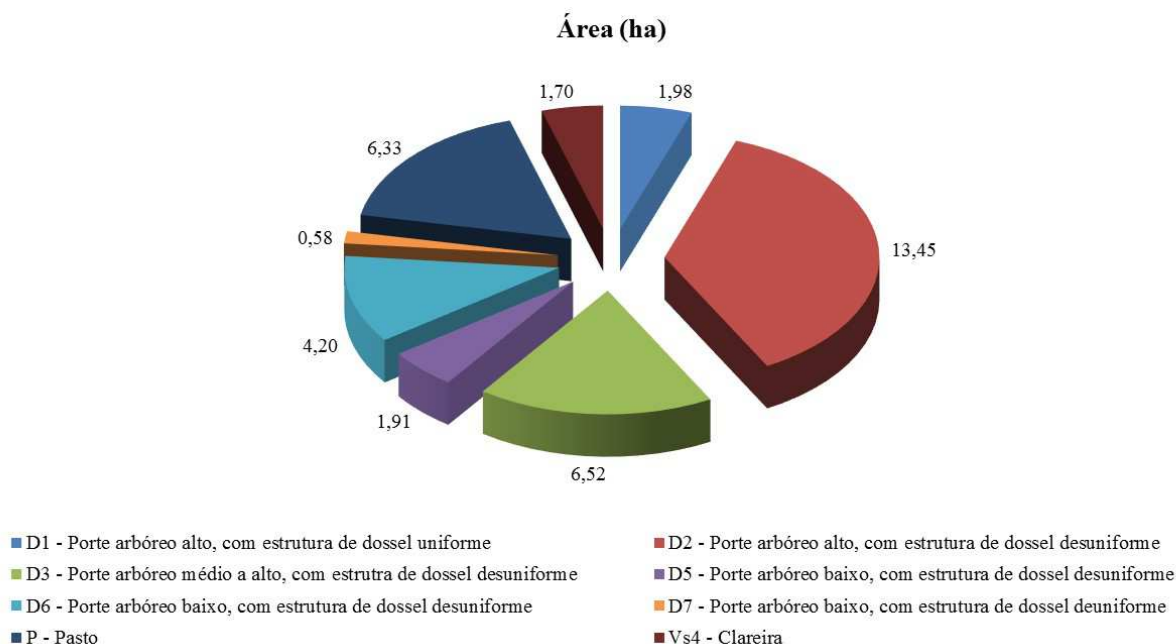


Figura 14. Distribuição das formações vegetacionais em hectares na microbacia B.

Na análise realizada para o ano de 1977 da microbacia B, uma das constatações feitas refere-se a uma redução da área de pasto na margem direita do curso d'água, próxima ao exutório, conseqüentemente teve o início da regeneração natural com os tipos vegetacionais do sistema secundário com Vs2 - porte arbóreo médio, com estrutura de dossel desuniforme (capoeira), na sua maior porção, seguido do Vs3 - porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel uniforme (capoeira rala).

Os tipos vegetacionais da Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana, com porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel uniforme e desuniforme (D5 e D6) sofreram uma evolução da cobertura vegetal para porte arbóreo alto, com estrutura de dossel uniforme (D2), porte arbóreo médio a alto, com estrutura de dossel desuniforme (D3). Ocorreu um aumento do porte arbóreo médio a alto, com estrutura de dossel desuniforme (D3) na parte central e a montante da microbacia.

As fotografias aéreas de 1977 revelam que no período compreendido entre 1962 e 1977, houve um avanço considerável na área de pasto, que agora passa a ocupar boa parte da vertente esquerda do rio, sendo intensificada a retirada

de árvores. Em 1974, o Governo do Estado de São Paulo desapropriou essa área, transformando-a na Reserva Estadual de Cunha, que a partir de 1977 foi incorporada ao Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Cunha. Iniciando – se o processo de regeneração natural da floresta. A partir de 1977, o pasto começa a dar lugar à capoeira baixa e a mata a dar sinais de recuperação.

A análise dos vários anos mostrou que de 1962 para 1977 após a área ter sido deixada para se regenerar naturalmente, houve uma franca recuperação da floresta, os locais onde antes ocorrera a retirada de indivíduos, a mata se recuperara com bastante vigor.

A Figura 15 apresenta as oito classificações das formações vegetacionais, assim denominadas: D1 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel uniforme, com estrutura de dossel uniforme; D2 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme; D3 - Porte arbóreo médio a alto, com estrutura de dossel desuniforme; D4 - Porte arbóreo baixo a médio, com estrutura de dossel uniforme; D7 - Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme; P – Pasto; Vs2 - Porte arbóreo médio aberto e Vs3 - Porte arbóreo baixo denso.

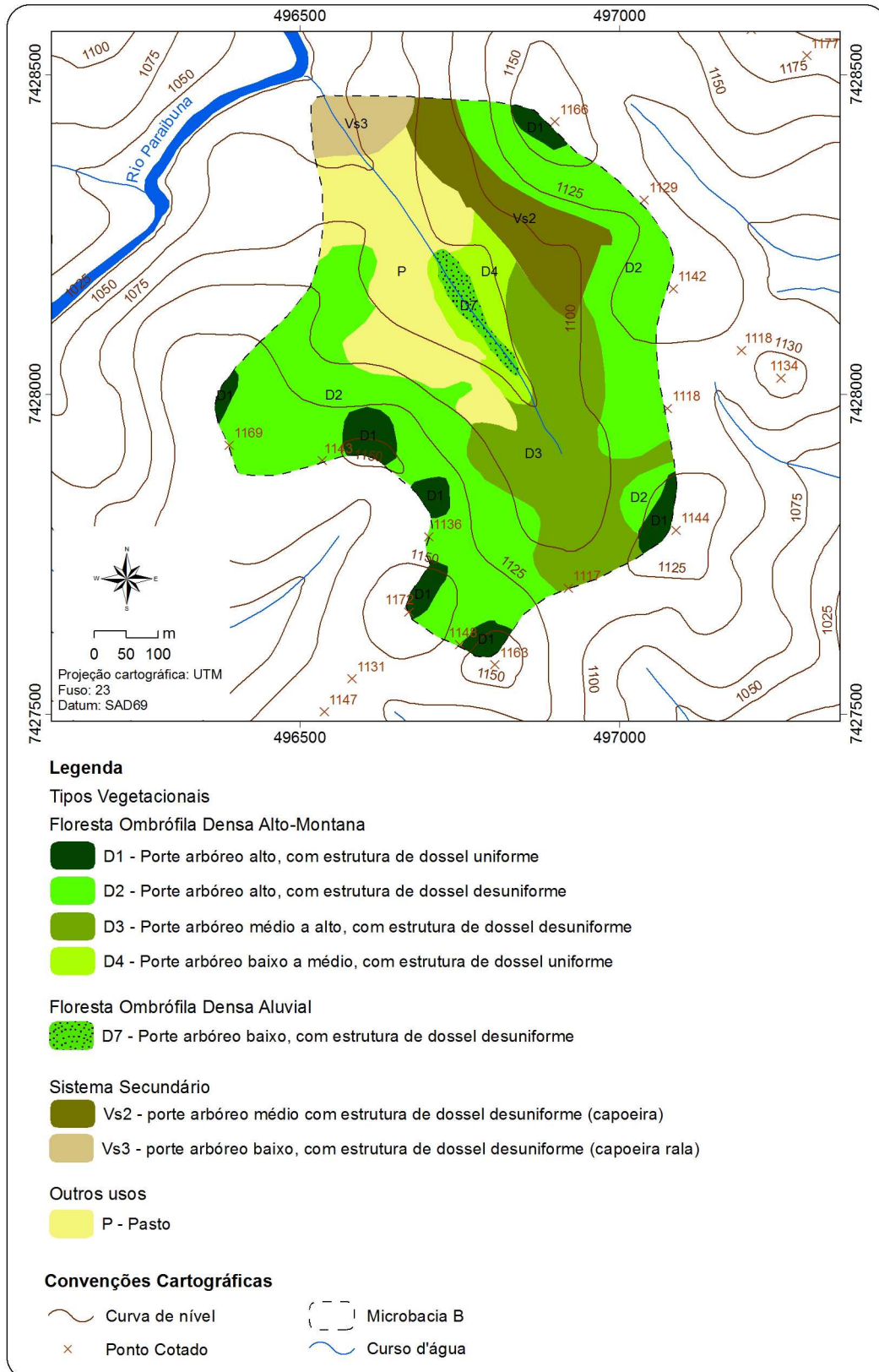


Figura 15. Mapa da vegetação de 1977 da microbacia B.

A Tabela 2 apresenta a classificação e as formações vegetacionais da microbacia B, e estão representadas na seguinte ordem: D2 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme > D3 - Porte arbóreo médio a alto, com estrutura de dossel desuniforme > P - Pasto > Vs2 - Porte arbóreo médio, com estrutura de dossel desuniforme (capoeira) > D1 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel uniforme > D4 - Porte arbóreo baixo a médio, com estrutura de dossel uniforme > Vs3 - Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme (capoeira rala) > D7 - Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme.

Tabela 2. Distribuição das formações vegetacionais da microbacia B, em percentual e área para o ano de 1977.

| Legenda | Área (ha) | Área (%) |
|--|------------------|-----------------|
| Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana | | |
| D1 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel uniforme | 2,04 | 5,56 |
| D2 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme | 15,81 | 43,09 |
| D3 - Porte arbóreo médio a alto, com estrutura de dossel desuniforme | 6,46 | 17,61 |
| D4 - Porte arbóreo baixo a médio, com estrutura de dossel uniforme | 1,52 | 4,16 |
| Floresta Ombrófila Densa Aluvial | | |
| D7 - Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme | 0,58 | 1,57 |
| Vegetação Secundária | | |
| Vs2 - Porte arbóreo médio, com estrutura de dossel desuniforme (capoeira) | 3,21 | 8,76 |
| Vs3 - Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme (capoeira rala) | 1,17 | 3,20 |
| Outros Usos | | |
| P - Pasto | 5,89 | 16,06 |
| Total | 36,68 | 100,00 |

Na Figura 16 está representada graficamente a classificação e a distribuição fitofisionômica da microbacia B, no ano de 1977.

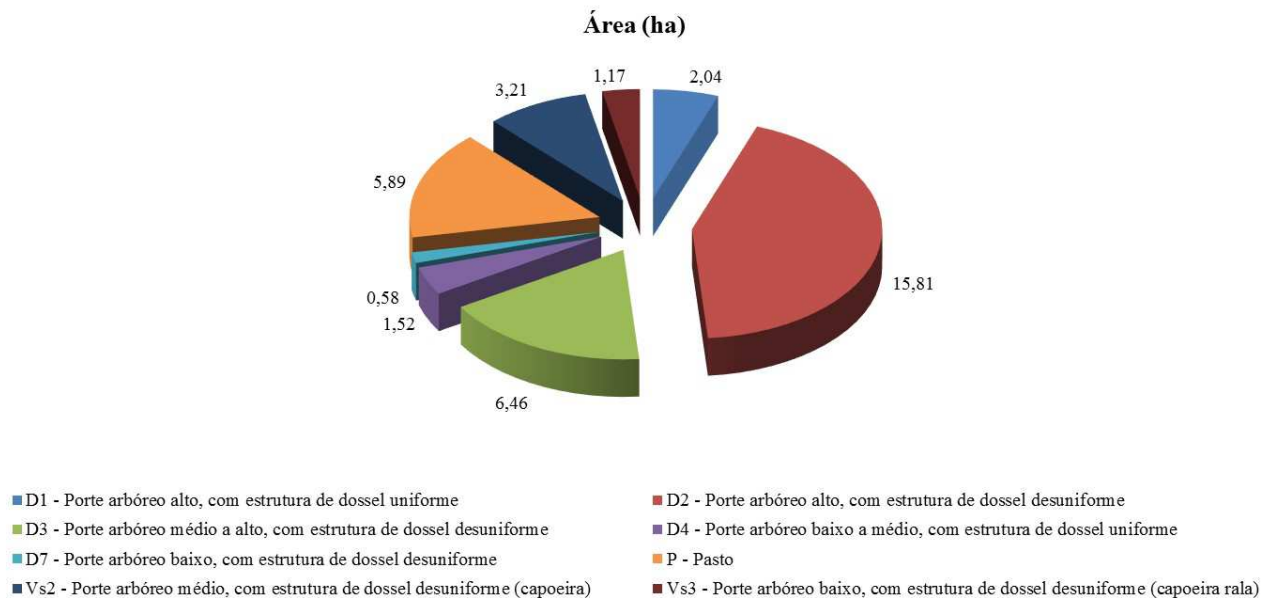


Figura 16. Distribuição das formações vegetacionais em hectares na microbacia B.

No mapeamento realizado no ano de 1997 da microbacia B, ocorreu uma regeneração da floresta na margem direita do curso d'água, próxima ao exutório, dos tipos vegetacionais do sistema secundário porte arbóreo alto a baixo com estrutura de dossel desuniforme (Vs1, Vs2 e Vs3), onde antes ocupada por pasto.

Houve uma evolução do tipo vegetacional da Floresta Ombrófila Densa Aluvial com o porte arbóreo médio, com estrutura de dossel uniforme (D8). O tipo vegetacional da Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana com os portes arbóreo médio a alto, com estrutura de dossel uniforme (D3), teve uma evolução da sua cobertura para porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme (D2). Nos topos de morros observamos que as fitofisionomias D2 - porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme, D3 - porte arbóreo médio a alto, com estrutura de dossel desuniforme, sofreram uma evolução da vegetação para o porte arbóreo alto, com estrutura de dossel uniforme (D1).

Em 1997, a floresta encontrava-se em estágio avançado de recuperação, não se notando fisionalmente grandes contrastes entre as unidades mapeadas, revelando efetivo processo de regeneração e recuperação da área.

A Tabela 3 apresenta a classificação e as formações vegetacionais da microbacia B, e estão representadas na seguinte ordem: D2 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme > Vs1- Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme (capoeirão) > D1 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel uniforme > D4 - Porte arbóreo baixo a médio, com estrutura de dossel uniforme > Vs2 - Porte arbóreo médio, com estrutura de dossel desuniforme (capoeira) > D8 - Porte arbóreo médio, com estrutura de dossel uniforme > Vs3 - Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme (capoeira rala) > D3 - Porte arbóreo médio a alto, com estrutura de dossel desuniforme.

Tabela 3. Distribuição das formações vegetacionais da microbacia B, em percentual e área para o ano de 1997.

| Legenda | Área (ha) | Área (%) |
|--|------------------|-----------------|
| Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana | | |
| D1 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel uniforme | 4,62 | 12,59 |
| D2 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme | 19,69 | 53,69 |
| D3 - Porte arbóreo médio a alto, com estrutura de dossel desuniforme | 0,23 | 0,64 |
| D4 - Porte arbóreo baixo a médio, com estrutura de dossel uniforme | 1,27 | 3,47 |
| Floresta Ombrófila Densa Aluvial | | |
| D8 - Porte arbóreo médio, com estrutura de dossel uniforme | 0,58 | 1,57 |
| Vegetação Secundária | | |
| Vs1- Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme (capoeirão) | 8,64 | 23,56 |
| Vs2 - Porte arbóreo médio, com estrutura de dossel desuniforme (capoeira) | 1,28 | 3,49 |
| Vs3 - Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme (capoeira rala) | 0,36 | 0,98 |
| Total | 36,68 | 100,00 |

A Figura 17 apresenta as oito classificações e as formações vegetacionais, assim denominadas: D1 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel uniforme; D2 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme; D3 - Porte arbóreo médio a alto, com estrutura de dossel desuniforme; D4 - Porte arbóreo baixo a médio, com estrutura de dossel uniforme; D8 - Porte arbóreo médio, com estrutura de dossel uniforme; Vs1 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme (capoeirão); Vs2 - Porte arbóreo médio, com estrutura de dossel desuniforme (capoeira) e Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme (capoeira rala).

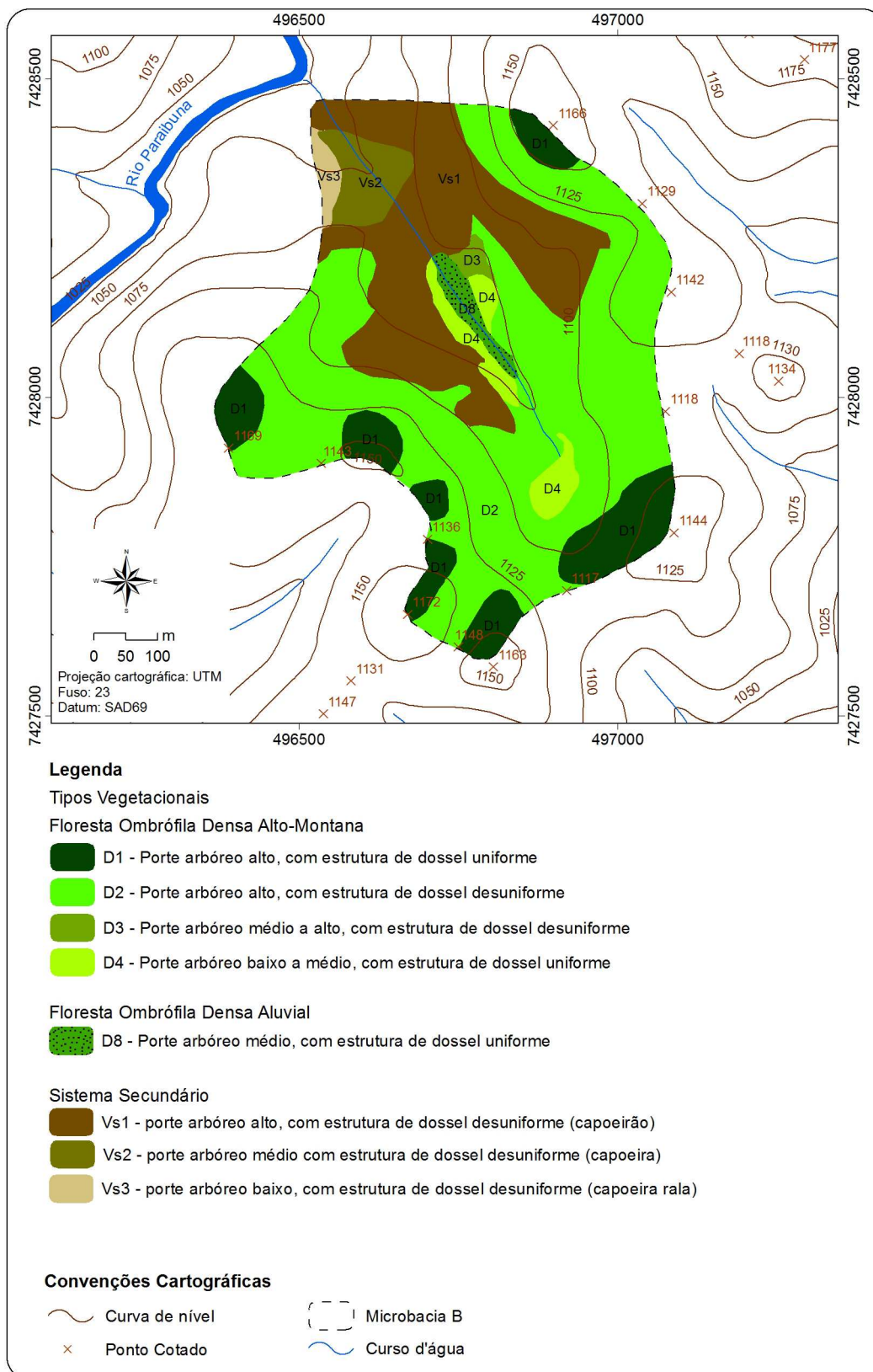
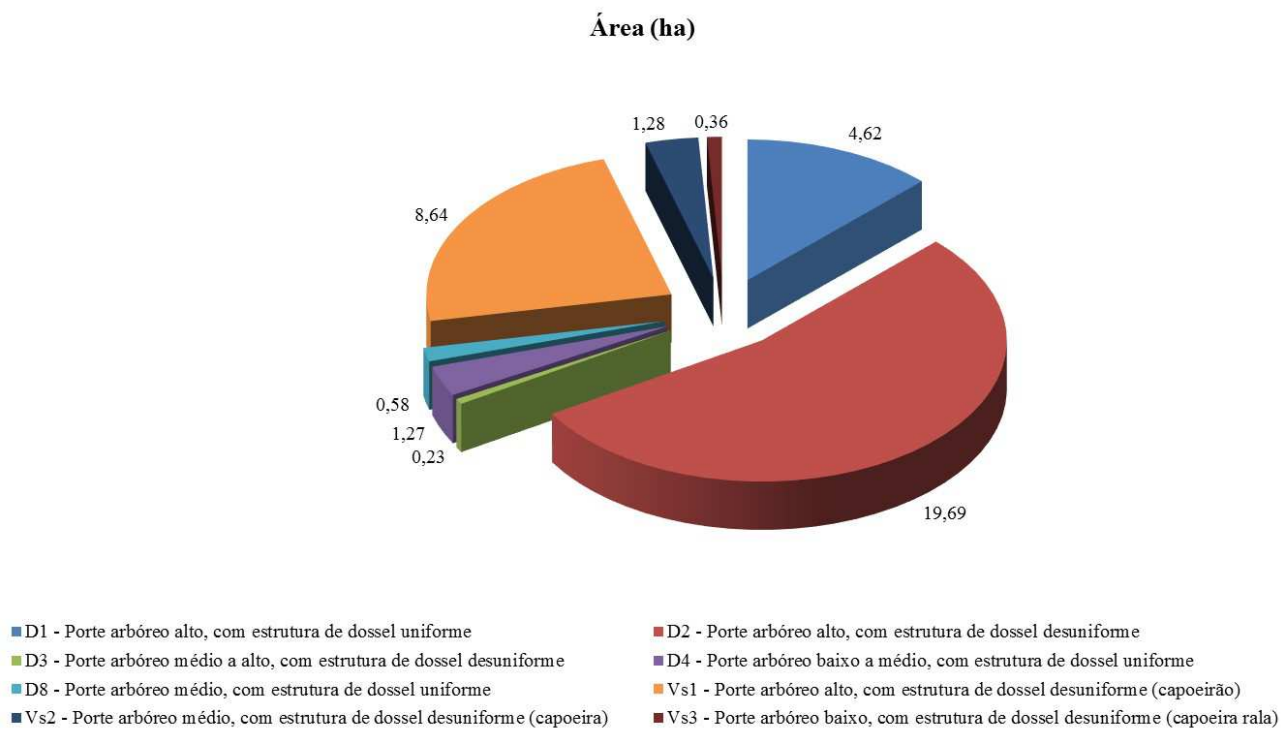


Figura 17. Mapa da vegetação de 1997 da microbacia hidrográfica experimental B.

Na Figura 18 está representada graficamente a classificação e as formações vegetacionais da microbacia B, para o ano de 1997.



No mapeamento realizado para o ano de 2009 da microbacia B, ocorreu um aumento da floresta próxima ao exutório, do tipo vegetacional do sistema secundário Vs1 – porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme (capoeirão). Ocorreu também uma regeneração dos portes arbóreos Vs2 – porte arbóreo médio, com estrutura de dossel desuniforme (capoeira) e Vs3 – porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme (capoeira rala).

