FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA - UNIR
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO EM GEOGRAFIA
NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA - NUCET
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

Mirtilene Lopes Cruz

ESTIMATIVA DO PROCESSO DE PRECIPITAÇÃO EFETIVA DA SUB-BACIA DO RIO COTIA/RONDÔNIA ATRAVÉS DO MODELO *CURVER NUMBER*

PORTO VELHO – RO
2014

Mirtilene Lopes Cruz

ESTIMATIVA DO PROCESSO DE PRECIPITAÇÃO EFETIVA DA SUB-BACIA DO RIO COTIA/RONDÔNIA ATRAVÉS DO MODELO *CURVER NUMBER*

Defesa de dissertação apresentada ao Núcleo de Ciência e Tecnologia, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia da Universidade Federal de Rondônia, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Geografia. Sob a orientação: Professor Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho

PORTO VELHO – RO
2014

FICHA CATALOGRÁFICA

C957e

Cruz, Mirtilene Lopes

Estimativa do processo de precipitação efetiva da sub-bacia do Rio Cotia/Rondônia através do Modelo Curver Number. / Mirtilene Lopes Cruz. Porto Velho, Rondônia, 2014.

103 f.

Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Rondônia/UNIR.

Orientador: Prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho

1. Capacidade de infiltração. 2. Perdas iniciais. 3. Precipitação efetiva. 4. Modelo hidrológico Curver Number. I. Silva Filho, Eliomar Pereira da. II. Título.

CDU: 91:556

Bibliotecária Responsável: Cristiane Marina Teixeira Girard/ CRB 11-897

MESTRADO EM GEOGRAFIA - UNIR
A Amazônia e Políticas de Gestão Territorial

PPGG

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
UNIR

NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM GEOGRAFIA

ATA DE QUALIFICAÇÃO

O Colegiado do Programa de Pós Graduação Mestrado em Geografia - PPGG autoriza a defesa de qualificação da mestranda **MIRTILENE LOPES CRUZ**, matrícula: 201111281, e aprova a Comissão Avaliadora constituída pelos professores: Prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva (orientador), Profa. Dra. Eloíza Elena Della Justina (examinadora) e Prof. Dr. Dorisvalder Dias Nunes (examinador) que se reuniu na sala de aula Josué de Castro, Prédio do Mestrado em Geografia, sito no Campus Universitário José Ribeiro Filho, no dia 03 de maio de 2013, iniciando os trabalhos às 15h, para avaliar o trabalho de QUALIFICAÇÃO: "**ESTIMATIVA DO PROCESSO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL DA SUB-BACIA DO RIO COTIA/RONDÔNIA ATRAVÉS DO MODELO *CURVER NUMBER***". De acordo com as normas estabelecidas pelo PPGG, descrito em seu Regimento Interno, considera o referido trabalho como:

(✓) Apto
( ) Não Apto

Porto Velho – RO, 03 de maio de 2013.

Prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva (orientador) _____

Profa. Dra. Eloíza Elena Della Justina (examinadora) _____

Prof. Dr. Dorisvalder Dias Nunes (examinador) _____

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho as pessoas que estiveram e estão sempre ao meu lado, ajudando-me a alcançar os meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Deus, por se fazer presente em minha vida, dando-me inspiração, sabedoria, paciência e teimosia para concluir mais um trabalho na caminhada acadêmica.

À CAPES, pela concessão de bolsa.

Ao Professor Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho, pela a orientação, paciência, conselhos e compressão.

À banca examinadora composta pelo Professor Dr. Dorisvalder Dias Nunes e professora Dra. Eloíza Elena Della Justina, pelo acompanhamento do trabalho e sugestões.

Aos meus amigos do Laboratório de Geografia e Planejamento Ambienta-LABOGEOPA.

À minha família e amigos por se fazerem sempre presente nessa caminha difícil.

Ao meu marido Michael Martinez Jorrin.

E a minha amiga Professora Dra. Maria do Socorro Dias Loura Jorrin.

Pedras no caminho? Guardo todas, um dia vou construir um castelo...

Nemo Box, 2003.

RESUMO

As dinâmicas de uso e ocupação da terra vêm ocasionando, na região Amazônica, a conversão de áreas naturais para áreas voltadas às atividades econômicas primárias. Esse tipo de alteração sem o planejamento adequado poderá interferir na manutenção dos recursos hídricos, pois, a mudança do uso da terra modifica a estrutura do solo, ocasionando a redução da capacidade no processo de infiltração e aumentando assim o processo de escoamento superficial, ainda mais que essa região, devido à sua localização geográfica, apresenta elevados índices de precipitações durante o ano. E esse escoamento em superfície poderá causar a erosão dos solos, a mudanças dos corpos hídricos e o aumento de sua vazão, proporcionando ao longo do tempo a possibilidade de enchentes. Ao pensar nessa problemática, este trabalho teve como objetivo estimar o escoamento superficial, e a suscetibilidade à erosão dos solos na sub-bacia hidrográfica do rio Cotia. Para o primeiro foi utilizando o modelo hidrológico matemático *Curver Number,* elaborado pelo *Soil Conservation Service* (SCS, 1972) que passa a chamar o escoamento superficial de precipitação efetiva (Pe). Para a análise de suscetibilidade à erosão, foi aplicado o método de Mendes (1982). O trabalho foi dividido em oito etapas: a primeira etapa foi a realização da caracterização da área de estudo. A segunda etapa, através dos dados de pedologia e do uso da terra, consistiu em fazer a classificação hidrológica dos solos de acordo com método de Lombardi Neto *et al.* (1989), contribuindo assim para a terceira fase, que foi definir através de uma média ponderara o Cn admissional para representar toda a área de estudo nas três situações de umidade antecedente. Através desse Cn admissional foi possível calcular a capacidade máxima de infiltração de água (S) e assim também estimar a perda inicial (Ia= 20% S), finalizando assim a quarta fase. A quinta etapa estimou a precipitação máxima anual através da precipitação máxima observada da estação pluviométrica utilizando o método de Gumbel (1941) e em seguida definir o tempo de retorno e o tempo de duração. A sétima fase foi utilizar as informações da precipitação máxima anual estimada para aplicar o modelo chuva-vazão, obtendo assim a precipitação efetiva (Pe). E por último, foi realizado o enquadramento do grau de suscetibilidade à erosão dos solos. Os resultados mostraram que uso da terra está dividido em 26,24% de pecuária extensiva, 0,11% de sistema agrossilvipastoril, 11,19% de savana e 62,08% de florestas. A classificação hidrológica do solo foi de 74,52% de solo do tipo A, 25,1% do tipo D e 0,39% de corpos hídricos. A capacidade de infiltração (S) é maior na situação de umidade I (solos secos) e se apresenta bem definida nos mês de junho, julho e agosto, quando a área de estudo perde água devido à evapotranspiração. As precipitações efetivas (Pe) vão aumentando conforme o tempo de retorno e o tempo de duração, e só foi possível verificar a existência desse processo na situação de umidade II(solos normais) e III (solos úmidos), pois, na condição de umidade I, a quantidade de perda inicial era maior que a quantidade de chuva, neste caso o modelo entende que não há precipitação efetiva. A classificação do grau de suscetibilidade da erosão foi de nula a ligeira.

Palavras chaves: Capacidade de infiltração, perdas inicias, precipitação efetiva, Modelo Hidrológico *Curve Number*.

ABSTRACT

The occupation's land and its dynamic uses have been leading, in the Amazon region, to a conversion of natural areas to others than primary economic activities. This kind of changes without proper planning could interfere in the maintenance of water resources because the change in land uses modifies the soil structure. Such modifications lead to decrease the infiltration capacity of the soil and thus increasing the runoff process, further more when this region show high rates of rainfall during the year due to its geographical location. The runoff process can cause soil erosion, changes of water bodies and the increasing its flow, providing over time the possibility of deluges. Regarding to all issues mentioned above, this work aimed to estimate the surface runoff using the mathematical hydrological model Curver Number, projected by the Soil Conservation Service(SCS, 1972) that call the surface runoff as effective precipitation (Pe), and the soil erosion susceptibility in the sub-basin of the Cotia river using the Mendes method(1982). The work was divided into eight stages: the first stage was the completion of the characterization of the area. The second step, consisted in the hydrological soil classification, through data pedology and land use, according to the method of Lombardi Neto et al. (1989), thus leading to the third stage, which was set by an average pondered the admission Cn to represent the entire study area in the three situations antecedent moisture. Through this admission Cn was possible to calculate the maximum capacity of water infiltration (S) and so estimate the initial loss (Ia = 20% S), thus finishing the fourth stage. The fifth step consisted in the maximum estimated annual rainfall through the observed maximum precipitation of rainfall station using the Gumbel method (1941) and then set the return time and the duration. The rainfall-runoff model was applied in the seventh stage by using the information from annual maximum estimated precipitation to obtain the effective precipitation parameter (Pe). Finally, the framework of the degree of susceptibility to soil erosion was performed. Results showed that use of the land is divided into 26.24% of extensive cattle, 0.11% of agrosylvopastoral system, 11.19% and 62.08% of savannah forests. The hydrological soil classification was 74.52% of type A soil, 25.1% of type D and 0.39% of water bodies. The infiltration capacity (S) is higher in moisture situation I (dry soils) and it is presented well defined in June, July and August, when the studied area lost water due to evaporation. Effective precipitation (Pe), the return time parameter and the length of time are increasing at the same time, and it was only possible to verify the existence of this process in the moisture situation II(normal soils) and III(humid soils) because in moisture condition I the amount of initial loss was greater than the amount of rain, in this case, there are not effective precipitation regarding to the rainfall-runoff model. The classification of the degree of susceptibility of erosion was null mild.

Keywords: Infiltration capacity, effective precipitation, Curver Number´s Hydrology model, initial losses.

SUMÁRIO

1 Introdução **12**
1.1Justificativa 12
2 Caracterização Física da Bacia do Rio Cotia **15**
2.1 Clima 15
2.2 Contexto Geológico Regional 18
2.2.1 Descrição das Unidades Litoestratigráficas 20
2.2.1.1 Fanerozóicos 20
2.2.1.2 Coberturas Cenozóicas 20
2.3 Geomorfologia 22
2.3.1 Descrição das unidades geomorfológicas e as depressões 24
2.3.1.1 Planícies Aluviais 24
2.3.1.2 Ambiente Denudacional. 25
2.4 Solos 26
2.5 Mapeamento Tipologia do Uso da Terra do Rio Cotia 29
3 Fundamentação Teórica **33**
3.1 Modelagem na Geografia Física 33
3.2 Bacia Hidrográfica como Objeto de Estudo na Geografia 34
3.3 O Uso do Sistema de Informação Geográfico e os Modelos Hidrológicos 37
3.3.1 Modelo Chuva-vazão do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos (*curve number)* para obter escoamento superficial. 38
4 Desenvolvimento Metodológico **44**
4.1 Matérias e Método 44
4.1.1 Confecção de Cartograma 44
4.1.2 Procedimento para calcular os Parâmetros Morfométricos 48
4.1.2.1 Equação Morfométrica 48
4.1.2.2 Parâmetros de Característica da Rede de Drenagem Fluvial 50
4.1.3 Classificação Hidrológica dos Tipos de Solo 50
4.1.4 Obtenção do Cn Admissional 53
4.1.5 Capacidade de Infiltração da Água no Solo (S) e da Perda Inicial (Ia=20%S) 54
4.1.6 Dados Meteorológicos 54
4.1.7 Frequência do Evento de precipitação Absoluta 54
4.1.8 Precipitação Máxima Anual observada e Estimada com o Método Gumbel 54
4.1.9 Precipitação Efetiva Estimada Através do Método Curve Number 56

4.1. 10 Classificação de Suscetibilidade a Erosão de Acordo com Mendes 56
5 Resultados e Discussões 58
5.1 O Uso do Sistema de Informação Geográfico aplicado à Caracterização Morfométrica do Rio Cotia/RO. 58
5.2 Classificação Hidrológica dos Solos da Bacia do Rio Cotia 61
5.3 A obtenção da *Curve Number* (CN) admissional para a Bacia do Rio Cotia 66
5.4 Capacidade de Infiltração de Água pelo Solo (S) e da Perda Inicial (Ia=0,2*S) da Bacia do Rio Cotia 73
5.5 Frequência de Precipitação da Bacia do Rio Cotia 75
5.6 Precipitação Máxima Observada e Estimada da Bacia do Rio Cotia 77
5.7 Analise da Precipitação Efetiva (Pe) estimada para a Bacia do Rio Cotia 80
5.8 Classificação da Suscetibilidade a Erosão dos Solos do Rio Cotia 89
6 Considerações Finais 93
7 Referências Bibliográficas 96

LISTAS DE FIGURAS

Figura 01: Localização da Bacia do Rio Cotia 14
Figura 02: Precipitação Média Anual 17
Figura 03: Geologia da Bacia do Rio Cotia 19
Figura 04: Geomorfologia da bacia do rio Cotia 23
Figura 05: Pedologia da bacia do rio Cotia 28
Figura 06: Uso da Terra 32
Figura 07:Estrutura Conceitual da Organização Espacial e envolvimento com Disciplinas subsidiárias 34
Figura 08: Ciclo Hidrológico 36
Figura 09: Relação precipitação e o Tempo 40
Figura 10:. Tabela de Atributo *shapefile* 45
Figura 11:. Tabela de Atributo *shapefile* 45
Figura 12: Tabela de Atributo *shapefile* 46
Figura 13: Tabela de Atributo *shapefile*. 46
Figura 14: Tabela de Atributo *shapefile* 46
Figura 15: Tabela de Atributo *shapefile*. 47
Figura 16: Tabela de Atributo *shapefile* 47
Figura 17: Tabela de Atributo *shapefile* 48
Figura 18: Hierarquia Fluvial Strahler da bacia Hidrográfica do rio Cotia 59
Figura 19: Imagem de SRTM com a Altitude da Bacia do Rio Cotia. 61
Figura 20: Classificação Hidrológica do Solo da Bacia do Rio Cotia 65
Figura 21: Espacialização do Cn admissional para as três situações de umidade antecedente 72

LISTAS DE FOTOGRAFIA

Foto 01: Terraço Fluvial Dissecado baixo 24
Foto 02: Áreas Antrópicas de Pecuária Extensiva 30
Foto 03: Áreas Antrópicas de Sistema Agrossilvipastoril 30
Foto 04: Vegetação Natural 31
Foto 05: Cerrado 31
Foto 06: Áreas Alagadas em Solos Hidrológicos D 68
Foto 07: Áreas Alagadas em Solos Hidrológicos A 70
Foto 08: Áreas Alagadas em Solos Hidrológicos A 70

LISTAS DE QUADROS

Quadro 01: Características dos Solos 26
Quadro 02: Tipologia de Uso da Terra da Bacia do Rio Cotia 29
Quadro 03: Valores de CN, conforme SCS, 1975. 42
Quadro 04: Condição de Umidade do Solo, conforme SCS, 1975 43
Quadro 05: Grupo de Solos Hidrológicos 51
Quadro 06: Coeficiente de Desagregação Pluviométrico (DNOS) 56
Quadro 07: Graus de Limitações do Solo por Suscetibilidade a erosão 57
Quadro 08: Índice Morfométricos da BH do Rio Cotia 58
Quadro 09: Classificação Hidrológica do Gleissolo Distrófico 62
Quadro 10: Classificação Hidrológica do Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico 63
Quadro 11: Classificação Hidrológica do Latossolo Amarelo Distrófico 64
Quadro 12: Valores de Cn Admissional para as três situações de Umidade 66 /67
Quadro 13: Calculo do Período de Retorno e Precipitação Estimada Segundo o Método Gumbel (1941) 77
Quadro 14: Precipitação Estimada para 1 dia e 24 horas 78
Quadro 15: Precipitação Estimada para diferentes tempos de Duração 79
Quadro 16: Classificação da Suscetibilidade a Erosão 90
Quadro 17: Relação entre área Natural e o Desmatamento 91

LISTAS GRÁFICOS

Gráfico 01: Precipitação Média Mensal (1945 – 1995) 15
Gráfico 02: Precipitação e Temperatura Médias Anuais de (1961 – 1990) 16
Gráfico 03: *Curve Number* para Solos Hidrológicos Tipo A 69
Gráfico 04: Capacidade de Infiltração dos Solos do Rio Cotia 73
Gráfico 05: Perdas Iniciais da Precipitação do Rio Cotia 74
Gráfico 06: Histograma de Frequência Absoluta de Precipitação 2011 75
Gráfico 07: Histograma de Frequência Absoluta de Precipitação 2012 76
Gráfico 08: Histograma de Frequência Absoluta de Precipitação 2013 76
Gráfico 09: Correlação entre Precipitação Máxima anual Observada e a Estimada 78
Gráfico 10: Correlação entre Precipitação de 1 dia X 24 horas para todos os Tempo de Retorno 79
Gráfico 11: Precipitação Máxima Estimada com Método Gumbel 80

Gráfico 12: Precipitação Efetiva (Tr 2 anos) 82
Gráfico 13: Precipitação Efetiva (Tr 4 anos) 82
Gráfico 14: Precipitação Efetiva (Tr 8 anos) 82
Gráfico 15: Precipitação Efetiva (Tr 15 anos) 82
Gráfico 16: Precipitação Efetiva (Tr 20 anos) 83
Gráfico 17: Precipitação Efetiva (Tr 25 anos) 83
Gráfico 18: Precipitação Efetiva (Tr 50 anos) 83
Gráfico 19: Correlação entre a Precipitação Estimada e a Precipitação Efetiva (Tr 2 anos) 85
Gráfico 20: Correlação entre a Precipitação Estimada e a Precipitação Efetiva (Tr 50 anos) 85
Gráfico 21: Precipitação Efetiva (Tr 2 anos) 86
Gráfico 22: Precipitação Efetiva (Tr 4 anos) 86
Gráfico 23: Precipitação Efetiva (Tr 8 anos) 86
Gráfico 24: Precipitação Efetiva (Tr 15 anos) 86
Gráfico 25: Precipitação Efetiva (Tr 20 anos) 87
Gráfico 26: Precipitação Efetiva (Tr 25 anos) 87
Gráfico 27: Precipitação Efetiva (Tr 50 anos) 87
Gráfico 28: Correlação entre a Precipitação Estimada e a Precipitação Efetiva (Tr 2 anos) 89
Gráfico 29: Correlação entre a Precipitação Estimada e a Precipitação Efetiva (Tr 50 anos) 89
Gráfico 30: Relação entre Área Natural e o Desmatamento 92

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

Este trabalho é oriundo do projeto de pesquisa Vulnerabilidade Natural da Bacia Mutumparaná - RO, no período 2009 a 2011, sobre coordenação do Professor Dr. Dorisvalder Dias Nunes e também do projeto de pesquisa Análise da Dinâmica Hídrica Quali-quantitativa como subsídio para gestão de riscos ambientais, que teve inicio em 2010, sobre coordenação da Professora Mestre Tatiane Emílio Checchia, ambos, professores da Universidade Federal de Rondônia. A escolha da bacia do Mutumparaná tem como uns dos motivos a edificação da hidrelétrica de Jirau, a qual faz parte dos empreendimentos hidrelétricos do alto rio Madeira. Desta forma, tal área passou a ser palco de vários estudos científicos, gerando assim um banco de dados que auxiliou o desenvolvimento do objetivo proposto.

Dentro da bacia Mutumparaná, elegeu-se a sub-bacia do rio Cotia que se encontra localizada no extremo oeste do Estado de Rondônia, Brasil. Ela abrange os municípios de Porto Velho e Nova Mamoré, deságua no rio Madeira, entre coordenadas geográficas 9°35’0’’ S a 10°15’0’’s e 64°50’0’’W a 65°20’0’’W, com aproximadamente 1.233 Km^2 de área (figura 01).

Na área, a expansão da atividade primária de agropecuária devasta a floresta natural, promovendo impactos antrópicos que afetam o meio físico da área de estudo. O aumento do desmatamento pode estar associado às novas formas de ocupação, ou seja, às novas fronteiras agrícolas para a região. Observa-se que a redução das áreas com vegetações e a substituição por pastagem contribuíram para um desequilíbrio hídrico das bacias hidrográficas, acionada em parte pela impermeabilidade dos solos, possibilitando o aumento dos processos de escoamento superficial como ilustrado em Silva Filho, 2009.

A mudança do uso e ocupação da terra em bacias hidrográficas implica uma necessidade de estudo que esclarece o grau de risco ao qual esse ambiente pode estar submetido. Para isso, conta com vários métodos e modelos ambientais e ferramentas que auxiliam nessa construção. Uma ferramenta bastante utilizada são as imagens de satélite que permitem, através de um *software,* analisar as mudanças ambientais da superfície terrestre, permitindo o mapeamento dessas mudanças. E a escolha de um modelo que englobe além da informação do uso da terra, mas também que se importe com as características físicas dos solos, e através dessas duas variáveis possam estabelecer uma avaliação de impactos do uso do solo na resposta

hidrológica da bacia. E com esse intuito, o presente trabalho buscou no modelo hidrológico matemático Chuva-vazão ou *curver number,* desenvolvido pela divisão do departamento de agricultura dos Estados Unidos, *Soil Conservation Service* em 1950, caracterizado por ser um modelo empírico, que estima a partir de um evento de precipitação a precipitação efetiva ou escoamento superficial, relacionando uso da terra e as características dos solos.

Esta escolha também foi incentivada por apresentar uma redução de parâmetros de entrada, justamente devido a escassez de dados. Mas isso, não desprestigia o trabalho, pelo contrário, esse modelo vem sendo muito utilizado em trabalhos acadêmicos das universidades brasileiras e pelo Departamento Nacional de infraestrutura – DNIT.

Desta maneira, o estudo tem como objetivo estimar a precipitação efetiva da bacia do rio Cotia, através do modelo *curve number*. E para alcança o objetivo proposto, foi necessário no primeiro capítulo realizar a caracterização física da área da bacia hidrográfica, verificando a que tipo de regime climático a área se encontra, as descrições das unidades geológicas, geomorfológicas, solo e tipologia de uso da terra. O segundo capítulo traz a análise da temática discutida e como essa se encaixa dentro da ciência geográfica, além de explicar o modelo escolhido. No terceiro capítulo, apresentamos o desenvolvimento metodológico, com as equações e os procedimentos necessários para executar o objetivo. E no quarto capítulo, os resultados e discussões, onde são aplicados os métodos e são feitas as principais analise das respostas do modelo escolhido.

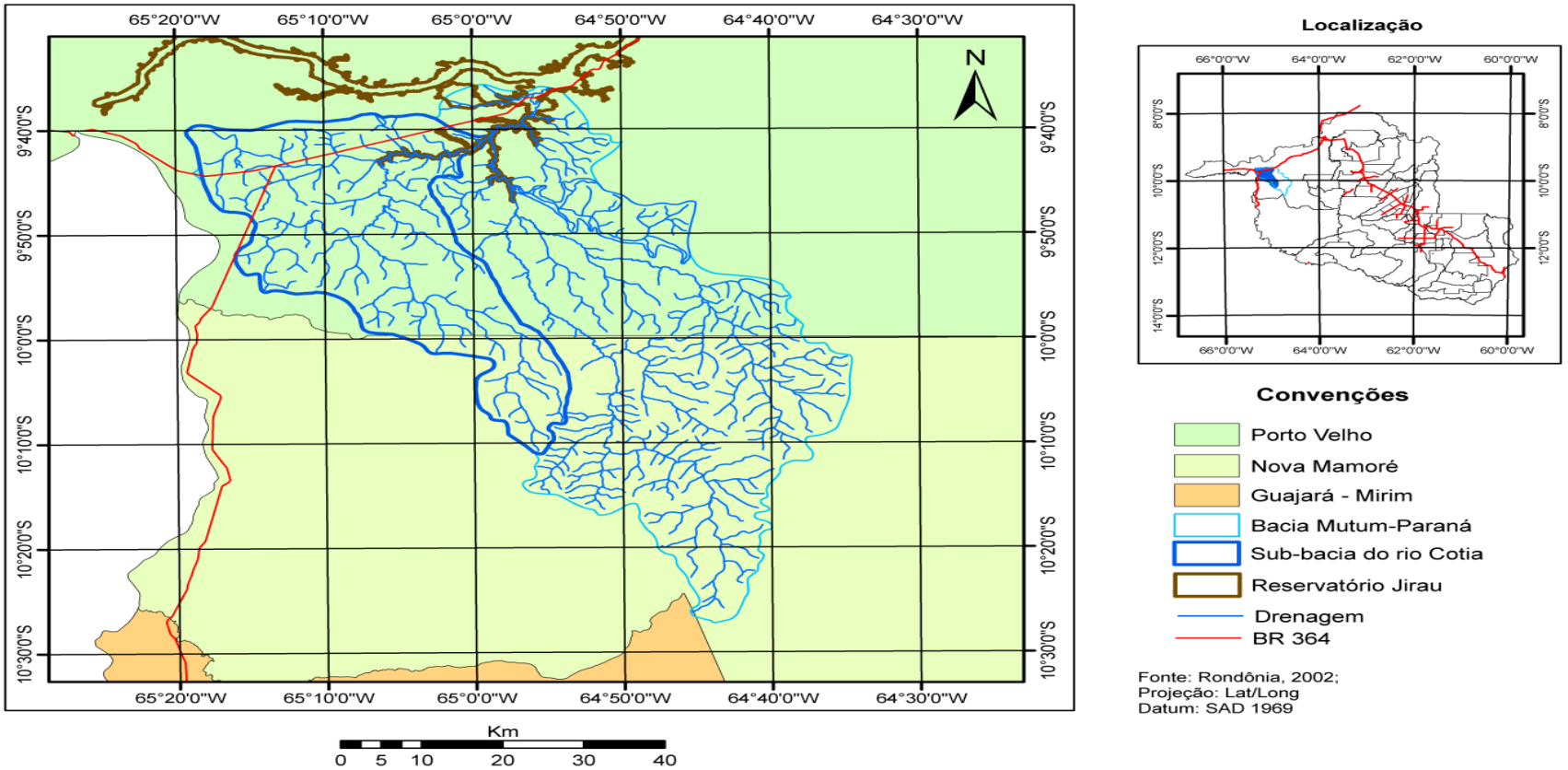


Fig.01: Localização da sub-bacia do rio Cotia
Fonte: Rondônia, 2002.
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2013.