Houve uma evolução do tipo vegetacional da Florestal Ombrófila Densa Alto-Montana, na parte central da microbacia, do porte arbóreo médio a alto, com estrutura de dossel desuniforme (D3), para o porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme (D2). Nos topos de morros observamos que os portes arbóreo alto a médio aberto (D2 e D3) sofreram uma evolução da vegetação para o porte arbóreo alto denso (D1). Domingues et al. (2001), verificaram em estudos de geomorfologia e de mapeamento da vegetação na microbacia D, no mesmo laboratório de hidrologia florestal, destacando cinco grandes compartimentos, nos seguintes estádios de regeneração: avançado, médio

(arbóreo médio e esparso), médio (arbóreo médio e denso), médio (higrófila) e inicial de regeneração.

Para o ano de 2009, utilizou-se uma ortofoto digital colorida e a interpretação ocorreu de forma semelhante, porém neste tipo de produto não foi possível a interpretação em terceira dimensão com estereoscopia, podendo se apenas estimar a altura dos indivíduos comparando-os com os anos anteriores, associado à verdade obtida em campo. Portanto, com o mapeamento necessitou de verificação em campo, o que se deu em 2012 permitindo a atualização dos dados.

Ainda no mesmo ano foi observado que fisionomicamente a vegetação não apresentou grandes contrastes, isto é, não foi possível definir com clareza os diferentes tipos fitofisionômicos, permanecendo praticamente os mesmos obtidos no mapeamento de 1997. O que se destacou neste ano e constatado em campo, realizado em 2012, foi a invasão por bambus e lianas, havendo uma área que se encontra muito infestada, identificada como D4 no mapa de vegetação. Neste mapa, tendo a mata se recuperado, foi possível identificar com clareza a Floresta Ombrófila Densa Aluvial.

A Tabela 4 apresenta a classificação e as formações vegetacionais da microbacia B, e estão representadas na seguinte ordem: D2 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme > Vs1- Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme (capoeirão) > D1 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel uniforme > D4 - Porte arbóreo baixo a médio, com estrutura de dossel uniforme > D3 - Porte arbóreo médio a alto, com estrutura de dossel desuniforme > Vs2 - Porte arbóreo médio, com estrutura de dossel desuniforme (capoeira) > D8 - Porte arbóreo médio, com estrutura de dossel uniforme > Vs3 - Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme (capoeira rala).

Tabela 4. Distribuição das formações vegetacionais da microbacia B, em percentual e área para o ano de 2009.

| Legenda | Área (ha) | Área (%) |
|--|------------------|-----------------|
| Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana | | |
| D1 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel uniforme | 4,85 | 13,22 |
| D2 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme | 17,15 | 46,74 |
| D3 - Porte arbóreo médio a alto, com estrutura de dossel desuniforme | 1,24 | 3,39 |
| D4 - Porte arbóreo baixo a médio, com estrutura de dossel uniforme | 2,59 | 7,05 |
| Floresta Ombrófila Densa Aluvial | | |
| D8 - Porte arbóreo médio, com estrutura de dossel uniforme | 0,58 | 1,57 |
| Vegetação Secundária | | |
| Vs1- Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme (capoeirão) | 9,22 | 25,14 |
| Vs2 - Porte arbóreo médio, com estrutura de dossel desuniforme (capoeira) | 0,88 | 2,41 |
| Vs3 - Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme (capoeira rala) | 0,17 | 0,47 |
| Total | 36,68 | 100,00 |

A Figura 19 apresenta as oito classificações das formações vegetacionais, assim denominadas: D1 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel uniforme; D2 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme; D3 - Porte arbóreo médio a alto, com estrutura de dossel desuniforme; D4 - Porte arbóreo baixo a médio, com estrutura de dossel uniforme; D8 - Porte arbóreo médio, com estrutura de dossel uniforme; Vs1 - Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme (capoeirão); Vs2 - Porte arbóreo médio, com estrutura de dossel desuniforme (capoeira) e Vs4 - Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme (capoeira rala). A Figura 17 apresenta a distribuição das fitofisionomias em hectares na microbacia B.

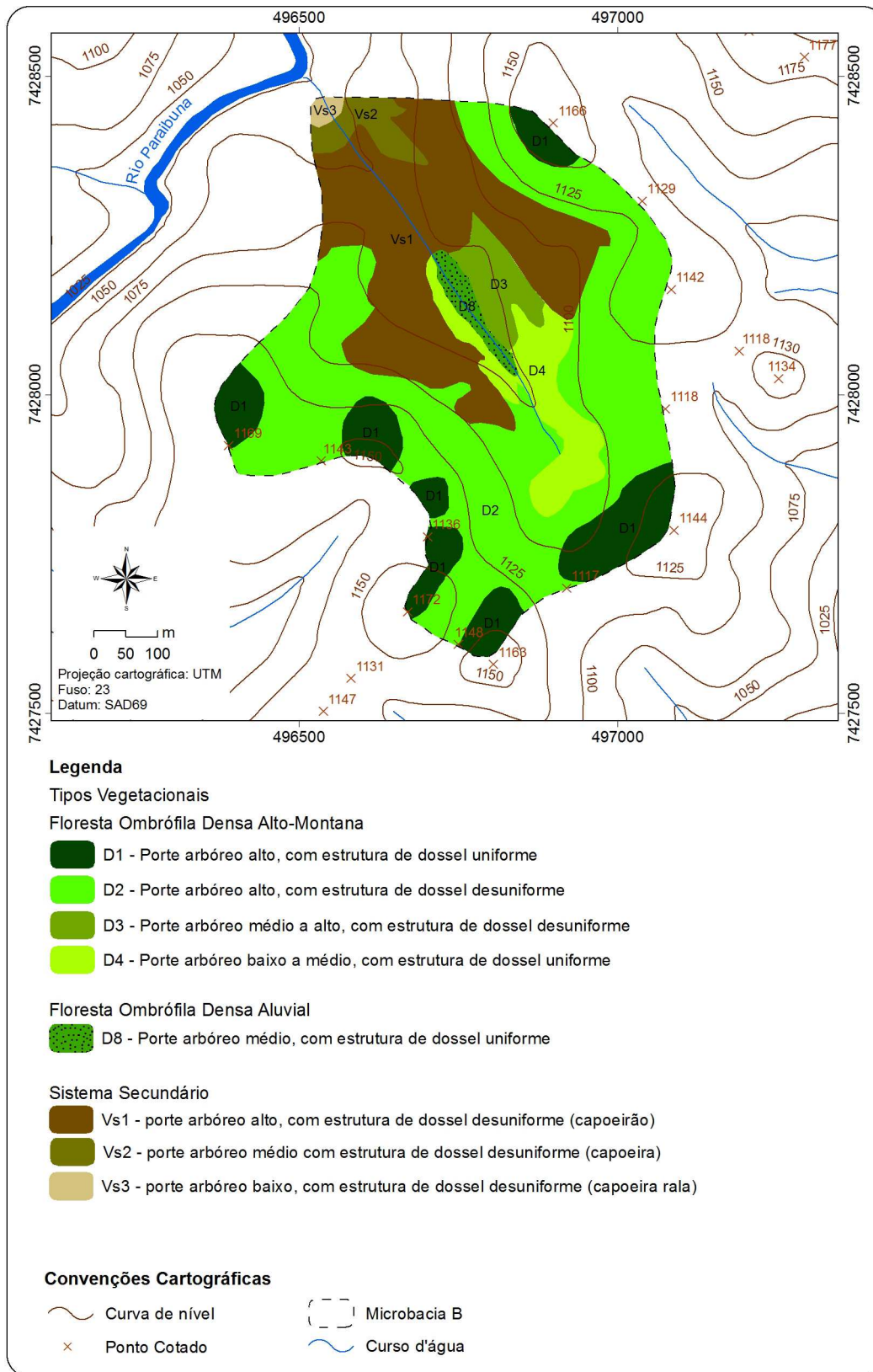


Figura 19. Mapa da vegetação de 2009 da microbacia hidrográfica experimental B.

Na Figura 20 está representada graficamente a classificação e a distribuição das formações vegetacionais na microbacia B, no ano de 2009.

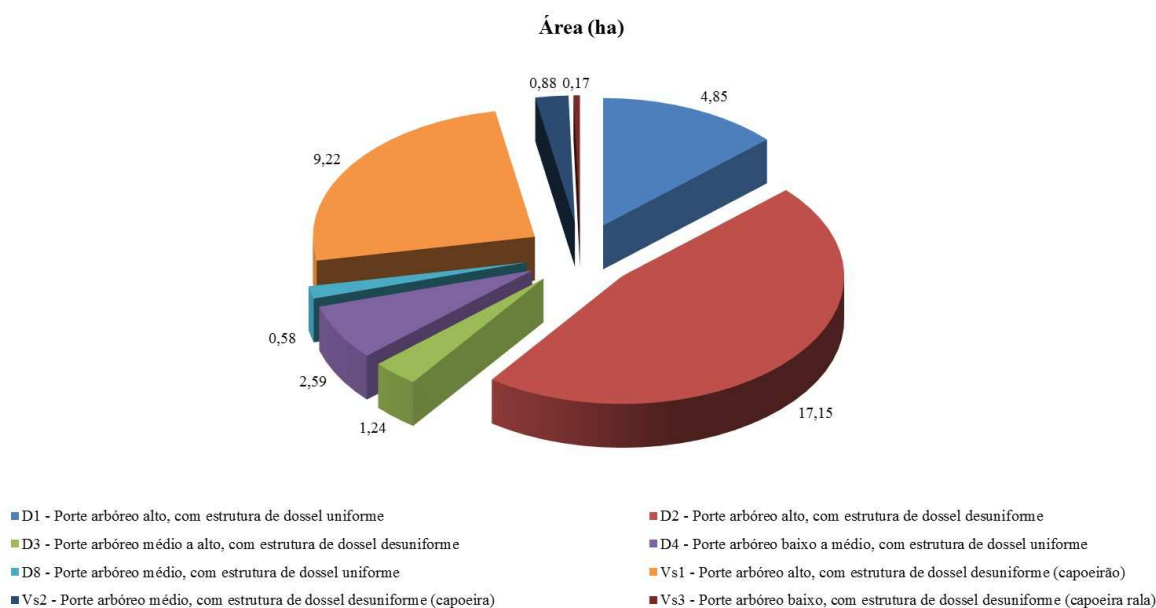


Figura 20. Distribuição das formações vegetacionais em hectares na microbacia B.

Ao se comparar os mapas de vegetação com o clinográfico e a hipsometria ficou claro que nas áreas mais declivosas e nos topos, a floresta foi de certa forma, poupada. Segundo Oliveira-Filho et al. (2001), em escala local, variáveis topográficas, tais como elevação e grau de inclinação do terreno, podem ser consideradas causas importantes de variação estrutural em florestas tropicais.

Diferenças estruturais na vegetação de um determinado local podem ocorrer de formas distintas, como por exemplo, diferentes regimes de perturbação, o corte raso, a queima, a extração seletiva de madeira e a heterogeneidade ambiental (ALVES e METZGER, 2006).

Segundo Leite (2000), algumas características microclimáticas, como temperatura e umidade, podem variar consideravelmente em uma dada região, ocasionando diferenças na estrutura e fisionomia da vegetação. Armani (2009), estudou na microbacia B a comparação dos diferentes microclimas, revelando que o dossel mais aberto apresentou ritmos mais variados, regulados pela presença-ausência do Sol, enquanto na floresta o ritmo foi mais harmônico, regulado pela biomassa. Revelou ainda pela análise tridimensional que o perfil vertical dos atributos climáticos foi determinado pelas características do dossel, do perfil hídrico do solo e da posição topográfica.

Verificou-se que nas últimas quatro décadas, as condições do relevo não tiveram interferência no ambiente, possibilitaram a regeneração da floresta, tendo ocorrendo não só a sua regeneração natural, bem como a ampliação em área de ocorrência (Tabela 5).

Tabela 5. Distribuição espacial das formações vegetacionais da microbacia B, em percentual e área.

| Legenda | Área (ha) 1962 | Área (ha) 1977 | Área (ha) 1997 | Área (ha) 2009 |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana | | | | |
| D1 – Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel uniforme | 1,98 | 2,04 | 4,62 | 4,85 |
| D2 – Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme | 13,45 | 15,81 | 19,69 | 17,15 |
| D3 – Porte arbóreo médio a alto, com estrutura de dossel desuniforme | 6,52 | 6,46 | 0,23 | 1,24 |
| D4 – Porte arbóreo baixo a médio, com estrutura de dossel uniforme | --- | 1,52 | 1,27 | 2,59 |
| D5 – Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel uniforme | 1,91 | --- | --- | --- |
| D6 – Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme | 4,20 | --- | --- | --- |
| Floresta Ombrófila Densa Aluvial | | | | |
| D7 – Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme | 0,58 | 0,58 | --- | --- |
| D8 – Porte arbóreo médio, com estrutura de dossel uniforme | --- | --- | 0,58 | 0,58 |
| Sistema Secundário | | | | |
| Vs1 – Porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme (capoeirão) | --- | --- | 8,64 | 9,22 |
| Vs2 – Porte arbóreo médio, com estrutura de dossel desuniforme (capoeira) | --- | 3,21 | 1,28 | 0,88 |
| Vs3 – Porte arbóreo baixo, com estrutura de dossel desuniforme (capoeira rala) | --- | 1,17 | 0,36 | 0,17 |
| Vs4 – Clareira | 1,70 | --- | --- | --- |
| Outros Usos | | | | |
| P – Pasto | 6,33 | 5,89 | --- | --- |
| Total Geral | 36,68 | 36,68 | 36,68 | 36,68 |

Para a Figura 21, observou-se que para a formação vegetacional denominada D1 apresentou apenas acréscimo para o período analisado. Para a formação

vegetacional D2 houve uma oscilação em área desta tipologia estando condicionada a ocupação das formações D3 e D4, que variaram em área sendo que a formação D3 houve um acréscimo enquanto o D4 um decréscimo. Verificou-se que as formações D5 e D6 foram ocupadas totalmente pelas tipologias D3, D2 e D1 correspondentemente.

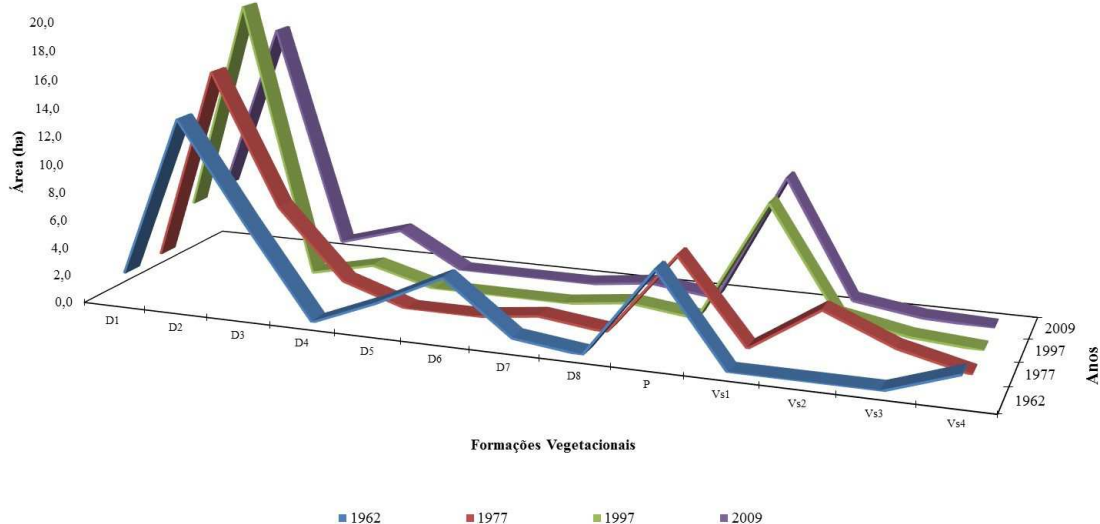


Figura 21. Evolução temporal da vegetação da microbacia B.

A formação vegetacional D7 e D8 não apresentaram acréscimo em área, no entanto, apresentaram um avanço na estrutura da floresta, destacando-se sua estrutura horizontal e vertical (altura das árvores).

A tipologia Vs1 apresentou um acréscimo, ocupando a área de pastagem em 1997 e 2009. As formações vegetacionais Vs2 e Vs3 ocuparam a área de pastagem em 1977 e ocorreu uma diminuição dessas áreas dando lugar a formação vegetacional Vs1 que é compreendida porte arbóreo alto, com estrutura de dossel desuniforme (capoeirão).

Para o pasto verificou-se que nos anos de 1962 e 1977 ocupavam áreas que passaram por processo de regeneração dando lugar as formações Vs1, Vs2 e Vs3, o qual demonstra que a área de pastagem não perdeu o poder de resiliência.

5.2. Levantamento de campo

No trabalho de campo realizado na microbacia B foram identificados 46 espécies arbóreas/arbustivos, sendo 16 famílias e 23 gêneros, conforme Tabela 6. A predominância das famílias com o número de indivíduos encontrados foi a seguinte: Arecaceae (10), Lauraceae (7), Cyatheaceae (5), Fabaceae (4), Euphorbiaceae, Meliaceae e Sapotaceae (3) e Melastomataceae e Salicaceae (2). Já Aguiar et al. (2001), na microbacia D amostrou 102 espécies arbóreas e/ou arbustivas, pertencentes a 65 gêneros e 38 famílias, das quais se destacaram: Myrtaceae (12), Lauraceae e Solanaceae (10), Asteraceae (9) e Melastomataceae (7), as quais são espécies comumente encontradas em levantamentos florísticos para o sudeste brasileiro.

Tabela 6. Listagem florística de acordo com o sistema de classificação APG III: Famílias (sub família), nomes científicos e populares, grupos sucessionais e alturas dos indivíduos arbóreos da microbacia hidrográfica experimental B.

| Família | Nome científico | Nome popular | Grupo sucessional | Altura (m) | Classes de Altura |
|----------------------|--|-------------------|--------------------|------------|-------------------|
| Arecaceae | <i>Geonoma schottiana</i> Mart. | guaricanga | Secundária inicial | 6 a 8 | |
| Arecaceae | <i>Euterpe edulis</i> Mart. | palmito-juçara | Secundária inicial | 6 a 8 | |
| Cyatheaceae | <i>Cyathea corcovadensis</i> Raddi | samambaia-açú | Secundária inicial | 6 a 8 | |
| Euphorbiaceae | <i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl. | boleiro | Secundária inicial | 6 a 8 | |
| Fabaceae (Faboideae) | <i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth. | bico-de-pato | Secundária inicial | 6 a 8 | |
| Lauraceae | <i>Ocotea velutina</i> (Nees) Rohwer | canela-amarela | Secundária tardia | 6 a 8 | |
| Melastomataceae | <i>Tibouchina granulosa</i> Cogn. | quaresmeira | Secundária inicial | 6 a 8 | |
| Rosaceae (Roseideae) | <i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb. | pessegueiro-bravo | Secundária inicial | 6 a 8 | |
| Rubiaceae | <i>Psychotria nuda</i> Jacq. | pasto-d'anta | Secundária tardia | 6 a 8 | |
| Salicaceae | <i>Casearia decandra</i> Jacq. | espeteiro | Secundária inicial | 6 a 8 | |

| Família | Nome científico | Nome popular | Grupo sucessional | Altura (m) | |
|----------------------|--|---------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|
| Arecaceae | <i>Geonoma schottiana</i> Mart. | guaricanga | Secundária inicial | 12 a 15 | Classes de altura |
| Arecaceae | <i>Euterpe edulis</i> Mart. | palmito-juçara | Secundária inicial | 12 a 15 | |
| Cyatheaceae | <i>Cyathea corcovadensis</i> Raddi | samambaia-açú | Secundária inicial | 12 a 15 | |
| Lauraceae | <i>Ocotea velutina</i> (Nees) Rohwer | canela-amarela | Secundária tardia | 12 a 15 | |
| Meliaceae | <i>Cedrela fissilis</i> Vell. | cedro-rosa | Secundária tardia | 12 a 15 | |
| Primulaceae | <i>Myrsine</i> sp. | capororoca | Pioneira | 12 a 15 | |
| Arecaceae | <i>Geonoma schottiana</i> Mart. | guaricanga | Secundária inicial | 17 a 20 | Classes de altura |
| Arecaceae | <i>Euterpe edulis</i> Mart. | palmito-juçara | Secundária inicial | 17 a 20 | |
| Asteraceae | <i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker | cambará-guaçu | Pioneira | 17 a 20 | |
| Cyatheaceae | <i>Cyathea corcovadensis</i> Raddi | samambaia-açú | Secundária inicial | 17 a 20 | |
| Euphorbiaceae | <i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl. | boleiro | Secundária inicial | 17 a 20 | |
| Fabaceae (Faboideae) | <i>Machaerium nycitans</i> (Vell.) Benth. | bico-de-pato | Secundária inicial | 17 a 20 | |
| Lauraceae | <i>Ocotea velutina</i> (Nees) Rohwer | canela-amarela | Secundária tardia | 17 a 20 | |
| Arecaceae | <i>Geonoma schottiana</i> Mart. | guaricanga | Secundária inicial | 25 a 30 | Classes de altura |
| Cyatheaceae | <i>Cyathea corcovadensis</i> Raddi | samambaia-açú | Secundária inicial | 25 a 30 | |
| Euphorbiaceae | <i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl. | boleiro | Secundária inicial | 25 a 30 | |
| Fabaceae | <i>Inga</i> sp. | ingá-macaco | Secundária inicial | 25 a 30 | |
| Salicaceae | <i>Casearia decandra</i> Jacq. | espeteiro | Secundária inicial | 25 a 30 | |
| Meliaceae | <i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart. | canjarana | Secundária tardia | 25 a 30 | |

| Família | Nome científico | Nome popular | Grupo sucessional | Altura (m) | |
|-----------------|---|---------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|
| Arecaceae | <i>Euterpe edulis</i> Mart. | palmito-juçara | Secundária inicial | 27 a 30 | Classes de Altura |
| Cecropiaceae | <i>Cecropia</i> cf. <i>glaziovii</i> Sneathl. | embaúba | Pioneira | 27 a 30 | |
| Lauraceae | <i>Ocotea velutina</i> (Nees) Rohwer | canela-amarela | Secundária tardia | 27 a 30 | |
| Lauraceae | <i>Nectandra puberula</i> (Schott) Nees | canela-parda | Secundária tardia | 27 a 30 | |
| Meliaceae | <i>Cabrlea canjerana</i> (Vell.) Mart. | canjarana | Secundária tardia | 27 a 30 | |
| Arecaceae | <i>Euterpe edulis</i> Mart. | palmito-juçara | Secundária inicial | 32 a 35 | Classes de altura |
| Cyatheaceae | <i>Cyathea corcovadensis</i> Raddi | samambaia-açú | Secundária inicial | 32 a 35 | |
| Lauraceae | <i>Ocotea velutina</i> (Nees) Rohwer | canela-marela | Secundária tardia | 32 a 35 | |
| Lauraceae | <i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F.Macbr. | canela-branca | Secundária inicial | 32 a 35 | |
| Sapotaceae | <i>Micropholis crassipedicellata</i> (Mart. & Eichler) Pierre | gumixava | Secundária tardia | 32 a 35 | |
| Apocynaceae | <i>Aspidosperma olivaceum</i> Mart. | guatambu-da-mata | Secundária tardia | 25 a 30 | Classes de altura |
| Arecaceae | <i>Euterpe edulis</i> Mart. | palmito-juçara | Secundária inicial | 25 a 30 | |
| Fabaceae | <i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth. | bico-de-pato | Secundária inicial | 25 a 30 | |
| Melastomataceae | <i>Miconia cabucu</i> Hoehne | sucanga | Pioneira | 25 a 30 | |
| Sapotaceae | <i>Micropholis crassipedicellata</i> (Mart. & Eichler) Pierre | gumixava | Secundária tardia | 25 a 30 | |
| Sapotaceae | <i>Pouteria</i> sp. | guapeva | Secundária tardia | 25 a 30 | |

5.3. Hidrologia

Os dados mensais e anuais da precipitação e do deflúvio para os anos hídricos de 1987 a 2008 estão presentes no apêndice.