2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA SUB-BACIA DO RIO COTIA

2.1 Clima

Segundo Gama (2005), as condições climáticas da cidade de Porto Velho – Rondônia, de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Aw, tropical chuvoso (gráfico 01), com uma estação relativamente seca durante o ano e temperaturas médias anuais de 25,5 ºC, máxima de 31,5 ºC e mínima de 20,7 ºC (gráfico 01).

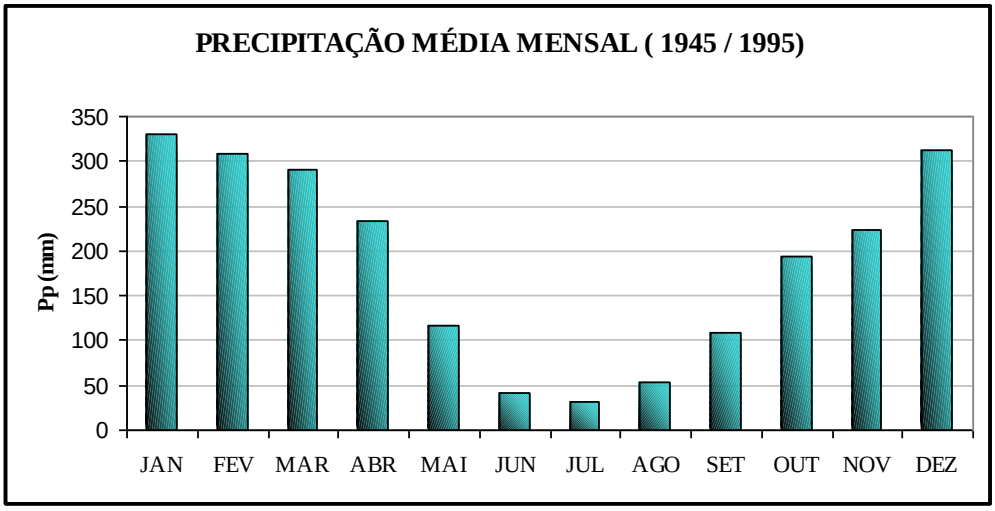


Gráfico 01: Precipitação Média Mensal (1945 a 1995)
Fonte: Gama 2005.

O gráfico 02 com dados de 30 anos de precipitações e Temperatura Médias Anuais da cidade de Porto Velho, fornecido pelo do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), apresenta uma região com duas estações, verão chuvoso e inverno seco. Segundo Gama (2005), esse fato está relacionado por fenômenos atmosféricos de altas convecções diurnas. O regime térmico é devido a sua localização latitudinal e baixa altitude, caracterizando temperaturas altas.

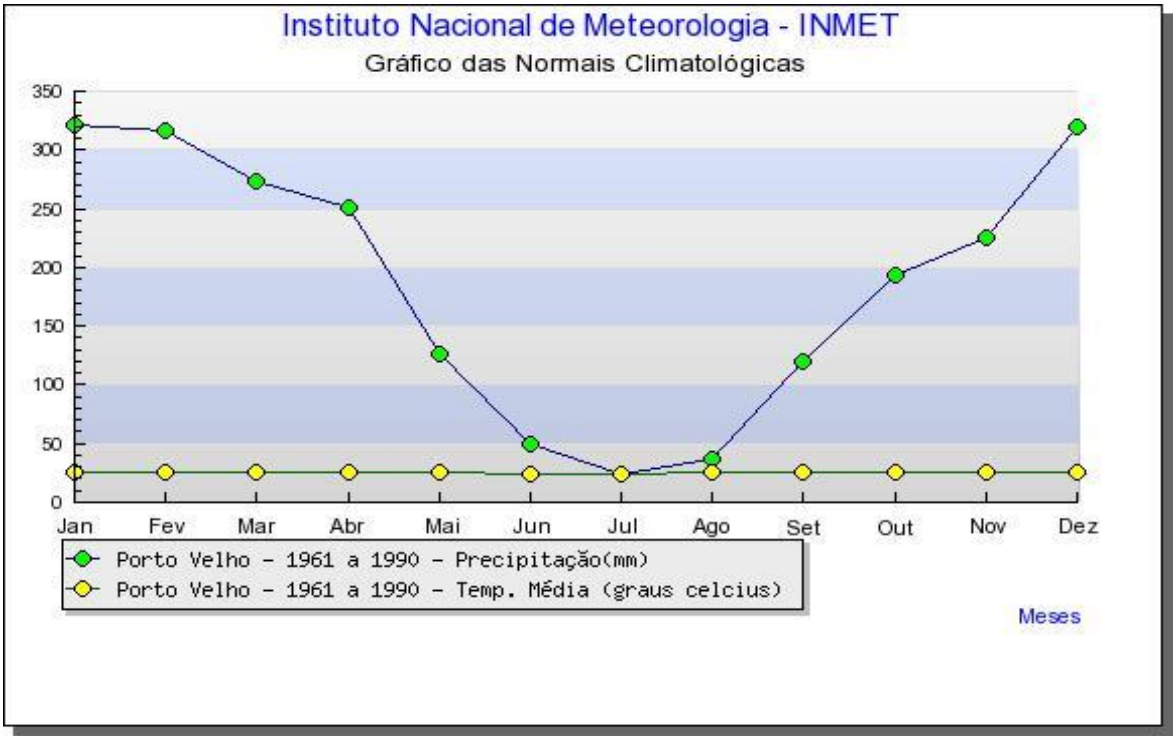


Gráfico 02: Precipitações e Temperatura Médias Anuais de 1961-1990
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia-INMET

A figura 02 espacializa os dados de precipitação anuais do Estado e mostra que a bacia do rio Cotia se encontra entre áreas diferentes, sendo mais chuvosa a região sudeste do que a noroeste.

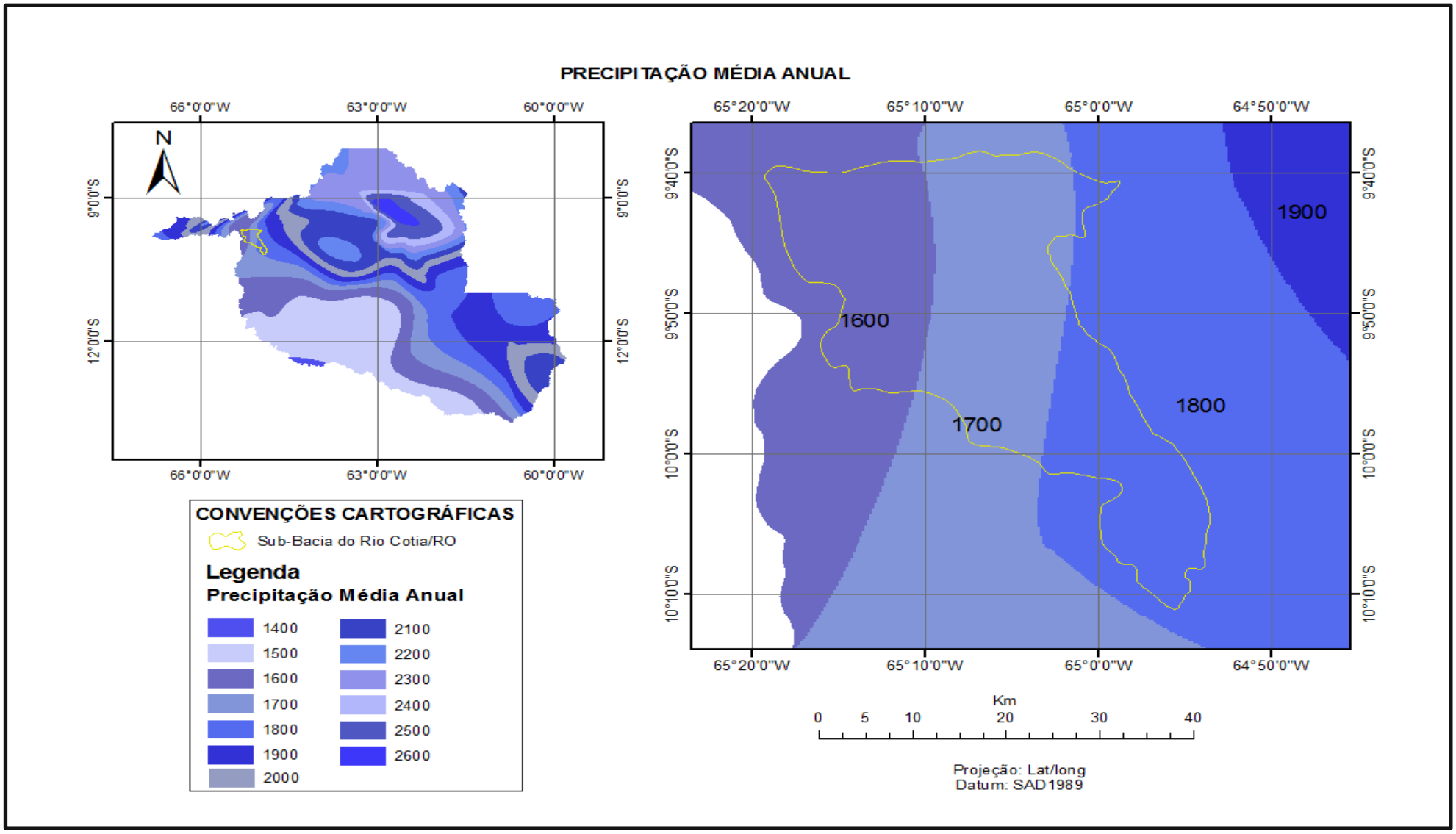


Fig.02: Precipitação Média Anual
Fonte: Rondônia, 2002
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2013.

2.2 Contexto Geológico Regional

A bacia do rio Cotia está inserida na Província Rondônia Juruena localizada na unidade geotectônica denominada de Cráton Amazônico e se subdivide em três subprovíncias: Madeira, Xingu e Carajás. Dentre essas, a subprovíncia do Madeira envolve todo estado de Rondônia, o sul do estado do Amazonas, o norte do estado do Mato Grosso e o oeste do estado do Mato Grosso do Sul (CPRM, 1990a).

De acordo com os dados levantados pelo Serviço Geológico Brasileiro (CPRM, 1990a) a área de estudo possui como representação do escuto cristalino a unidade geológico Complexo Jamari, o qual durante o mapeamento do Projeto RADAMBRASIL (1978), foi denominado de Complexo de Xingu baseado na semelhança de suas rochas com as da Amazônia Oriental, porém, através dos parâmetros geocronológicos e nas associações litótipo concluíram que essa denominação não poderia corresponder à área, pois, a litologia correspondia a uma geologia regional (CPRM, 1999b). E durante o Projeto Rio Madeira (RIZZOTTO *et. al*, 2005) ao estudarem as rochas Ganisses polideformados e migmatizados, que pertencia ao Complexo Jamari, foi desagregado e passou a se chamar de Complexo Nova Mamoré.

O Complexo do Jamari é caracterizado por compor-se de ortognaisses tonalíticos e quartzo-dioríticos, onde, raramente, sustentam relevos positivos e os afloramentos são na maioria das vezes lajeados de origem megaplutônica de ambiente tectônico do arco magmático data do Arqueano/Proterozóico (CPRM, 2007d).

A configuração das bacias sedimentares da região Amazônica está relacionada ao processo de soerguimento e subsistência das placas tectônicas no éon fanerozóico. Na idade mesozoica, ocorreram eventos que contribuíram com a reativação de magmas básicos e com a formação de depressões preenchidas por rochas vulcânicas e sedimentares. No quartenário, o leito ativo das redes de drenagem contribuiu para formação de depósitos de sedimentos. Desta forma, podemos observar, na figura 3, a configuração das unidades geológicas sedimentos cenozóicos resultantes destes dos eventos tectônicos na área de estudos. São: Formação Rio Madeira, Cobertura Detrito-Lateríticas, Cobertura Sedimentares Indiferenciadas, Depósitos Argilosos e Aluvionares (CPRM, 2007d).

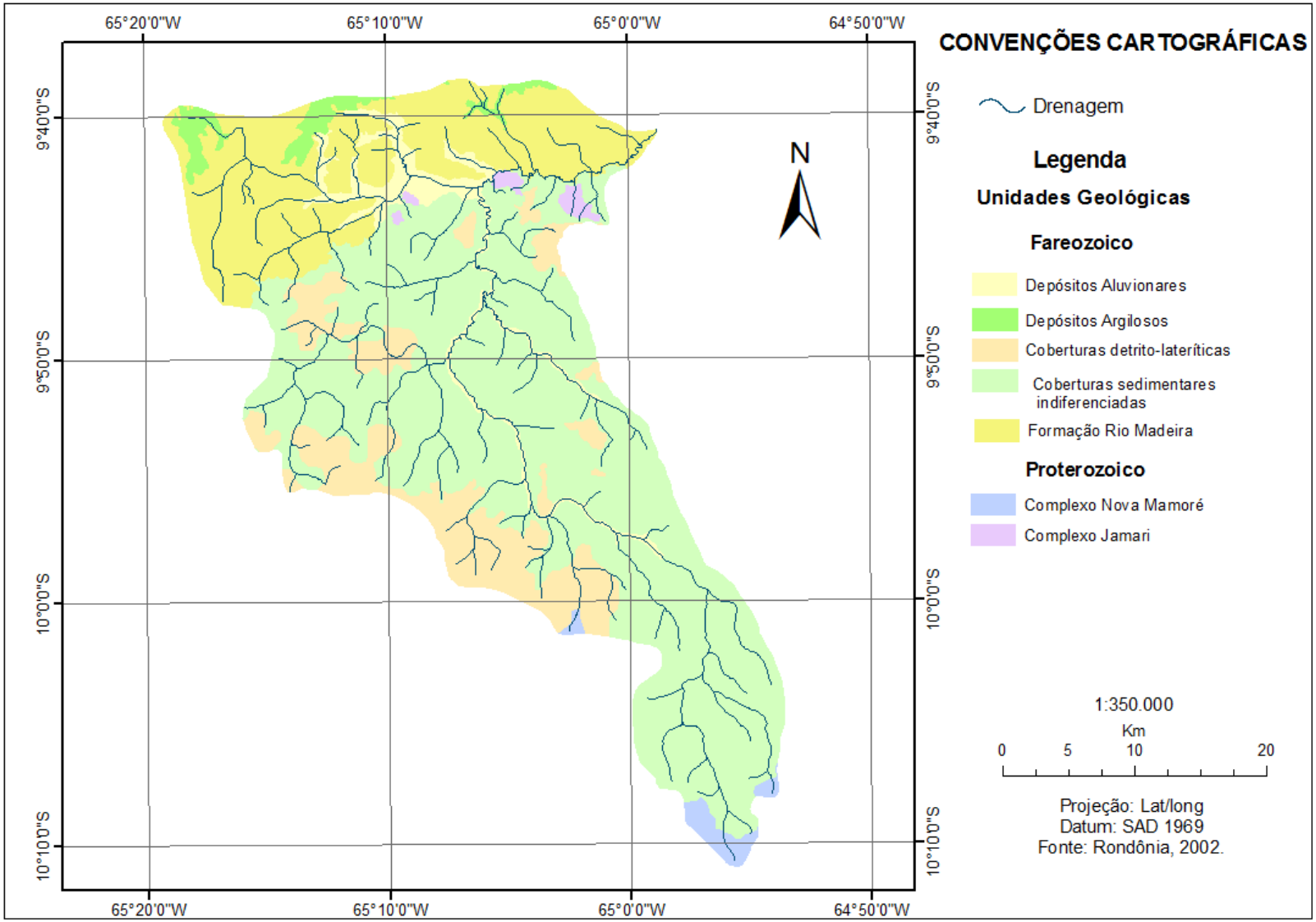


Figura 03: Geologia da Bacia do Rio Cotia.
Fonte: Serviço Geológico Brasileiro, 2007
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2013

2.2.1 Descrições das Unidades Litoestratigráficas

2.2.1.1 Fanerozóico

a) Complexo Jamari: o complexo geológico é formado por rochas metamórficas como ortognaisses tonalítico e quartzo-diorito, de origem metaplutônica. Os ortognaisses apresentam composição centimétrico de quartzo-feldspáticos granadífera dobrados e boudinados, sendo que estes apresentam textura miloníticas dominante, caracterizado por porfiroclástico de minerais agregados por quartzo e feldspato (CPRM, 2007d). De acordo com Payolla et al. (2002), os episódios magmáticos mais antigos em Rondônia estão registrados nos ortognaisses tonalíticos, quartzo-dioríticos e enderbíticos, os quais forneceram idades U-Pb de 1750 ± 24 Ma,1761 ± 3 Ma e 1730 ±22 Ma, respectivamente.

b) Complexo Nova Mamoré: formado por gnaisses polideformados e migmatizados, sendo paraderivadas de gnaisses quartzo-feldspático , granada-biotita-quartzo gnaisse bandado, granofels quartzo-feldspáticos, gnaisses calcissilicático e sillimanita-granada-biotita-quartzo xisto (CPRM, 2007d).

2.2.1.2 Coberturas Cenozóicas

a) Depósito Aluvionares: sedimentos inconsolidados de depósito de leites e margens dos canais fluviais. Composta por areias grossas e cascalho de seleção variável da drenagem de maior parte (CPRM, 2007d).

b) Depósitos Argilosos: resultante do transbordamento do rio Madeira, depositados em pequenas depressões e lagos marginais, com desenvolvimento de vegetação rasteira (CPRM, 2007d).

c) Cobertura Detrítico Laterítica: sedimentos colúvionares e aluvionares clásticos, são mais expressivas nas áreas periféricas das grandes depressões da Amazônia e do Centro-Oeste. São sedimentos argilo-arenosos amarelados, caoliníticos, alóctones e autóctones, parcial a totalmente pedogeneizados (latossolos argilo-arenosos), gerados por processos alúvio-coluviais. São sedimentos detrito-lateríticos ocorrem preferencialmente nas regiões de relevo arrasado, além dos interflúvios tabulares e associado a pequenas elevações dominadas pelo horizonte concrecionário do perfil laterítico. Constituem-se, em grande parte, de depósitos

colúvio-aluvionares areno-argilosos. Esses depósitos, na sua base, são constituídos por seixos provenientes dos próprios lateritos concrecionário, formando corpos do tipo *stone-line* e, no topo, por material argiloso proveniente do horizonte mosqueado. Os lateritos imaturos, quando desmantelados, também passam a constituir parte das coberturas detrito-laterítica modelando grande parte do relevo atual. Em certas áreas, onde a parte superior está mais espessa e endurecida e houve maior entalhamento da drenagem, observa-se a formação de um relevo tendendo a platôs. Esses lateritos imaturos, por sua vez, representam tipos com baixo grau evolutivo, caracteristicamente plintíticos e petroplintíticos, mostrando perfis geológicos simples, que permitem observar, onde preservados, uma estruturação geral que consiste de horizontes bem definidos, a saber: horizonte de solo, no topo; horizonte colunar/concrecionário; horizonte mosqueado; horizonte pálido e rocha-mãe na base (CPRM, 1990a).

d) Cobertura Sedimentares indiferenciados: São sedimentos de acumulação de ambiente fluviais, depósitos de bacias de inundação com sedimentos inconsolidados e semi - consolidados, formados por cascalho, areia de granulação grossa e argila. Esses sedimentos são resultantes das evoluções do leito ativo e planície de inundação, com a formação de sucessivos depósitos de barra de canal longitudinal e transversal, em pontal, de diques marginais e planícies de inundação, que ocorrem nas margens do rio Madeira, rio Mutum e do rio Cotia (CPRM, 2007d). e) Formação Rio Madeira: área de inundação do leito ativo do rio Madeira, formado por sedimentos inconsolidados a semiconsoloidados, parcialmente ferruginizados, constituídos por cascalho e areia grossos.

2.3 Geomorfologia

As unidades geomorfológicas são Planícies Aluviais e Denudacionais. De acordo com Christofoletti (1981) a unidade geomorfológica de Planície Aluvial são relevos formados por influências de ambientes fluviais, resultante de cargas detrítica provida pelos cursos da água, com característica granulométrica variada, após ser transportada ocorre a deposição em condições diversas em escala temporo-espacial. Gerando assim, uma paisagem topográfica que envolve as condições sedimentares e os arranjos estruturais do acamamento sedimentar.

As unidades Denudacionais, segundo Casseti (2005), têm o seu processo evolutivo associado às mudanças climáticas no período geológico. Assim, durante o clima seco, o processo de denudação ocorre com a desagregação mecânica das rochas caracterizando um ambiente de formação espesso de mantos resultante de depósito coluvial. E em climas úmidos ocorre a incisão e aprofundamento das redes de drenagens. Para melhor compreensão, a figura 04 apresenta as unidades geomorfologias e os mapeamentos realizados pelo zoneamento socioeconômico de Rondônia.

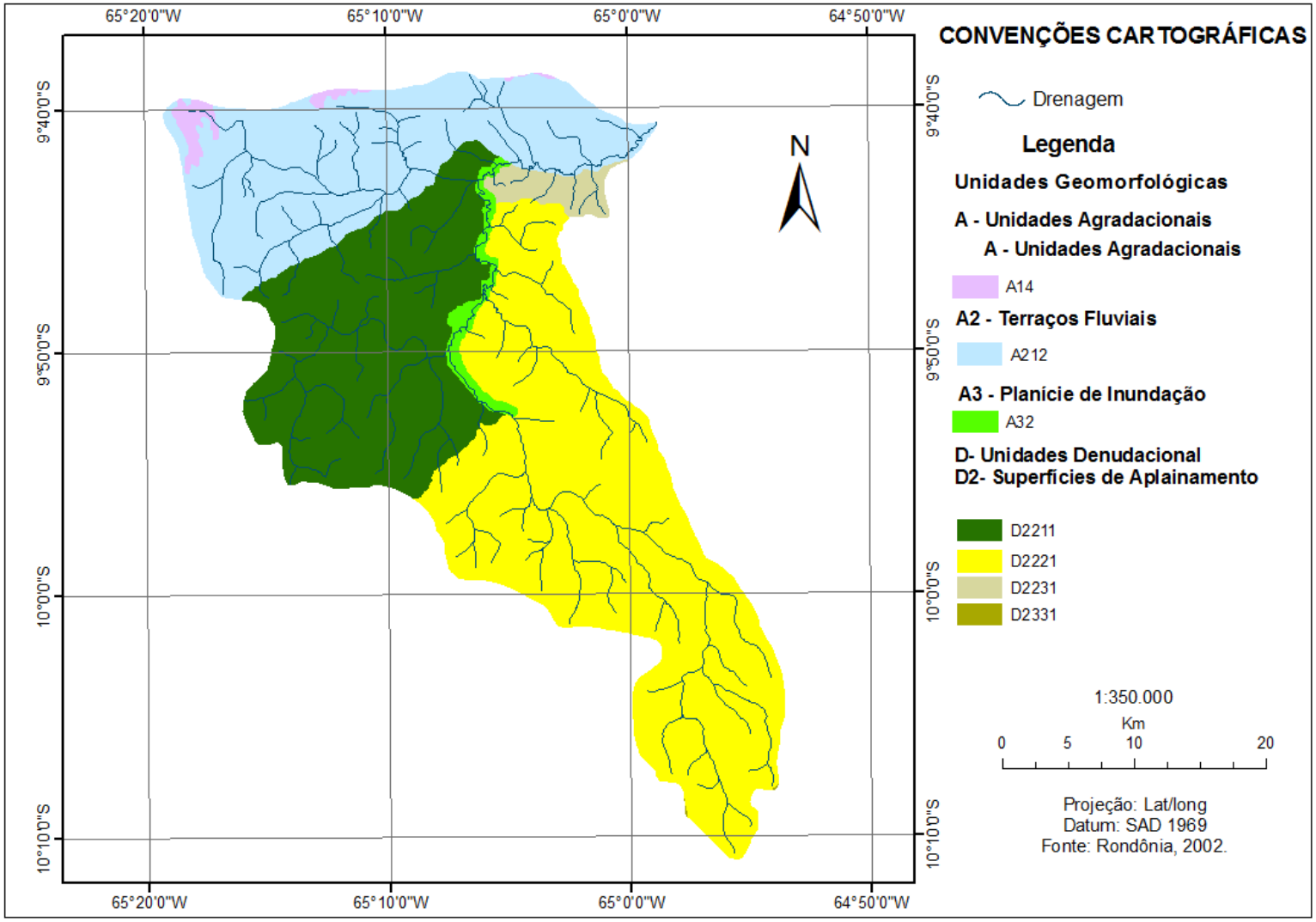


Figura 04: Geomorfologia da bacia do rio Cotia.
Fonte: Rondônia, 2002.
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2013.

2.3.1 Descrições das unidades geomorfológicas e as depressões

2.3.1.1 Planícies Aluviais

a) Áreas Alagadas

A14 – localizando-se principalmente na porção central da área da folha Abunã. Estas unidades correspondem principalmente a áreas alagadas, descontínuas, existentes na extensa área delimitada como terraço da margem direita do rio Madeira (RONDÔNIA, 2002).

b) Terraços Fluviais com Dissecação baixa

A212 - Estas unidades correspondem a antigas planícies do rio Madeira que se encontram atualmente acima do nível da planície fluvial. Estes terraços altos (altura média de 120 m), estão localizados em ambas margens deste Rio. No NE da folha Abunã, com largura aproximada a 5 km. Nestas áreas, o embasamento é composto por depósitos aluviais associados ao atual sistema de drenagem, e os solos são mapeados como Glei Distrófico, baixa dissecação e as evidências da presença de zonas alagadas, estão sujeitas a inundações prolongadas no período chuvoso ou em eventual transbordamento excessivo do rio Madeira (RONDÔNIA, 2002).

Foto 01:Terraços Fluviais com Dissecação baixa
Fonte: Acervo LABOGEOPA

c) Planície de inundação e vales

A32 - A unidade descrita como Planícies Inundáveis e Vales dos Rios Secundários ocorrem ao longo dos rios Abunã (principalmente), Cutia e Mutumparaná e afluentes de menor porte da bacia do rio Madeira. O maior destes rios, o Abunã, apresenta sinuosidade controlada por estruturas tectônicas com direção SW/NE. Esta planície contínua possui largura variável, porém as áreas mapeadas geralmente ocupam largura próxima a 2 km. Destaca-se a presença de pequeno lagos e meandros abandonados, principalmente nas margens do rio Abunã. As planícies fluviais são terrenos planos, compreendendo a planície de inundação. Essas áreas são formadas por sedimentos aluviais inconsolidados, constituindo-se em Aluviões Atuais. Os solos mapeados neste sistema correspondem a Latossolo Amarelo Distrófico (RONDÔNIA, 2002).

2.3.1.2 Ambiente denudacional.

a) Superfícies de Aplanamento

D2211 – Esta unidade corresponde a superfícies planas com esporádicos ou nenhum *inselberg*, apresentando interflúvios entre 1.750 e 3.000 m com aprofundamento dos vales que na média não ultrapassa os 20 m. A rede de drenagem pertencente às bacias de drenagem dos rios Madeira e Abunã apresentam padrão subdendrítico e com baixa densidade. (RONDÔNIA, 2002).

D2221 – Esta unidade corresponde a superfícies planas com esporádicos ou nenhum *inselberg*. O nivelamento desta superfície, atualmente sendo dissecada pelo sistema fluvial, instalado juntamente com o clima úmido, ocorre entre os 200m e 300m. O aprofundamento dos vales é pequeno, geralmente inferior a 20m, com dissecação média. A densidade de drenagem é média e o padrão da drenagem é dendrítico a sub-dendrítico. Esta superfície de aplanamento encontra-se formada sobre litologias indiferenciadas do Quaternário-Neogênico. Os solos são bem drenados, representado por Latossolos Amarelos Distróficos na margem direita e esquerda do rio Madeira.

D2231 – correspondem ao conjunto de relevos com moderada expressão superficial na folha Abunã, nas proximidades das margens do rio Mutumparaná e no setor SE da folha Abunã. Esta unidade corresponde a superfícies planas com esporádicos ou nenhum *inselberg*. O nivelamento desta superfície, atualmente sendo dissecada pelo sistema fluvial, instalado juntamente com o clima úmido, ocorre entre os 200m e

300m. O aprofundamento dos vales é pequeno, geralmente inferior a 20 m. A densidade de drenagem é alta e o padrão da drenagem é dendrítico ou subdendrítico. Estas Superfícies de Aplanamento encontram-se formadas sobre litologias indiferenciadas do embasamento Pré-rondoniano do Paleoproterozóico – Mesoproterozóico. Os solos são bem drenados, ocorrendo solos Latossolo Amarelo distrófico na região próxima ao rio Mutumparaná.

D2331 – Superfície de Aplanamento Nível III (200m), com dissecação alta e nenhum ou esporádicos *Inselbergs* e *Tors*.

2.4 Solos

A bacia do rio Cotia tem uma área de 1233 km^2. Pode-se estimar a porcentagem de cada tipo de solo apresentado na área, de acordo com os dados de Rondônia (2002). Conforme o guardo abaixo (01) e a figura 5.

TIPO DE SOLO	CARACTERÍSTICA	ÁREA (%)
Gleissolo Distrófico (Gd3)	0 – 2%, mal drenado e franco.	25,1%
Latossolo Amarelo Distrófico (LAd31)	0-2%, bem drenado e argiloso.	2,25%
Latossolo Amarelo Distrófico (LAd5)	2-8%, bem drenado e argiloso.	1,05%
Latossolo Amarelo Distrófico (LAd19)	8-30%, bem drenado e ligeiramente pedregoso.	0,15%
Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (LLd1)	0-2%, bem drenado e argilo arenoso.	71,45%

Quadro 01: Características de Solo
Fonte: Rondônia, 2002
Org.: Mirtilene Lopes Cruz

O Gleissolos Distrófico (Gd3) representando 25,10% da área de estudo, localizado em uma unidade Planície Aluvial Baixa, com declividade de até 2%, mal drenado, a unidade é uma grande depressão. A água subterrânea eleva-se para a superfície durante a época das chuvas. Os níveis de água subterrânea ficam 1m abaixo da superfície durante a época da seca. A litologia e de material originário é aluvião recente coberto por uma vegetação de floresta baixa, adaptada a condições de má drenagem (RONDÔNIA, 2002).

Os Latossolos Amarelo Distróficos (LAd) em menor porcentagem e encontra-se manchas separadas, com característica de solos profundos de coloração amarelada resultado do teor de sesquióxido de ferro (F_2O_3) de até 7%, a fração de argila é

constituída de argila primária com partículas grossas e entre os óxidos de ferro a presença de goetita, com textura de média a muito argilosa, bem drenagem, muito poroso e com baixa fertilidade natural. As manchas espalhadas se apresentam em graus de declividade diferentes, sendo, LAd31 com grau de declividade de até 2%, LAd5 2% a 8%, ambos com textura argilosa, e LAd10 com declividade de 8% a 30% e ligeiramente pedregoso (RONDÔNIA, 2002).

O Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (LLd1) é a principal mancha de solo da área, representando 71,45% da área. Caracterizado por ser bem drenado, argiloso arenoso, caracterizado por terreno plano, com declividade de 0 a 2%, suavemente dissecado, com altitude mínima de 140m e máxima de 165m. E apresentam 7% a 11% de teores sesquióxido de ferro (F_2O_3), embora ocorra o predomínio de goetita os teores de hematita aumentam à medida em que os solos se tornam mais avermelhados e baixa fertilidade natural (VIEIRA, 1975, GUERRA & CUNHA 1996, RONDÔNIA, 2002, IBGE 2007).

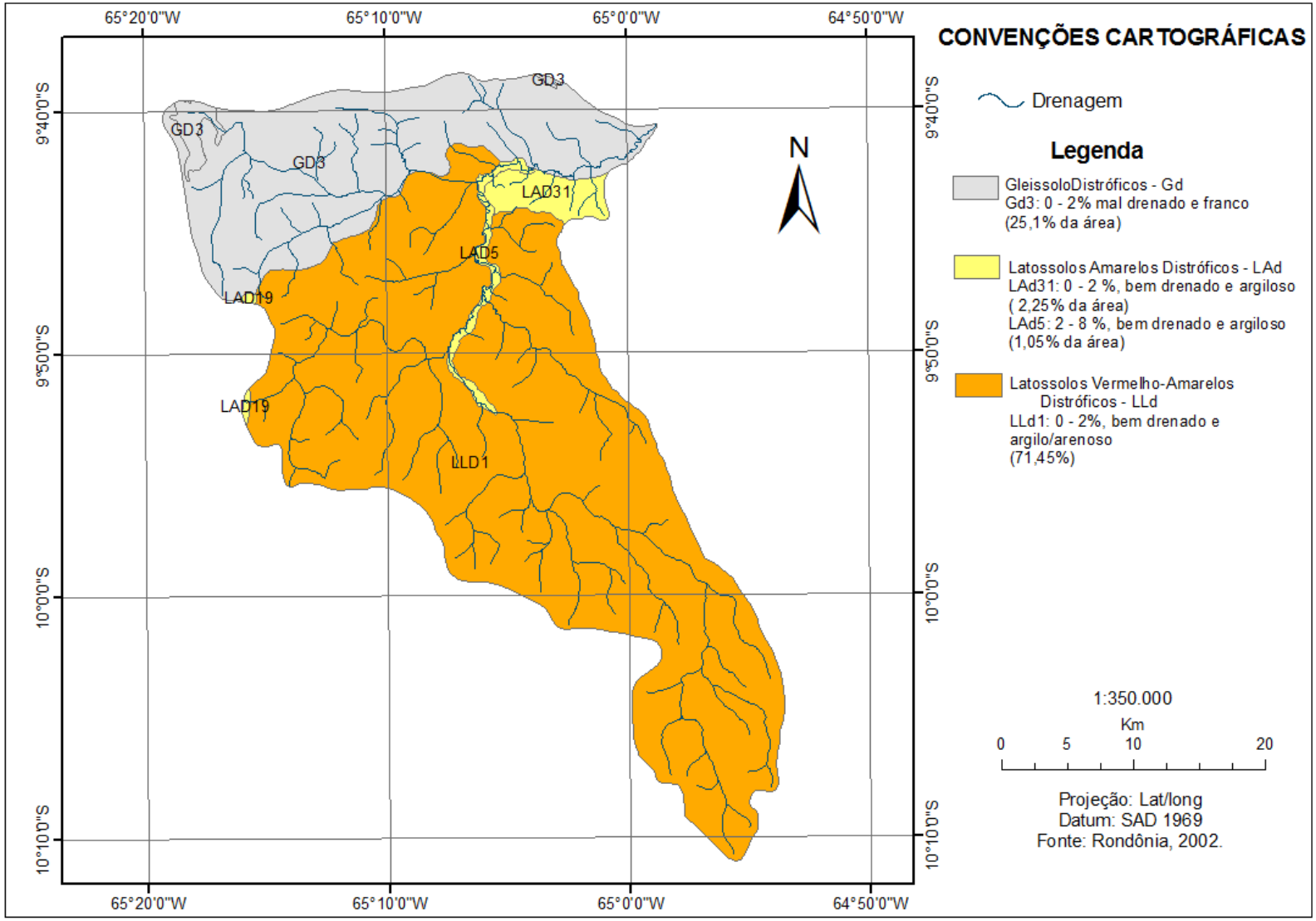


Figura 05: Pedologia da bacia do rio Cotia.
Fonte: Rondônia, 2002.
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2011.

2.5 Mapeamento da Tipologia do Uso da Terra da Bacia do rio Cotia.

De acordo com Nunes (2010), a tipologia de uso da terra da Bacia do Rio Cotia apresenta pecuária extensiva, sistema agrossilvipastoril, áreas de vegetação Florestada e Savana de Parque (Quadro 02).

Nomenclatura de uso da Terra	Tipologia de Uso da Terra	Caracterização e descrição	Área (km^2)	Área (%)
Áreas Antrópicas Agrícolas	Pecuária Extensiva	Sistema de produção em que o gado é criado solto na vegetação natural.	323,50	26,24
	Sistema Agrossilvipastoril	Sistema onde a produção	1,30	0,11
Áreas de Vegetação Natural	Savana	Consideram-se todas as formações arbóreas ou não do tipo Savana Estacional de zonas tabulares ou de planícies, com ou sem mata galeria.	138	11,19
	Florestada	Considera-se todas as formações arbóreas do tipo Savana Estacional ou Floresta Ombrófila, densa ou aberta, com dossel uniforme ou não, de zonas tabulares ou de planícies, com ou sem mata galeria.	765,40	62,08
Água	Corpo Hídrico (rios e igarapés)		4,8	3,9
		Total	1233	100

Quadro 02: Tipologia de Uso da Terra da Bacia do Rio Cotia
Fonte: Nunes, 2010.

As áreas antrópicas agrícolas de pecuária extensiva (foto 02) são caracterizadas como um sistema pecuário, onde ocorre a criação do gado de forma solto na vegetação natural. Considerando os dados apresentados, essa atividade representa 26,1% da tipologia do uso da terra. É a atividade econômica mais importante da área de estudo a qual indica a tendência da Amazônia Sul-Ocidental voltada para a pecuária (NUNES, 2010).

Foto 02:áreas antrópicas agrícolas de pecuária extensiva
Fonte: acevo LABOGEOPA, 2010.

Outra atividade de exploração econômica que apresenta em menor índice (1,5%) é o sistema agrossilvipastoril (Foto 03) o qual representa uma junção de cultivos agrícolas (pequenas manchas de café), arbóreo e animais.

Foto 03: Área Antrópica de Sistema Agrossilvipastoril
Fonte: Acevo LABOGEOPA, 2010

A vegetação natural na área de estudo com maior predominação é a Floresta, correspondendo em torno de 61% (foto 04). Consideram-se todas as formações arbóreas ou não do tipo Savana Estacional de zonas tabulares ou de planícies (Nunes, 2010).

Foto 04: Vegetação Natural
Fonte: Acevo LABOGEOPA,2010.

A vegetação de Cerrado em menor extensão 11% (foto 05). Consideram-se todas as formações com feições xeromórficas produzidas por estacionalidade ou estresse edafo-climático de origem hídrica ou de saturação de alumínio e ferro. As savanas brasileiras, denominadas de cerrados, podem ser definidas como ambientes onde existe um estrato herbáceo ou graminoso contínuo, exceto em algumas feições florestadas como o cerradão (RONDÔNIA, 2002).

Foto: 05: Cerrado
Fonte: Acevo LABOGEOPA, 2010.

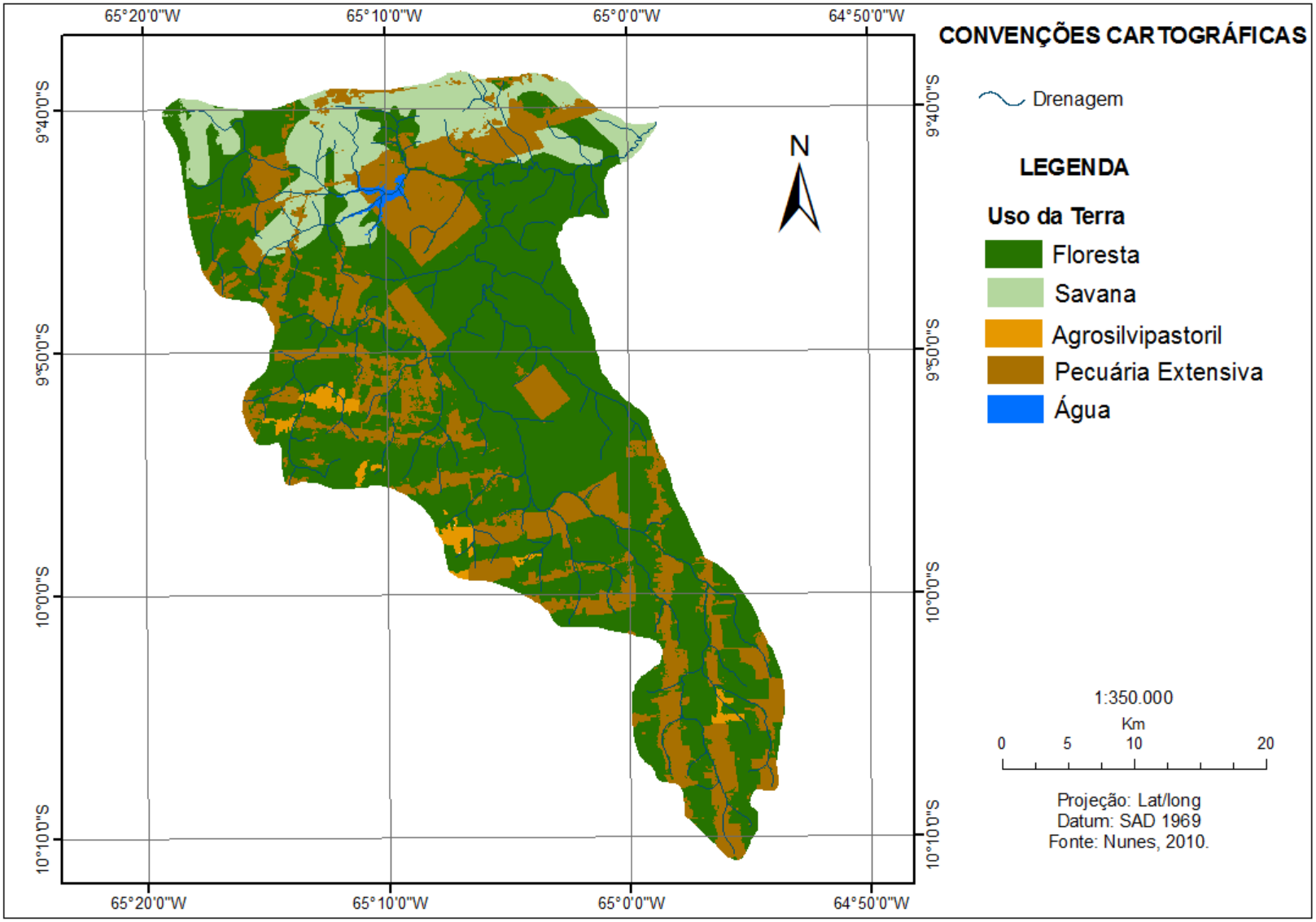


Figura 06: Uso da Terra da bacia do rio Cotia.
Fonte: Rondônia, 2002.
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2011.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Modelagem na Geografia Física

O britânico Richard John Chorley (1967), traduzido em 1975, desenvolveu os estudos de modelagem na geografia baseando-se em uma junção de conceitos. Entre eles, destacou-se a ideia de geografia de Ackerman (1963), que compreendia que a essência da geografia como ciência era a investigação do vasto sistema interativo, sendo este, formado pelo Homem e o ambiente natural. Outro a ser citado é Skiling (1964) que propõe conceito de modelos, o qual, teoricamente, pode ser uma hipótese estruturada, ou até mesmo, uma função, relação ou equação. E também Chorafas (1965), que denominou a modelagem como a simplificação de dados complexos do mundo organizado em um quadro disponível para o uso ou domínio.

Chorley (1975) conceituou a modelagem na geografia como uma estrutura simplificada da realidade que busca analisar as inter-relações existentes, associa a variabilidade e subjetividade com o grau de informações dos dados de entrada utilizado. Outro ponto a ser destacado, segundo o autor, e á estruturação dos dados, pois tal estruturação deve permitir uma aplicação gerando uma previsão aproximada da realidade. Faz-se necessário dentro da ciência empírica a reaplicação do modelo matemático e sua observação, permitindo o entendimento dos fenômenos em um modelo reduzido, proporcionando uma série de informações que devem ser bem estruturadas. Assim**,** dentro da perspectiva geográfica, passou a utilizar a matemática como ferramenta, utilizando os argumentos sobre o mundo real para rodar modelos espaciais ou modelos temporais.

Nesta perspectiva, Câmara (2005) trabalha a ideia de espaço computacional de representações, já que essa transformação está associada à evolução tecnológica que permite através do uso do Sistema de Informação Geográfico (SIG) a realização de tratamento computacional de dados geográficos, nos quais o sistema permite criar cenários ambientais devido à capacidade que o SIG tem em armazenar os atributos descritivos e a geometria dos diferentes tipos de dados geográficos.

Christofoletti (1999) ressalta que ao se estudar a complexidade dos sistemas ambientais na geografia torna-se necessária a admissão da interdisciplinaridade que contribua com a temática discutida (Fig. 07). O autor conceitua a geografia como ciência que busca esclarecer as organizações espaciais, as quais são formadas por um sistema funcional, estrutural e suas potencialidades adequadas ao planejamento. Para isso, as junções de outras disciplinas contribuem para desenvolver a sua compreensão de acordo com o objeto de averiguação, levando sempre em conta a estruturação, dinâmica dos elementos (físico, biogeográfico, sociais e econômicas) e o funcionamento.

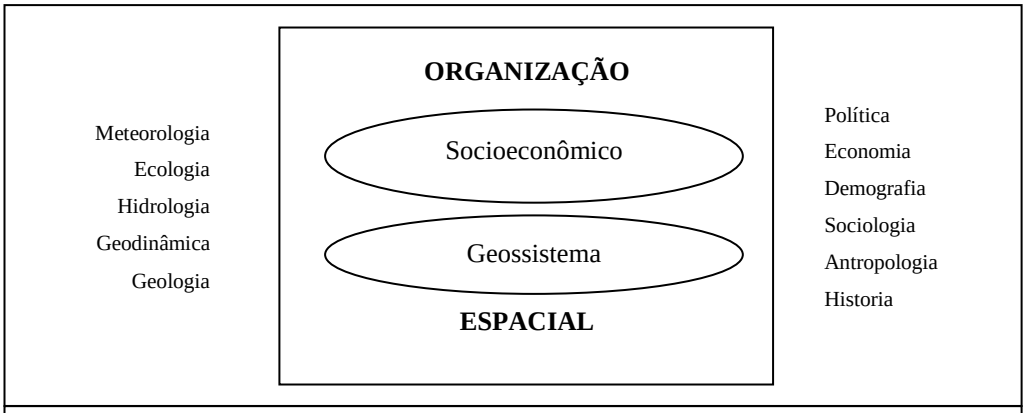


Figura 07: Estrutura conceitual da Organização Espacial e envolvimento com disciplinas subsidiárias.
Fonte: Christofoletti, 1999.

Outro ponto destacado por Christofoletti (1999), ao envolver as mudanças ambientais, é a compreensão dos parâmetros espacial-temporal, o envolvimento do tamanho da área territorial e os fenômenos, analisar as tendências, assim como observar o estado e funcionamento do sistema no momento atual. Tudo isso sobre a abordagem holística, considerando a estrutura, funcionamento e a dinâmica interativa evolutiva dos sistemas ambientais.