5.3.1. Precipitação e deflúvio mensal

5.3.2. Período chuvoso

A Figura 22 apresenta graficamente a precipitação e o deflúvio para os meses de outubro, início dos anos hídricos de 1987 a 2008. Para os anos de 1996 e 2003 ocorreram a maior e a menor precipitação, enquanto para o deflúvio os anos foram de 1999 e 2003, respectivamente, sendo que para os valores mínimos dos dois processos hidrológicos os anos foram coincidentes.

A precipitação apresentou uma amplitude de variação de 73,7 mm a 342,2 mm, com média de 157,1 mm. A variância alcançou 4.624,3 mm² e o coeficiente de variação 43,3%, indicando uma baixa dispersão dos dados. O desvio padrão foi de 68,0 mm e o erro padrão 14,5 mm.

O deflúvio variou 25,6 mm a 153,9 mm, com média de 84,7 mm, erro padrão de 6,9 mm e desvio padrão de 32,4 mm. A variância foi de 1.051,6 mm² e o coeficiente de variação de 38,3%, indicando uma baixa dispersão dos dados.

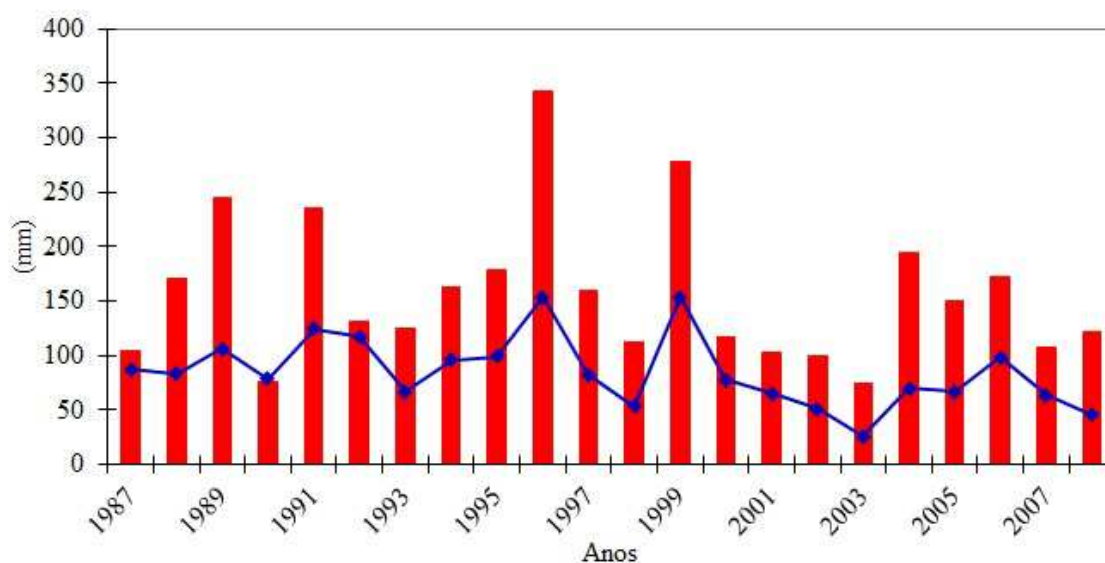


Figura 22. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de outubro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

O deflúvio (Q) e a precipitação (P) do mês de outubro estão representados pela equação 5. Segundo cálculos realizados pela regressão linear simples, as variáveis apresentaram um coeficiente de correlação (r), igual a 0,8306 e o de determinação (r²), igual a 0,6898. O valor do coeficiente de correlação mede o grau de dispersão dos pontos, neste caso, indicando uma dependência direta entre as duas variáveis, tendo em vista que o maior valor absoluto do coeficiente é 1.

$$Q = 22,4548 + 0,3961 * P \dots\dots\dots(5)$$

A demonstração gráfica da reta de regressão para o deflúvio e a precipitação está expressa na Figura 23. Verificou-se uma dispersão dos pontos, sendo que para três anos hídricos houve coincidência com a reta de regressão. Este resultado indica que a precipitação e o deflúvio expressam uma moderada relação linear.

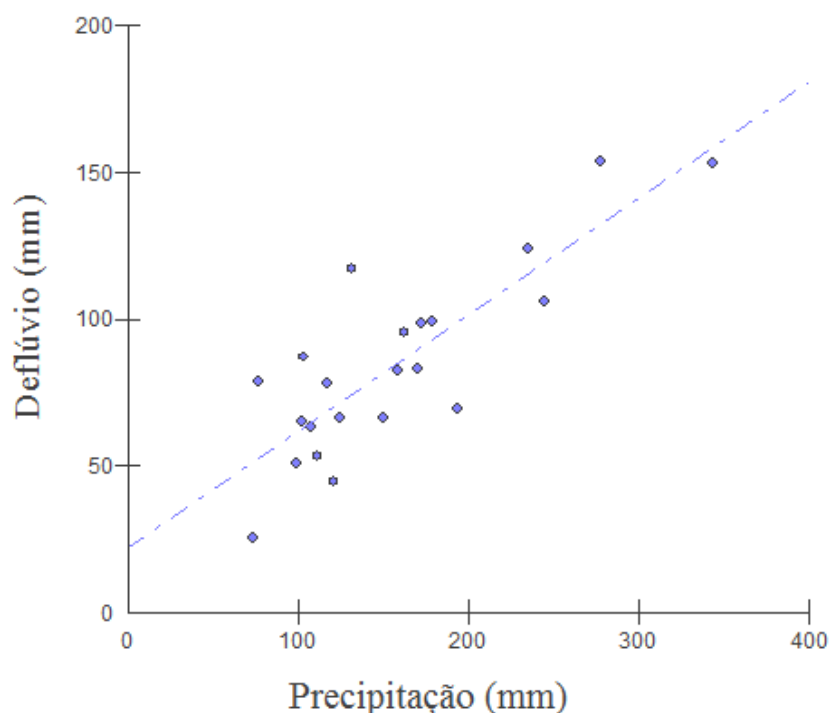


Figura 23. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de outubro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

A precipitação e o deflúvio para o mês de novembro dos anos hídricos de 1987 a 2008 estão representados graficamente na Figura 24. Nos anos 1993 e 2002 ocorreram as maiores e as menores precipitações e deflúvios.

A precipitação apresentou uma amplitude de variação de 72,0 mm a 362,2 mm, com média de 196,2 mm. A variância alcançou 5.204,0 mm² e o coeficiente de variação 36,8%, indicando uma baixa dispersão dos dados. O desvio padrão foi de 72,1 mm e o erro padrão 15,4 mm.

O deflúvio variou de 50,4 mm a 236,0 mm, com média de 100,4 mm, erro padrão de 8,9 mm e desvio padrão de 41,6 mm. A variância alcançou 1.730,8 mm² e o coeficiente de variação de 41,4%, indicando uma baixa dispersão dos dados.

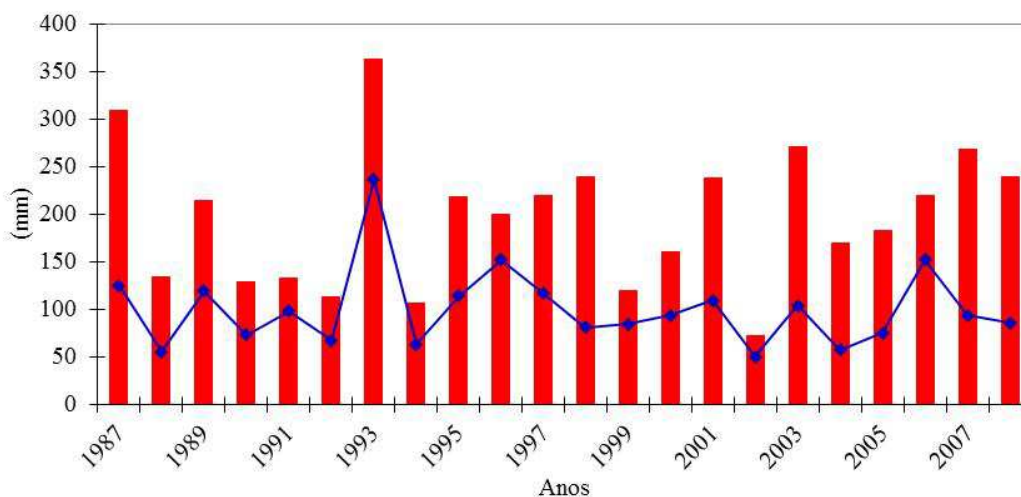


Figura 24. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de novembro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

O deflúvio e a precipitação do mês de novembro estão representados pela equação 6. As variáveis apresentaram os coeficientes de correlação (r), igual a 0,7363 e o de determinação (r^2), de 0,5422.

$$Q = 17,0455 + 0,4247 * P \dots\dots\dots (6)$$

A demonstração gráfica da reta de regressão para o deflúvio e a precipitação está expressa na Figura 25. Verificou-se uma dispersão dos pontos, sendo que

para quatro anos hídricos houve coincidência com a reta de regressão. Este resultado indica que a precipitação e o deflúvio expressam uma moderada relação linear.

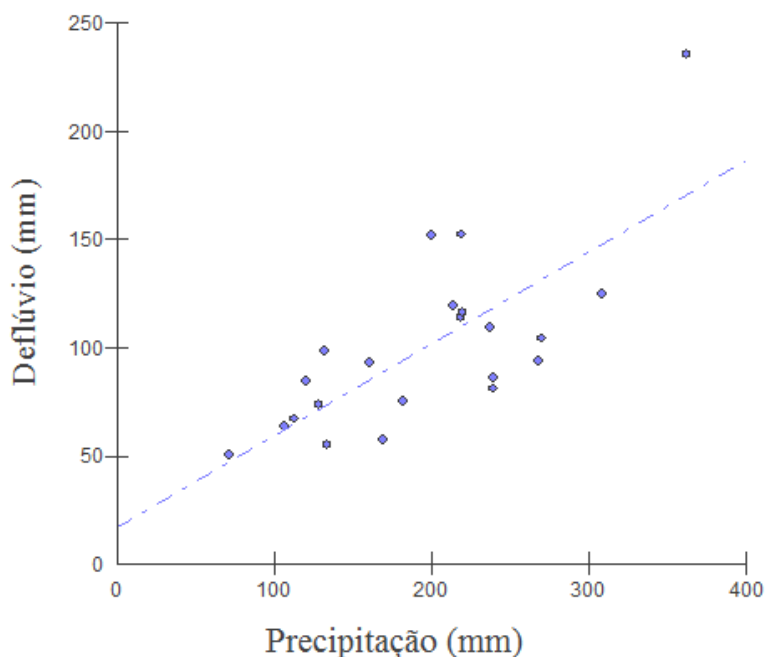


Figura 25. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de novembro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

A Figura 26 apresenta graficamente a precipitação e o deflúvio para o mês de dezembro dos anos hídricos de 1987 a 2008. Para o ano hídrico de 1987 ocorreram as maiores precipitações e deflúvio, enquanto a menor precipitação foi no ano de 1998 e o deflúvio em 1988.

A precipitação apresentou uma amplitude de variação de 140,0 mm a 464,5 mm, com média de 236,6 mm. A variância alcançou 5.674,6 mm² e o coeficiente de variação 31,8%, indicando uma baixa dispersão dos dados. O desvio padrão foi de 75,3 mm e o erro padrão 16,1 mm.

O deflúvio variou 65,3 mm a 269,6 mm, com média de 129,9 mm, erro padrão de 12,0 mm e desvio padrão de 56,4 mm. A variância alcançou 3.176,9 mm² e o coeficiente de variação de 43,4%, indicando uma baixa dispersão dos dados.

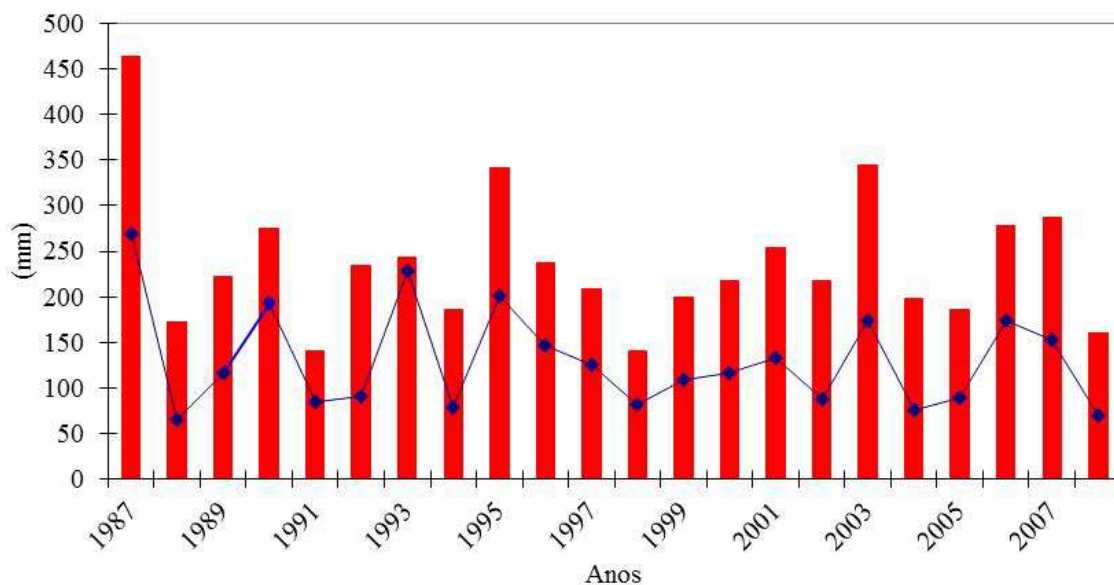


Figura 26. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de dezembro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

O deflúvio e a precipitação do mês de dezembro estão representados pela equação 7. Segundo cálculos realizados pela regressão linear simples, as variáveis apresentaram um coeficiente de correlação (r) igual a 0,8648.

$$Q = - 23,2322 + 0,6471 * P \quad (r^2) = 0,7479 \quad (7)$$

A demonstração gráfica da reta de regressão para o deflúvio e a precipitação está expressa na Figura 27. Verificou-se uma dispersão dos pontos, sendo que para quatro anos hídricos houve coincidência com a reta de regressão. Este resultado indica que a precipitação e o deflúvio expressam uma boa relação linear.

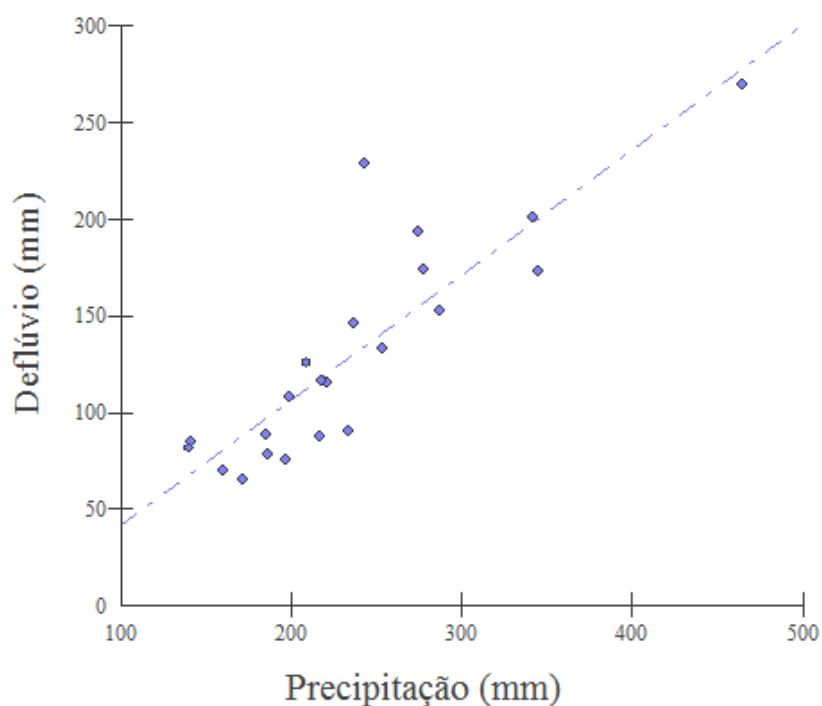


Figura 27. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de dezembro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

Na Figura 28 apresenta graficamente a precipitação e o deflúvio para o mês de janeiro dos anos hídricos de 1987 a 2008. Para o ano hídrico de 1992 ocorreram as maiores precipitação e deflúvio, enquanto a menor precipitação ocorreu no ano de 2001 e o deflúvio em 2007.

A precipitação apresentou uma amplitude de variação de 163,2 mm a 492,9 mm, com média de 275,9 mm. A variância alcançou 6.578,8 mm² e o coeficiente de variação 29,4%, indicando uma baixa dispersão dos dados. O desvio padrão foi de 81,1 mm e o erro padrão 17,3 mm.

O deflúvio variou 13,9 mm a 310,0 mm, com média de 159,1 mm, erro padrão de 14,9 mm e desvio padrão de 69,8 mm. A variância foi de 4.872,1 mm² e o coeficiente de variação de 43,9%, indicando uma baixa dispersão dos dados.

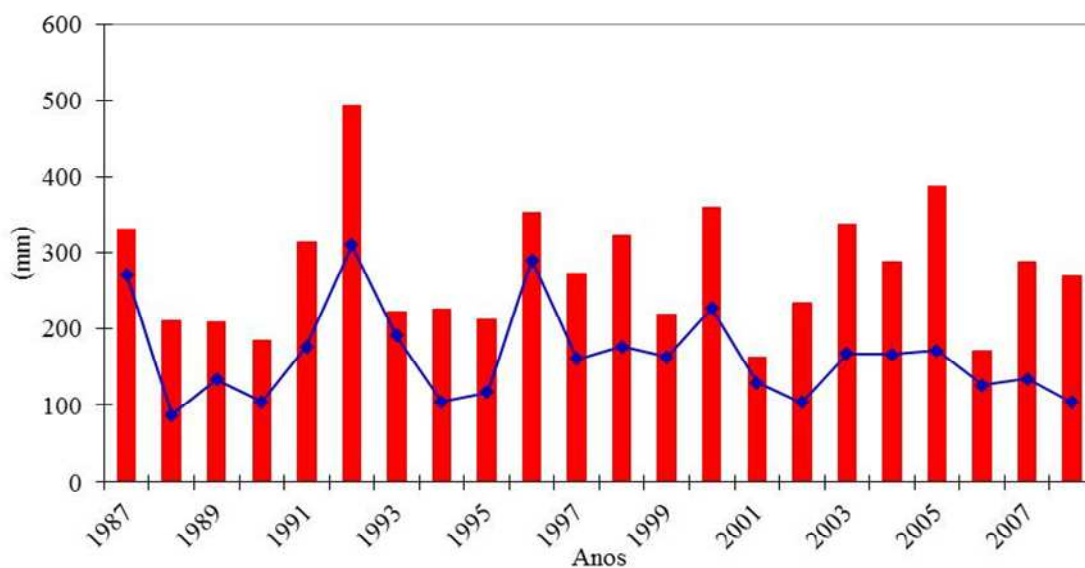


Figura 28. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de janeiro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

O deflúvio e a precipitação do mês de janeiro estão representados pela equação 8. Segundo cálculos pela da regressão linear simples, as variáveis apresentaram os coeficientes de correlação (r), igual a 0,6784 e o de determinação (r^2), de 0,4603.

$$Q = - 1,9623 + 0,5838 * P \dots\dots\dots (8)$$

A demonstração gráfica da reta de regressão para o deflúvio e a precipitação está expressa na Figura 29. Verificou-se uma dispersão dos pontos, sendo que somente para cinco anos hídricos houve coincidência com a reta de regressão. Este resultado indica que, com exceção desses 5 anos, a precipitação e o deflúvio expressam uma baixa relação linear.

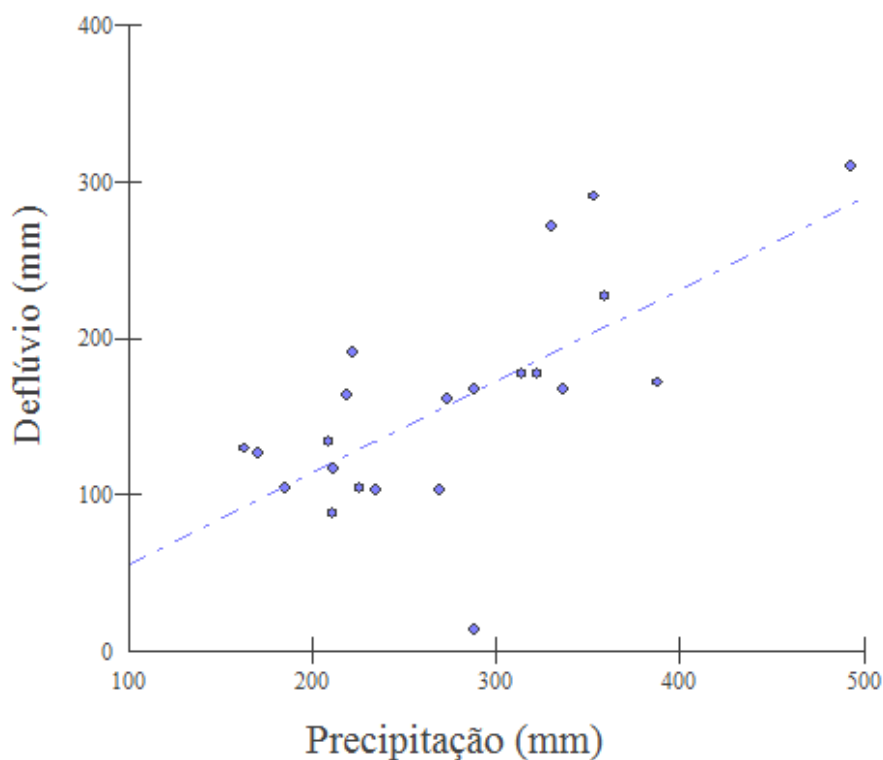


Figura 29. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de janeiro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

A Figura 30 apresenta graficamente a precipitação e o deflúvio para o mês de fevereiro dos anos hídricos de 1987 a 2008. Para o ano de 1996 ocorreram as maiores precipitação e deflúvio, enquanto a menor precipitação ocorreu no ano de 1992 e o deflúvio em 1990.