3.2 Bacia Hidrográfica como Objeto de Estudo na Geografia

Leopold *et. al* (1964) afirma que uma das grandes preocupações do geógrafo-físico é a análise da influência da água na esculturação da paisagem. A discussão em torno do conceito de paisagem (*Landschaft*) foi o legado deixado por Humboldt, que contribuiu para o desenvolvimento do conceito por outros pesquisadores,

durante o século XIX, principalmente por aqueles que seguem uma linha voltada para a natureza. De acordo com Naveh & Liberman (1994) o alemão biogeógrafo Karl Troll, após sua passagem pela África, no final da década de 1930, ficou fascinado pela paisagem de Savana. Assim sendo, passou a estudar , nessa região, os problemas do uso da terra e o desenvolvimento do oeste da África, então compreendeu a paisagem com uma visão holística, como uma entidade espacial e visual total, integrada, na qual o todo é mais que a soma das partes, criando assim o termo “ecologia das paisagens”. Segundo Rodriguez e Silva (2002), o esforço de Troll para compreender a paisagem não só em seu estado natural, mas também as interações sócias-espaciais contribuíram para o inicio da análise de sistemas ambientais.

Porém, a análise sistêmica da paisagem na geografia surgia na escola Russa por Viktor Borisovich Sotchava, na década de 1960. Inspirado pela teoria elaborada pelo biólogo austríaco Karl Ludwiz Von Bertalanffy, que desenvolveu seus estudos nos Estados Unidos denominado de “Teoria dos Sistemas”.

De acordo com Christofoletti (1999), Sotchava na busca de teorizar a ideia de paisagem de Humboldt e de sistema de Bertalanffy, criou a teoria geossistêmica, mas, tal estudo só teve sua tradução em 1972, desta maneira quem se destacou foi Bertrand representante da escola francesa. De acordo com Bertrand (1972), o geossistema possui uma visão determinista, situada em uma porção do espaço como resultado da dinâmica ecológica (geomorfologia, clima, hidrologia), exploração biológica (vegetação, solo, fauna) e a ação antrópica, sem homogeneidade fisionômica, formando um complexo essencialmente dinâmico.

Sotchava (1977) diz que a Geografia Física se embasou nas noções sistêmicas e passou a ser uma ciência aplicada, se auxilia o planejamento, com a qual uma análise sistêmica promove um estudo integrado do espaço geográfico. Portanto, a teoria geossistêmica é considerada na ciência geográfica como um arcabouço metodológico que visa integrar o meio abiótico com o biótico, facilitando o desenvolvimento da disciplina Geografia Física.

Nesta perspectiva, Cunha (2004), compreende que os estudos geossistêmicos, no Brasil, devem ser aplicados em bacias hidrográficas, em uma pesquisa holística, ainda mais que, a mesma possui um sistema que é acionado por uma entrada ou estímulo através do ciclo hidrológico (fig. 08). Esse fato contribui para a esculturação da superfície terrestre, como já citado, relaciona a intensidade

do evento de precipitação e sua contribuição com o processo de escoamento pela superfície. No entanto, cada bacia hidrográfica possui sua forma de comportar-se a um determinando evento, tal comportamento está relacionado às suas características físicas.

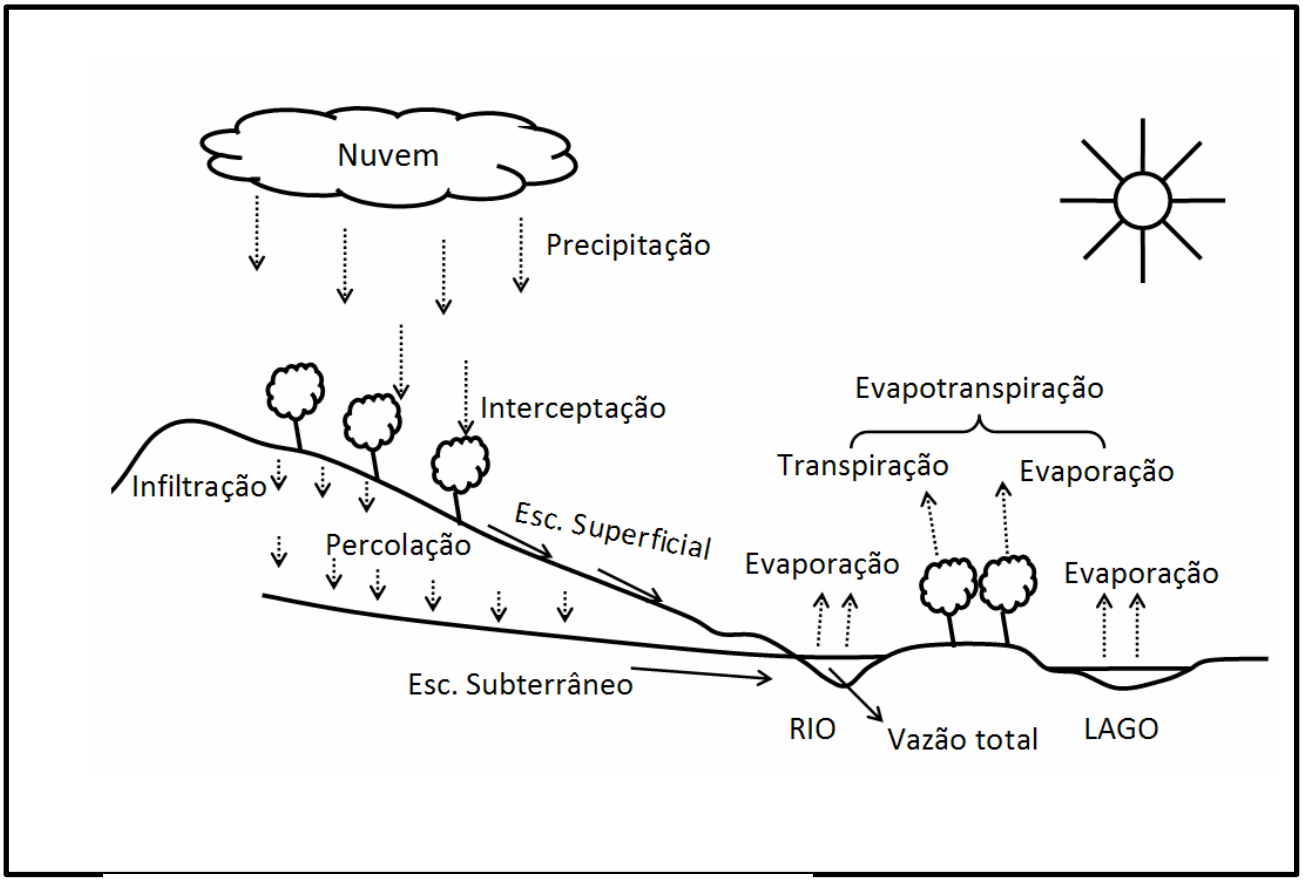


Figura 08: Ciclo Hidrológico
Fonte: Recurso Hídrico e Saneamento, 2008.

Tucci *et. al.* (1993) reafirma que o papel hidrológico da bacia hidrográfica é a transformação do dado de entrada de um volume concentrado no tempo (precipitação), em dado de saída (escoamento), de maneira distribuída no tempo. O autor conceitua a bacia hidrográfica como área de captação natural da água de origem atmosférica, formando uma rede de drenagem que se converge e escoa para o mesmo ponto de saída (exutório), caracterizando-se como um sistema dinâmico. Neste ponto de vista, se faz necessário a compreensão deste dinamismo, pois, a ideia do planejamento ambiental de bacias de acordo com Botelho e Silva (2007) é manter a água dentro da bacia, diminuindo o escoamento superficial e aumentando a taxa de infiltração nos solos, contribuindo com a sua manutenção, qualidade futura

e assegurando o uso humano, ou seja, minimizando os impactos ambientais que geralmente estão relacionados com o processo de ocupação desordenado, por falta de um planejamento de uso da terra, que logo poderá refletir como problemas na qualidade e quantidade da água de uma bacia hidrográfica.

Christofoletti (1980; 2007) explica que desde 1945 o engenheiro hidráulico Horton iniciou os estudos relacionados a essas temáticas. Outro autor que se destacou nessa linha de pensamento foi Strahler em 1952, que de acordo com Villela e Matos (1975) e Christofoletti (op. Cit.), no estudo hidrológico de uma bacia hidrográfica são importantes as caracterizações da hierarquia fluvial e as análises geométricas e hipsométrica.

É consenso entre os pesquisadores (LEOPOLD, *et. al.* 1964; CHORLEY, 1969; SCHUMM,1977; COOKE & DOORNKAMP, 1990; LOMBARDI NETO *et al*, 1995; RESENDE *et al*, 1995; BOTELHO, 1996) que a bacia hidrográfica é o espaço de planejamento e gestão das águas, nas quais se procura compatibilizar o dinamismo hidrológico, as diversidades demográficas, sociais, culturais e econômicos das regiões. Sendo assim, considerada como unidade natural de análise da superfície terrestre, onde se é possível estudar as inter-relações existente entre os diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua esculturação, esta unidade natural pode ser ideal para o enfoque de planejamento ambiental (BOTELHO, 2005; BOTELHO& GUERRA, 2007).

3.3 O uso do Sistema de Informação Geográfico e os modelos hidrológicos

De acordo com Tucci (1998), os modelos hidrológicos possuem potencial para caracterizar o comportamento hídrico da bacia hidrográfica através da mensuração de atributos do meio físico da superfície da terra. E este fato ganhou mais destaque devido à evolução computacional a partir da década de 1950, quando se tornou possível a coleta de dados, o armazenamento e a representação deste dados em ambiente computacional, surgindo assim o termo geoprocessamento.

De acordo com Câmara (2005), o geoprocessamento utiliza técnicas matemáticas e computacionais para realizar o tratamento de informações geográficas, possibilitando o aprimoramento dos estudos cartográficos. E para essa transformação, o sistema de informação geográfico (SIG) realiza o tratamento computacional das informações geográficas, nas quais ocorre o armazenamento dos atributos descritivos. No SIG, se podem integrar em uma única base de dados de

informações espaciais de meio físico-biótico, imagens de satélites, cadastros com dados urbanos e rurais, posicionamento geográfico, entre outros. E oferecer os mecanismos para combinar as variáveis informações, através de algoritmo de manipulação e análise.

O sistema de informação geográfica segundo Mendes *et. al* (2001), através da capacidade de manipulação das funções que representam os processos ambientais de uma maneira simplificada e eficaz, permitindo assim, uma economia de recurso e tempo, entretanto, Câmara (2005) enfatiza que a representação de fenômenos espaciais no computador está de forma estática, pois o principal produto gerado pelo sistema de informação geográfico é o mapa. Deste modo, um dos grandes desafios da Ciência da Informação Espacial é o desenvolvimento de técnicas e abstrações que sejam capazes de representar adequadamente fenômenos espaço -temporais dinâmico.

3.3.1 Modelo Chuva-Vazão do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos (*Curve Number*) para obter escoamento superficial

De acordo com Tucci (1998), um modelo de precipitação-vazão simula a integração dos diferentes algoritmos dos processos existente dentro do ciclo hidrológico, onde cada modelo deve ser escolhido conforme o objetivo para qual será utilizado. Nesta perspectiva, o Serviço de Conservação dos Recursos Naturais (NRCS), divisão do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, tem desenvolvido modelos para a estimativa do escoamento superficial a partir de eventos de precipitação. Um dos modelos mais utilizados para estes fins é a *Curve Number*, também conhecido como número de deflúvio. É baseado na ideia de que um evento de precipitação pode gerar uma lâmina de escoamento superficial a partir do momento que a capacidade de infiltração de um solo é ultrapassada, está lâmina é denominada de *Curve number* (CN) ou precipitação efetiva (Pe). (NRCS-USDA, 2007).

De acordo com Tucci (1998), o modelo *curver number* foi desenvolvido para áreas de bacias rurais, com uma quantidade reduzida de parâmetro de entrada e a facilidade de mensurá-los; no entanto, após alguns aprimoramentos, passou a ser utilizado em áreas urbanas.

No Brasil, a aplicação deste método vem se desenvolvendo principalmente nas engenharias civil e florestal. É importante ressaltar que o Departamento Nacional de

Infraestrutura de Transporte (DNIT) utiliza o método para obras de estrada. E vale destacar alguns trabalhos científicos desenvolvidos nessa linha, os quais além da aplicação do método, também contribuem para adaptação de alguns parâmetros com o intuíto de melhor adequar para as regiões tropicais.

Baungarten *et al*. (2003) aplicou na bacia hidrográfica do Rio Chopim (PR) o modelo da CN , utilizando um o SIG para determinar a precipitação efetiva, mostrando a eficiência do software na sistematização de modelos matemáticos para estudos de problemas hidrológicos.

Tibúrcio *et. al.* (2007), na região semiárida, utilizou o sistema de informação geográfica para analisar a viabilidade de se obter o *curver number* das bacias hidrográficas Maranguapinho e Aracoiaba. Concluiu ser viável e também satisfatória a parceria entre SIG e os estudos hidrológicos. Outro que contribuiu foi Neto *et. al.*(2012), calibrou e validou o método para diferentes tipos de manejos em três bacias hidrográficas.

Mendes Filho *et. al* (2007) utilizou as técnicas do sensoriamento remoto para confeccionar o mapa de uso da terra e aplicando *o curver number* realizou o mapeamento do potencial de retenção de águas pluviais no município de São José dos Campos (SP).

Ruhoff (2007) justificou os problemas decorrentes do uso intenso da terra e dos recursos hídricos do Estado do Rio Grande do Sul para simular o escoamento superficial da BH hidrografia do Arroio Grande utilizando CN no *software* livre *Spring.*

Feitosa *et. al.* (2012) identificou os principais fluxos de escoamento superficial, através de uma simulação computacional com os dados de precipitação efetiva na bacia hidrográfica do rio Pajeú no trecho que compreende o município de Serra Talhada/PE, com a finalidade de identificar as áreas sujeitas aos processos erosivos mais atuantes sobre os solos aplicando o CN.

Silva (2006) ao analisar o comportamento da erosão hídrica na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marcela, aplicou o método CN-SCS e concluiu que não se mostrou adequado para estimar o deflúvio.

O *curve number* (CN) é um método empírico e para sua aplicação é necessário fazer a adaptação dos parâmetros conforme a necessidade que cada paisagem apresenta por meio de suas variáveis geográficas, considerando-se que é um modelo de chuva-vazão que foi criado para um ambiente temperado. Portanto, o

Serviço de Conservação dos Recursos Naturais partiu da ideia que essa relação estava expressa em duas equações, sendo a equação 01 a relação de:

$$\frac{Pe}{S} = \frac{Pt}{Pt - Ia} \qquad (01)$$

Pt = Precipitação total;

Pe = Precipitação efetiva;

Ia = Perdas iniciais; e

S = Capacidade máxima de infiltração.

E a equação 02 é a compreensão do parâmetro de precipitação total (P) são resultado da soma da precipitação efetiva, perdas iniciais e a capacidade de infiltração.

$$P = Pe + Ia + Fa \qquad (02)$$

Sendo:

Fa = S (Capacidade máxima de infiltração)

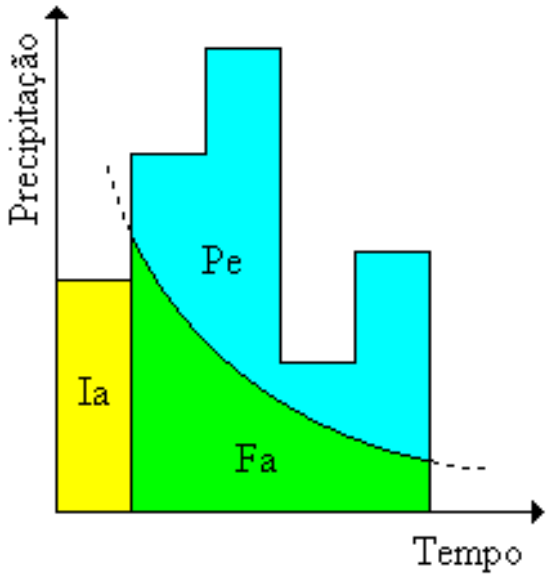


Figura 09: Relação Precipitação e Tempo
Fonte: Conforme SCS, 1975.

Com a combinação das equações 01 e 02, foi isolando a variável referente a precipitação efetiva (Pe), assim criada a equação 03.

$$\mathrm{Pe} = \frac{(\mathrm{Pt} - \mathrm{Ia})^2}{\mathrm{Pt} - \mathrm{Ia} + \mathrm{S}} \qquad (03)$$

Sendo:

Pe = Precipitação efetiva (mm);

P = Precipitação referente ao evento (mm)

S = Capacidade máximo de infiltração (mm)

Ia = Perdas iniciais

O Serviço de Conservação dos Recursos Naturais, através de diversas aplicações, na busca do aprimoramento do método, chegou à conclusão de que a perdas inicias (Ia), devido à interceptada e armazenada em depressões, corresponde a 20% da capacidade de retenção do solo (S); desta maneira, em áreas que não apresentem esse dado, o valor de perdas iniciais passa a ser estipulado calculando 20% da capacidade de retenção do solo. No entanto, quando a precipitação total (Pt) for menor que 20% do armazenamento (S), o escoamento superficial é considerado zero de acordo com Kohler e Richards (1962 citado por Tucci, 1993).

A capacidade máxima de retenção (S) é calculada através da equação 04, entretanto, nesta equação aparece uma variável representada por Cn, esta variável, trata-se de um valor adimensional e pode variar de 0 a 100, sendo resultado da relação entre o uso da terra, o nível de manejo e do tipo hidrológico de solo. Assim, o valor da variável Cn irá indicar o grau de escoamento, ou seja, quanto menor for o número adimensional encontrado na relação entre o uso da terra, o nível de manejo e tipo hidrológico de solo, menor será o escoamento superficial e maior a infiltração no solo. E quanto maior ou mais próximo de 100 for o valor da relação, maior será o escoamento superficial e menor a infiltração, a área encontra-se impermeabilizada, com risco de enchentes em período de chuvoso.

$$\mathrm{S} = \frac{25400}{\mathrm{Cn}} - 254 \qquad (04)$$

Tassi *et al*. (2006) comenta que os valores da equação 4 e do quadro 03 podem ser encontrados em manuais e livros de drenagem das águas pluviais ou de Hidrologia e que é baseado no método de *Ven Te Chow.*

Outro instrumento importante para obter o valor da capacidade máxima de infiltração (S) é o uso do sensoriamento remoto na obtenção da classificação do uso da terra, e também o uso de SIG para relacionar o tipo de solo hidrológico. Após a coleta dessas informações, é só verificar o Cn admissional para essa relação, conforme podemos observar no quadro 03.

USO DA TERRA	TIPO DE MANEJO	CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS HIDROLÓGICOS			
		A	B	C	D
Solo Lavrado	Com Sulcos Retilíneos	77	86	91	94
	Em fileiras retas	70	80	87	90
Plantações Regulares	Em curvas de nível	67	77	83	87
	Terraceamento em nível	64	76	84	88
	Em fileiras retas	64	76	84	88
Plantações de cereais	Em curvas de nível	62	74	82	85
	Terraceamento em nível	60	71	79	82
	Em fileiras retas	62	75	83	87
Plantação de legumes ou cultivos	Em curvas de nível	60	72	81	84
	Terraceamento em nível	57	70	78	89
	Pobre	68	79	86	89
	Normal	49	69	79	94
	Boas	39	61	74	80
Pastagem	Pobre	47	67	81	88
	Normal	25	59	75	83
	Boas	6	35	70	79
Campo permanente	Normais	30	58	71	78
	Esparsa, de baixa transpiração.	45	66	77	83
	Normais	36	60	73	79
	Densas, de alta transição.	25	55	70	77
Estrada de terras e Chácaras	Normais	56	75	86	91
	Ruim	72	82	87	89
	Superfície dura	74	84	90	92
Floresta	Muito esparsa, baixa transpiração.	56	75	86	91
	Esparsas	46	68	78	84
	Densas, alta transpiração.	26	52	62	69
	Normais	36	60	70	76

Quadro 03: Valores de CN, conforme SCS, 1975.

Para a classificação hidrológica do solo, foi utilizado o método desenvolvido por Lombardi Neto *et al.* (1989).O autor através da análise dos solos do Estado de São Paulo, notou que solos de textura arenosa, classificada pelo SCS como solo de boa infiltração, ou seja, baixo potencial de escoamento superficial, não se enquadrava com solos de ambientes tropicais, pois o perfil analisado apresentou uma sequência de horizontes do tipo A, E, Bt e C. Os horizontes A e E classificados com textura

arenosa ou média e o Bt significa acúmulo de argila. Desta maneira, a água infiltrava com maior facilidade e velocidades nas camadas superiores em relação ao horizonte B, contribuindo para o processo de escoamento superficial e processos erosivos.

Outro fator que é levado em consideração na obtenção da capacidade de infiltração da água (S) é a condições de umidade antecedente do solo, uma vez que a variação da taxa de infiltração da água no solo está relacionada ao o acúmulo de água pré-existente. Quanto menor for a umidade, maior será a infiltração. Desta forma, o *Soil Conservation Service* (1950) desenvolveu três equações, cada uma representa a diferença entre a quantidade de umidade do solo, em um período de tempo de cinco dias, denominado assim de precipitação antecedente. E é importante informar que os valores de Cn admissional do quadro 03 estão baseados na condição de umidade II, ou seja, condições de umidade que varia de 13mm a 53mm, desta maneira, para obter o Cn admissional para situação de umidade I e III é necessário utilizar as equações, respectivamente, 05 e 06, conforme expresso no quadro 04 (USBR, 1977).

HIPÓTESES	CONDIÇÕES DE UMIDADE	EQUAÇÃO
I	13 mm em 5 dias, solos seco	$Cn = \frac{4{,}2x\ Cn(II)}{10 - 0{,}058xCn(II)}$ (05)
II	13 mm a 53mm em 5 dias, solos normais	Equação (04)
III	> 53 mm em 5 dias, solos úmidos	$Cn = \frac{23xCn(II)}{10 + 0{,}13xCn(II)}$ (06)

Quadro 04: Condição de Umidade do Solo, conforme SCS, 1975.

Elas são caracterizadas por:

Condição I: Condição em que os solos de uma bacia hidrográfica estão secos, mas não ao ponto de murchar as plantas.

Condição II: É o caso em que os solos se encontram na umidade ideal.

Condição III: Condição em que os solos se apresentam quase saturados, quando da ocorrência de chuvas fortes ou fracas e baixas temperaturas durante 5 dias anteriores a uma determinada precipitação.

4 DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO

4.1 Materiais e Método

4.1.1 Confecção de Cartogramas

Para a elaboração dos mapas de localização da área de estudo, precipitação, geomorfologia e pedologia foram utilizados o *software* Arc'GIS 9.3. Os dados manipulados neste *software* são os dados geográficos do Estado de Rondônia, resultado do Zoneamento Sócio Econômico Ecológico, publicado em 2002, na escala de 1:250.000. Já o cartograma de geologia foi utilizado o banco de dados da CPRM, disponível para baixar no site da mesma, com escala de 1:1000.00.

Para a confecção do gráfico de desmatamento dos anos de 2000, 2005 e 2010 foram utilizadas as imagens do satélite Landsat5, bandas 3, 4 e 5, RGB, órbita 237 e ponto 67, baixadas da página do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial – INPE. No *software,* foi realizada a classificação não supervisionada para assim obter os valores para o desmatamento.

Para o mapa de hierarquia fluvial, baseada em Strahler (1952), foi utilizada o *shapefile* de drenagem do rio Cotia, no software livre chamado de *Hydroflow,* versão 0.9, determinando assim a ordem em Strahler, e em seguida manipulado esses dados no Arc' GIS 9.3 para confeccionar o mapa.

A classificação do uso da terra está baseada na realizada por Nunes *et.al.* (2010), que fez o enquadramento do uso da terra, segundo IBGE (2006), na bacia hidrográfica do rio Mutumparaná.

Com os resultados dos dados de classificação hidrológica do solo, segundo o método de Lombardi Neto *et al.* (1989), no ambiente do *software* , foi adicionada, na tabela de atributo do *shapefile* de pedologia do banco de dados de Rondônia (2002), uma coluna com a definição hidrológica de cada solo. O procedimento utilizado em primeiro momento foi abrir a tabela de atributo do *shapefile,* conforme ilustrado nas figuras 10 e 11.

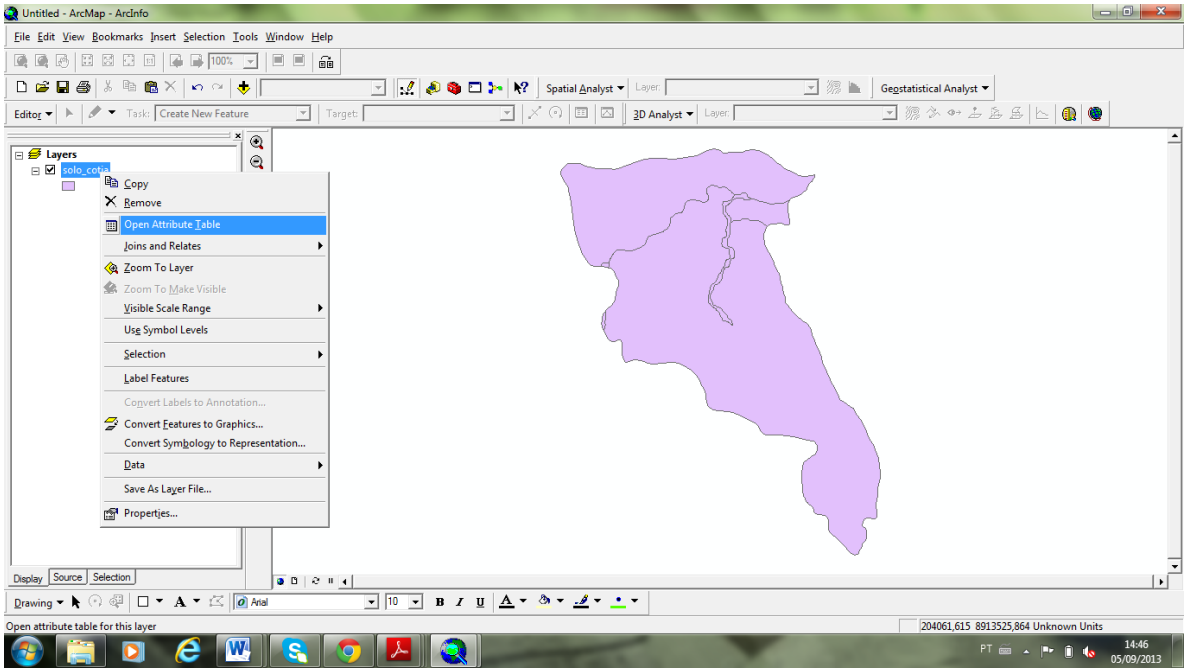


Figura 10: Tabela de atributo *shapefile*

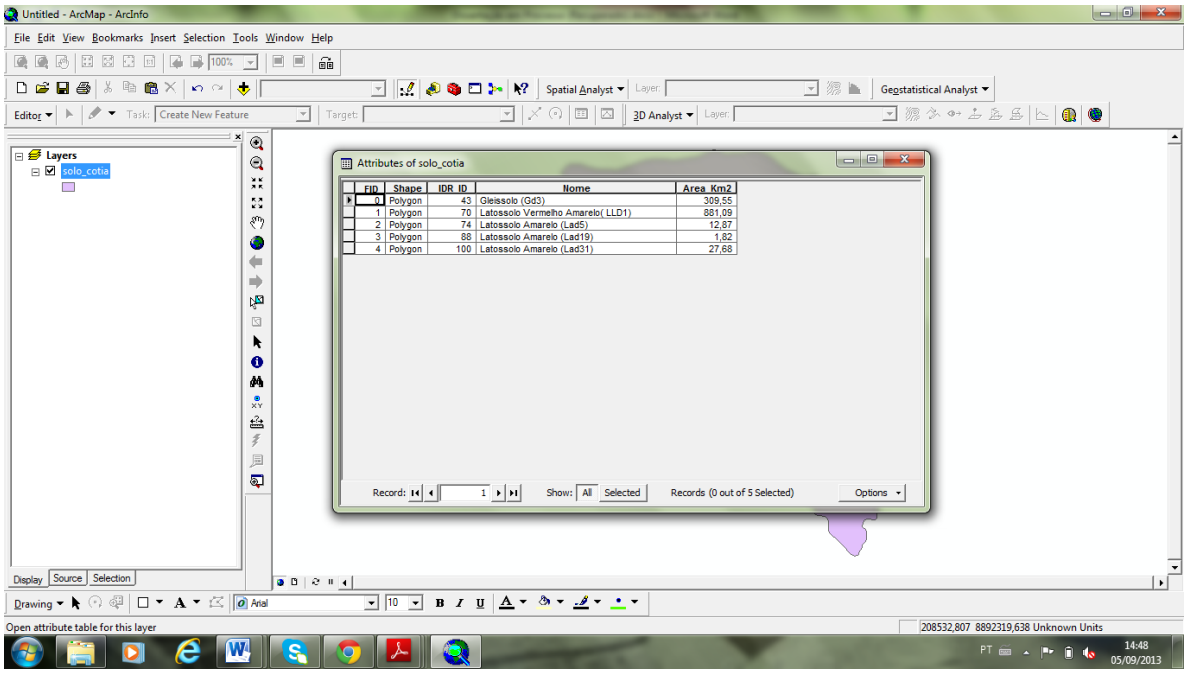


Figura 11: Tabela de atributo *shapefile*

Em seguida, clicar em *options* e clicar em *add field* (figura 12) para criar uma nova coluna, quando abriu uma janela a qual foi nomeada como solo hidro (figura 13) e em seguida clicar em OK , concluindo assim a criação da coluna (figuras 14).

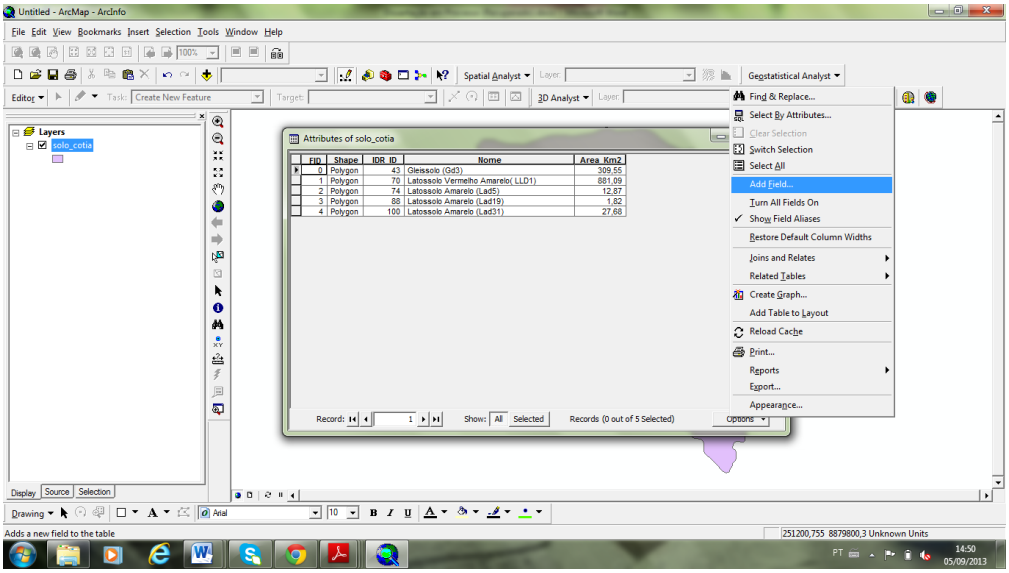


Figura 12: Tabela de atributo *shapefile*

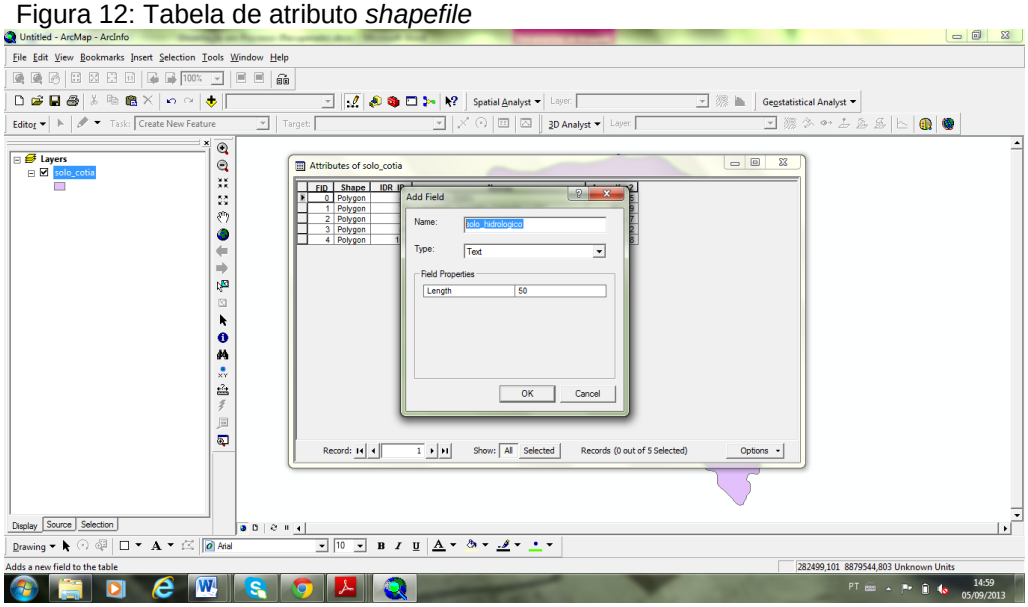


Figura 13: Tabela de atributo *shapefile*

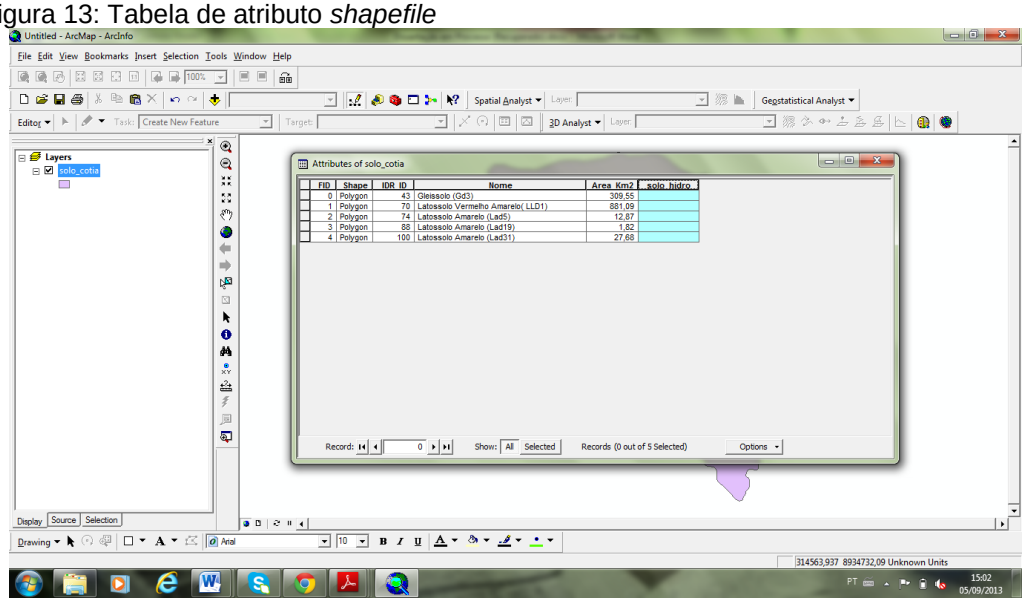


Figura 14: Tabela de atributo *shapefile*

Para digitar as definições de solo hidrológico, para cada mancha de solo, foi necessário primeiro clicar na ferramenta do GIS denominado de *start editing* (figura 15).

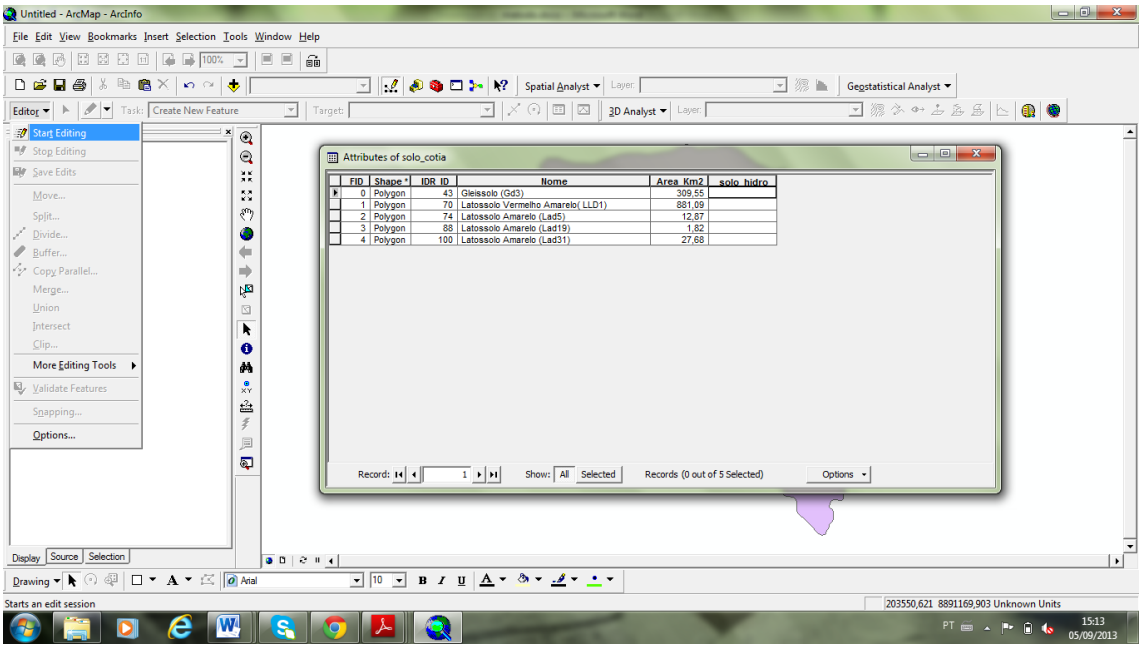


Figura 15: Tabela de atributo *shapefile*

Em seguida, foram digitadas as definições do solo e para finalizar o procedimento foi preciso clicar em *save editing e stop editing,* conforme ilustrado nas figuras 16 e 17.

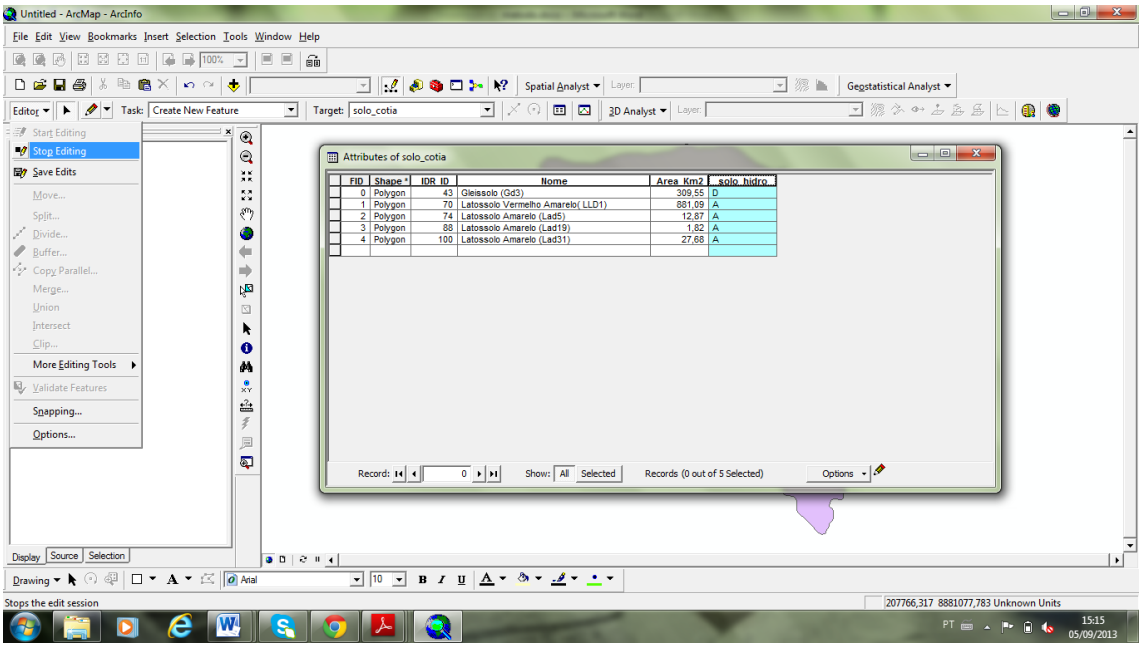


Figura 16: Tabela de atributo *shapefile*

Attributes of solo_cotia

FID	Shape *	IDR_ID	Nome	Area_Km2	solo_hidro
0	Polygon	43	Gleissolo (Gd3)	309,55	D
1	Polygon	70	Latossolo Vermelho Amarelo(LLD1)	881,09	A
2	Polygon	74	Latossolo Amarelo (Lad5)	12,87	A
3	Polygon	88	Latossolo Amarelo (Lad19)	1,82	A
4	Polygon	100	Latossolo Amarelo (Lad31)	27,68	A

Figura 17: Tabela de atributo *shapefile*

O mesmo procedimento foi usado para confecção do mapa com índice de *curver number,* foi utilizado o *shapefile* de uso da terra e os valores admissionais da tabela de curva do *soil Conservatiom service* (1975).

4.1.2 Procedimentos para Calcular os Parâmetros Morfométricos

Os procedimentos metodológicos para calcular os parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica foram realizados no *software* Arcgis 9.3. Para isso, valeu-se do banco de dados de zoneamento do Estado. Através desses dados primários, foram aplicadas as fórmulas matemáticas correspondentes aos parâmetros morfométricos**.** E para calcular os valores geométricos da área de estudo, foi utilizada a extensão *Xtools Pro*.

a) Área (A): dada em km² numa projeção plana;

b) Perímetro (P): comprimento da linha imaginária ao longo do divisor de águas que delimita área da bacia hidrográfica (km);

c) Comprimento da Bacia (L): distância medida em linha reta entre a foz e mais alto ponto situado ao longo do perímetro (Km);

d) Comprimento da drenagem (Lt); é a soma em Km de todos os segmentos (Km).

e) Comprimento do canal principal (Dv) em Km.

4.1.2.1 Equações Morfométricas

a) Densidade Hidrográfica (Dr): Expressa o número de canais existentes em cada Km^2 da bacia hidrográfica. Definida por Horton (1945), indicando seu potencial hídrico. É importante esclarecer que o número de segmento (N) considerando nesta equação são referentes aos de 1ª ordem hierarquia, conforme a classificação de Strahler (1952) relacionando sobre a área (A).

$$\mathrm{Dr} = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}} \qquad (07)$$

b) Densidade de Drenagem (Dd): baseada em Horton (1945), indica a eficiência da drenagem. De acordo com Villela e Matos (1975), os índices em torno de 0,5km/km^2 indicariam uma área de drenagem baixa, já os índices maiores que 3,5km/km^2 indicariam bacias excepcionalmente bem drenadas. Para essa equação, são utilizados os dados de comprimento de todos os segmentos (Lt) em km e a área (A).

$$\mathrm{Dd} = \frac{\mathrm{Lt}}{\mathrm{A}} \qquad (08)$$

c) Fator de Forma (Kf): é relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia, expressa a maior ou menor tendência para enchentes em uma bacia. (HORTON, 1932)

$$\mathrm{Kf} = \frac{\mathrm{A}}{\mathrm{L}^2} \qquad (09)$$

d) Coeficiente de Compacidade (Kc): relaciona a forma da bacia com um círculo independentemente de seu tamanho. Desta Forma, quanto mais próximo da unidade (1) for a coeficiente de compacidade maior será a tendência à enchente (CHRISTOFOLETTI, 1980).

$$\mathbf{Kc} = \frac{\mathbf{0,28}\boldsymbol{XP}}{\sqrt{\mathbf{A}}} \qquad (\mathbf{10})$$

e) Índice de Circularidade (Ic): Avalia o índice de alongamento da bacia hidrográfica. (CHRISTOFOLETTI, 1980)

$$\mathrm{Ic} = \frac{12{,}57\mathrm{xA}}{\mathrm{P}^2} \qquad (11)$$

f) Declividade média (MD): é obtida pela divisão do desnível máximo do rio principal (ΔH) pelo comprimento (L) em m.km^{-1}.

$$DM = \frac{\Delta H}{L} \qquad (12)$$

g) Tempo de concentração: é o tempo em que a gota de chuva gasta para se deslocar do ponto mais afastado até a seção principal (Tucci, 1993). A equação de tempo de concentração de *Ven Te Chow* é:

$$\mathrm{Tc} = 52{,}64\mathrm{X}\left(\frac{\mathrm{L}}{\sqrt{\mathrm{DM}}}\right)0{,}67 \qquad (13)$$

4.1.2.2 Parâmetros de Características da Rede de Drenagem Fluvial

Ordem hierarquia: de acordo com Strahler (1952), todos os cursos d'água sem tributários são de primeira ordem, inclusive os trechos da nascente do rio principal e dos afluentes. Trechos de segunda ordem são estabelecidos pela confluência de dois canais de trechos de primeira ordem. Trechos de terceira ordem são formados pela confluência de dois trechos de segunda ordem. Um trecho de ordem u é estabelecido pela confluência de dois trechos de ordem u-i, podendo receber afluência de trechos de qualquer ordem inferior.

4.1.3 Classificação Hidrológica dos Tipos de Solos

Para essa caracterização, foi utilizada a descrição morfológica de solos de sete perfis encontrados na área de estudo, sendo três de Gleissolo distrófico (Gd3), dois de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LLd1) e dois de Latossolo Amarelo distrófico (LAd) (RONDÔNIA, 2002). Apesar da pequena quantidade de perfis de solo para uma área de 1.233 km^2 , é importante ressaltar que essa estrapolação é considerada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2007) de levantamento de reconhecimento de baixa intensidade e tem como objetivo o fornecimento de dados para a avaliação de recursos potenciais de solos, através da identificação de áreas de baixo e alto potencial. Este tipo de levantamento pode ser elaborado em grandes áreas, em razão de seu caráter ainda generalizado. A frequência de amostragem é de um perfil completo por componente de associação e mais amostras extras de horizontes superficiais e sub-superficiais para definir limites e conceituar unidades de mapeamento e admite-se, neste nível de reconhecimento, uma precisão de informações sobre a composição das unidades de mapeamento entre 50 e 70% de confiabilidade. Sendo o mesmo método utilizado por algumas regiões, estados, municípios e/ou outras situações, geralmente com o objetivo de subsidiar o planejamento desenvolvimentista regional ou como componente de Estudos Ambientais diversos, como para Zoneamentos Ecológico-Econômicos e EIA-RIMAS.

Desta forma, foi realizado o enquadramento dos solos hidrológicos da área de estudo no método de Lombardi Neto *et al.* (1989) considerando as principias

características dos solos que condicionam o escoamento superficial e a erosão, ou seja, profundidade, permeabilidade, textura e razão textural (quadro 05).

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS				
Grupo	**Profundidade**	**Permeabilidade**	**Textura**	**Razão Textural**
A	Muito profundo (>2) ou profundo (1 a 2m)	Rápida / rápida Moderada/rápida	Média/ média Muito argilosa/ muito argilosa Argilosa/ argilosa	< 1,2
B	Profundo (1 a 2m)	Rápida / rápida Moderada/rápida Moderada/ moderada	Arenosa/ arenosa Arenosa/ médio Arenosa/ argilosa Médio/ argilosa Argilosa/muito argilosa	1,2 a 1,5
C	Profundo (1 a 2m) moderadamente profundo (0,5 a 1,0m)	Lenta/ rápida Lenta/ moderada Rápido/ moderada	Arenosa/ média Média/ argilosa Arenosa/ argilosa Arenosa/ muito argilosa	>1,5
D	Moderadamente profundo (0,5 a 1,0m) ou raso (0,25 a 50m)	Rápida, moderada ou lenta sobre lenta.	Muito variável	Muito variável

Quadro 05: Grupo de Solo Hidrológico
Fonte: Segundo Lombardi Neto *et al.* 1989.

Através da profundidade é realizada a análise dos horizontes, que se diferencia entre si, e são simbolizados por O, A, E, B, C, e R, a partir da superfície, mas não ocorrem todos simultaneamente no mesmo perfil (VIEIRA1975, SHNEIDER 2007).

A permeabilidade representa o escoamento entre horizontes e os principais fatores que influenciam no coeficiente de permeabilidade são: granulometria, índice de vazios, composição mineralógica, estrutura, fluído, macro-estrutura e a temperatura. E são clasificadas em lenta, moderada e rápida.