A precipitação apresentou uma amplitude de variação de 50,7 mm a 505,0 mm, com média de 227,1 mm. A variância alcançou 12.322,5 mm² e o coeficiente de variação 48,9%, indicando uma baixa dispersão dos dados. O desvio padrão foi de 111,0 mm e o erro padrão 23,7 mm.

O deflúvio variou 73,6 mm a 416,5 mm, com média de 69,7 mm, erro padrão de 17,1 mm e desvio padrão de 80,2 mm. A variância foi de 6.435,1 mm² e o coeficiente de variação de 47,3%, indicando uma baixa dispersão dos dados.

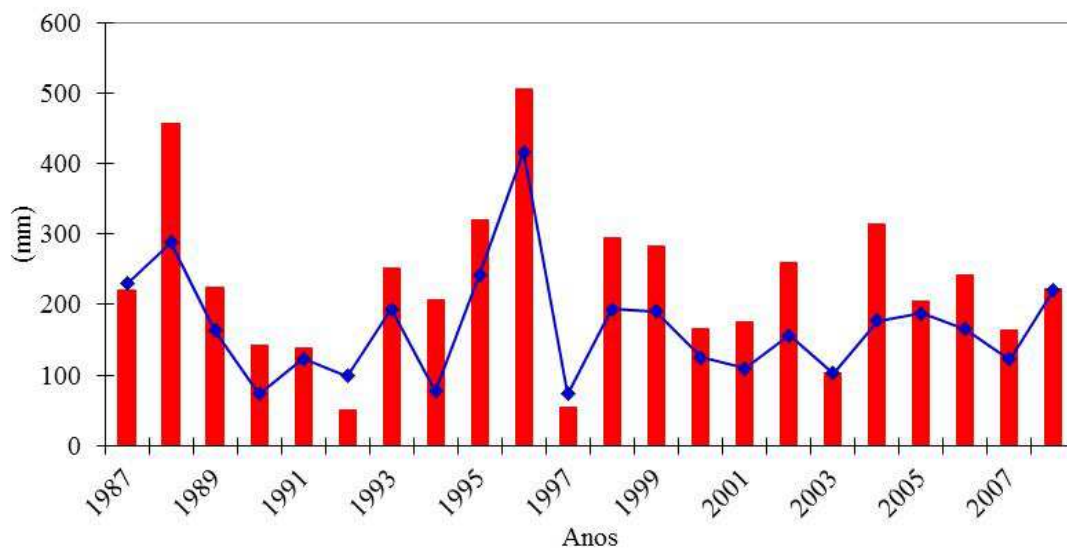


Figura 30. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de fevereiro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

O deflúvio e a precipitação para o mês de fevereiro estão representados pela equação 9. Segundo cálculos realizados através da regressão linear simples, as variáveis apresentaram um coeficiente de correlação (r), igual a 0,8858 e o de determinação (r^2), igual a 0,7847.

$$Q = 24,3417 + 0,6401 * P \dots\dots\dots (9)$$

A demonstração gráfica da reta de regressão para o deflúvio e a precipitação está expressa na Figura 31. Verificou-se uma dispersão dos pontos, sendo que para três anos hídricos houve coincidência com a reta de regressão. Este resultado indica que a precipitação e o deflúvio expressam uma boa relação linear.

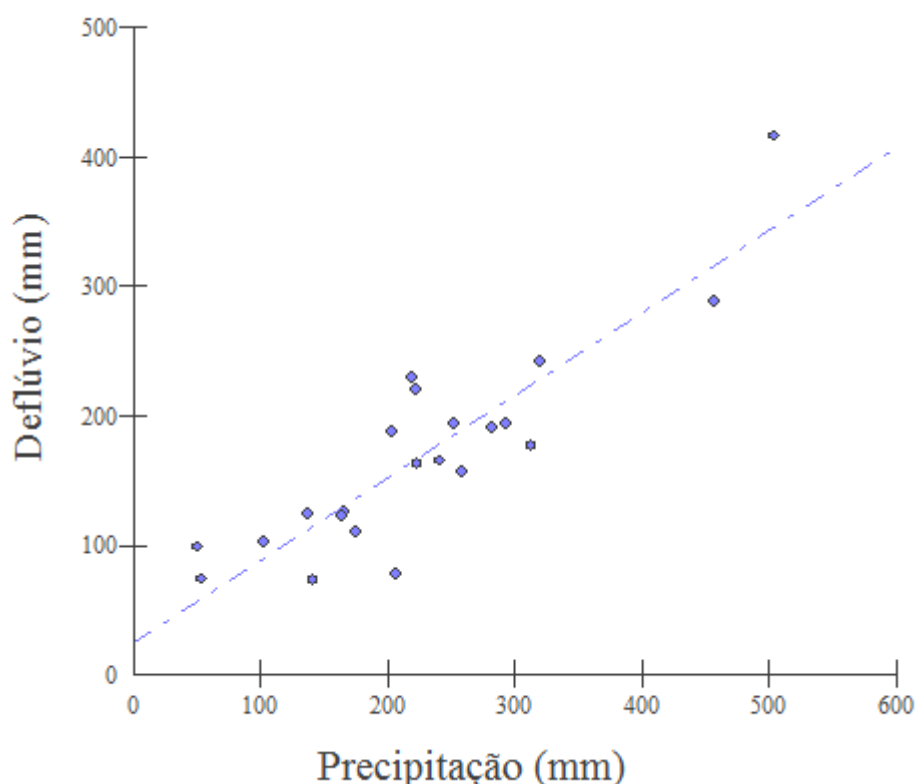


Figura 31. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de fevereiro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

A Figura 32 apresenta graficamente a precipitação e o deflúvio para o mês de março dos anos hídricos de 1987 a 2008. Para os anos hídricos de 1991 e 1996 ocorreram as mais elevadas precipitação e deflúvio, enquanto as menores aconteceram no ano de 2007.

A precipitação apresentou uma amplitude de variação de 64,7 mm a 523,8 mm, com média de 232,7 mm. A variância alcançou 14.509,0 mm² e o coeficiente de variação 51,8%, indicando uma alta dispersão dos dados. O desvio padrão foi de 120,4 mm e o erro padrão 25,7 mm.

O deflúvio variou 67,2 mm a 398,9 mm, com média de 176,9 mm, erro padrão de 18,0 mm e desvio padrão de 84,2 mm. A variância foi de 7.093,3 mm² e o coeficiente de variação de 47,6%, indicando uma baixa dispersão dos dados.

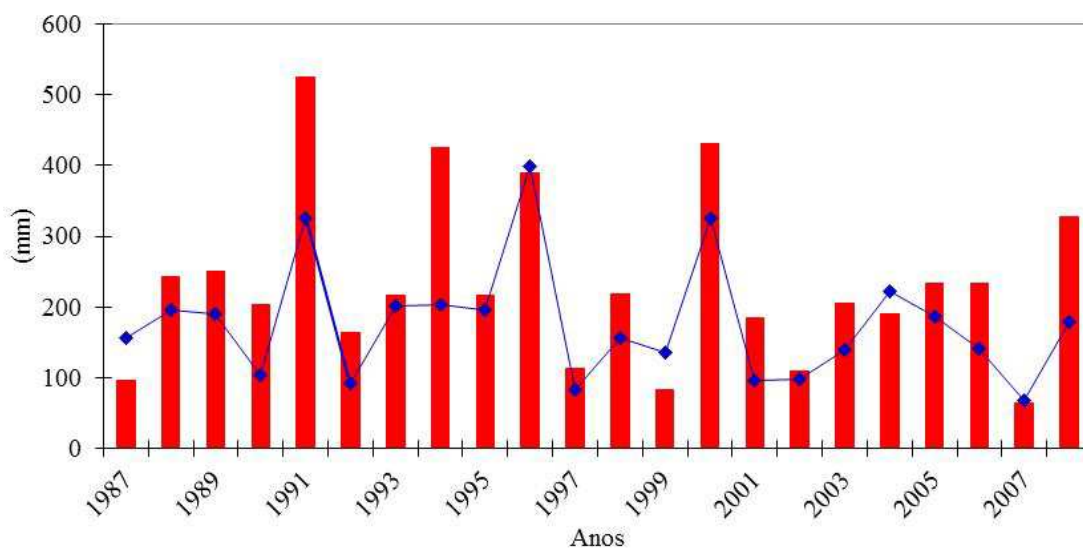


Figura 32. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de março dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

O deflúvio e a precipitação do mês de março está representado pela equação 10, segundo cálculos realizados através da regressão linear simples. As variáveis apresentaram um coeficiente de correlação (r) igual a 0,8061 e o de determinação (r^2) igual a 0,6497.

$$Q = 45,774 + 0,5636 * P \dots\dots\dots (10)$$

A demonstração gráfica da reta de regressão para o deflúvio e a precipitação está expressa na Figura 33. Verifica-se uma dispersão dos pontos, sendo que somente para um ano hídrico houve coincidência com a reta de regressão. Este resultado indica que a precipitação e o deflúvio expressam uma moderada relação linear.

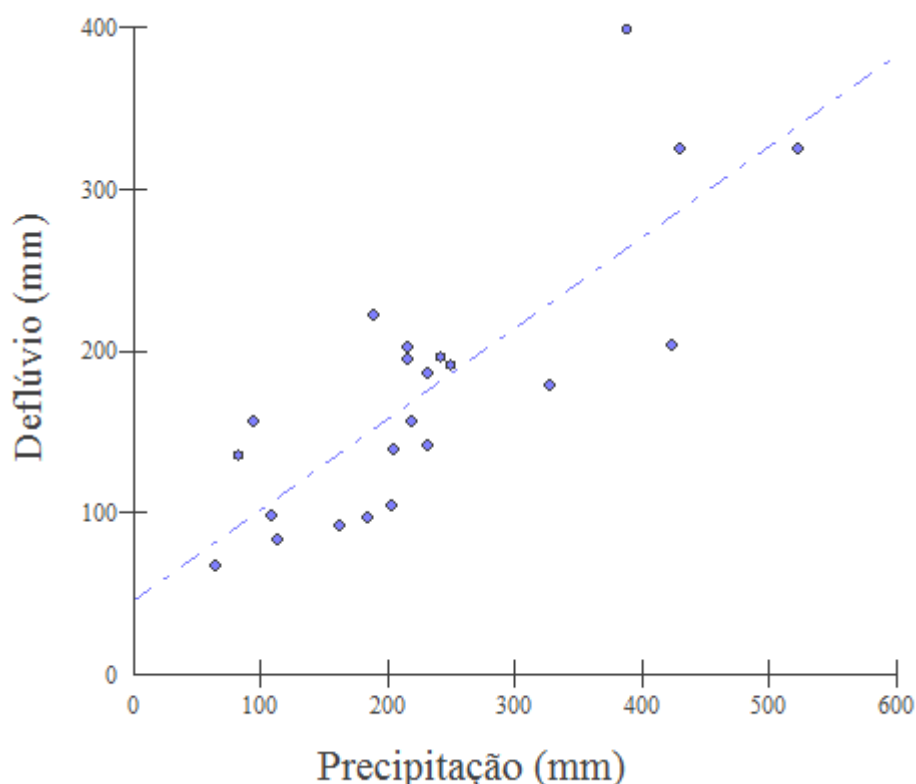


Figura 33. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de março dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

Cicco (2004), em estudos no mesmo laboratório de hidrologia florestal, porém na microbacia D, para os anos hídricos de 1983 a 1998, verificou que no período de outubro a março, período chuvoso, a precipitação apresentou tendência negativa, sendo que somente foi estatisticamente significativa para o mês de outubro dos anos hídricos de 1985 e 1986. Já para o deflúvio, o mês de novembro apresentou tendência negativa estatisticamente significativa e para os demais meses não foi possível identificar tendências. Assim, esses resultados indicam que a precipitação do mês anterior pode afetar o deflúvio do mês seguinte.

As tendências negativas e significativas da precipitação nos meses de outubro e abril, podem evitar influenciando a redução do deflúvio, que apresenta também, tendência negativa significativas, nos meses de novembro e de junho e julho, respectivamente.

5.3.2. Período menos chuvoso

A Figura 34 apresenta graficamente a precipitação e o deflúvio para o mês de abril dos anos hídricos de 1987 a 2008. Para o ano hídrico de 2005 ocorreram as maiores precipitação e deflúvio, enquanto a menor precipitação foi no ano de 2001 e o deflúvio em 2007.

A precipitação apresentou uma amplitude de variação de 22,7 mm a 361,2 mm, com média de 131,9 mm. A variância alcançou 7.569,3 mm² e o coeficiente de variação 66,0%, indicando uma alta dispersão dos dados. O desvio padrão foi de 87,0 mm e o erro padrão 18,5 mm.

O deflúvio variou 55,7 mm a 326,9 mm, com média de 142,6 mm, erro padrão de 15,0 mm e desvio padrão de 70,5 mm. A variância foi de 4.973,19 mm² e o coeficiente de variação de 49,5%, indicando uma baixa dispersão dos dados.

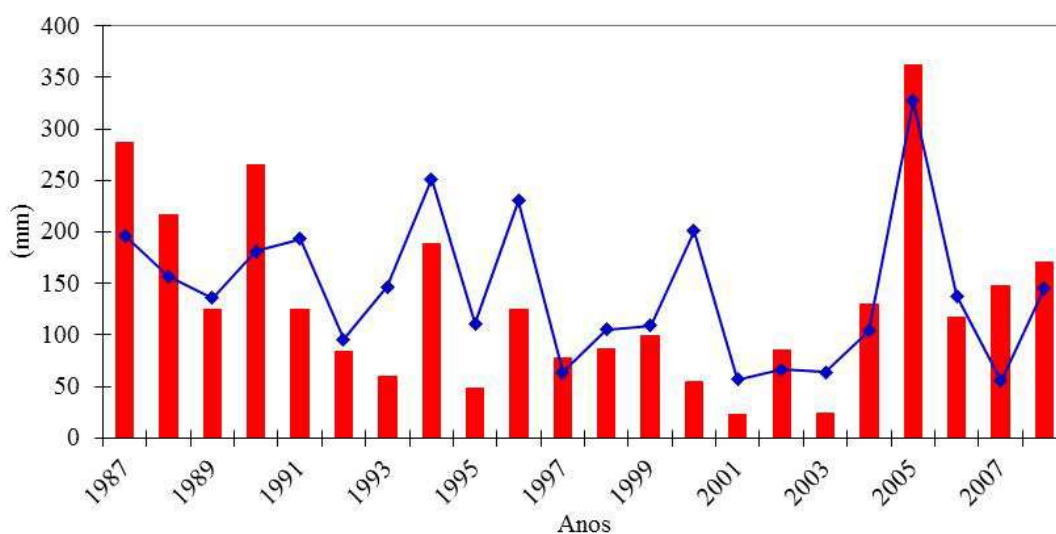


Figura 34. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de abril dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

O deflúvio e a precipitação do mês de abril estão representados pela equação 11. Segundo cálculos realizados através da regressão linear simples, as variáveis apresentaram um coeficiente de correlação (r), igual a 0,6957 e o de determinação (r^2), foi 0,4839.

$$Q = 68,2046 + 0,5639 * P \dots\dots\dots (11)$$

A demonstração gráfica da reta de regressão para o deflúvio e a precipitação está expressa na Figura 35. Verificou-se uma dispersão dos pontos, sendo que somente para dois anos hídricos houve coincidência com a reta de regressão. Este resultado indica que, com exceção desses 2 anos, a precipitação e o deflúvio expressam uma baixa relação linear.

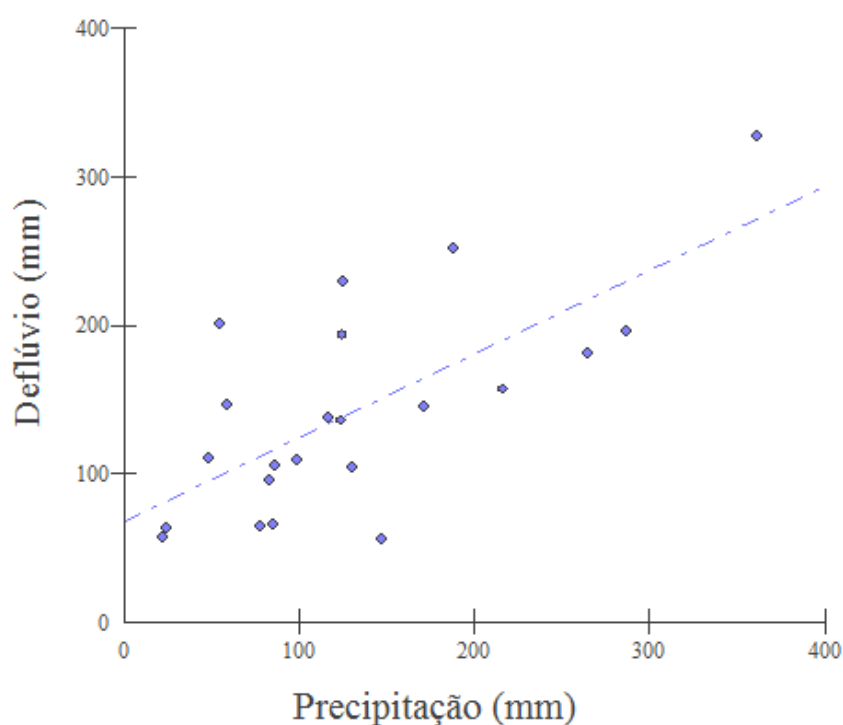


Figura 35. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de abril dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

A Figura 36 apresenta graficamente a precipitação e o deflúvio para o mês de maio dos anos hídricos de 1987 a 2008. Para o ano hídrico de 1988 ocorreu a maior precipitação e para o deflúvio em 1987, enquanto a menor precipitação foi no ano de 2000 e o deflúvio em 2003.

A precipitação apresentou uma amplitude de variação de 16,2 mm a 195,8 mm, com média de 93,5 mm. A variância alcançou 1.818,4 mm² e o coeficiente de

variação 42,6%, indicando uma baixa dispersão dos dados. O desvio padrão foi de 42,6 mm e o erro padrão 9,1 mm.

O deflúvio variou 48,7 mm a 173,8 mm, com média de 105,9 mm, erro padrão de 8,2 mm e desvio padrão de 38,7 mm. A variância foi de 1.494,8 mm² e o coeficiente de variação de 36,5%, indicando uma baixa dispersão dos dados.

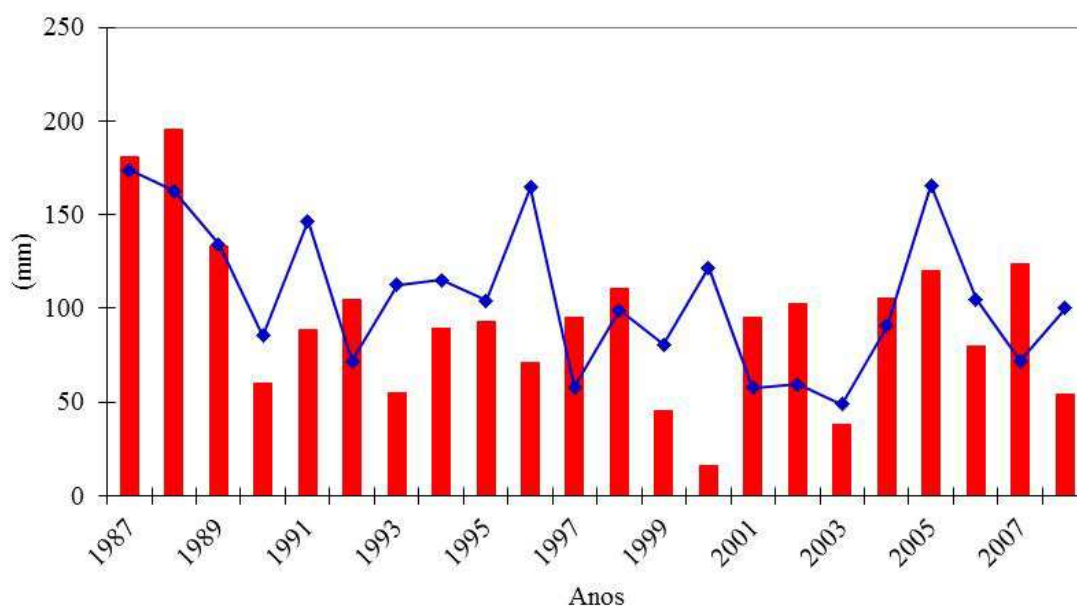


Figura 36. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de maio dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

O deflúvio e a precipitação do mês de maio estão representados pela equação 12. Segundo cálculos realizados através da regressão linear simples. As variáveis apresentaram um coeficiente de correlação (r), igual a 0,4181 e o de determinação (r^2), igual a 0,1748.

$$Q = 70,4591 + 0,3790 * P \dots\dots\dots (12)$$

A demonstração gráfica da reta de regressão para o deflúvio e a precipitação está expressa na Figura 37. Verificou-se uma dispersão dos pontos, sendo que somente para um ano hídrico houve coincidência com a reta de regressão. Este resultado

indica que, com exceção deste 1 ano, a precipitação e o deflúvio não expressam uma relação linear.

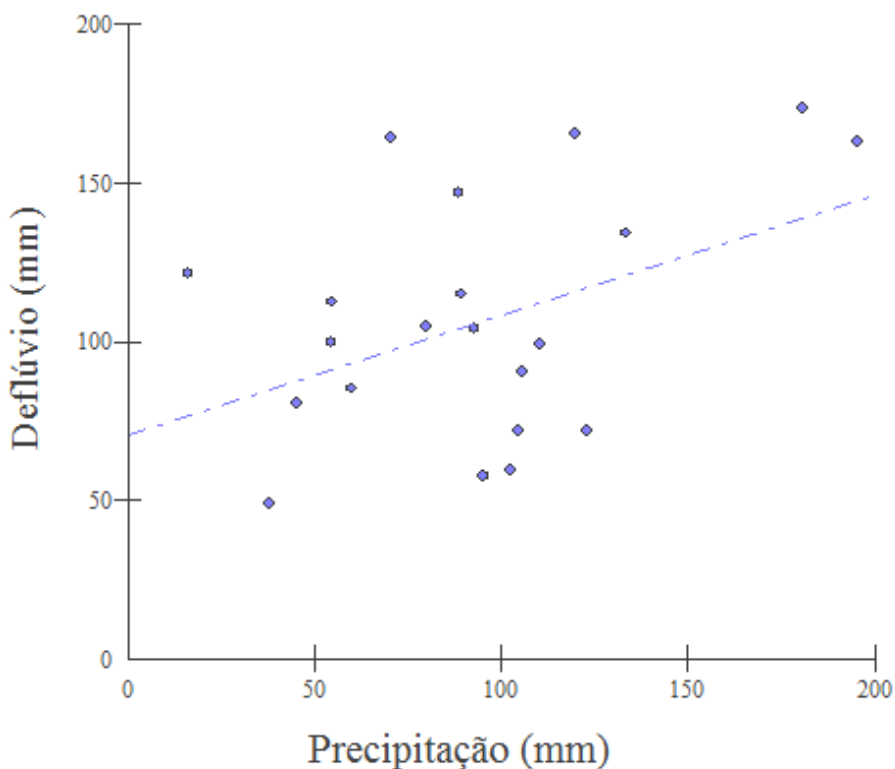


Figura 37. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de maio dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

Na Figura 38 apresenta graficamente a precipitação e o deflúvio para o mês de junho dos anos hídricos de 1987 a 2008. Para o ano hídrico de 1989 ocorreu a maior precipitação e para o deflúvio em 1987, enquanto a menor precipitação foi no ano de 1992 e o deflúvio em 2003.