A nomenclatura utilizada para a classificação de textura é baseada em Embrapa (1979); desta forma, as informações referentes à textura disponível no banco de dado utilizado, foram renomeadas para adequar-se ao método.

A razão textural é a relação entre o teor médio de argila dos horizontes A e B, já que em alguns tipos de solos esta relação pode ser considerada abrupta, caracterizando assim o aumento de teor de argila em uma pequena distância

(7,5cm) na zona de transição entre horizonte A e B. Para definir esse parâmetro, foi utilizado o teor médio de argila do horizonte B e divido pela média A, o resultado deve ser menor que 1,2 para pertencer ao grupo de solo que possuem baixo potencial de escoamento.

A proposta de Lombardi Neto *et al.* (1989), entende que um solo hidrológico deve ser relacionado com a sua suscetibilidade à erosão e à produção de escoamento, sendo analisado independente da cobertura vegetal e da declividade. Portanto, para essa classificação, o autor leva em consideração: a profundidade, a textura, a razão textural, entre o horizonte superficial e subsuperficial, e a permeabilidade dos solos influenciada pela sua porosidade e pela atividade da argila. Desta maneira, o autor organizou quatro grupos de solos hidrológicos:

Grupo A: Solos profundo (100 a 200 cm) ou muito profundo (> 200 cm); com alta taxa de infiltração e com alto grau de resistência e tolerância à erosão; porosos com baixa gradiente textural (< 1,20;); solos de texturas médias (< 35% argila e >15% areia;< 35% argila); solos de textura argilosa (35% a 60% de argila) ou muito argilosa (> 60% de argila) desde que a estrutura proporcione alta macroporosidade em todo o perfil; bem drenado a excessivamente drenado; argila de atividade baixa (Tb), minerais de argila 1:1; e a textura de horizonte superficial e subsuperficial podem ser: média/ média, argilosa/ argilosa e argilosa/ muito argilosa. Enquadra-se neste grupo: Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho Amarelo, Latossolo Vermelho (ambos de textura argilosa ou muito argilosa e com alta macroporosidade); Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho Amarelo (ambos de textura média, mas com horizontes superficiais não arenosos).

Grupo B: Solos profundos (100 a 200 cm); moderada taxa de infiltração, mas com moderada resistência e tolerância à erosão; porosos com gradiente textural variando entre 1,20 e 1,50; textura arenosa (15% argila, areia e areia franca) ao longo do perfil ou textura média com horizonte superficial arenoso; solos de textura argilosa (35% a 60% de argila) ou muito argilosa (> 60% de argila) desde que a estrutura proporcione alta macroporosidade em todo o perfil; argila de atividade baixa (Tb), minerais de argila 1:1; e a textura de horizonte superficial e subsuperficial podem ser: arenosa/ arenosa, arenosa/ média, média/ argilosa, argilosa/ argilosa e argilosa/ muito argilosa. . Enquadra-se neste grupo: Latossolo Amarelo e Latossolo Vermelho Amarelo (ambos de textura média mas com horizonte superficial de textura arenosa),

Latossolo Bruno, Nitossolo Vermelho, Neossolo Quartizarênico, Argissolo Vermelho ou Vermelho-amarelo (ambos de textura arenosa/ média, média/ argilosa, argilosa/ argilosa ou argilosa/ muito argilosa que não apresentam mudança abrupta)

Grupo C: Solos profundos (100 a 200 cm) ou pouco profundos (50 a 100 cm); com baixa infiltração e baixa resistência e tolerância à erosão; com gradiente textural maior que 1,50 e comumente apresentam mudança textural abrupta; associados à argila de baixa atividade; a textura nos horizontes superficial e subsuperficial podem ser: arenosa/ média e média/ argilosa, apresenta mudança textual abrupta; arenosa/ argilosa/ e arenosa/ muito argilosa. Enquadra-se neste grupo: Argissolo (pouco profundo, mas não apresentando mudanças textural abrupta), Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho Amarelo e Argissolo Amarelo (ambos profundos e apresentando mudança textural abrupta), Cambissolo de Textura média é Cambissolo Háplico ou Húmico, mas com característica físicas semelhantes aos Latossolos (latossólico) e EspodossoloFerrocárbico e Neossolo Flúvico.

Grupo D: Solos rasos (profundidade < 50cm) com taxa de infiltração muito baixa; pouca resistência e tolerância à erosão; pouco profundo associada à mudança textural abrupta ou solos profundos apresentando mudanças textural abrupta aliado a argila de alta atividade, minerais de argila 2:1; orgânicos. Enquadra-se neste grupo: Neossolo Litólico, Organossolo, Gleissolo, Chernossolo, Planossolo, Vertissolo, Alissolo e Luvissolos. E Argissolo Vermelho Amarelo e Argissolo Amarelo (ambos pouco profundos e apresentando mudança textural abrupta).

4.1.4 Obtenção do Cn admissional médio

O Cn admissional, para representar a bacia do rio Cotia nas diferentes situações de umidade antecedente, foi obtido por meio de uma composição ponderada, considerando os diversos complexos hidrológicos solo-cobertura da terra representada na equação 14 e exemplificada na situação de umidade II.

$$\text{Cn médio} = \frac{\Sigma(\text{Cni} * \text{ai})}{\text{A}} \qquad (14)$$

Onde:

Cni = Valor de Cn admissional para a relação de uso da terra, nível de manejo e classificação hidrológica do solo identificado;

ai = Área em Km^2 do uso identificado; e
A= área total em Km^2 da bacia hidrográfica de estudo.

$$\text{Cn médio} = \frac{(135 * 83 + 104 * 69 + 70{,}5 * 88 + 1{,}3 * 45 + 2{,}6 * 26 \ldots)}{1233} = 54$$

4.1.5 Capacidade de infiltração da Água no Solo (S) e da Perda Inicial (Ia=0,2S)

Para calcular a capacidade de infiltração da água, no solo foi aplicado na equação 04 $(s = \frac{25400}{Cn} - 254)$ o valor de Cn médio admissional, para as três condições de umidade, através do resultado dessa equação foram calculados 20% referente às perdas iniciais.

4.1.6 Dados Meteorológicos

Os dados de precipitação para estimar a frequência de precipitação foram utilizados da estação pluviométrica de superfície, instalado a jusante da área de estudo, localizada no parque de construção da hidrelétrica de Jirau, durante o período de 2011 a 2013. De acordo com Tucci (1998), na falta do dado pontual dessa variável, a melhor opção é estimar observando o comportamento de dados na literatura ou ajustar com base em dados de postos vizinhos.

4.1.7 Frequência do Evento de Precipitação Absoluta

Através dos dados de precipitação diária da estação de superfície pluviométrica, foram calculados o histograma de frequência absoluta de precipitação dos anos de 2011, 2012 e 2013, utilizando a estatística do *software* Excel 2010, quando foi realizada a contagem das repetições de cada valor dentro da variável.

4.1.8 Precipitação Máxima Anual Observada e Estimada pelo Método Gumbel

De acordo com Tomaz (2002), a distribuição de Gumbel foi introduzida em 1941 e é uma distribuição probabilística que permite estimar valores extremos de uma variável hidrológica, como por exemplo, a máxima enchente de um rio ou a máxima precipitação. No caso da precipitação, é utilizada principalmente para regiões onde não existe uma equação de chuva intensa, mas existem dados de precipitação diária através de pluviômetros. Desta forma, observando a máxima

precipitação anual é possível estimar o tempo de retorno deste evento, a quantidade em milímetros ou precipitação estimada e o seu tempo de duração.

Para calcular a precipitação estimada de um dia para a área de estudo, foi necessário, no primeiro momento, encontrar a precipitação máxima anual dos anos observados (2011, 2012 e 2013), organizar em forma decrescente, adotar um número de ordem (m) e calcular a media (μ) entre os três valores e o desvio padrão (S). Esse procedimento foi realizado no *software* Excel 2010. Em seguida, através dos valores obtidos, foi possível calcular com as equações 16 e 17, as variáveis beta (ƀ) e alfa (α).

$$ƀ = 6^{0,5}\ X\ \frac{S}{\pi} \qquad (15) \qquad \alpha = (\mu - 0{,}577 X ƀ) \qquad (16)$$

O terceiro passo foi definir o tempo de retorno em anos do evento máximo, onde, a precipitação pode ser igualada ou superada, neste caso, o tempo de retorno (Tr) são: 2, 4, 8, 15, 20, 25 e 50 anos.

Esses dados iniciais definidos foram utilizados na equação 18:

$$PE = \frac{-\alpha}{ƀ} = -\ln(\ln(\frac{1}{F(P(dia;Tr))}) \qquad (17)$$

Sendo;

PE= Precipitação estimada;

F(P(dia;Tr))= 1-(1/Tr);

Tr= Tempo de Retorno; e

ln= Logarítmo neperiano (calculado com a equação do Excel)

O resultado da equação 18 representa o valor em milímetro para uma chuva de 1 (um) dia, sem se importar com a duração real da chuva. Ela é diferente da chuva de 24 horas, pois este termo significa uma chuva cuja duração é 24 horas. E para se obter a chuva de 24 horas é necessário multiplicar a chuva de 1 (um) dia por 1,14 ou por 1,10 segundo Taborda (1974) ou 1,13 segundo USWB ou 0,961 segundo Magni (1984). Mas, neste trabalho a opção escolhida foi de USWB, que é aplicada mundialmente. E para estimar a precipitação para diferentes tempos de duração foi utilizado o coeficiente de desagregação pluviométrico do Departamento Nacional de Obras de Saneamento (TOMAZ, 2002). Para isso, foi definido um tempo

de duração sendo; 5, 10,15, 20 e 25 minutos e 1, 6, 8, 10 e 12 horas. Assim, podemos observar no quadro 06 o coeficiente. Os resultados dos cálculos e a área de estudo são apresentados no quadro 07.

Tempo (min)	5	10	15	20	25	---	---
Coeficiente	0,34	0,54	0,70	0,81	0,91	---	---
Tempo (H)	1	2	6	8	10	12	24
Coeficiente	0,42	1,27	0,72	0,78	0,82	0,85	1,13

Quadro06:Coeficiente de desagregação pluviométrico DNOS
Fonte: adaptado de Magni,1984.

4.1.9 Precipitação Efetiva Estimada Através do Método *Curve Number* (CN).

Para obter os valores de precipitação efetiva (Pe), foi aplicada na equação 03 ($\mathrm{Pe} = \frac{(\mathrm{Pt}-\mathrm{Ia})^2}{\mathrm{Pt}-\mathrm{Ia}+\mathrm{S}}$) os valores de precipitação estimada para diferentes tempo de retorno para situação de umidade antecedente II e III, sendo, as equações 04 e 06, pois, ao calcular os 20% da capacidade de infiltração (S) na situação de umidade I, notou-se que este valor era maior que as precipitações estimadas, desta maneira, o modelo entende que não ocorrerá a precipitação efetiva.

4.1.10 Classificação de Suscetibilidade à erosão de acordo com Mendes (1982)

A Classificação de suscetibilidade à erosão de Mendes (1982) está relacionada aos graus e limitações de uso que um solo apresenta devido à erosão. Neste caso, a erosão em questão é a hídrica, ou seja, a quantidade e velocidade das águas da chuva que incidem sobre a superfície terrestre. E inclui também a própria erodibilidade do solo. Podemos encontrar no quadro 07 essa classificação.

Grau de Limitações do Solo por Suscetibilidade à Erosão	
Nulo	Solos onde não ocorre erosão, pois tem classe de relevo plano (0 a 3%).
Ligeiro	Solos que tem pouca suscetibilidade a erosão, devido a boas propriedades físicas. Foram enquadrados nesse grau os solos que apresentam horizonte B pouco desenvolvido com textura argilosa e classe de relevo suave ondulado (3 a 8%), devido a grande permeabilidade foram também enquadrados aqui os Latossolos com textura argilosa, independe da sua classe de relevo, desde os declives forem maior que 3%.
Moderado	A classe de relevo poderá ser suavemente ondulada (3 a 8%) ou ondulada (8 a 20%). Foi enquadrado solo que apresentam horizonte B textural, com horizonte A de textura arenosa, média ou argilosa. Outro caso, horizonte B latossólico com tipo de textura arenosa e média. E por último, horizonte B pouco desenvolvido com textura arensa e média, nas duas condições de declividade. Ou textura argilosa se classe de relevo for ondulada (8 a 20%).
Forte	São os solos com grande suscetibilidade a erosão, com relevos forte com declividade de 20 a 45%. E horizonte B textural, com textura argilosa, média e arenosa. Ou horizonte B pouco desenvolvido com tipo de textura argilosa.
Muito Forte	Os solos apresentam severa suscetibilidade a erosão, com classe de relevo montanhosa, declividade acima de 45%. Não é recomendável o uso para as práticas agrícolas, sob a pena de ser erodido em poucos anos.

Quadro 07: Grau de Limitação do Solo por suscetibilidade a erosão
Fonte: Mendes, 1982.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 O uso de Sistema de geográfico aplicado à caracterização morfométrica do rio Cotia/Ro.

A esculturação da superfície terrestre relaciona a intensidade do evento de precipitação e sua contribuição com o processo de escoamento pela superfície. No entanto, cada bacia hidrográfica possui sua forma de comportar-se a um determinando evento. Tal comportamento está relacionado as suas características físicas, conforme afirma Villela e Matos (1975), Christofoletti (1980).

A bacia do rio Cotia nasce sobre a unidade geológica coberturas sedimentares indiferenciadas, com contribuição de em torno de 30 afluentes, com uma área drenada de aproximadamente de 1.233 km^2 com um perímetro de 199,35 km^2 e um comprimento de curso d'água (Lt) 579 km, possui 25% desse curso classificados com a categoria de regime hidrológico perene, ou seja, possui água em seu curso durante todo o regime hidrológico conforme pode ser observado no quadro 08. O sistema de hierarquia fluvial de Strahler (1952), obteve como resultado uma bacia hidrográfica de 4° ordem, com 121 segmentos de 1° ordem, 71 de 2° ordem, 37 de 3° ordem e 20 de 4º ordem, somando em total de 249 segmentos fluviais apontado na figura 18 a seguir**.** Observa-se, quanto maior o número de ordem de segmentos da bacia, maior será sua eficiência em drenagem. Desta forma, a drenagem fluvial da bacia do rio Cotia foi classificada no padrão dentrítica. Este padrão tem estreita relação com a geologia local e os solos desenvolvidos conforme foi descrito no capítulo 2.

Índice Morfométricos da Bacia Hidrográfico do Rio Cotia		
Índice	**Valores**	**Unidades**
Área (A)	1.233	Km^2
Perímetro (P)	199,35	Km
Comprimento da Bacia (L)	88,48	Km
Comprimento da Drenagem (Lt)	579,07	Km
Comprimento do Canal Principal (Dv)	40,44	Km^2
Densidade Hidrográfica (Dr)	0,99	canais/Km^2
Densidade de Drenagem (Dd)	0,47	Km/Km^2
Fator de Forma (Kf)	0,24	-----
Coeficiente de Compacidade (Kc)	1,59	-----
Índice de Circularidade (IC)	0,39	-----

Quadro 08: Índice Morfométricos da Bacia do Rio Cotia
Org.: Mirtilene Lopes Cruz

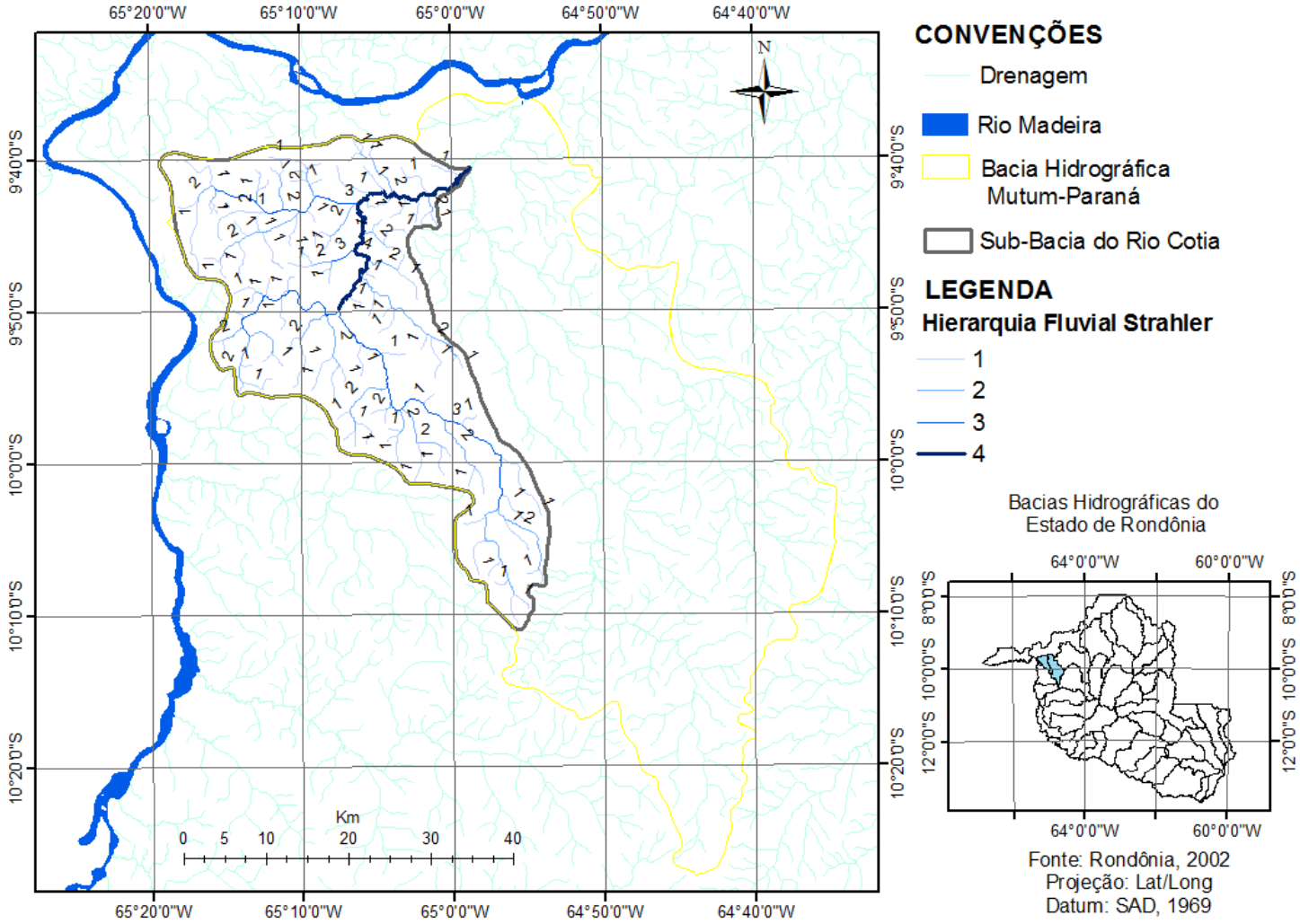


Figura 18: Hierarquia Fluvial Strahler da bacia do rio Cotia.
Fonte: Rondônia, 2002.
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2011.

A densidade de drenagem da bacia do rio Cotia é de 0,47 km/km^2, este índice indica uma bacia de baixa densidade de drenagem, resultante das rochas sedimentares, argilo-arenoso e do processo de formação, tanto alóctone quanto autóctones. Em uma região plana, com solos predominantes de Latossolo vermelho Amarelo (74%), observa-se que em períodos úmidos ocorre a dissecação, marcando o aprofundamento das redes de drenagem e os interflúvios. De acordo com Rondônia (2002), corresponde a uma dissecação de até 2%, ou seja, 10 km/km^2 , suavemente dissecado. A densidade de hidrografia foi de 0,99 canais/Km², neste caso considerada baixa (TEODORO et al., 2007), menos de um canal por quilômetro quadrado.

Conforme Villela e Mattos (1975), o coeficiente de compacidade (Kc) é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente do seu tamanho, quanto mais irregular for a bacia, maior será o Kc. Um coeficiente mínimo igual à unidade (1,00) corresponderia a uma bacia circular e para uma bacia alongada o valor é significativamente superior. Uma bacia será mais suscetível a enchentes mais acentuadas quando seu Kc for mais próximo da unidade. Desta forma, o coeficiente de compacidade calculado foi de 1,59, o que indica ser uma bacia de forma alongada e não sujeita a enchentes, porém este fator deve ser analisado conjuntamente com os outros fatores, entre eles o fator forma (Kf) e o índice de circularidade (Ic), pois o escoamento direto de um evento de precipitação em bacias alongadas não se concentra tão rapidamente, como em uma bacia de forma mais circular. As bacias com formas mais alongadas possuem um índice menor que a unidade (1,00). Esta mesma teoria se aplica para classificar o índice de circularidade (Ic). Desta forma, o fator de forma (Kf) e índice de circularidade (Ic) calculado para sub-bacia do rio Cotia são respectivamente 0,24 e 0,39, pode-se afirmar que o formato alongado da sub-bacia diminui o risco de ocorrer enchentes na área (CHRISTOFOLETTI, 1974).

Outro fator que regulam o tempo de duração do escoamento superficial e de concentração da precipitação nos leitos dos cursos d'água é a altitude da bacia hidrográfica, além da relação importante com vários processos hidrológicos, tais como a infiltração, o escoamento superficial, a umidade do solo, entre outros.

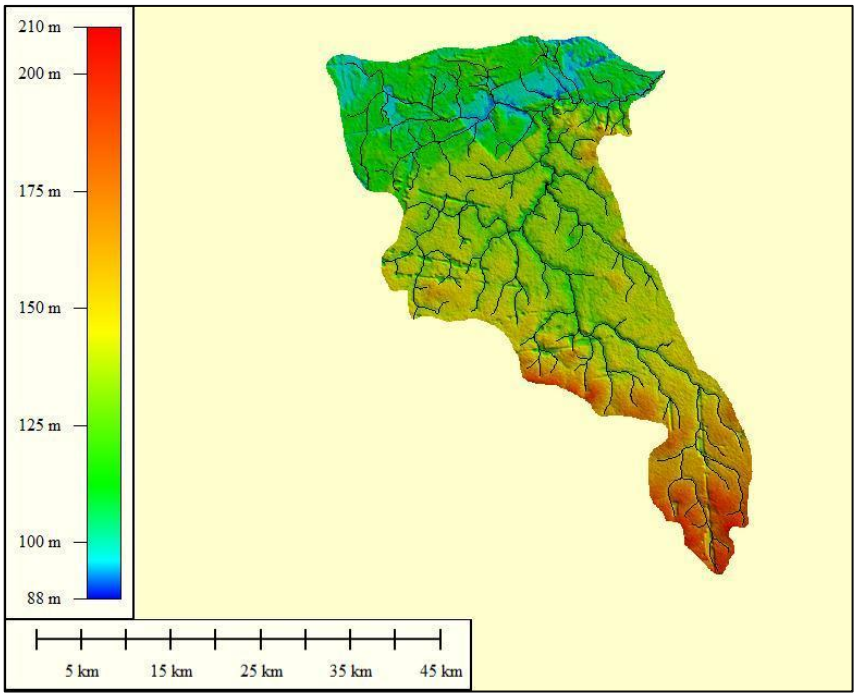


Figura 19: Imagem SRTM com a altitude da bacia do Rio Cotia.
Fonte: NASA (National Aeronautics and Space Administration), NGA (National Geospatial-Inteligence Agency), DRL (Agência Espacial Alemã) e ASI (Agência Espacial Italiana) 2000.

Observamos na figura 19 as diferenças entre as elevações máxima e mínima definindo a amplitude altimétrica da bacia que é de 122 m. caracterizando assim uma área plana ligeiramente dissecada a uma área de planície aluvia baixa mal drenada, como uma declividade média de 0,68 $m.km^{-1}$, contribuindo para um tempo de concentração (Tc) da bacia do rio Cotia de, pelo método Ven Te Chow, por volta de 20h, ou seja, é o tempo gasto para que a chuva que ocorreu na montante chegar ao exutório (FENDRICH, 2008).