A precipitação apresentou uma amplitude de variação de 1,0 mm a 135,5 mm, com média de 57,5 mm. A variância alcançou 1.517,6 mm² e o coeficiente de variação 67,8%, indicando uma alta dispersão dos dados. O desvio padrão foi de 39,0 mm e o erro padrão 8,3 mm.

O deflúvio variou 32,4 mm a 138,7 mm, com média de 81,1 mm, erro padrão de 6,4 mm e desvio padrão de 30,1 mm. A variância foi de 903,5 mm² e o coeficiente de variação de 37,0%, indicando uma baixa dispersão dos dados.

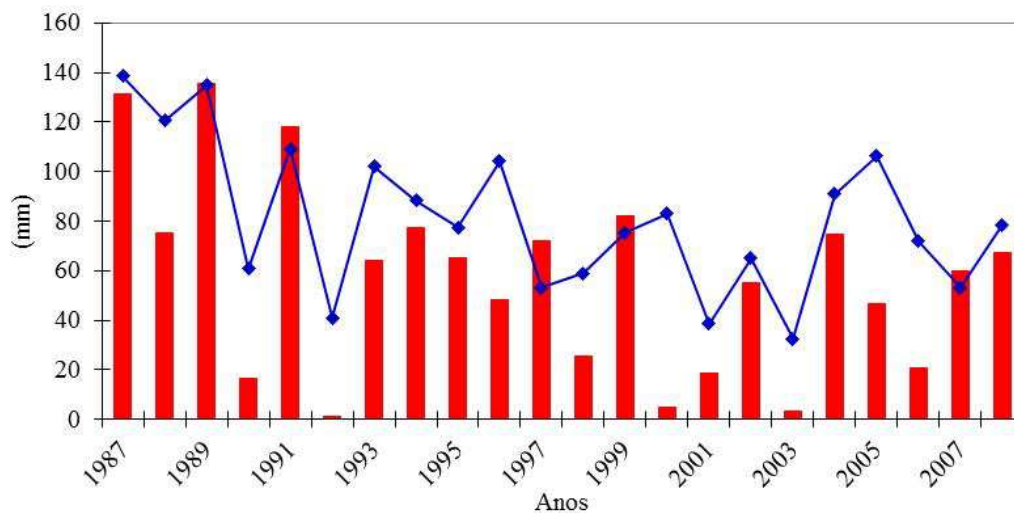


Figura 38. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de junho dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

O deflúvio e a precipitação do mês de junho estão representados pela equação 13. Segundo cálculos realizados através da regressão linear simples. As variáveis apresentaram um coeficiente de correlação (r), igual a 0,7530 e o de determinação (r^2), foi 0,5671.

$$Q = 47,7274 + 0,5810 * P \dots\dots\dots (13)$$

A demonstração gráfica da reta de regressão para o deflúvio e a precipitação está expressa na Figura 39. Verificou-se uma dispersão dos pontos, sendo que somente para um ano hídrico houve coincidência com a reta de regressão. Este resultado indica que a precipitação e o deflúvio expressam uma moderada relação linear.

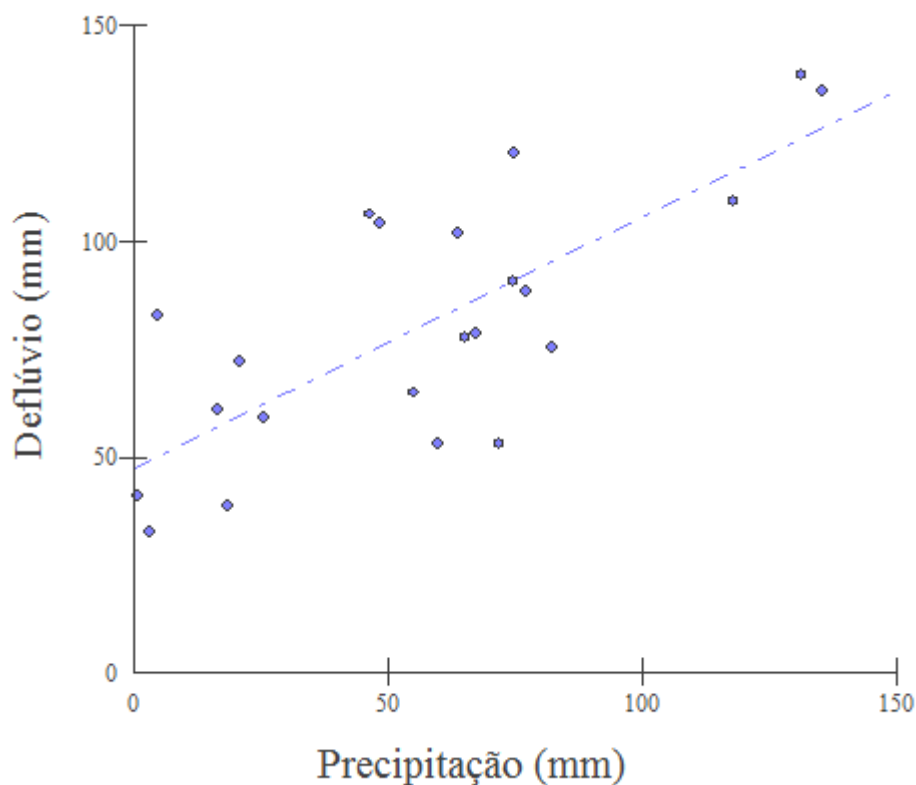


Figura 39. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de junho dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

A Figura 40 apresenta graficamente a precipitação e o deflúvio para o mês de julho dos anos hídricos de 1987 a 2008. Para o ano hídrico de 2004 ocorreram as maiores precipitação e para o deflúvio, enquanto a menor precipitação foi no ano de 2008 e o deflúvio em 2003.

A precipitação apresentou uma amplitude de variação de 4,5 mm a 160,5 mm, com média de 64,8 mm. A variância alcançou 2.245,8 mm² e o coeficiente de variação 73,1%, indicando uma alta dispersão dos dados. O desvio padrão foi de 47,4 mm e o erro padrão 10,1 mm.

O deflúvio variou 31,69 mm a 115,0 mm, com média de 72,92 mm, erro padrão de 4,9 mm e desvio padrão de 23,1 mm. A variância foi de 534,1 mm² e o coeficiente de variação de 31,7%, indicando uma baixa dispersão dos dados.

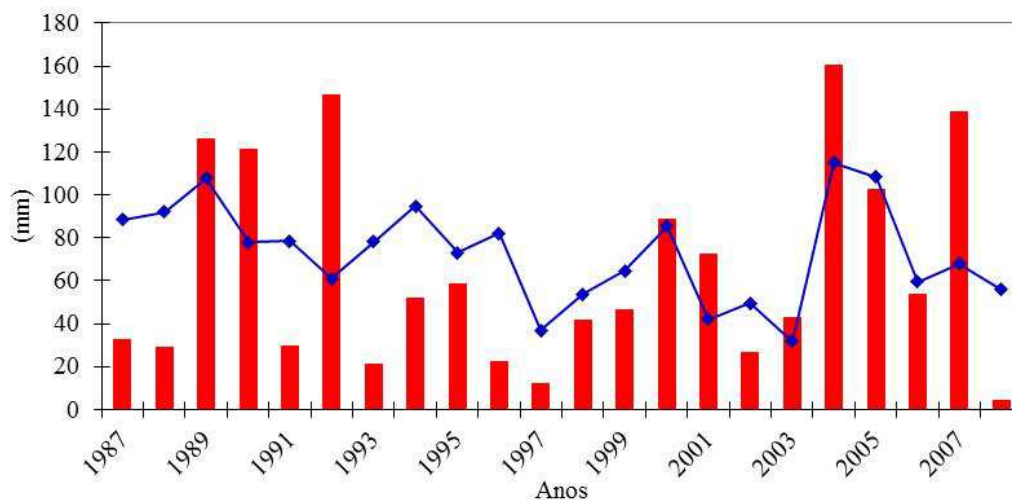


Figura 40. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de julho dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

O deflúvio e a precipitação do mês de julho estão representados pela equação 14. Segundo cálculos realizados através da regressão linear simples. As variáveis apresentaram um coeficiente de correlação (r), igual a 0,4226 e o de determinação (r^2), igual a 0,1786.

$$Q = 59,5591 + 0,2061 * P \dots\dots\dots (14)$$

A demonstração gráfica da reta de regressão para o deflúvio e a precipitação está expressa na Figura 41. Verificou-se uma dispersão dos pontos, sendo que somente para um ano hídrico houve coincidência com a reta de regressão. Este resultado indica que, com exceção deste 1 ano, a precipitação e o deflúvio não expressam uma relação linear.

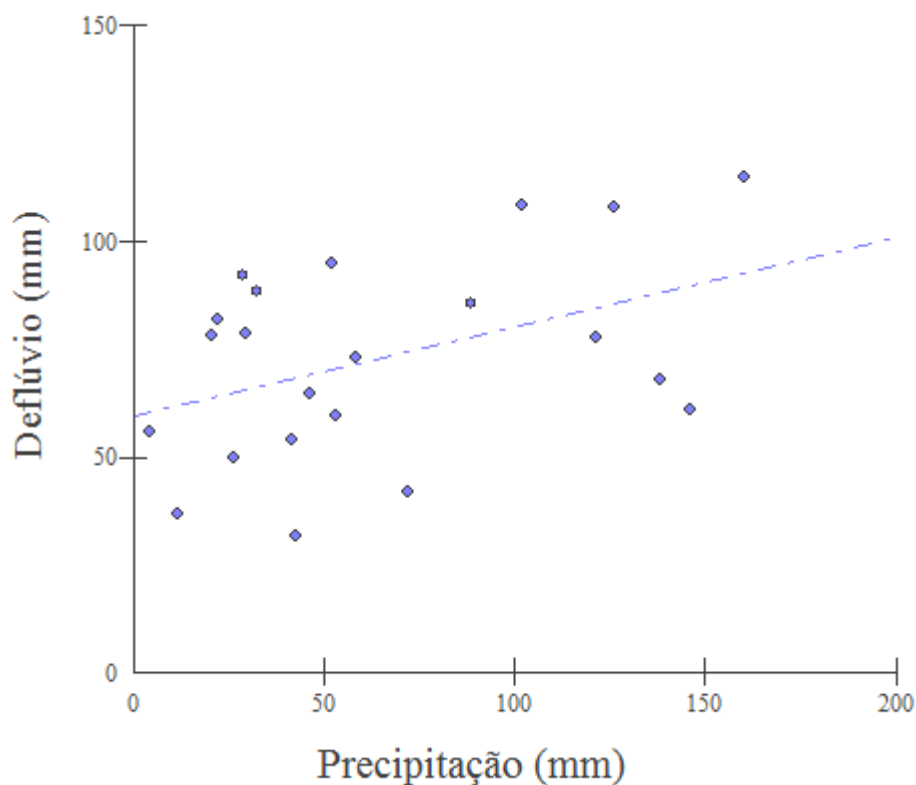


Figura 41. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de julho dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

A Figura 42 apresenta graficamente a precipitação e o deflúvio para o mês de agosto dos anos hídricos de 1987 a 2008. Para os anos hídricos de 1990 e 1994 ocorreram as maiores precipitação e deflúvio, enquanto os valores menores dos dois processos aconteceram em 2007 e 2003, respectivamente.

A precipitação apresentou uma amplitude de variação de 4,8 mm a 130,7 mm. A variância alcançou 1.330,3 mm² e o coeficiente de variação 75,9%, indicando uma alta dispersão dos dados. O desvio padrão foi de 36,5 mm e o erro padrão 7,8 mm.

Agosto foi o mês mais seco, com uma pluviosidade média de 48,1 mm. Arcova (1996), na mesma microbacia, para o período de 1986 a 1992, também verificou que agosto foi o mês mais seco.

O deflúvio variou 32,9 mm a 88,5 mm, com média de 57,2 mm, erro padrão de 3,6 mm e desvio padrão de 16,8 mm. A variância foi de 281,8 mm² e o coeficiente de variação de 29,3%, indicando uma baixa dispersão dos dados.

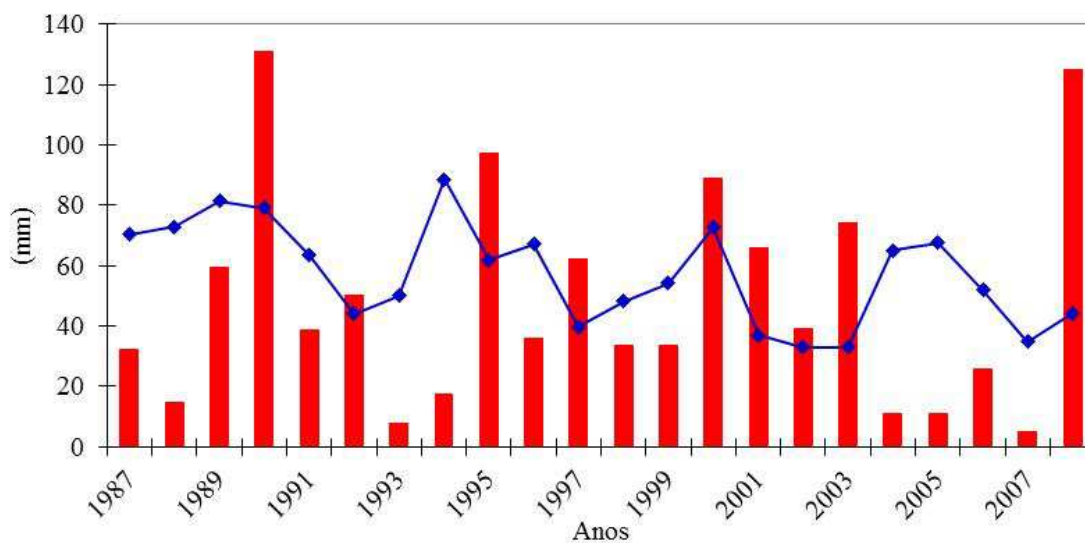


Figura 42. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de agosto dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

O deflúvio e a precipitação do mês de agosto estão representados pela equação 15. Segundo cálculos realizados através da regressão linear simples. As variáveis apresentaram um coeficiente de correlação (r), igual a 0,0085 e o de determinação (r^2) de 0,0001.

$$Q = 57,4329 - 0,0039 * P \dots\dots\dots (15)$$

A demonstração gráfica da reta de regressão para o deflúvio e a precipitação está expressa na Figura 43. Verificou-se uma elevada dispersão dos pontos, sendo que não houve coincidência com a reta de regressão. Este resultado indica que a precipitação e o deflúvio não expressam uma relação linear.

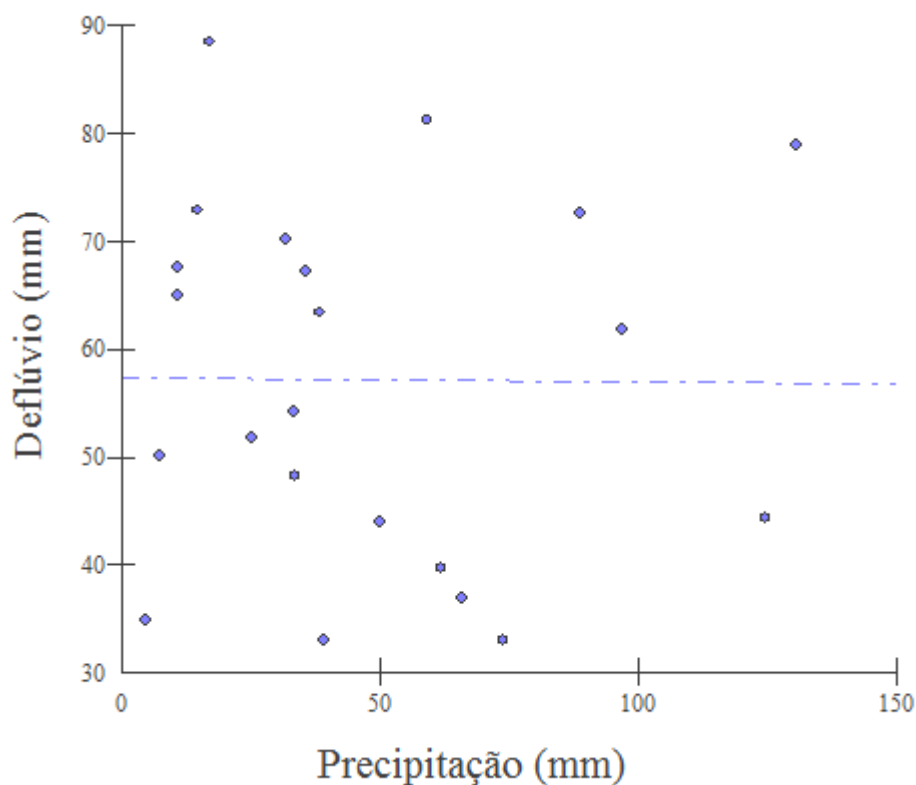


Figura 43. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de agosto dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

A Figura 44 apresenta graficamente a precipitação e o deflúvio para o mês de setembro dos anos hídricos de 1987 a 2008. Para o ano hídrico de 1993 ocorreram as maiores precipitação e deflúvio, enquanto os valores menores dos dois processos aconteceram em 2004 e 2003, respectivamente.

A precipitação apresentou uma amplitude de variação de 51,7 mm a 253,8 mm, com média de 134,8 mm. A variância alcançou 2.558,1 mm² e o coeficiente de variação 37,5%, indicando uma baixa dispersão dos dados. O desvio padrão foi de 50,6 mm e o erro padrão 10,8 mm.

O deflúvio variou 31,6 mm a 96,6 mm, com média de 68,5 mm, erro padrão de 4,3 mm e desvio padrão de 20,3 mm. A variância foi de 411,1 mm² e o coeficiente de variação de 29,6%, indicando uma baixa dispersão dos dados.

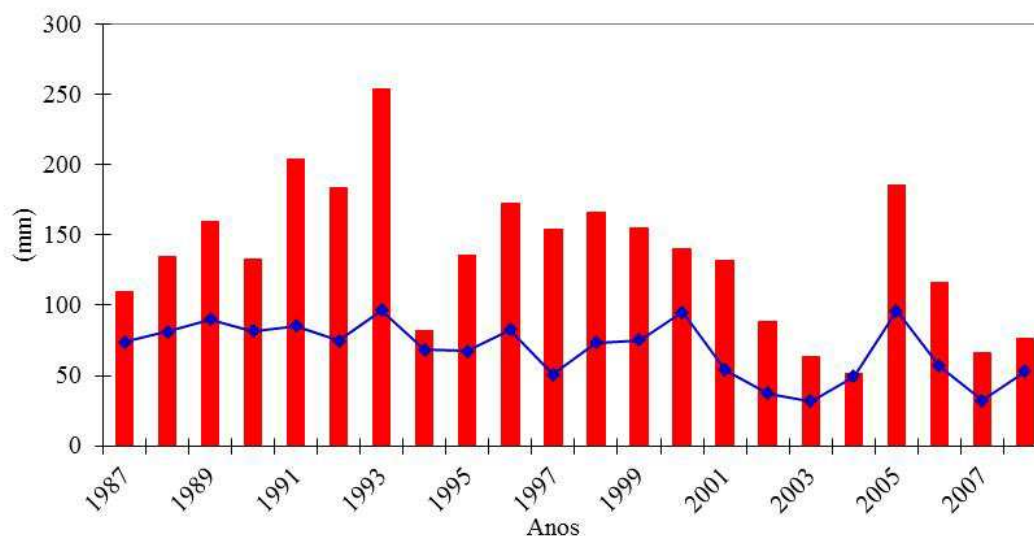


Figura 44. Precipitação (em vermelho) e deflúvio (em azul) nos meses de setembro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

O deflúvio e a precipitação do mês de setembro estão representados pela equação 16. Segundo cálculos realizados através da regressão linear simples. As variáveis apresentaram um coeficiente de correlação (r), igual a 0,7678 e o de determinação (r^2), igual a 0,5896.

$$Q = 27,0039 + 0,3078 * P \dots\dots\dots (16)$$

A demonstração gráfica da reta de regressão para o deflúvio e a precipitação está expressa na Figura 45. Verificou-se uma dispersão dos pontos, sendo que somente para dois anos hídricos houve coincidência com a reta de regressão. Este resultado indica que a precipitação e o deflúvio expressam uma moderada relação linear.

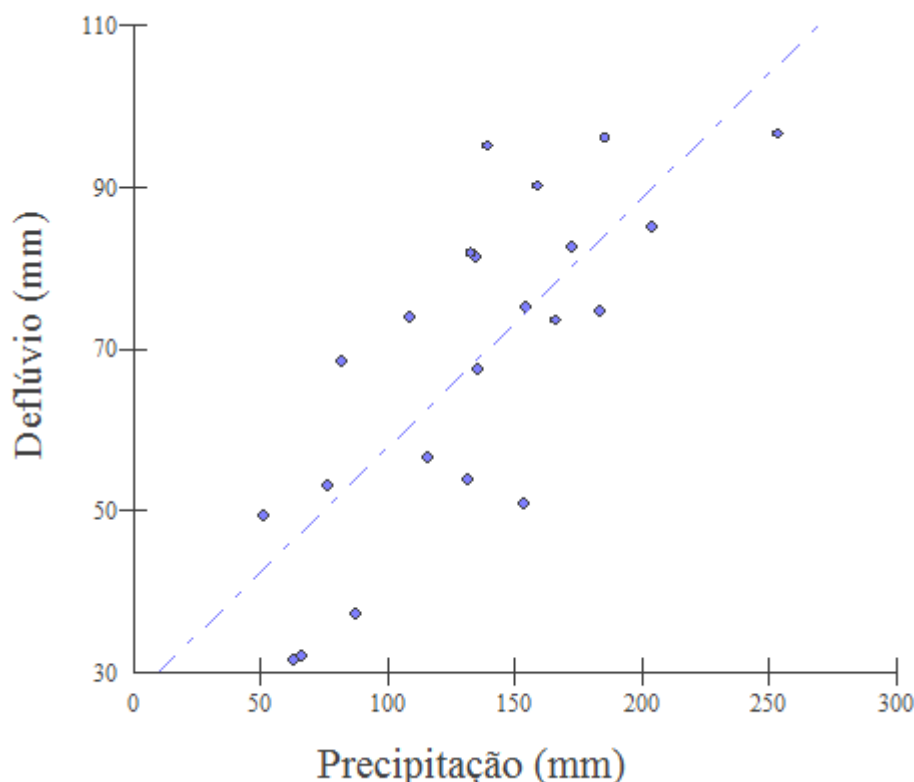


Figura 45. Relação entre a precipitação e o deflúvio nos meses de setembro dos anos hídricos de 1987 a 2008 na microbacia B.