5.2 Classificação hidrológica dos solos da Bacia do Rio Cotia/RO

O Gleissolo distrófico representa 25,1% da bacia do rio Cotia, ou seja, cerca de 309,5km^2. A análise dos perfis deste solo apresenta uma profundidade moderada, maior que 1m, e a permeabilidade classificada como lenta, de acordo com o método utilizado por Rondônia (2002), apresentando uma permeabilidade em torno de

0,2cm/h e a transição de textura das primeiras camadas classificadas como média/média, ainda a primeira camada marcada pela presença de matéria orgânica e o segundo horizonte definido por horizonte gleizados. Com essas característica foi classificado com tipo hidrológico D como podemos observar no quadro 09.

Solo + perfil	Profundidade	Permeabilidade	Granulometria (%)				Textura	Razão Textural	Classificação hidrológica dos solos
				Areia	Silte	Argila			
Gd3 2927	Moderadamente profundo (>1m)	Lenta (< 0,2cm/h)	A	68	13	19	Média	1	D
			B	70	12	18	Média		
			C	72	10	18	Média		
			D	64	15	21	Média		
Gd3 2928	Moderadamente profundo (>1m)	Lenta (< 0,2cm/h)	A	26	37	37	Média	1,09	D
			B	23	39	38	Média		
			C	30	30	40	Argilosa		
			D	27	30	43	Argilosa		
Gd3 2929	Moderadamente profundo (>1m)	Lenta (< 0,2cm/h)	A	47	27	26	Média	0,94	D
			B	54	20	26	Média		
			C	57	18	25	Média		
			D	60	17	23	Média		

Quadro 09: Classificação Hidrológica do Gleissolo (Gd3)
Fonte: Rondônia, 2002.
Org.: Mirtilene Lopes Cruz

Este solo apresenta granulometria variada, franco arenoso, franco argiloso e franco argiloso arenoso. Tal composição é caracterizada pela forte presença da areia e associada com o relevo do tipo planície aluvial resultante da dinâmica de migração do rio Madeira. Outro aspecto interessante é a formação dos horizontes, pois, nos primeiros 40 cm de profundidade são formados pela sequência A e Ac, ou A e Cg1, assim sendo atributo de um solo raso composto por acúmulo de concreções enriquecido de ferro na segunda camada, não relacionado com a rocha de origem, mas por ser material transportado e acumulado. E também horizontes gleizados, com cores acinzentadas indicando uma redução do perfil do solo. Desta

maneira, ao tratar da questão hidrológica com essas características contribui para um tipo de drenagem imperfeita e com a água subterrânea com nível em torno de 1 metro abaixo da superfície durante a época de vazante.

O Latosssolo Vermelho-amarelo distrófico (LLd1) representa a maior mancha de solo da área de estudo, representando assim 70,97%, ou seja, 875,1 km^2. O quadro 11 apresentam suas características hidrológicas, podemos observar que se trata de um solo de profundidade superior a 2m, permeabilidade de 6 a 20 cm, considerada moderada, textura entre perfis média/média e argilosa/argilosa e razão textural menor que 1,2, classificado com tipo hidrológico A. De acordo com o método de Lombardi Neto *et al.* (1989), esse tipo de classificação hidrológica apresenta uma alta taxa de infiltração e com alto grau de resistência e tolerância à erosão. São solos mais desenvolvidos que o de alta latitude, no entanto, mais lixiviados.

Solo + perfil	**Profundidade**	**Permeabilidade**	**Granulometria (%)**				***Textura***	**Razão Textural**	**Classificação hidrológica dos solos**
				Areia	**Silte**	**Argila**			
LLd1 2932	Muito Profundo (>2m)	Moderada (6 – 20 cm/h)	A	57	10	33	Média	0,71	A
			B	47	10	43	Média		
			C	44	10	46	Argilosa		
			D	40	10	50	Argilosa		
LLd1 2933	Muito Profundo (>2m)	Moderada (6 – 20 cm/h)	A	54	10	36	Argilosa	0,79	A
			B	50	10	40	Argilosa		
			C	44	8	48	Argilosa		
			D	42	10	48	Argilosa		

Quadro 10: Classificação Hidrológica do Latossolo Vermelho-amarelo (LLd1)
Fonte: Rondônia, 2002.
Org.: Mirtilene Lopes Cruz

A textura entre horizontes de franco-argilo-arenoso a argilo-arenoso, ou argilo-arenosa a argila, como sequência horizontal, em 40 cm, de A e Bw1, ou seja, acumulação de argila no segundo horizonte. A fusão de cores indica oxidação e variação na drenagem, observam-se muitos poros finos a médios, que podem auxiliar na movimentação da água ao longo do perfil. A consistência textural varia entre camadas de ligeiramente pegajosa a pegajosa, e ligeiramente plástico a

plástico. O solo possui argilominerias 1:1 com alta proporção de ferro, assim como uma microrregião estável.

Observando o quadro 11, o Latossolo Amarelo distrófico (LAd) também foi enquadrado no tipo hidrológico A. Este solo encontra-se em menor representação, ou seja, 3,54% da área de estudo, o equivalente a 43,6 km^2.

Solo + perfil	**Profundidade**	**Permeabilidade**	**Granulometria (%)**				**Textura**	**Razão Textural**	**Classificação hidrológica dos solos**
				Areia	**Silte**	**Argila**			
LAd 2915	Muito Profundo (>2m)	Rápida (>20 cm/h)	A	53	7	40	Argilosa	0,79	A
			B	46	7	47	Argilosa		
			C	42	7	51	Argilosa		
			D	40	7	53	Argilosa		
LAd 2934	Muito Profundo (>2m)	Moderada (6 – 20 cm/h)	A	28	10	62	Argilosa	0,86	A
			B	25	10	65	Argilosa		
			C	21	12	67	Argilosa		
			D	11	7	82	Argilosa		

Quadro 11: Classificação hidrológica do Latossolo Amarelo (LAd)
Fonte: Rondônia, 2002.
Org.: Mirtilene Lopes Cruz

O Latossolo Amarelo distrófico na bacia do Rio Cotia (LAd31, LAd5 e LAd19) distribuído em três manchas é caracterizado como solo muito profundo, maior que 150 cm, com textura entre camadas de argilosa a argilosa, ou argilo-arenosa a argilo-arenosa, a permeabilidade moderada a rápida, variando respectivamente de 0,6 a 6,0 cm/h e 6,0 a 20 cm/h, com horizonte de A e Bw1, sendo w acúmulo de argila 1:1 e porosidade elevada.

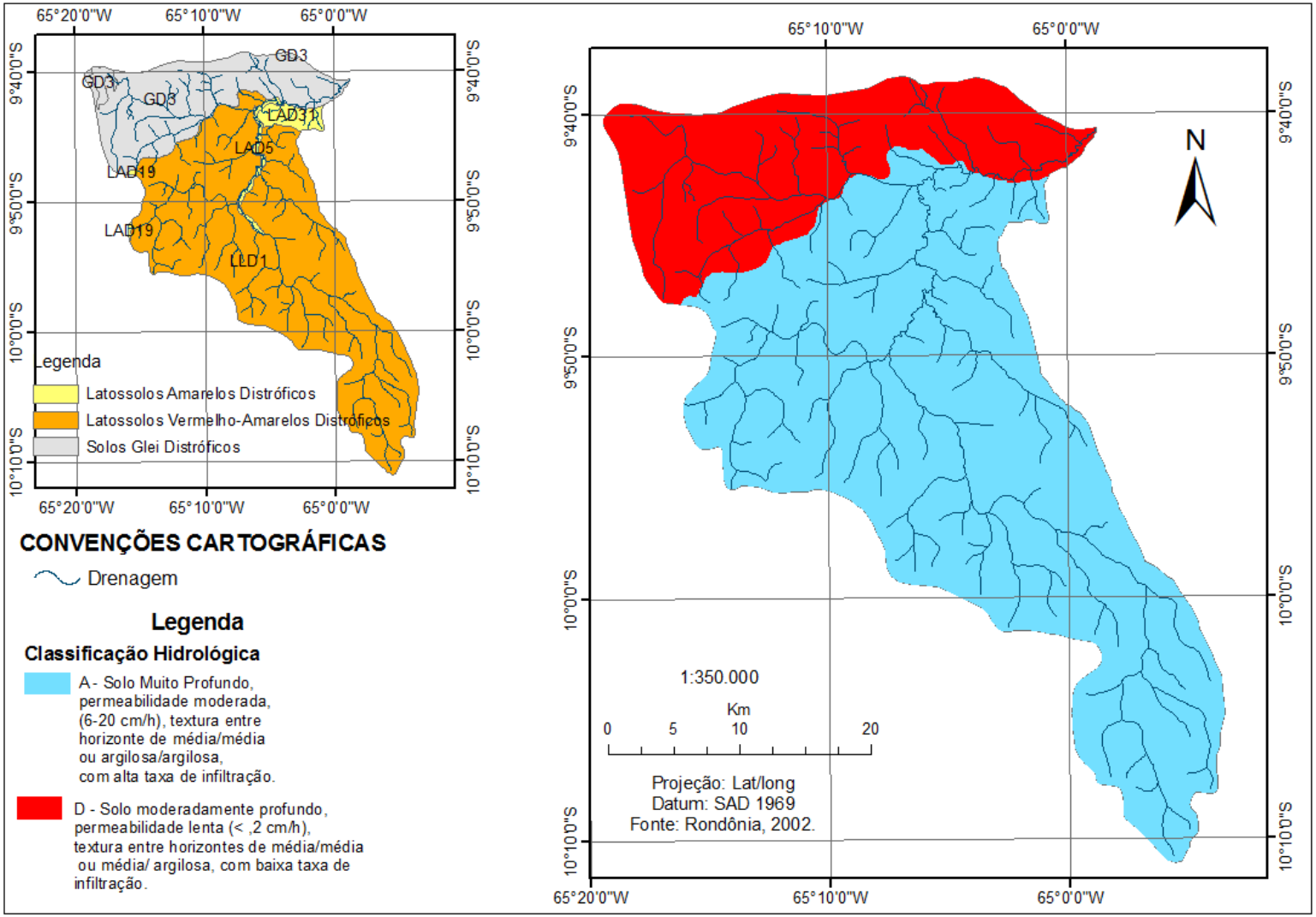


Figura 20: Classificação Hidrológica do Solo da Bacia do rio Cotia.
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2013.

5.3 A obtenção do *curve number* (CN) Admissional para a Bacia do Rio Cotia.

Com a classificação de uso da terra e a definição do grupo hidrológico de solo da área de estudo, obteve-se então o *curver number* (CN) admissional conforme o quadro 03. É importante ressaltar que os valores de *curver number* ou número de curvas, refletem o potencial de escoamento superficial. Estes valores apresentam uma variação de 0 a 100, considera-se que quanto mais próximos do menor valor, caracterizam-se as superfícies permeáveis, e os maiores valores caracterizam as superfícies impermeáveis (SCS,1975). O quadro 03 traz valores de *curver number* (CN) na situação II, são solos que estão em uma umidade ideal, sobre influência de chuva antecedente (cinco dias) que não podem ultrapassar no mínimo de 13mm e no máxima de 53mm. Para obter *curver number* para as situações I, que caracteriza um período mais seco, quando a chuva não ultrapassa 13 mm, e na situação III, representando um período de maior precipitação, ou seja, acima de 53mm, foram utilizadas as equações apresentadas na página 42 , respectivamente a 05 e 06, nos quais o valor encontrado para o *curve number* (CN) II é aplicado nas equações para gerar valores de *curver number* (CN) para situação I e III. Desta forma, podemos observar, no quadro 12, os valores de Cn admissional nas três situações para cada mancha de uso da terra e mais o tipo hidrológico.Também podemos observar a média ponderada para a bacia do rio Cotia.

Solo	***Tipologia de uso da Terra***	***Classificação hidrológica dos solos***	***2010***		**Curver Number**		
			Área		**CNI**	**CNII**	**CNIII**
			Km²	**(%)**			
Gleissolo	Savana	D	135	10,95	67	83	92
Gleissolo	Floresta	D	104	8,43	48	69	83
Gleissolo	Pecuária Extensiva	D	70,5	5,72	75	88	94
Latossolo Vermelho Amarelo	Savana	A	2,6	0,21	26	45	65
Latossolo Vermelho Amarelo	Floresta	A	619,5	50,24	12	26	43
Latossolo	Pecuária	A	251,7	20,41	27	47	67

Vermelho Amarelo	Extensiva						
Latossolo Vermelho Amarelo	Agrossilvipastoril	A	1,3	0,11	27	47	67
Latossolo Amarelo	Floresta	A	27,1	2,2	12	26	43
Latossolo Amarelo	Floresta	A	0,6	0,05	12	26	43
Latossolo Amarelo	Pecuária Extensiva	A	1,2	0,1	27	47	67
Latossolo Amarelo	Savana	A	0,4	0,03	26	45	65
Latossolo Amarelo	Floresta	A	14,2	1,15	12	26	43
Latossolo Amarelo	Pecuária Extensiva	A	0,1	0,01	27	47	67
____	Corpo Hídrico (rios e igarapés)	_____	4,8	0,39	___	___	___
		Total da Área	1233	100			
Média Ponderada CN1 ---------- 35 Média Ponderada CN2---------- 54 Média Ponderada CN3---------- 63							

Quadro 12: Valores de Cn admissional para as três situações de umidade.
Org.: Mirtilene Lopes Cruz

Observamos no quadro 12, o solo hidrológico do tipo D, caracterizado por uma taxa de infiltração muito baixa, representa 25,1% da área de estudo, exibem três formas de uso da terra: Savana, Floresta Ombrófila e a atividade econômica de pecuária extensiva. O valor de *curver number* (CN) para cada cenário são distintos, nele, o valor de número de curva mais alto encontrado nesse tipo de solo hidrológico foi na área de uso de pecuária extensiva, sendo este, 5,72% da área de estudo.

Sabendo que esse solo hidrológico trata-se de um Gleissolo e de acordo com estudos de Uhde *et al.*(2009), a modificação feita pelo homem, principalmente através das práticas agropecuárias, modifica significativamente as propriedades do solo e afetam suas estruturas, podendo levar à redução da taxa de permeabilidade da água e à redução da aeração do solo, entre outros aspectos. E em horizontes superficiais, as práticas de substituição de uso da terra tendem a provocar um aumento na densidade do solo, redução na porosidade total e na macroporosidade e incremento na microporosidade (Reichert et al., 2007). No caso do solo do tipo Gleissolo, segundo Mentges *et al.* (2010), o uso agropecuário eleva a densidade do Gleissolo, no entanto pouco afetou a retenção e disponibilidade de água deste solo. Mas, segundo Schereiner *et al.* (2010), essas mudanças contribuem para que os fluxos de ar e água reduzam, o que pode potencializar o escoamento superficial. E

essa potencialização de acordo Soares *et al.* (2008), ao criar um mapeamento de capacidade de infiltração, ressaltou que esse processo de escoamento está ligado à baixa capacidade de infiltração do Gleissolo, pois, são solos de ambientes de planícies aluvial, similar ao Gleissolos da área de estudo. Podemos perceber a sua localização em área de planície aluvial do rio Madeira. Apresenta também água subterrânea com o nível em torno de 1m a abaixo da superfície tenha como principal limitação o excesso de água. Desta forma, percebemos que independente da mudança de uso da terra sobre solos hidrológicos D, todos os tipos de uso apresentam potencial ao escoamento. É importante relembrar que de acordo com Rondônia (2002) essa área apresenta baixa dissecação e as evidências da presença de zonas alagadas, estão sujeitas a inundações prolongadas no período chuvoso (Foto 06).

Foto 06: Áreas Alagadas em Solo Hidrológico D.
Fonte: Acevo LABOGEOPA, 2012.

Ainda analisando o quadro 13, verificamos que 74,51% da área da bacia do rio Cotia foi classificada como solo hidrológico do tipo A, que é um solo com uma capacidade alta de infiltração, sendo representados tanto pelo Latossolo Vermelho-amarelo (LLd1), que corresponde a 70,97% da área de estudo, quanto por Latossolo Amarelo distrófico (LAd31, LAd5 e LAd19) distribuídos em três manchas, que

somadas representam 3,54% da área em questão. No entanto, nota-se que ocorre uma variação nos valores do *curver number* (CN) nas três condições umidade, conforme a mudança de uso da terra.

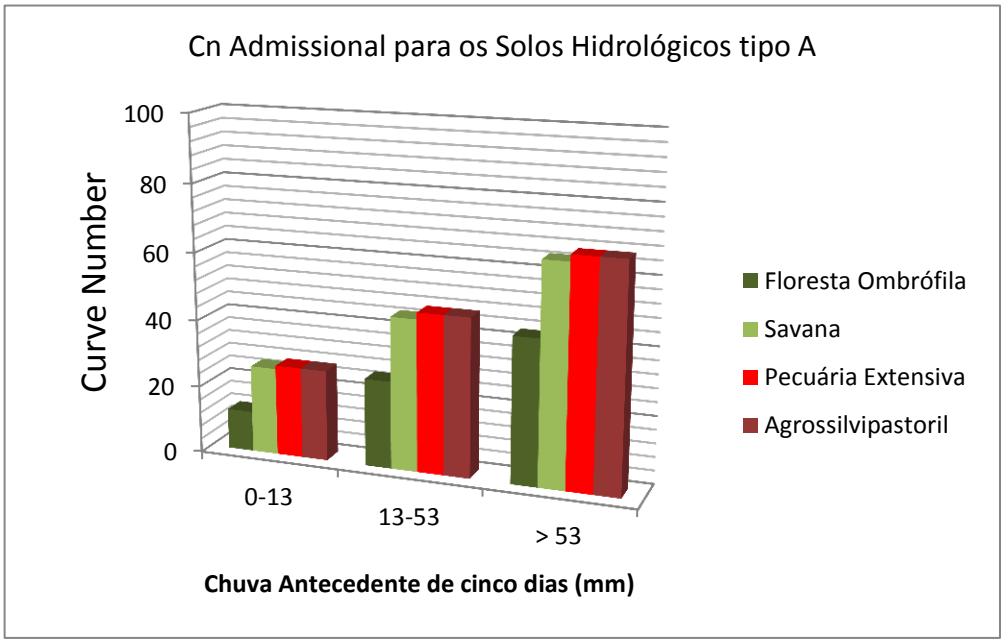


Gráfico 03: Cn Admissional para os Solos Hidrológicos tipo A
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2013.

Assim, observamos no gráfico 03 como o solo hidrológico do tipo A, se comporta com diferentes usos da terra. Desta maneira, nota-se que a substituição da floresta ombrófila por práticas econômicas tanto pecuária extensiva quanto agrossilvipastoril, apresentam uma tendência a impermeabilizar a área da bacia do rio Cotia, confira esse fato nas fotos 07 e 08.

Foto 07: Áreas Alagadas em Solo Hidrológico A.
Fonte: Acevo LABOGEOPA, 2012.

Foto 08: Áreas Alagadas em Solo Hidrológico A.
Fonte: Acevo LABOGEOPA, 2012.

Essa situação pode estar relacionada à compactação do solo devido ao pisoteio animal, pois de acordo com Camargo e Alleoni, (1997, 2006) *aput* Silva Filho (2009) a compactação do solo nas áreas de atividade pecuária é promovida pelo pisoteio animal, devido à junção de fatores dentre os quais se destacam a umidade mais elevada do solo, a alta carga de animais em pastejo, os solos de textura argilosa e entre outros. Silva Filho (2009) determinou a taxa mínima de infiltração ou velocidade básica de infiltração (VIB) para áreas de Latossolo Amarelo com uso de pastagem e com área de floresta. Desta forma, os valores encontrados foram de 3,04; 1,86 e 2,34 cm/h, em área de pasto. Os valores em áreas florestais observadas foram de 29,98; 28,98 e 38,79 cm/h. Assim, o valor médio da taxa de infiltração da floresta representa em torno de 9 a 20 vezes maiores que o da pastagem. O autor associa essa diferença com o fato de não haver a compactação pelo pisoteamento do gado, a floresta possui uma grande porosidade em seus horizontes superficiais devido à presença atuante de um micro e macro fauna do solo, os índices de matéria orgânica e na influência sobre a estrutura dos solos, entre outras variáveis.

Na figura 21, podemos observar a distribuição espacial de cada valor de número de curva (CN). O fato de existir mais de um tipo de situações referentes ao uso do solo e da classificação hidrológica, foi necessário calcular uma média ponderada de *curve* number (CN) para representar a bacia do rio Cotia, para o cálculo de capacidade de infiltração de água ($\mathrm{S} = \frac{25400}{\mathrm{Cn}} - 254$), perdas iniciais (Ia=20%S) e a precipitação efetiva ($\mathrm{Pe} = \frac{(\mathrm{P}-0{,}2*\mathrm{S})2}{\mathrm{P}+0{,}8\mathrm{S}}$), para cada situação de chuva antecedente (CNI, CNII e CNII). Como resultado obtivemos as médias 35 para situação umidade I; 54 para situação II; e 63 para situação III.

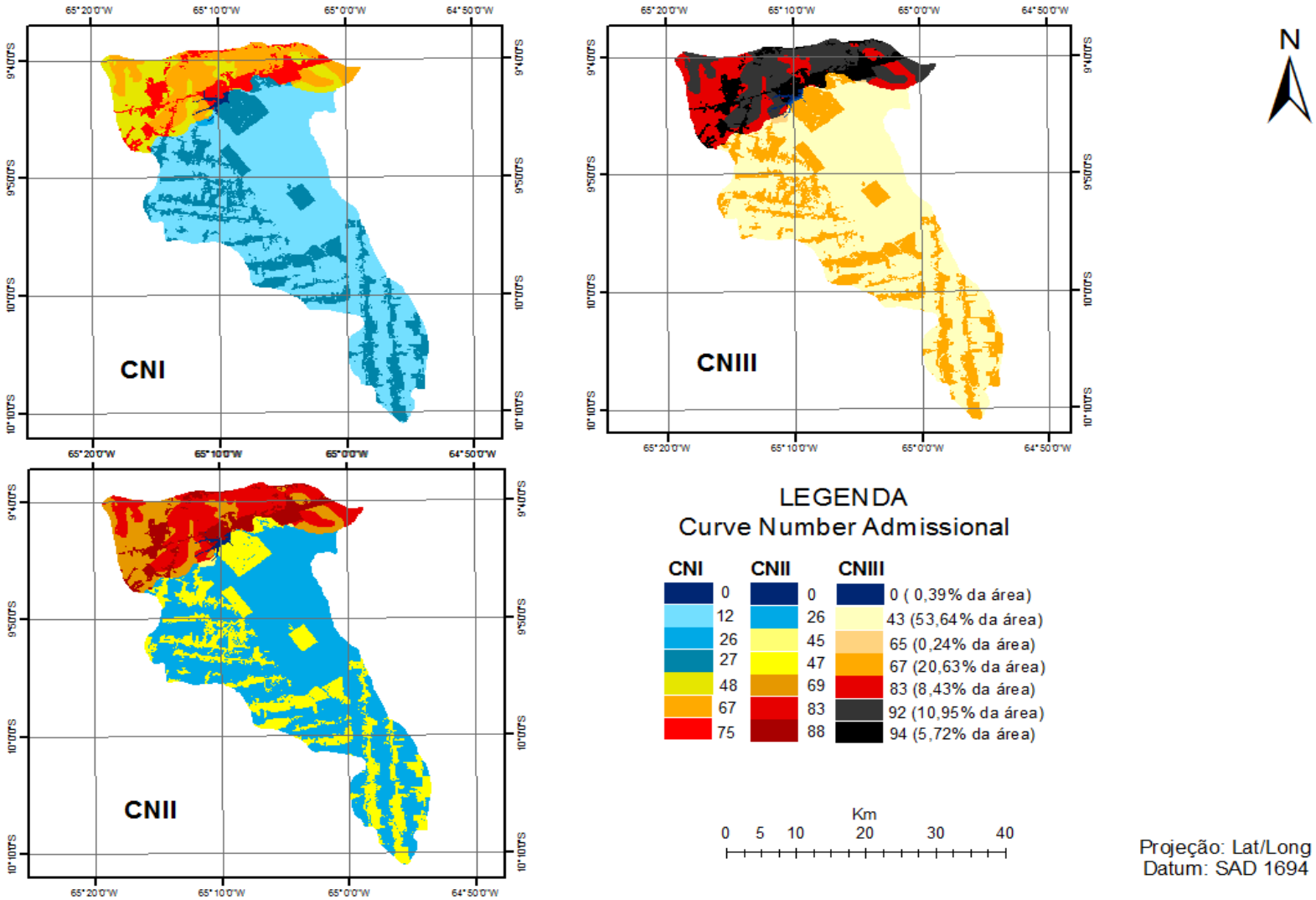


Figura 21: Espacialização do Cn Admissional para as três situações de Umidade
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2013.