Cicco (2004), em estudos na microbacia D, para os anos hídricos de 1983 a 1998, verificou que no período de maio a setembro, período menos chuvoso, a precipitação não apresentou tendência, sendo que somente para o mês de abril dos anos hídricos de 1995 a 1998 foi estatisticamente significativa. Já para o deflúvio, os meses de junho e julho apresentaram tendência negativa estatisticamente significativa nos anos hídricos de 1997 e 1998, e para os demais meses não foi possível identificar tendências.

5.3.2. Relação entre a precipitação e o deflúvio mensal

A Figura 46 apresenta a relação mensal entre a precipitação e o deflúvio. De janeiro a março ocorre o período de recarga da microbacia e as descargas mínimas acontecem no final do inverno. Verificou-se que os deflúvios mensais do período menos chuvoso são maiores que as precipitações do mesmo período. Cicco e Fujieda (1992), verificaram também que as trocas sazonais seguem o sentido anti-horário, ou seja, outubro a setembro, sendo que a curva é causada pelo efeito do armazenamento de água

pela microbacia hidrográfica. Este resultado indica que parte da precipitação no período chuvoso pode ser armazenada no solo, e que no período menos chuvoso vai alimentar o rio como escoamento de base. Esta liberação temporal do escoamento de base é um dos mais importantes fatores hidrológicos da microbacia, que está relacionada principalmente com as propriedades físicas do solo e a cobertura vegetal.

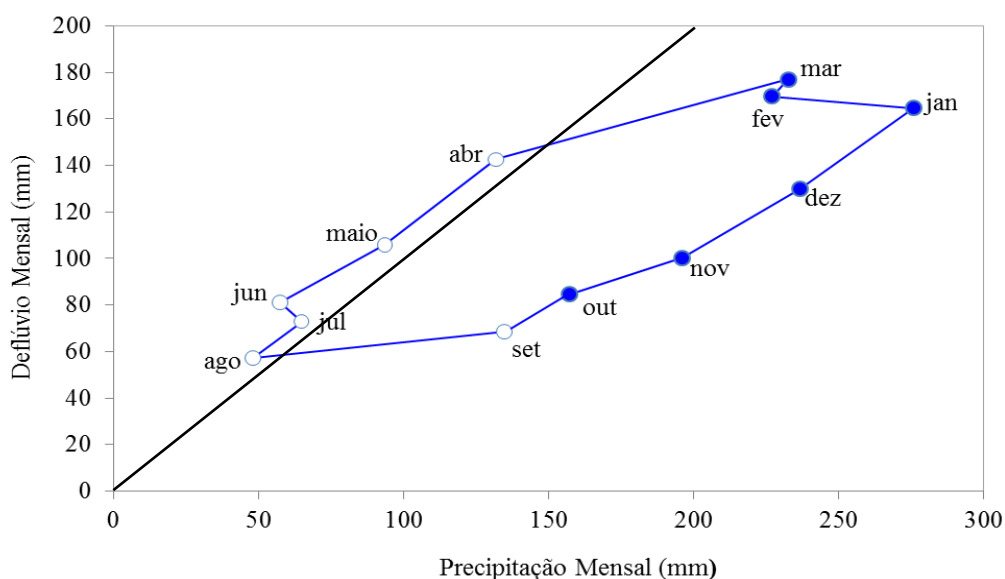


Figura 46. Relação entre a precipitação e o deflúvio mensal (bolas preenchidas estação chuvosa, bolas não preenchidas estação menos chuvosa).

5.3.2. Precipitação, deflúvio e evapotranspiração anual

A Tabela 7 apresenta a distribuição da precipitação, do deflúvio e da evapotranspiração anual na microbacia B para os anos hídricos de 1987 a 2008. A precipitação anual apresentou uma amplitude de variação de 1.388,7 mm a 2.502,7 mm, com média de 1.856,3 mm. A variância alcançou 72.395,1 mm² e o coeficiente de variação 14,5%, indicando uma baixa dispersão dos dados. O desvio padrão foi de 269,1 mm e o erro padrão 57,4 mm.

Tabela 7. Precipitação, deflúvio e evapotranspiração anual da microbacia B.

| Ano Hídrico | Precipitação (mm) | Deflúvio (mm) | ET (mm) | ET (%) |
|--------------|-------------------|---------------|---------|--------|
| 1987 | 2.295,4 | 1.881,59 | 413,83 | 18,03 |
| 1988 | 2.052,0 | 1.463,19 | 588,81 | 28,69 |
| 1989 | 2.101,4 | 1.514,14 | 587,25 | 27,95 |
| 1990 | 1.736,6 | 1.194,56 | 542,08 | 31,21 |
| 1991 | 2.087,7 | 1.609,64 | 478,09 | 22,90 |
| 1992 | 1.754,3 | 1.163,31 | 590,95 | 33,69 |
| 1993 | 1.880,8 | 1.704,13 | 176,71 | 9,40 |
| 1994 | 1.819,5 | 1.328,35 | 491,15 | 26,99 |
| 1995 | 1.987,0 | 1.463,13 | 523,87 | 26,36 |
| 1996 | 2.502,7 | 2.287,59 | 215,16 | 8,60 |
| 1997 | 1.501,5 | 944,36 | 557,14 | 37,11 |
| 1998 | 1.789,8 | 1.181,81 | 608,03 | 33,97 |
| 1999 | 1.643,5 | 1.295,39 | 348,16 | 21,18 |
| 2000 | 1.846,0 | 1.623,84 | 222,17 | 12,04 |
| 2001 | 1.525,2 | 930,37 | 594,79 | 39,00 |
| 2002 | 1.388,7 | 857,69 | 531,03 | 38,24 |
| 2003 | 1.580,9 | 951,04 | 629,87 | 39,84 |
| 2004 | 1.885,1 | 1.284,31 | 600,84 | 31,87 |
| 2005 | 2.170,1 | 1.646,15 | 523,93 | 24,14 |
| 2006 | 1.728,3 | 1.340,08 | 388,22 | 22,46 |
| 2007 | 1.721,5 | 950,52 | 770,98 | 44,79 |
| 2008 | 1.840,8 | 1.181,09 | 659,74 | 35,84 |
| Média | 1.856,3 | 1.354,38 | 501,94 | 27,04 |

O maior índice de precipitação ocorreu no ano hídrico de 1996, excessivamente chuvoso, com 2.502,7 mm e o mais seco em 2002, com 1.388,7 mm, inferior à média de 1.856,3 mm para treze dos anos hídricos no período estudado.

O deflúvio anual apresentou uma amplitude de variação de 857,7 mm a 2.287,6 mm, com média de 1.354,4 mm. A variância alcançou 123.559,9 mm² e o coeficiente de variação 26,0%, indicando uma baixa dispersão dos dados. O desvio padrão foi de 351,5 mm e o erro padrão 74,9 mm.

O maior e o menor deflúvio ocorreram nos anos hídricos de 1996 (2.287,6 mm) e 2002 (857,7 mm), respectivamente, coincidindo com os anos de maior e

menor precipitação. O menor deflúvio anual foi inferior à média de 1.354,4 mm para treze dos anos hídricos no período estudado.

Quando as precipitações anuais superaram a média (1.856,3 mm), os deflúvios também estiveram próximos ou superiores à média (1.354,4 mm). As únicas exceções foram os anos de 2000, onde a precipitação foi inferior e o deflúvio superior à média, e em 2004 ocorreu o contrário.

A evapotranspiração anual apresentou uma amplitude de variação de 176,7 mm a 771,0 mm, com média de 501,9 mm. A variância alcançou 23.040,0 mm² e o coeficiente de variação 30,2%, indicando uma baixa dispersão dos dados. O desvio padrão foi de 151,8 mm e o erro padrão de 32,4 mm.

A maior evapotranspiração ocorreu no ano de 2007 (771,0 mm) e a menor foi em 1993 (176,7 mm), inferior à média de 501,9 mm para oito dos anos hídricos no período de estudo.

A evapotranspiração média para o período foi de 501,9 mm, representando 27,04% na relação ET/P. Verificou-se que em termos percentuais, a evapotranspiração real na microbacia B apresentou uma variação de 8,6% a 44,8%. Arcova (1996), na mesma microbacia para os anos hídricos de 1986 a 1992 obteve uma evapotranspiração média de 539 mm. Segundo Cicco (2009), a evapotranspiração média foi de 738,1 mm para o período de 2001 a 2003, na mesma microbacia.

Estes resultados reforçam o que vários autores afirmaram sobre a estimativa da evapotranspiração, sendo necessárias séries históricas longas de dados, visto que a evapotranspiração é um processo complexo e dinâmico (GUANDIQUE, 1999).

Para Shuttleworth (1989), a evapotranspiração é de difícil estimativa, sendo componente do ciclo hidrológico de maior incerteza, e quando a microbacia possui cobertura vegetal, torna-se necessário levar em consideração a sua extensão, densidade, altura e perenidade.

A Figura 47 apresenta a representação gráfica e as linhas de tendência da precipitação, do deflúvio e da evapotranspiração real, para a microbacia B, no período de 1987 a 2008. Para cada processo hidrológico verificou-se uma grande oscilação dos dados anuais. A precipitação e o deflúvio apresentaram tendência negativa, sendo mais acentuada para o último processo. Já para a evapotranspiração a tendência é positiva.

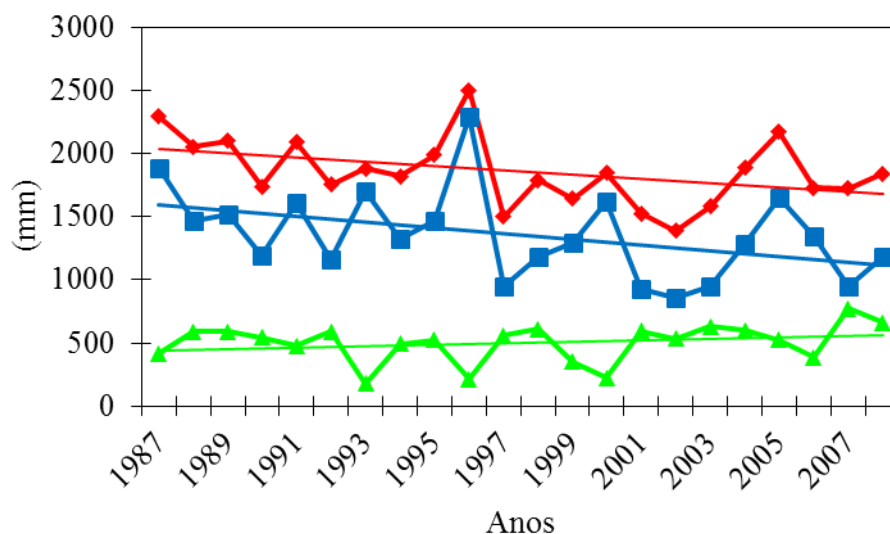


Figura 47. Representação gráfica e linhas de tendências da precipitação (em vermelho), do deflúvio (em azul) e da evapotranspiração real (em verde), para a microbacia B, no período de 1987 a 2008.

Cicco (2004), estimou a evapotranspiração anual pelos métodos de Thornthwaite e Mather (1955) e do balanço hídrico, no período de 1983 a 1998, na microbacia D, verificando uma grande oscilação da evapotranspiração de ano para ano, como também apresentou uma leve tendência positiva.

O deflúvio e a precipitação anual estão representados pela equação 17. Segundo cálculos realizados pela regressão linear simples, as variáveis apresentaram coeficientes de correlação (r), igual a 0,9141 e o de determinação (r^2), igual a 0,8356. Arcova (1996), na mesma microbacia, para o período de 1986 a 1992, verificou que o coeficiente de correlação (r) foi igual a 0,92.

$$Q = - 862,5227 + 1,1942 * P \dots\dots\dots (17)$$

A demonstração gráfica da reta de regressão para o deflúvio e a precipitação está presente na Figura 47. Verificou-se uma dispersão dos pontos, sendo que somente para seis anos hídricos houve coincidência com a reta de regressão. Este resultado indica que a precipitação e o deflúvio expressam uma boa relação linear.

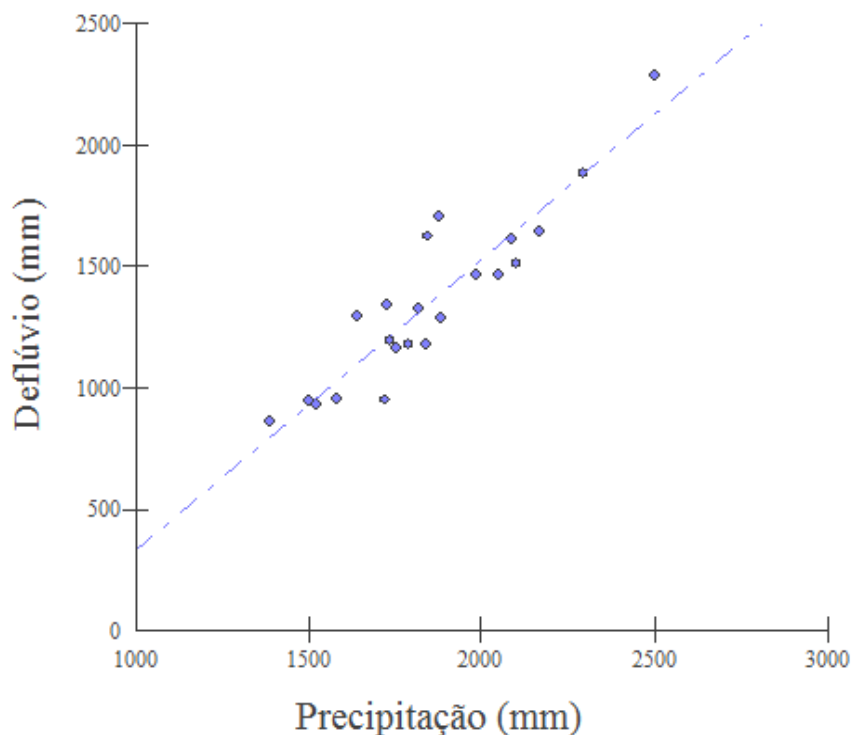


Figura 48. Relação entre a precipitação e o deflúvio anual do período de 1987 a 2008 na microbacia B.

A evapotranspiração real e a precipitação anual estão representadas na equação 18. Os cálculos realizados pela regressão linear simples, as variáveis apresentaram coeficientes de correlação (r), igual a 0,3443 e o de determinação (r^2), igual a 0,1186. Arcova (1996), na mesma microbacia, no período de 1986 a 1992, verificou que o coeficiente de correlação (r), não supera o valor de 0,24.

$$Q = 862,5235 - 0,1942 * P \dots\dots\dots (18)$$

A demonstração gráfica da reta de regressão para a evapotranspiração real e a precipitação está expressa na Figura 49. Verificou-se uma dispersão dos pontos, sendo que somente para um ano hídrico houve coincidência com a reta de regressão. Este resultado indica que, com exceção desse ano, a precipitação e a evapotranspiração real não expressam uma relação linear.

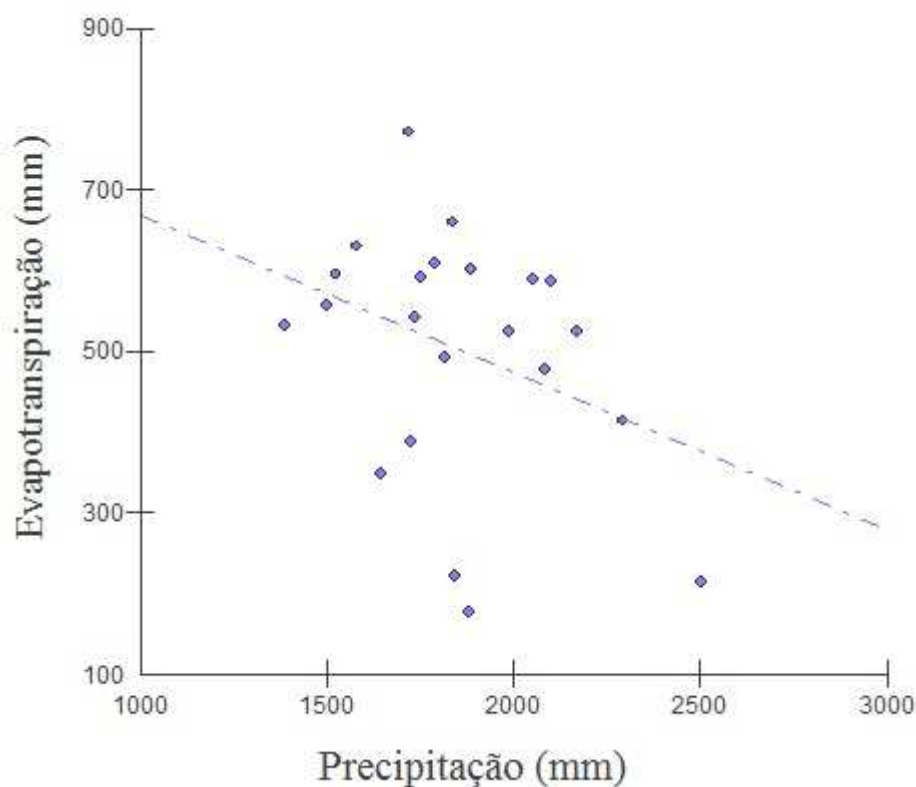


Figura 49. Relação entre a precipitação e a evapotranspiração anual do período de 1987 a 2008 na microbacia B.

A Tabela 8 apresenta resultados de precipitação e evapotranspiração em diversos países com florestas tropicais.

Tabela 8. Precipitação e evapotranspiração anuais e a altitude de diferentes estudos em florestas tropicais.

| Localização | Precipitação (mm) | Evapotranspiração (mm) | Altitude (m) |
|---|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Montanhas Azuis ¹ Jamaica | 3.746 | 1.998 | 1.020 |
| Serra Nevada ¹ Colômbia | 1.983 | 1.265 | 1.150 |
| Serra Nevada ¹ Colômbia | 2.316 | 308 ^c | 2.100 |
| São Eusébio ¹ Venezuela | 1.576 | 980 | 2.300 |
| Montanhas Luquillo ¹ Porto Rico | 3.725 | 831 | 750 |

| Localização | Precipitação (mm) | Evapotranspiração (mm) | Altitude (m) |
|---|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Rio Macho ¹ Costa Rica | 2.697 | 366 ^c | 2.400 |
| Microbacia A ² Cunha/ Brasil | 1.832 | 553 ^c | 1.030 |
| Microbacia A ³ Cunha/ Brasil | 1.784 | 698 ^c | 1.030 |
| Microbacia B ⁴ Cunha/ Brasil | 2.013 | 539 ^c | 1.025 |
| Microbacia B ⁵ Cunha/ Brasil | 1.647 | 738 ^c | 1.025 |
| Microbacia B ⁶ Cunha/ Brasil | 1.856 | 502 ^c | 1.025 |
| Microbacia D ⁴ Cunha/ Brasil | 2.159 | 603 ^c | 1.045 |
| Microbacia D ⁷ Cunha/ Brasil | 2.206 | 677 ^c | 1.045 |
| Perinet ¹ Madagascar/África | 2.081 | 1.295 | 1.010 |
| Kericho ¹ Quênia/África | 2.130 | 1.337 | 2.200 |
| Mbeya ¹ Tanzânia/África | 1.924 | 1.381 | 2.500 |
| Ciwidey ¹ Indonésia/ Sudeste Asiático | 3.306 | 1.170 | 1.740 |
| Mount Data ¹ Filipinas/ Sudeste Asiático | 3.382 | 392 ^c | 2.350 |

^c floresta de neblina.

¹BRUIJNZEEL, L. A., 1990; ²ANIDO, N. M. R., 2002; ³DONATO, C. F. et al., 2008; ⁴ARCOVA, F. C. S., 1996; ⁵CICCO, V., 2009; ⁶CICCO, L. S. C., 2013; ⁷CICCO, V., 2004.

Em Mount Data, Filipinas; Serra Nevada, Colômbia e Rio Macho, Costa Rica apresentaram as menores taxas de evapotranspiração. Bruijnzeel (1990), denomina essas áreas de florestas de neblina (cloud forest). Já nos demais locais, a evapotranspiração é bastante variável.

Pode-se considerar que a evapotranspiração média na microbacia B do Laboratório de Hidrologia Florestal Eng. Agr. Walter Emmerich, localiza-se num patamar mais próximo ao da floresta de neblina das Filipinas.

6. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Parte da microbacia hidrográfica experimental B foi objeto de corte raso com finalidade pastoril, como podem ser observados nos mapas de 1962 e 1977. Verificou-se, também, que durante o período analisado houve a retirada seletiva de árvores, principalmente, de espécies comerciais de alto valor nas áreas que permaneceram florestadas.

Com a criação da Reserva Estadual de Cunha em 1974, que posteriormente foi incorporada ao Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha, em 1977, as áreas que sofreram corte raso, foram abandonadas e sujeitas à regeneração natural, de acordo com o tempo e o uso ao qual foram submetidas. Dessa forma, ficou evidente que ocorreu uma regeneração efetiva da floresta, observando-se nesse período de 1997 e 2009, que a área antes ocupada por pasto evoluiu para porte arbóreo alto a baixo.

A grande extensão da Floresta Ombrófila Densa propiciou a formação de diferentes ecossistemas e formações vegetacionais, que incluem as faixas litorâneas do Atlântico, as florestas de baixada e de encosta da Serra do Mar, as florestas interioranas e as Matas de Araucária. Em consequência, a Mata Atlântica pode ser caracterizada como um mosaico de vegetação que, apesar da devastação acentuada, ainda

conserva parcela significativa da diversidade biológica brasileira, apresentando riqueza extraordinária e elevado grau de endemismo, assim como tratado no presente estudo.

Para os meses analisados verificou-se que a maior precipitação foi em março de 1990, com 523,8 mm, enquanto a menor ocorreu em junho de 1991, com apenas 1,0 mm. Já o maior e o menor deflúvios mensais alcançaram 416,5 mm, em fevereiro de 1995, e 25,6 mm, em outubro de 2003.

Para os vinte e dois anos hídricos a maior precipitação anual foi de 2.502,7 mm em 1996, e a menor de 1.388,7 mm em 2002. O maior e o menor deflúvios anuais foram de 2.287,59 mm em 1996, e de 857,67 mm em 2002. Com esses resultados ficou evidente que existe uma relação direta entre a entrada e a saída de água na microbacia. As estimativas de evapotranspiração real para a série histórica de dados variaram de 770,98 mm, em 2007, a 176,71 mm, em 1993.

Para os três processos hidrológicos verificou-se grande oscilação dos dados anuais. A precipitação e o deflúvio apresentaram uma tendência negativa, sendo mais acentuada para o último processo. Já para a evapotranspiração real a tendência foi positiva.

As variáveis precipitação e deflúvio anuais apresentaram alto valor do coeficiente de determinação ($r^2 = 0,8356$), indicando uma boa relação linear. Dessa forma, os resultados obtidos demonstraram que a regeneração natural da vegetação está afetando a produção de água, ou seja, com o aumento da evapotranspiração real está ocorrendo uma diminuição do deflúvio na microbacia hidrográfica experimental B. Essa constatação também foi verificada por Hibbert (1967), Bosch e Hewlett (1982) e Bruijnzeel (1988).

A região de Cunha, ainda que tenha sofrido uma interferência em suas estruturas funcionais, como o corte seletivo de espécies de valor econômico e retirada da vegetação para fins agropastoris, manteve sua resiliência, apresentando um aumento significativo em sua vegetação, isto para o período de estudo. A vegetação teve um aumento em sua área, apresentando mudanças visuais em suas estruturas verticais e horizontais, fase de sucessão ecológica e conseqüentemente, sua capacidade de regeneração.

Os resultados apresentados atenderam às propostas de avaliar a evolução temporal da regeneração natural de Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana dos anos de 1962, 1977, 1997 e 2009 e analisar as séries históricas anuais da precipitação, do

deflúvio e da evapotranspiração real, e determinar o balanço hídrico para o período de 1987 a 2008 na microbacia hidrográfica experimental B. Além disso, os mapas apresentados poderão ser úteis fornecendo uma ideia geral sobre a vegetação na área mapeada, como também as condições ecológicas e o seu estado de conservação.

7. CONCLUSÕES

A microbacia hidrográfica experimental B apresenta uma área de 36,68 ha e foi objeto de estudo de fitofisionomia dos anos de 1962, 1977, 1997 e 2009 e com isso, os resultados permitiram constatar que ocorreu uma regeneração natural da vegetação.

Os resultados demonstraram que a regeneração natural da vegetação está afetando a produção de água, ou seja, com o aumento da evapotranspiração real está ocorrendo uma diminuição do deflúvio na microbacia hidrográfica experimental B. Com esses resultados ficou evidente que existe uma relação direta entre a entrada e a saída de água, com relação ao aumento da área da vegetação na microbacia.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, O. T.; PASTORE, J. A.; ROCHA, F. T.; BAITELLO, J. B. Flora fanerogâmica de um trecho da Floresta Densa Secundária no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha/Indaiá (SP). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 1-18. 2001.

ALMEIDA, F. F. **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. Universidade de São Paulo: Instituto de Geografia. São Paulo: Edusp, 1974. 99 p. (Série teses e monografias, n.14).

ALVES, L. F.; METZGER, J. P. A regeneração florestal em áreas de floresta secundária na Reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP. **Biota Neotropica**, v.6, 2006. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v6n2/pt/abstract?article+bn00406022006>>. Acesso em: 20 abr. 2013.

AMERICAN SOCIETY PHOTOGRAMMETRY. **Manual of photographic interpretation**. Washington: George Bent, 1960. 868 p.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP III – APG III. An Uptade of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the Orders and Families of Flowering Plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 41, p. 399-436, 2009.

ANIDO, N. M. R. **Caracterização hidrológica de uma microbacia experimental visando identificar indicadores de monitoramento ambiental**. 2002. 69 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Pulo, Piracicaba, 2002.

Agência Nacional de Água - ANA. 2009. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/abr_nacional.htm>. Acesso em: 21 dez. 2012.

ARCOVA, F. C. S. **Balanço hídrico, características do deflúvio e calibragem de duas microbacias hidrográficas na Serra do Mar, SP.** 1996. 155 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. Manejo de bacias hidrográficas. In: HONDA, E. A.; YAMAZOE, G. **25 Anos de Cooperação JICA – Instituto Florestal.** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2005. 34–46 p.

ARGUELLO, F. V. P.; SAUSEN, T. M. Geografia: Localização e aspectos físicos. In: Ferreira, P.C. (org.). **A Biologia e a Geografia do Vale do Paraíba:** trecho paulista. São José dos Campos, SP: IEPA, 2007, p. 9-34.

ARMANI, G. **Interações entre a atmosfera e a superfície terrestre: variações da temperatura e umidade na bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP.** 2004. 198 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

ARMANI, G. **Análise topo e microclimática tridimensional em uma microbacia hidrográfica de clima tropical úmido de altitude.** 2009. 123 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

AVERY, T. E. **Interpretation of aerial photographs.** 3th ed. Minneapolis: Burgess, 1977. 392 p.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os trópicos.** 2ª. ed. São Paulo: Difel, 1988.

AYRES, M. et al. BioEstat: aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Versão 5.0. **Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá,** Belém, 2007, 364 p. Disponível em: <<http://mamiraua.org.br/download/index.php?dirpath=./BioEstat%205%20Portugues&order=0>>. Acesso em: 12 dez. 2012.

BARTH, F. T. et al. **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos.** São Paulo: NOBEL/ABRH, 1987. 526 p.

BATES, C. G. HENRY, A. J. Second phase of streamflow experiment at Wagon Wheel Gap, Colorado. **Monthly Weather Review,** v. 56, p. 79-97, 1928.

BELLOTTO, A. et al. Inserção de outras formas de vida no processo de restauração. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. (Orgs.). **Pacto para a**

restauração ecológica da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: Instituto BioAtlântica, 2009. p.55-61.

BIGARELLA, J. J. **A Serra do Mar e a porção oriental do estado do Paraná, um problema de segurança ambiental e nacional (contribuição à geografia, geologia e ecologia regional).** Curitiba: SEP; ADEA, 1978. 248 p.

BLACK, P. E. **Watershed Hydrology.** 2 ed. Syracuse, New York: Lewis Publishers, 1996. 449 p.

BOSCH, J. M.; HEWLETT, J. D. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. **Journal of Hydrology**, v. 55, p. 2-23, 1982.

BRAGA, B.; FLECHA, R.; PENA, D. S.; KELMAN, J. A reforma institucional do setor de recursos hídricos. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** São Paulo: Editora Escrituras, 2006. 639–675 p.

BROOKS, K. N.; FFOLLIOTT, P. F.; GREGERSEN, H. M.; THAMES, J. L. **Hydrology and the management of watersheds.** Ames: Iowa State University Press, 1993. 392 p.

BROWN, A. E. et al. A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alteration in vegetation. **Journal of Hydrology**, v. 310, p. 28 – 61, 2005.

BRUIJNZEEL, L. A. (De) Forestation and dry season flow in the tropics: a closer look. **Journal of Tropical Forest Science.** v. 1, n. 3, p. 229-243, 1988.

BRUIJNZEEL, L. A. **Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of knowledge review.** Amsterdam: Free University Amsterdam/ UNESCO, Humid Tropics Programme Publication, Free University, 1990. 224p.

BRUIJNZEEL, L. A.; PROCTOR, J. Hydrology and biogeochemistry of tropical montane cloud forests: what do we really know?. In: HAMILTON, L.S.; JUVIK, J.O.; SCATENA, F.N. **Tropical montane cloud forests.** New York: Springer Verlag, 1995. p. 38-78.

BRUIJNZEEL, L. A. Hydrology of tropical montane cloud forests: a reassessment. In: GLADWELL, J.S. **Proceedings of the Second International Colloquium.** Paris: UNESCO, 2000. p. 353-383.

CÂMARA, G. S., R. C. M.; MONTEIRO, A. M. V.; PAIVA, J. A. C; GARRIDO, J. Handling Complexity in GIS Interface Design. In: **I Brazilian Workshop on Geoinformatics.** SBC, Campinas, SP, 1999.

CEIVAP - Comitê da Bacia parágrafo Integração Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. 2001. Brasília, DF. **Bacia do Rio Paraíba do Sul**: Livro da Bacia. 68 p.

CICCO, V. et al. Relações entre a precipitação e os escoamentos total, direto e de base em uma bacia hidrográfica experimental, na região da Serra do Mar, Cunha, SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.7, n.1, p.57-56, 1995.

CICCO, V.; FUJIEDA, M. Pesquisa em manejo de bacias hidrográficas em São Paulo. In: Congresso Nacional sobre essências nativas, 2, São Paulo, 1992. **Anais...**, São Paulo: Revista Instituto Florestal de São Paulo, 1992. p. 808 – 816.

CICCO, V. **Análise de séries temporais hidrológicas em microbacia com cobertura vegetal natural de Mata Atlântica, Cunha, SP**. 2004. 124 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CICCO, V. **Determinação da evapotranspiração pelos métodos dos balanços hídrico e de cloreto e a quantificação da interceptação das chuvas na Mata Atlântica: São Paulo, SP e Cunha, SP**. 2009. 138 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

CONTI, J. B. **Circulação secundária e efeito orográfico na gênese das chuvas na região leste/nordeste paulista**. 1975. 82 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

COPPETEC (Fundação COPPETEC). **Plano dos recursos hídricos da bacia do rio Paraíba do Sul** – Resumo. Resende-RJ: Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP), 2006. 140 p.

CUNHATUR. Apresentação: A cidade de Cunha. Cunha, 2012. Disponível em: <<http://www.cunhatur.com.br/cidade.php>>. Acesso em 06 dez. 2012.

DAINELLI, P. Photointerpretation criteria for Land-Resources studies. In: **Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO)**. Roma: FAO, 1990. 19-26 p. (RSC Series 54).

DEAN, W. **A ferro e fogo: A história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996. 484 p.

DEFRIES, R.S.; TOWNSEND, J.R.G. Global land cover characterization from satellite data: from research to operational implementation?. **Global Ecology and Biogeography**. v. 8, p. 367-379, 1999.

DEGANUTTI, R. **Inventário da cobertura vegetal das fazendas Lageado e Edgardia – Botucatu-SP, no período de 36 anos, com utilização de imagens aéreas.** 2000. 170 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE AGUA E ENERGIA – DNAEE. **Normas e recomendações hidrológicas:** fluviométrica. Brasília, DF, 1970. 94 p.

DOMINGUES, E. N. et al. Geomorfologia e cobertura vegetal atual da microbacia do Ribeirão do Barracão no Núcleo Cunha Parque Estadual da Serra do Mar- SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 13, n.2, p.189-200, 2001.

DONATO C. F. et al. Balanço de massa em microbacia experimental com Mata Atlântica, na Serra do Mar, Cunha, SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 20, n.1, p.1-11, 2008.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente.** São Paulo: Difel, 1986. 206 p.

DUSÉN, P. Contribuições para a flora do Itatiaia. **Boletim do Parque Nacional do Itatiaia**, Rio de Janeiro, v. 4, p. 9-91. 1955.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: EMBRAPA Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 412 p.

FALKENBERG, D. B.; VOLTOLINI, J. C. The montane cloud forest in southern Brazil. In: HAMILTON, L. S.; JUVIK, J. O.; SCATENA, F. N. **Tropical montane cloud forests.** New York: Springer Verlag, 1995. p. 138-149.

FIDALGO, E. C. C. **Exatidão no processo de mapeamento temático da vegetação de uma área de mata atlântica no estado de São Paulo, a partir de imagens TM-Landsat.** 1995. 186 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1995.

FILGUEIRAS, T.S.; NOGUEIRA, P.E.; BROCHADO, A.L.; GUALA II, G.F. Caminhamento: um método expedito para levantamentos florísticos qualitativos. **Cadernos de Geociências**, v. 12, p. 39-43. 1994.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento: sem complicação.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

FOODY, G. M. Status of land cover classification accuracy assessment. **Remote Sensing of Environment.** v. 80, p; 185-201, 2002.

FORTI, M. C. **Ciclos biogeoquímicos e transferências de espécies químicas nas interfaces de ecossistemas terrestres de Mata Atlântica: estudo de duas áreas contrastantes.** São José dos Campos: INPE, 2003. 113 p. (Relatório científico, INPE-9547-PRP/237).

FREITAS, S. R.; SHIMABUKURO, Y. E. Diagnosticando florestas tropicais através do sensoriamento remoto. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 1671-1678.

FURIAN, S. M.; PFEIFER, R.M. Levantamento de reconhecimento do meio físico do Núcleo Cunha, SP. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 40, n. 2, 1986. p. 183-193.

FURIAN, S. M. **Estudo geomorfológico do escoamento superficial em parcelas experimentais no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha/SP.** 1987. 187 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

GALINDO, L. C.; CÂMARA, I. G. **Status Hotspot Mata Atlântica: uma síntese.** Fundação SOS Mata Atlântica/ Conservação Internacional Brasil. Belo Horizonte: 2005.

GOMES, J. A. M. A.; BERNACCI, L. C.; JOLY, C. A. Diferenças florísticas e estruturais entre duas cotas altitudinais da Floresta Ombrófila Densa Submontana Atlântica, do Parque Estadual da Serra do Mar, município de Ubatuba/SP, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 2, p. 123-137, 2011.

GUANDIQUE, M. E. G. **Avaliação do método de Morton para a estimativa da evapotranspiração real em microbacia hidrográfica.** 1999. 79 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas - Câmpus de Botucatu. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1999.

HAMILTON, L. S.; JUVIK, J. O.; SCATENA, F. N. The Puerto Rico tropical cloud forest symposium: introduction and workshop synthesis. In: HAMILTON, L.S.; JUVIK, J.O.; SCATENA, F.N. **Tropical montane cloud forests.** New York: Springer Verlag, 1995. p. 1-23.

HEWLETT, J. D. **Principles of forest hydrology.** Athens: University of Georgia Press, 1969. 183 p.

HEWLETT, J. D.; NUTTER, W. L. **An outline of forest hydrology.** Athens: University of Georgia Press, 1969. 137 p.

HIBBERT, A. R. Forest treatment effects on water yield. In: SOPPER, W. E.; LULL, H. W. (Editors). **International Symposium on Forest Hydrology**. New York: Pergamon, 1967. p. 527-543.

HIBBERT, A. R. Water yield changes after converting a forested catchment to grass. **Water Resources Research**, v. 5, n. 3, p. 634 – 640, 1969.

HORNBECK, J. W. et al. Long-term impacts of forest treatment on water yield: a summary for Northeastern USA. **Journal of Hydrology**, v. 15, p. 323 – 344, 1993.

HUECK, K. **As florestas da América do Sul: ecologia, composição e importância econômica**. Tradução Hans Reichardt. São Paulo: Polígono, Universidade de Brasília, 1972. 466 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: Departamento de Cartográfica, 2012. 271p.

Instituto Nacional de Pesquisas Especiais – INPE. Introdução ao sensoriamento remoto: produtos de sensoriamento. Disponível em: <<http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm#top>>. Acesso em 12 dez. 2012.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1981. 93 p.

KLEIN, R. M. Ecologia da flora e vegetação do Vale do Itajaí. **Sellowia**: v.31-32, p. 9-389, 1980.

KÜCHLER, A. W. Aspects of maps. In: KÜCHLER, A.W.; ZONNEVELD, I.S. (eds.). **Vegetation mapping**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. p. 97-104.

LANE, P. N. J.; BEST, A. E.; HICKEL, K.; ZHANG, L. The response of flow duration curves to afforestation. **Journal of Hydrology**. v. 310, p. 253-265, 2005.

LEITE, E, C. **A vegetação de uma Reserva Biológica Municipal: contribuição ao manejo e à conservação da Serra do Japi, Jundiá, SP**. 2000. 174 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, UNICAMP, Campinas, 2000.

LEITÃO FILHO, H. F. Diversity of arboreal species in atlantic rain forest. **An. Acad. Bras. Ci.** V. 66 (supl. 1): 91-96. 1994.

LIEBSCH, D.; MARQUES, M. C. M.; GOLDENBERG R. How long does the Atlantic Rain Forest take to recover after a disturbance? Changes in species composition and

ecological features during secondary succession. **Biological Conservation**.141:1717-1725. 2008.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. ESALQ/USP, Piracicaba, 1996. 318 p.

LINSLEY, R. K.; KOHLER, M. A.; PAULHUS, J. L.H. **Hydrology for Engineers**. SI Metric Edition. Singapore: McGraw-Hill Book Company, 1988. 492 p.

LUEDER, D. R. **Aerial Photographic Interpretation Principles and Application**. New York: McGraw-Hill, 1959. 462 p.

LUIZ, R. A. F. **Classificação climática do Núcleo Cunha do Parque Estadual da Serra do Mar, Cunha – SP**. 2008. 103 f. Trabalho de Graduação Individual (Bacharelado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2008.

MATTOS, I.F.A. **A fisionomia vegetal e suas relações com o meio físico na definição das unidades de paisagem na alta bacia do rio Turvo - SP**. 1994. 151 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MAACK R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: Banco BADEP, UFPR, IBPT, 1968. 350 p.

MARCHETTI, D. A. B.; GARCIA, J. J. **Princípio de fotogrametria e fotointerpretação**. São Paulo: Nobel, 1977. 257p.

MARTINS, G. A. **Estatística geral e aplicada**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 421 p.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UNB/CNPq, 2012. 276 p.

MILANESI, M. A. **Avaliação do efeito orográfico na pluviometria de vertentes opostas da Ilha de São Sebastião (Ilhabela – SP)**. 2007. 141 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Primeiro relatório nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. 1998. p. 212-213.

Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>>. Acesso em 12 dez. 2012.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo: estudo geográfico sob a forma de atlas**. 1973. 129 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1973.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicações**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2001, 250 p.

MOREIRA, A. A. N.; CAMELIER, C. Relevo. In: GALVÃO, M. G. (coord.). **Geografia do Brasil: Região Sudeste**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1977. p. 1-50

MORELLATO, L. P. C.; HADDAD, C. F. B. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**, v. 32: 786-792. 2000.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**: v. 403, p. 853–858. 2000.

NALON, M.A.; KRONKA, J.F.N.; MATSUKUMA, C.K.; PAVÃO, M.; YWANE, M.S.S.; KANASHIRO, M.M.; LIMA, L.M.P.R; PIPES, A.S.; SHIO, C.N.; FUKUDA, J.C.; GUILLAUMON, J.R. **Inventário florestal da vegetação natural do estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente/ Imprensa Oficial, 2008/2009. 200p. [No prelo].

NEWSON, M. D.; CALDER, I. R. Forest and water resources: problems of prediction on a regional scale. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, London, v. 24, p. 283–289, 1989.

NIMER, E. Clima da região Sudeste. In: **Geografia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, Climatologia do Brasil, 1979.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; CURI, N.; VILELA, E.A.; CARVALHO, D.A. Variation on tree community composition and structure with changes in soil properties within a fragment of semideciduous forest in South-Eastern Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 58, p. 139-158, 2001.

PASCHOAL, M. E. S. **Avaliação da capacidade de regeneração da vegetação em áreas de reflorestamento com espécies de Pinus e Eucalyptus, no município de Agudos (SP)**. 2004. 159 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas/Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

PENIDO, L. R.; KUX, H. J. H.; MATTOS, J. T. Aplicação de Técnicas de Sensoriamento Remoto e GIS como subsídio ao planejamento rodoviário. Estudo de Caso: Trecho Oeste do Rodoanel Metropolitano de São Paulo, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9., 1998, Santos. **Anais...** São Paulo: Imagem Multimídia. Seção de Comunicações Técnico-Científicas, 2003. CD-ROM.

PEREIRA, M. N.; KURKDJIAN, M. DE L. N.; FORESTI, C. **Cobertura e uso da terra através de sensoriamento remoto**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1989. 118 p. (n. 5032-MD/042).

PIEIDADE, G. C. R. **Noções de fotogrametria e fotointerpretação**. Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1983. 44 p.

PINTO, L. P. S.; BEDE, L. C.; PAESE, A.; FONSECA, M.; PAGLIA, A. P.; LAMAS, I. 2006. **Mata Atlântica Brasileira: os desafios para a conservação da biodiversidade de um hotspot mundial**. In: Rocha, C. p.1-25.

PISSARRA, T. C. T. et al. Environmental adaptation of the source of the subbasin of Rico Stream, Monte Alto - SP, Brazil. **Eng. Agríc.** [online]. vol.33, n.2, pp. 303-311. 2013.

PISSARRA, T. C. T. **Análise da bacia hidrográfica do córrego rico na sub-região de Jaboticabal-SP: comparação entre imagens TM-Landsat 5 e fotografias aéreas verticais**. 2002. 132 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Produção Vegetal)–Faculdades de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

PONÇANO, W. L.; CARNEIRO, C. D. R.; BISTRICHI, C. A.; ALMEIDA, F. F. M.; PRANDINI, F. L. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1981. 94p.

QUADROS, M. F. L.; MACHADO, L. H. R.; CALBETE, S. R.; BATISTA, N. N. M.; OLIVEIRA, G. S. Climatologia de precipitação e temperatura. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/chuesp.html>>. Acesso em: 12 dez. 2012.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras Editora, 2006. p. 1–35.

REDEMAP. Rede de Parcelas Permanentes dos Biomas Mata Atlântica e Pampa. Disponível em: < <http://www.redemap.org/index.html> > Acesso em: 13 jul. 2008.

RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos: EESC/USP, 1998. 819 p.

RIZZINI, C. T.; COIMBRA FILHO, A. F.; HONAISS, A. **Ecosistemas brasileiros**. Rio de Janeiro: INDEX/ENGE-RIO-Engenharia e Consultoria S. A., 1988. 200 p.

RODRÍGUEZ, A. C. M. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados na análise da legislação ambiental no município de São Sebastião (SP)**. 2005. 201 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

RODRIGUES, V. A.; SANSÍGOLO, C. A.; CICCIO, L. S. de; VIANA, S. R. F.; CONEGLIAN, A.; HAAS, J. Avaliação do fluxo de água dos canais nas ruas de Freiburg – Alemanha. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal Garça**, Garça, v.19, n.1,p. 13-23. 2012.

RONDON NETO, R. M. **Estudo da regeneração natural e aspectos silviculturais de uma clareira de formação antrópica**. 1999. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal/Produção Florestal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; QUESADA-MATEO, C.; GONZALEZ-QUESADA, P.; DAYANANDAN, S.; BAWA, K. S. Protected areas and conservation of biodiversity in the tropics. **Conservation Biology**. v. 13, p. 407-411. 1999.

SANTOS, M. L. M.; MATTOS, M. M.; PIRES, I. O.; BROWN, I. F.; ASSIS, W. S. Utilização de imagens de satélite no mapeamento preliminar do uso da terra e na capacitação de agricultores do médio Rio Capim- Paragominas-PA. Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, 1993, São José dos Campos. **Anais...**São José dos Campos: INPE, 1993. 15p.

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Cerrado**: bases para a conservação e uso sustentável das áreas de cerrado do Estado de São Paulo. (Série Probio/SP). Coordenação: BRITO, M. C. W. de et al., 1997. 113p. São Paulo, 2006.

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Mar. São Paulo, 2006. p. 3-5. Disponível em: <http://www.iflorestal.sp.gov.br/Plano_de_manejo/PE_SERRA_MAR/Plano_de_Manejo_P_e_Serra_do_Mar.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2012.

SÃO PAULO (ESTADO). Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Plano Estadual de Recursos Hídricos: 2004 / 2007 Resumo. São Paulo, DAEE, 2006. 92p. il. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/1133/perh.pdf>>. Acesso em 21 dez. 2012.

SCOTT, D. F.; SMITH, R. E. Preliminary empirical models to predict reductions in total and low flows resulting from afforestation. **Water SA**. v. 23, n. 2, p. 134 – 140, 1997.

SHIKLOMANOV, I. A. **World Water Resources: A New Appraisal and Assessment for the 21st Century**. IHP/UNESCO, 1998. 37 p.

SHUTTLEWORTH, W. J. Micrometeorology of temperate and tropical forest. **Phil. Trans. Royal Society of London**, B. v. 234, p. 299-334, 1989.

SPURR, S. H. **Photogrammetry and photo - interpretation**. New York: Ronald Press, 1960. p. 295 - 443.

SOARES, A. R.; DIAS, H. C. T.; SILVA, G. Análise fitossociológica e da estrutura dinâmica de espécies arbóreas que ocorrem numa mata seca em Lavras, Minas Gerais. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 7, 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993. p. 322-324.

SOUZA, V. C; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. 2 ed. Editora: Instituto Plantarum, 2012. 703 p.

STONEMAN, G. L. Hydrological response to thinning a small jarrah (*Eucalyptus marginata*) forest catchment. **Journal of Hydrology**. v. 150 n. 2/4, p. 393-407, 1993.

SUN, G.; ZUO, C.; LIU, S.; LIU, M.; MCNULTY, S. G; VOSE, J.M. Watershed Evapotranspiration Increased Due to Changes in Vegetation Composition and Structure Under a Subtropical Climate. **Journal of the American Water Resources Association**. v. 44, n. 5, p. 1164-1175, 2008.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Climatology**, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, Centerton, v. 8, n. 1, 104 p, 1955.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Coleção ABRH de Recursos hídricos, v. 4. Porto Alegre: ED. UFRGS/ EDUSP/ ABRH, 1993. 943 p.

United Nation Educational, Scientific and Cultural Organization - UNESCO. O que são reservas da biosfera? Brasília. Disponível em: <<http://www.lsi.usp.br/econet/snuc/biosf/plano/biosf01.htm>>. Acesso em 15 jul. 1998.

VIANA, V. M.; TABANEZ, A. A. J. Biology and conservation of forest fragments in the Brazilian atlantic moist forest. In: J. SCHELHAS, R.; GREENBERG (eds.). **Forest patches in tropical landscapes**. Washington DC: Island Press, 1996. p. 151-167.

VELOSO, H. P.; GÓES-FILHO, L. Fitogeografia brasileira - classificação fisionômico-ecológica da vegetação neotropical. **Boletim Técnico do Projeto RADAMBRASIL**, Série Vegetação. v. 1, 1982. p. 1-80.

VELOSO, H. P., RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1991. 124 p.

VERTESSY, R. A. The impacts of forestry on streamflows: a review. In: CROCKE, J.; LANE, P. (Eds.). **Forest Management for the Protection of Water Quality and Quantity Proceedings of the Second Erosion in Forests Meeting**. Warburton: Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Report, 1999. p. 93-109.

VERTESSY, R. A.; WATSON, F. G. R.; O' SULLIVAN, S. K. Factors determining relations between stand age and catchment water balance in mountain ash forest. **Forest Ecology and Management**. v. 143, n. 1-3, p. 13-26, 2001.

VETTORAZZI, C. A.; COUTO, H. T. Z. Análise de exatidão de classificação em mapas de solo obtidos através da interpretação de imagens orbitais em duas escalas. Manaus. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** São José dos Campos, 1992. p. 769-775.

WALTER, H. W. **Vegetação e zonas climáticas**. São Paulo: Itatiaia-EPU, 1986. 325 p.

WATSON, F. G. R.; VERTESSY, R. A. MCMAHON, T.; RHODES, B.; WATSON, I. Improved methods to assess water yield changes from paired-catchment studies: application to the Maroondah catchments. **Forest Ecology and Management**. v. 143 n. 1-3, p. 189-204, 2001.

WHITEHEAD, P. G.; ROBINSON, M. Experimental basin studies – an international and history perspective of forest impacts. **Journal of Hydrology**, v. 145, n. 3-4, p. 217- 230. 1993.

YAMAZOE, G. Os primeiros passos. In: HONDA, E. A; YAMAZOE, G. **25 Anos de cooperação JICA – Instituto Florestal**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2005. p. 28 – 33.

ZHAO, F. F.; ZHANG, L.; XU, Z. X.; SCOTT, D. F. Evaluation of methods for estimating the effects of vegetation change and climate variability on streamflow. **Water Resources**. v. 46: W03505. Doi: 10.1029/2009WR007702. 2010.

9. APÊNDICES

| ANO HÍDRICO 1987 | | |
|------------------|-------------------|---------------|
| MÊS | PRECIPITAÇÃO (mm) | DEFLÚVIO (mm) |
| OUTUBRO/86 | 103,8 | 87,20 |
| NOVEMBRO | 308,9 | 124,96 |
| DEZEMBRO | 464,5 | 269,59 |
| JANEIRO/87 | 330,0 | 272,20 |
| FEVEREIRO | 219,5 | 229,69 |
| MARÇO | 95,5 | 156,48 |
| ABRIL | 287,0 | 196,40 |
| MAIO | 181,0 | 173,77 |
| JUNHO | 131,5 | 138,69 |
| JULHO | 32,5 | 88,46 |
| AGOSTO | 32,0 | 70,26 |
| SETEMBRO | 109,3 | 73,89 |
| TOTAL | 2.295,5 | 1.881,59 |

| ANO HÍDRICO 1988 | | |
|------------------|-------------------|---------------|
| MÊS | PRECIPITAÇÃO (mm) | DEFLÚVIO (mm) |
| OUTUBRO/87 | 170,0 | 83,10 |
| NOVEMBRO | 133,8 | 55,42 |
| DEZEMBRO | 171,8 | 65,31 |
| JANEIRO/88 | 211,3 | 87,63 |
| FEVEREIRO | 457,0 | 288,72 |
| MARÇO | 242,3 | 195,98 |
| ABRIL | 216,8 | 157,02 |
| MAIO | 195,8 | 162,84 |
| JUNHO | 75,0 | 120,67 |
| JULHO | 28,8 | 92,18 |
| AGOSTO | 14,8 | 72,87 |
| SETEMBRO | 135,0 | 81,44 |
| TOTAL | 2.052,4 | 1.463,18 |

| ANO HÍDRICO 1989 | | |
|------------------|-------------------|---------------|
| MÊS | PRECIPITAÇÃO (mm) | DEFLÚVIO (mm) |
| OUTUBRO/88 | 245,0 | 106,06 |
| NOVEMBRO | 214,0 | 119,28 |
| DEZEMBRO | 221,5 | 115,86 |
| JANEIRO/89 | 209,0 | 134,14 |
| FEVEREIRO | 223,6 | 163,31 |
| MARÇO | 250,3 | 191,11 |
| ABRIL | 124,3 | 135,90 |
| MAIO | 133,5 | 134,29 |
| JUNHO | 135,5 | 134,98 |
| JULHO | 126,3 | 107,78 |
| AGOSTO | 59,3 | 81,27 |
| SETEMBRO | 159,3 | 90,15 |
| TOTAL | 2.101,6 | 1.514,13 |

| ANO HÍDRICO 1990 | | |
|------------------|-------------------|---------------|
| MÊS | PRECIPITAÇÃO (mm) | DEFLÚVIO (mm) |
| OUTUBRO/89 | 76,5 | 78,66 |
| NOVEMBRO | 128,3 | 73,50 |
| DEZEMBRO | 274,8 | 193,26 |
| JANEIRO/90 | 185,2 | 104,71 |
| FEVEREIRO | 141,5 | 73,57 |
| MARÇO | 203,7 | 104,47 |
| ABRIL | 264,7 | 181,49 |
| MAIO | 60,2 | 85,31 |
| JUNHO | 16,7 | 60,85 |
| JULHO | 121,3 | 77,82 |
| AGOSTO | 130,7 | 79,00 |
| SETEMBRO | 133,0 | 81,93 |
| TOTAL | 1.736,6 | 1.194,57 |

| ANO HÍDRICO 1991 | | |
|------------------|-------------------|---------------|
| MÊS | PRECIPITAÇÃO (mm) | DEFLÚVIO (mm) |
| OUTUBRO/90 | 235,2 | 124,16 |
| NOVEMBRO | 132,2 | 98,41 |
| DEZEMBRO | 141,1 | 84,40 |
| JANEIRO/91 | 314,1 | 177,13 |
| FEVEREIRO | 137,4 | 123,67 |
| MARÇO | 523,8 | 325,31 |
| ABRIL | 124,8 | 193,37 |
| MAIO | 88,7 | 146,80 |
| JUNHO | 118,1 | 109,23 |
| JULHO | 29,7 | 78,57 |
| AGOSTO | 38,7 | 63,41 |
| SETEMBRO | 204,1 | 85,19 |
| TOTAL | 2.087,9 | 1.609,65 |

| ANO HÍDRICO 1992 | | |
|------------------|-------------------|---------------|
| MÊS | PRECIPITAÇÃO (mm) | DEFLÚVIO (mm) |
| OUTUBRO/91 | 131,7 | 117,24 |
| NOVEMBRO | 113,0 | 67,05 |
| DEZEMBRO | 233,5 | 89,93 |
| JANEIRO/92 | 492,9 | 310,04 |
| FEVEREIRO | 50,7 | 98,48 |
| MARÇO | 163,2 | 92,14 |
| ABRIL | 83,4 | 95,84 |
| MAIO | 104,7 | 72,02 |
| JUNHO | 1,0 | 40,90 |
| JULHO | 146,2 | 61,07 |
| AGOSTO | 50,1 | 44,00 |
| SETEMBRO | 183,8 | 74,59 |
| TOTAL | 1.754,2 | 1.163,30 |

| ANO HÍDRICO 1993 | | |
|------------------|-------------------|---------------|
| MÊS | PRECIPITAÇÃO (mm) | DEFLÚVIO (mm) |
| OUTUBRO/92 | 124,8 | 66,48 |
| NOVEMBRO | 362,2 | 235,97 |
| DEZEMBRO | 243,0 | 228,50 |
| JANEIRO/93 | 222,0 | 191,13 |
| FEVEREIRO | 252,2 | 193,59 |
| MARÇO | 216,2 | 202,20 |
| ABRIL | 59,7 | 146,79 |
| MAIO | 54,7 | 112,62 |
| JUNHO | 64,0 | 102,02 |
| JULHO | 20,8 | 78,15 |
| AGOSTO | 7,5 | 50,08 |
| SETEMBRO | 253,8 | 96,61 |
| TOTAL | 1.880,9 | 1.704,14 |

| ANO HÍDRICO 1994 | | |
|------------------|-------------------|---------------|
| MÊS | PRECIPITAÇÃO (mm) | DEFLÚVIO (mm) |
| OUTUBRO/93 | 162,5 | 95,52 |
| NOVEMBRO | 107,0 | 63,62 |
| DEZEMBRO | 186,3 | 78,21 |
| JANEIRO/94 | 226,0 | 103,99 |
| FEVEREIRO | 206,8 | 77,46 |
| MARÇO | 424,3 | 202,96 |
| ABRIL | 188,3 | 251,50 |
| MAIO | 89,5 | 115,07 |
| JUNHO | 77,2 | 88,32 |
| JULHO | 52,0 | 94,82 |
| AGOSTO | 17,3 | 88,51 |
| SETEMBRO | 82,3 | 68,36 |
| TOTAL | 1.819,5 | 1.328,34 |

| ANO HÍDRICO 1995 | | |
|------------------|-------------------|---------------|
| MÊS | PRECIPITAÇÃO (mm) | DEFLÚVIO (mm) |
| OUTUBRO/94 | 179,2 | 99,35 |
| NOVEMBRO | 218,7 | 113,89 |
| DEZEMBRO | 342,2 | 200,73 |
| JANEIRO/95 | 211,8 | 117,11 |
| FEVEREIRO | 320,2 | 242,22 |
| MARÇO | 216,3 | 195,05 |
| ABRIL | 48,8 | 111,06 |
| MAIO | 92,8 | 104,06 |
| JUNHO | 65,3 | 77,55 |
| JULHO | 58,5 | 72,94 |
| AGOSTO | 97,2 | 61,77 |
| SETEMBRO | 136,0 | 67,39 |
| TOTAL | 1.987,0 | 1.463,12 |

| ANO HÍDRICO 1996 | | |
|------------------|-------------------|---------------|
| MÊS | PRECIPITAÇÃO (mm) | DEFLÚVIO (mm) |
| OUTUBRO/95 | 343,3 | 153,19 |
| NOVEMBRO | 200,3 | 151,95 |
| DEZEMBRO | 236,8 | 145,80 |
| JANEIRO/96 | 353,5 | 290,93 |
| FEVEREIRO | 505,0 | 416,47 |
| MARÇO | 389,0 | 398,91 |
| ABRIL | 125,0 | 229,99 |
| MAIO | 70,7 | 164,41 |
| JUNHO | 48,5 | 104,14 |
| JULHO | 22,2 | 81,98 |
| AGOSTO | 35,8 | 67,17 |
| SETEMBRO | 172,7 | 82,63 |
| TOTAL | 2.502,8 | 2.287,57 |

| ANO HÍDRICO 1997 | | |
|------------------|-------------------|---------------|
| MÊS | PRECIPITAÇÃO (mm) | DEFLÚVIO (mm) |
| OUTUBRO/96 | 158,8 | 82,30 |
| NOVEMBRO | 219,8 | 116,37 |
| DEZEMBRO | 209,0 | 125,36 |
| JANEIRO/97 | 273,6 | 161,37 |
| FEVEREIRO | 54,0 | 73,78 |
| MARÇO | 113,5 | 82,73 |
| ABRIL | 77,7 | 64,15 |
| MAIO | 95,5 | 57,88 |
| JUNHO | 72,0 | 53,05 |
| JULHO | 11,8 | 36,90 |
| AGOSTO | 62,0 | 39,65 |
| SETEMBRO | 153,8 | 50,81 |
| TOTAL | 1.501,5 | 944,35 |

| ANO HÍDRICO 1998 | | |
|------------------|-------------------|---------------|
| MÊS | PRECIPITAÇÃO (mm) | DEFLÚVIO (mm) |
| OUTUBRO/97 | 111,5 | 53,2 |
| NOVEMBRO | 239,3 | 81,1 |
| DEZEMBRO | 140,0 | 81,5 |
| JANEIRO/98 | 322,5 | 177,3 |
| FEVEREIRO | 294,0 | 193,7 |
| MARÇO | 219,0 | 156,2 |
| ABRIL | 86,0 | 105,1 |
| MAIO | 110,5 | 99,2 |
| JUNHO | 25,8 | 59,0 |
| JULHO | 41,5 | 53,9 |
| AGOSTO | 33,7 | 48,2 |
| SETEMBRO | 166,2 | 73,56 |
| TOTAL | 1.790,0 | 1.181,96 |

| ANO HÍDRICO 1999 | | |
|------------------|-------------------|---------------|
| MÊS | PRECIPITAÇÃO (mm) | DEFLÚVIO (mm) |
| OUTUBRO/98 | 277,7 | 153,88 |
| NOVEMBRO | 120,0 | 84,32 |
| DEZEMBRO | 199,0 | 108,19 |
| JANEIRO/99 | 219,5 | 163,86 |
| FEVEREIRO | 282,8 | 190,64 |
| MARÇO | 83,4 | 135,22 |
| ABRIL | 99,0 | 109,12 |
| MAIO | 45,2 | 80,61 |
| JUNHO | 82,4 | 75,47 |
| JULHO | 46,4 | 64,64 |
| AGOSTO | 33,4 | 54,25 |
| SETEMBRO | 154,9 | 75,20 |
| TOTAL | 1.643,7 | 1.295,40 |

| ANO HÍDRICO 2000 | | |
|------------------|-------------------|---------------|
| MÊS | PRECIPITAÇÃO (mm) | DEFLÚVIO (mm) |
| OUTUBRO/99 | 117,5 | 78,02 |
| NOVEMBRO | 160,8 | 93,35 |
| DEZEMBRO | 217,8 | 116,36 |
| JANEIRO/00 | 359,3 | 226,92 |
| FEVEREIRO | 166,0 | 125,29 |
| MARÇO | 431,3 | 325,32 |
| ABRIL | 54,7 | 200,84 |
| MAIO | 16,2 | 121,60 |
| JUNHO | 5,0 | 82,93 |
| JULHO | 88,7 | 85,51 |
| AGOSTO | 89,0 | 72,57 |
| SETEMBRO | 140,0 | 95,12 |
| TOTAL | 1.846,3 | 1.623,83 |

| ANO HÍDRICO 2001 | | |
|------------------|-------------------|---------------|
| MÊS | PRECIPITAÇÃO (mm) | DEFLÚVIO (mm) |
| OUTUBRO/00 | 102,1 | 65,04 |
| NOVEMBRO | 237,6 | 109,62 |
| DEZEMBRO | 254,0 | 133,48 |
| JANEIRO/01 | 163,3 | 129,63 |
| FEVEREIRO | 176,0 | 109,85 |
| MARÇO | 185,3 | 96,63 |
| ABRIL | 22,8 | 56,93 |
| MAIO | 95,2 | 57,77 |
| JUNHO | 18,7 | 38,67 |
| JULHO | 72,3 | 41,99 |
| AGOSTO | 66,0 | 36,88 |
| SETEMBRO | 132,0 | 53,88 |
| TOTAL | 1.525,3 | 930,37 |

| ANO HÍDRICO 2002 | | |
|------------------|-------------------|---------------|
| MÊS | PRECIPITAÇÃO (mm) | DEFLÚVIO (mm) |
| OUTUBRO/01 | 99,0 | 51,11 |
| NOVEMBRO | 72,0 | 50,44 |
| DEZEMBRO | 217,3 | 87,23 |
| JANEIRO/02 | 235,1 | 103,14 |
| FEVEREIRO | 258,7 | 156,76 |
| MARÇO | 109,7 | 98,26 |
| ABRIL | 85,5 | 66,34 |
| MAIO | 102,5 | 59,59 |
| JUNHO | 55,3 | 64,92 |
| JULHO | 26,4 | 49,64 |
| AGOSTO | 39,2 | 33,00 |
| SETEMBRO | 88,2 | 37,25 |
| TOTAL | 1.388,9 | 857,68 |

| ANO HÍDRICO 2003 | | |
|------------------|-------------------|---------------|
| MÊS | PRECIPITAÇÃO (mm) | DEFLÚVIO (mm) |
| OUTUBRO/02 | 73,7 | 25,63 |
| NOVEMBRO | 270,5 | 104,27 |
| DEZEMBRO | 344,8 | 173,33 |
| JANEIRO/03 | 337,0 | 167,70 |
| FEVEREIRO | 103,0 | 102,47 |
| MARÇO | 206,0 | 138,98 |
| ABRIL | 24,8 | 63,64 |
| MAIO | 38,0 | 48,75 |
| JUNHO | 3,3 | 32,41 |
| JULHO | 42,5 | 31,69 |
| AGOSTO | 74,0 | 32,94 |
| SETEMBRO | 63,5 | 31,57 |
| TOTAL | 1.581,1 | 953,38 |

| ANO HÍDRICO 2004 | | |
|------------------|-------------------|---------------|
| MÊS | PRECIPITAÇÃO (mm) | DEFLÚVIO (mm) |
| OUTUBRO/03 | 193,5 | 69,73 |
| NOVEMBRO | 169,5 | 57,55 |
| DEZEMBRO | 197,3 | 75,53 |
| JANEIRO/04 | 288,5 | 166,99 |
| FEVEREIRO | 313,3 | 177,15 |
| MARÇO | 189,3 | 222,22 |
| ABRIL | 130,4 | 104,18 |
| MAIO | 105,5 | 90,72 |
| JUNHO | 74,8 | 90,86 |
| JULHO | 160,5 | 115,01 |
| AGOSTO | 11,0 | 65,02 |
| SETEMBRO | 51,8 | 49,36 |
| TOTAL | 1.885,4 | 1.284,32 |

| ANO HÍDRICO 2005 | | |
|------------------|-------------------|---------------|
| MÊS | PRECIPITAÇÃO (mm) | DEFLÚVIO (mm) |
| OUTUBRO/04 | 150,5 | 66,51 |
| NOVEMBRO | 182,3 | 75,47 |
| DEZEMBRO | 185,8 | 88,40 |
| JANEIRO/05 | 388,0 | 171,84 |
| FEVEREIRO | 204,5 | 187,68 |
| MARÇO | 232,5 | 185,57 |
| ABRIL | 361,3 | 326,95 |
| MAIO | 119,8 | 165,60 |
| JUNHO | 46,5 | 106,27 |
| JULHO | 102,3 | 108,22 |
| AGOSTO | 11,0 | 67,53 |
| SETEMBRO | 185,8 | 96,11 |
| TOTAL | 2.170,3 | 1.646,15 |

| ANO HÍDRICO 2006 | | |
|------------------|-------------------|---------------|
| MÊS | PRECIPITAÇÃO (mm) | DEFLÚVIO (mm) |
| OUTUBRO/05 | 172,5 | 98,50 |
| NOVEMBRO | 219,2 | 152,42 |
| DEZEMBRO | 278,0 | 174,01 |
| JANEIRO/06 | 171,1 | 126,20 |
| FEVEREIRO | 242,0 | 165,25 |
| MARÇO | 232,8 | 141,00 |
| ABRIL | 116,7 | 137,99 |
| MAIO | 79,8 | 104,78 |
| JUNHO | 21,0 | 72,06 |
| JULHO | 53,3 | 59,44 |
| AGOSTO | 25,5 | 51,82 |
| SETEMBRO | 116,3 | 56,61 |
| TOTAL | 1.728,2 | 1.340,08 |

| ANO HÍDRICO 2007 | | |
|------------------|-------------------|---------------|
| MÊS | PRECIPITAÇÃO (mm) | DEFLÚVIO (mm) |
| OUTUBRO/06 | 107,5 | 63,40 |
| NOVEMBRO | 268,5 | 93,71 |
| DEZEMBRO | 287,5 | 152,76 |
| JANEIRO/07 | 288,0 | 134,90 |
| FEVEREIRO | 164,2 | 122,70 |
| MARÇO | 64,7 | 67,20 |
| ABRIL | 147,6 | 55,71 |
| MAIO | 123,8 | 72,11 |
| JUNHO | 59,9 | 53,25 |
| JULHO | 138,3 | 67,90 |
| AGOSTO | 4,8 | 34,81 |
| SETEMBRO | 66,7 | 32,06 |
| TOTAL | 1.721,5 | 950,51 |

| ANO HÍDRICO 2008 | | |
|------------------|-------------------|---------------|
| MÊS | PRECIPITAÇÃO (mm) | DEFLÚVIO (mm) |
| OUTUBRO/07 | 121,0 | 44,98 |
| NOVEMBRO | 239,8 | 85,85 |
| DEZEMBRO | 160,4 | 69,89 |
| JANEIRO/08 | 269,4 | 103,45 |
| FEVEREIRO | 223,0 | 220,70 |
| MARÇO | 328,0 | 178,73 |
| ABRIL | 171,3 | 145,55 |
| MAIO | 54,5 | 100,08 |
| JUNHO | 67,5 | 78,67 |
| JULHO | 4,5 | 55,77 |
| AGOSTO | 124,8 | 44,34 |
| SETEMBRO | 76,8 | 53,08 |
| TOTAL | 1.841,0 | 1.181,09 |