5.4 Capacidade de Infiltração de Água Pelo Solo (S) e da Perda Inicial (Ia=0,2S) da Bacia do Rio Cotia.

Segundo Tucci (1993), o conceito de capacidade de infiltração é aplicado no sentido de caracterizar o potencial que o solo tem de absorver água pela superfície. Desta maneira, o gráfico 04 exibe os dados da capacidade de absorção dos solos (S) da bacia do rio Cotia utilizando a média ponderada de *curve number* (CN) na equação 04.

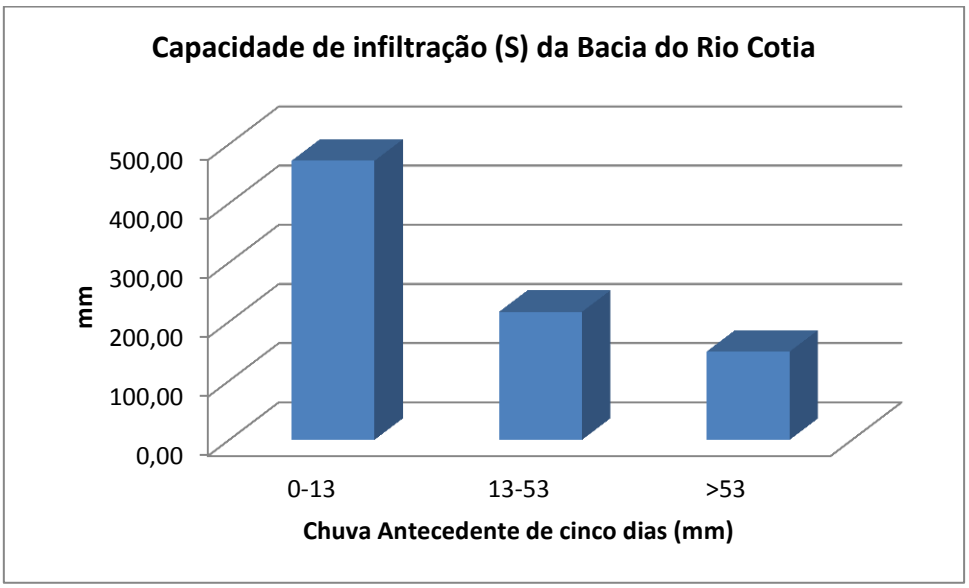


Gráfico 04: Capacidade de Infiltração dos Solos do Rio Cotia
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2013.

Analisando o gráfico 04, entendemos que em períodos de seca, quando a chuva ou sua ausência acumulada em cinco dias não ultrapassem 13mm é o período em que a área de estudo apresenta maior capacidade de infiltração, sendo, o valor em torno de 471,71mm. De acordo com Barbosa Júnior (2013), o solo no estado seco tem maior capacidade de infiltração, pelo fato de que à ação gravitacional se somam as forças capilares. Devemos ressaltar também o fato da bacia apresentar mais de 70% de sua área com solos Latossolos, os quais apresentam características que favorecem o processo de infiltração, como muitos poros finos, porosidade muito elevada, muitas raízes finas a médias e muitas atividades de inseto (RONDÔNIA, 2002).

No entanto, percebemos também que em chuvas antecedentes maiores, que ultrapassem 13mm e/ou 53mm, caracterizando os períodos mais chuvosos, a capacidade de infiltração reduz. Assim sendo, quanto maior for a

umidade do solo, menor será a capacidade de infiltração. Outros fatores segundo Pedrazzi (2003) são porque as águas das chuvas transportam os materiais finos que, pela sua sedimentação posterior, tendem a reduzir a porosidade da superfície, as chuvas saturam a camada próxima à superfície e aumenta a resistência à penetração da água. Conforme Barbosa Júnior (2013), a ação da chuva sobre o solo tende a diminuir a capacidade de infiltração, pelo efeito da compactação da superfície do terreno sem cobertura vegetal, do transporte de material fino que diminui a porosidade junto à superfície e do aumento das partículas coloidais, que diminuem os espaços inter-granulares.

Com a capacidade de infiltração calculada é possível estimar as perdas iniciais, ou seja, 20% da capacidade de absorção do solo (S). De acordo com *Soil Conservation Service* (1975), as perdas iniciais são as abstrações por interceptação da vegetação, evapotranspiração, entre outros processos. Para que ocorra o processo de precipitação efetiva (Pe) é necessário que a precipitação total (P) seja maior que as perdas iniciais (Ia), caso contrário a precipitação efetiva (Pe) será considerada zero.

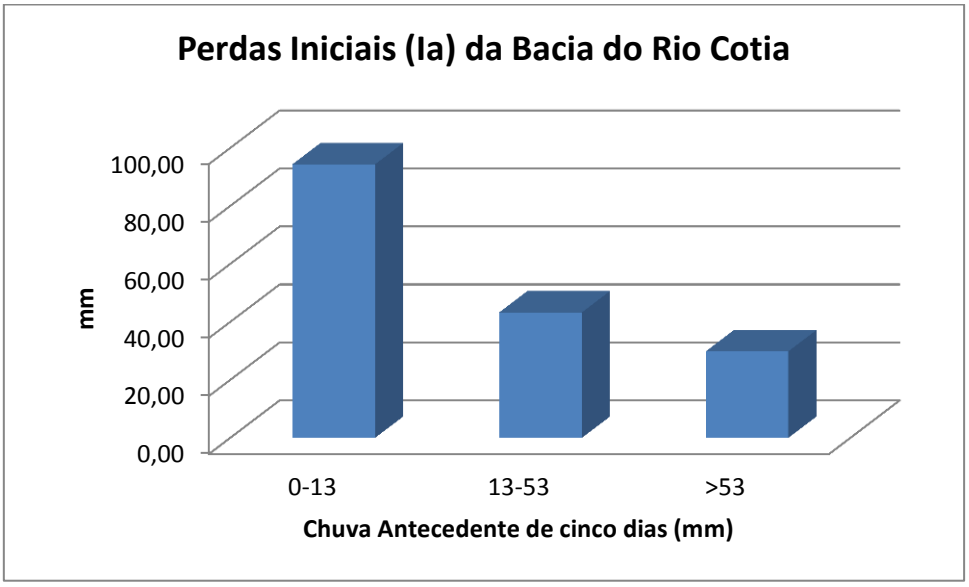


Gráfico 05: Perdas Iniciais da Precipitação do Rio Cotia
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2013.

Desta forma, o gráfico 05 de perdas iniciais, indica que em período de seca (0 a 13mm) só ocorrerá precipitação efetiva após chuvas antecedente (acúmulo de cinco dias) em torno de 94,34mm. Já na situação de chuva antecedente II (13 a 53mm), o processo poderá acontecer após chuvas

acumuladas de 43,27mm. E em períodos mais úmidos (>53) após chuvas acumuladas de 29,83mm.

5.5 Frequência de Precipitação da Bacia do Rio Cotia.

Através dos dados de precipitação diária da estação de superfície pluviométrica, instalada a jusante da área de estudo, localizada no parque de construção da hidrelétrica de Jirau, com coordenadas geográficas 9°17'24''S e 64°37'50''O, foram calculados o histograma de frequência absoluta de precipitação dos anos de 2011, 2012 e 2013. No eixo horizontal apresentam a precipitação em mm e os valores no eixo vertical correspondem aos números de ocorrências possíveis dessa variável hidrológica do mês de janeiro até o mês de dezembro.

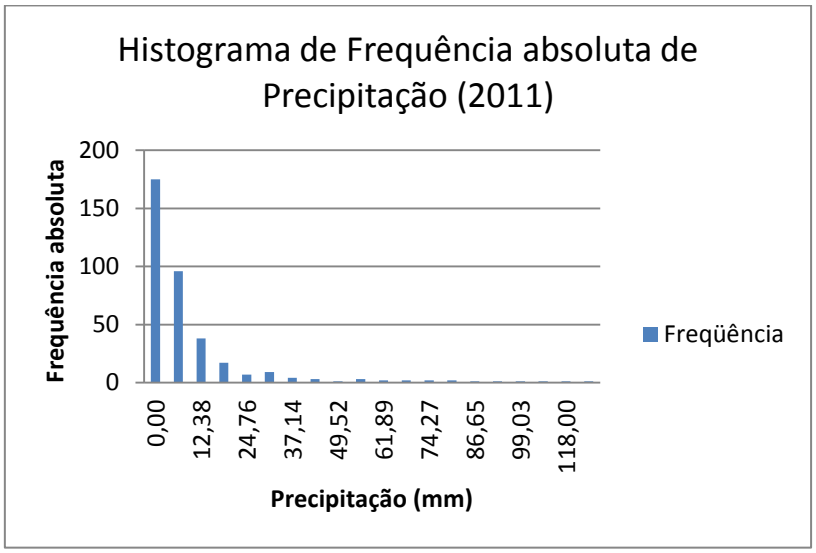


Gráfico 06: Histograma de Frequência absoluta de precipitação 2011
Fonte: http://www.sedam.ro.gov.br/
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2014.

No gráfico 06, observamos a frequência de precipitação diária para o ano de 2011, desta maneira, percebemos que 175 dias a precipitação é zero, ou seja, cerca de 47,9% do ano a área de estudo encontra-se em período de estiagem. Já os 52,1% restantes se distribuem com ocorrências de precipitação que vão de 6,19mm, com uma recorrência de 96 vezes, a 118,00mm, sendo este o valor de precipitação diária máxima anual.

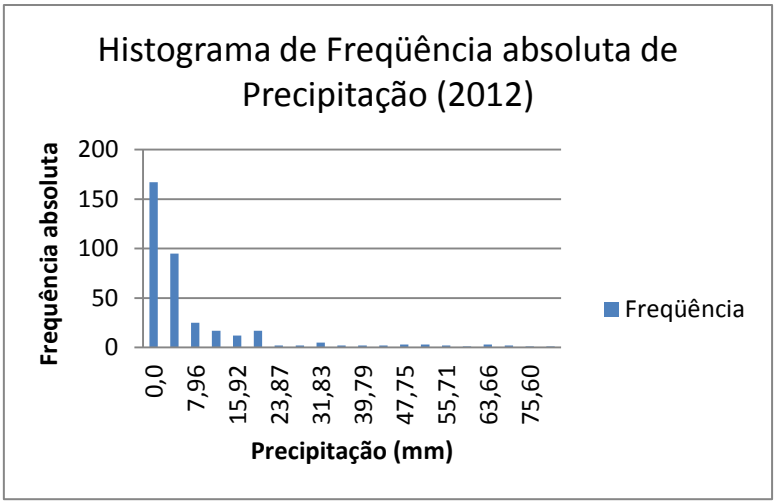


Gráfico 07: Histograma de Frequência absoluta de precipitação 2012
Fonte: http://www.sedam.ro.gov.br/
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2014

O gráfico 07 mostra a frequência absoluta de precipitação para o ano de 2012, assim, notamos que o período de estiagem foi de 167 dias, ou seja, 45,8% do ano sem chuvas. A mínima precipitação diária anual é de 3,98mm que corresponde a 26% do ano, e a precipitação máxima anual é de 75,60mm.

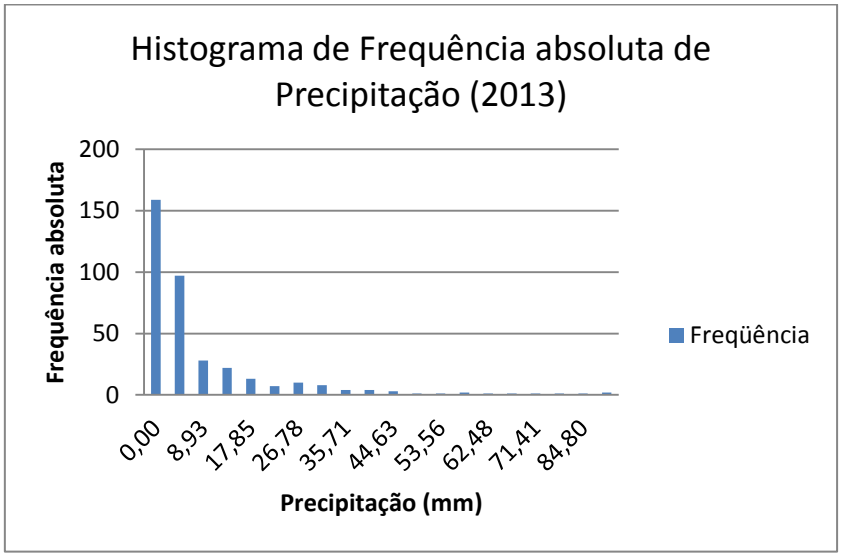


Gráfico 08: Histograma de Frequência absoluta de precipitação 2013
Fonte: http://www.sedam.ro.gov.br/
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2014

O gráfico do ano de 2013 (gráfico 08), apresenta o período de estiagem que corresponde a 159 dias, sendo assim, 43,6% do ano. A mínima 4,46mm, respondendo a 97 dias ou 26,5% do ano e a máxima precipitação anual foi de 84,80mm.

Observamos que entre os três anos analisados, o ano de 2011 apresenta os maiores valores tanto para a precipitação máxima anual, sendo, 118,00mm, quanto para precipitação mínima, que corresponde a 6,19mm. Outro fato foi a redução do período de estiagem entre os anos, sendo de 4,6% de 2011 para 2012 e o mesmo percentual de 2012 para 2013.

5.6 Precipitação Máxima Observada e Estimada da Bacia do Rio Cotia

Por meio das precipitações máximas diárias anuais obtidas de 2011 a 2013 foi possível estimar o tempo de retorno de cada evento máximo, pois, é através de valores máximo diário que se faz ideia da quantidade máxima de precipitação a que a bacia de estudo está sujeita. Para isso, foi aplicado o método de distribuição probabilístico de Gumbel (1941) calculando assim, não só o tempo de retorno, mas também a precipitação estimada conforme ilustrado no quadro13.

Ano	Máxima P. observada (mm)	Tempo de Retorno (anos)	P. estimada (mm)
2011	118,00	4	104,18
2013	84,80	2	89,03
2012	75,60	1	75,6
Média (μ)	**92,67**	xxxx	xxxx
Desvio Padrão (S)	**22,08**	xxxx	xxxx
Coeficiente de variação	**0,24**	xxxx	xxxx

Quadro 13: Calculo do Período de Retorno e Precipitação Estimada Segundo o Método de Gumbel (1941).
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2014.

O período de retorno para a precipitação máxima diária foi de quatro anos com precipitação estimada de 104,18mm. Para precipitações acima de 84,80mm o tempo de retorno é de dois anos. O coeficiente de variação da

precipitação observada é de 0,24 refletindo a homogeneidade da amostra. Dessa forma, o valor estimado a partir dessa pequena serie apresenta uma correlação positiva, conforme podemos observar no gráfico 10.

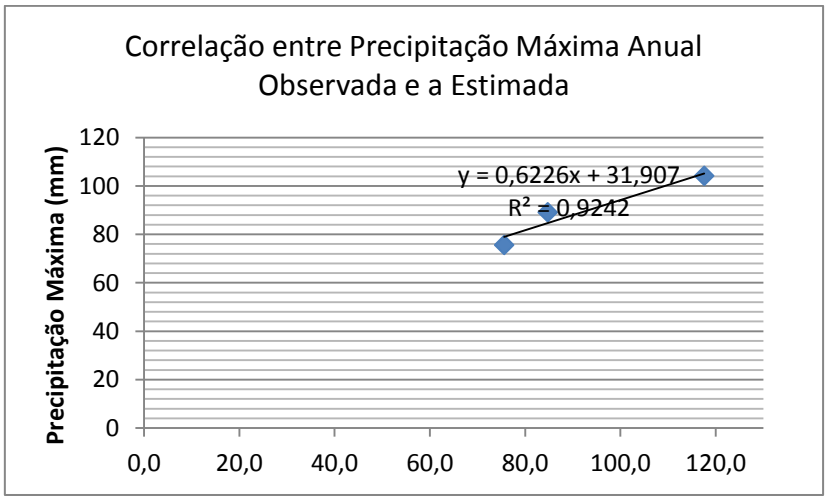


Gráfico 09: Correlação entre Precipitação Máxima anual Observada e a Estimada
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2014.

Notamos que o gráfico de correlação entre precipitação máxima diária observada e estimada (gráfico 09) apresenta uma correlação linear forte. Tendo esse resultado como base foi possível estimar precipitação máxima diária para diferentes tempo de retorno, através do método de Gumbel (1941), assim, adotou-se para o cálculo precipitação máxima o tempo de retorno (Tr) igual a 2, 4, 8, 15, 20, 25 e 50 anos. Como podemos observar no quadro 14.

VARIÁVEIS	VALORES OBTIDOS USANDO A DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL						
Beta	17,22	17,22	17,22	17,22	17,22	17,22	17,22
Alfa	82,73	82,73	82,73	82,73	82,73	82,73	82,73
Tempo de Retorno	2 anos	4 anos	8 anos	15 anos	20 anos	25 anos	50 anos
F(1dia;T)	0,50	0,75	0,88	0,93	0,95	0,96	0,98
Ln	0,37	1,25	2,06	2,62	2,97	3,20	3,90
P(1 dia; T) mm	89,10	104,26	118,20	127,85	133,87	137,83	149,89
24h	100,68	117,81	133,57	144,47	151,27	155,75	169,38

Quadro 14: Precipitação estimada para 1(um) dia e 24 horas
Org.: Mirtilene Lopes Cruz

Nota-se que o quadro 15 traz tanto a precipitação máxima anual quanto a precipitação máxima para 24 horas. De acordo com Tomaz (2002), a chuva de um dia não expressa a duração real da precipitação, já no caso da chuva de 24 horas, trata-se da duração do evento. Então, para se obter a chuva de 24 horas

foi necessário multiplicar a chuva de 1 (um) dia por 1,13 segundo USWB (1984). Assim, obtemos uma correlação classificada como forte entre as precipitações de 1 dia e a de 24 horas (gráfico 10).

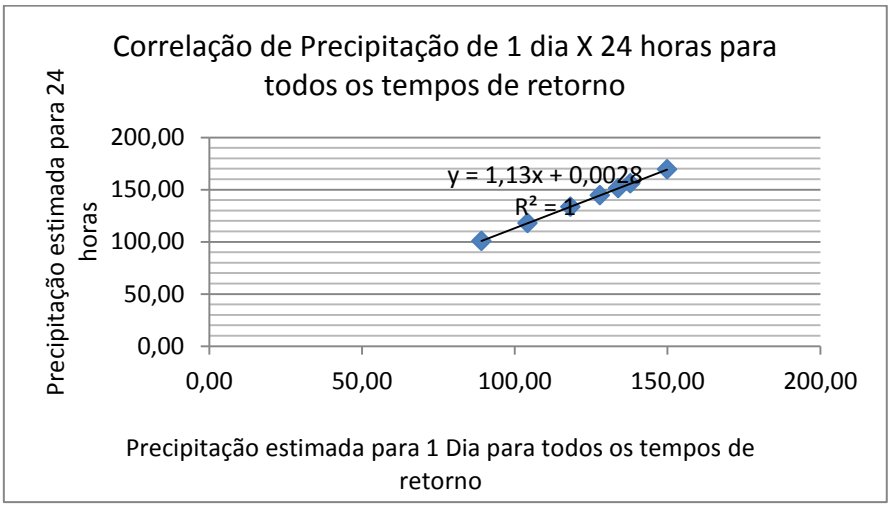


Gráfico 10: Correlação entre Precipitação de 1 dia X 24 horas para todos os tempo de retorno.
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2014.

Em seguida, usamos a chuva de 24 horas para estimar a precipitação de 1, 6, 8, 10 e 12 horas utilizando o coeficiente de desagregação pluviométrico do Departamento Nacional de Obras de Saneamento citado por Magni,1984. O valor gerado para 1 hora de evento foi utilizado para estimar chuva para o tempo de duração igual a 30 minutos e 2 horas. Por último, o valor gerado para meia hora foi utilizado para estimar para os tempos de duração de 5, 10,15, 20 e 25 minutos, construindo assim o quadro 15 e o gráfico 11.

Tempo de duração	Valores Obtidos usando a distribuição de Gumbel						
1 Dia	89,10	104,26	118,20	127,85	133,87	137,83	149,89
5min	10,64	12,45	14,11	15,27	15,98	16,46	17,90
10min	16,90	19,77	22,42	24,25	25,39	26,14	28,43
15min	21,90	25,63	29,06	31,43	32,91	33,89	36,85
20min	25,34	29,66	33,62	36,37	38,08	39,21	42,64
25min	28,47	33,32	37,77	40,86	42,78	44,05	47,90
30min	31,29	36,62	41,51	44,90	47,01	48,41	52,64
1h	42,29	49,48	56,10	60,68	63,53	65,42	71,14
2h	53,71	62,84	71,25	52,72	80,68	83,08	90,35
6h	72,49	84,82	96,17	104,02	108,91	112,14	121,95
8h	78,53	91,89	104,18	112,69	117,99	121,49	132,12
10h	82,56	96,60	109,53	118,47	124,04	127,72	138,89
12h	85,58	100,14	113,53	122,80	128,58	132,39	143,97
24h	100,68	117,81	133,57	144,47	151,27	155,75	169,38

Quadro 15: Precipitação Estimada para diferentes tempos de duração
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2014

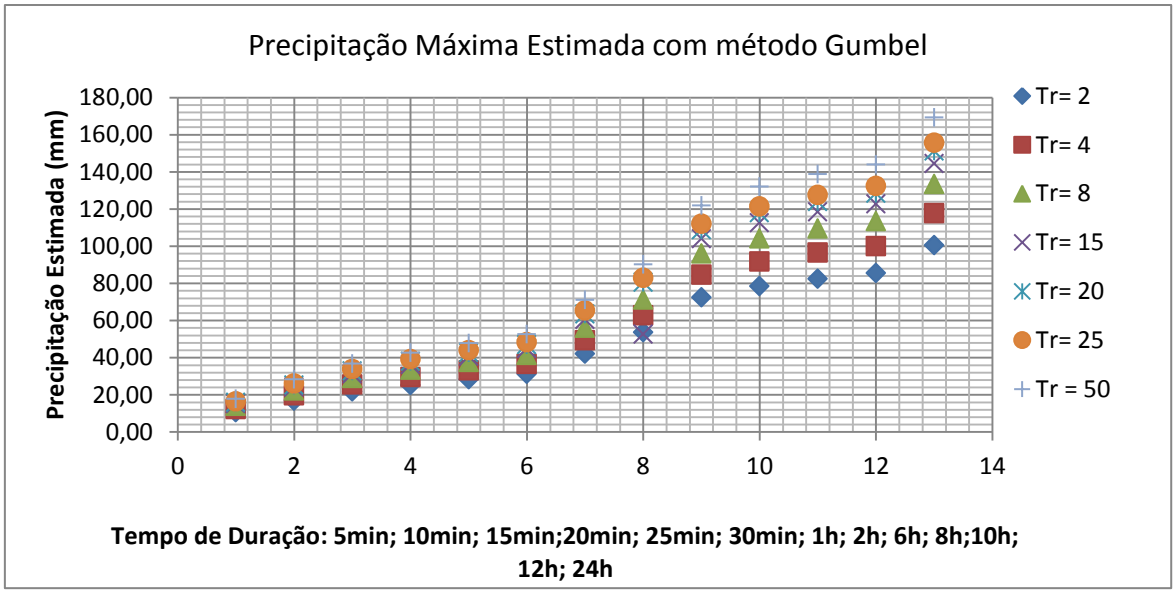


Gráfico 11: Precipitação Máxima Estimada com Método Gumbel
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2014.

Observa-se no gráfico 11, que a precipitação máxima aumenta conforme o tempo de duração e o tempo de retorno. O tempo de retorno é o número médio de anos durante o qual se espera que a precipitação analisada seja igualada ou superada, considerada o período crítico para uma bacia hidrográfica (TUCCI, 1993). Ainda mais que, a precipitação pode atuar sobre a erosão do solo, inundação em áreas rurais e urbanas, obras hidráulicas, entre outros. Outros autores como Crepani *et al.* (2004) em seu estudo de vulnerabilidade das paisagens reforçam a ideia de que a intensidade máxima da chuva permite avaliar o grau de risco ao qual uma bacia hidrográfica está submetida, devido a um alto índice pluviométrico com curtas durações, podem estar contribuindo com o processo de escoamento superficial, erosão dos solos e o aumentos das vazões.

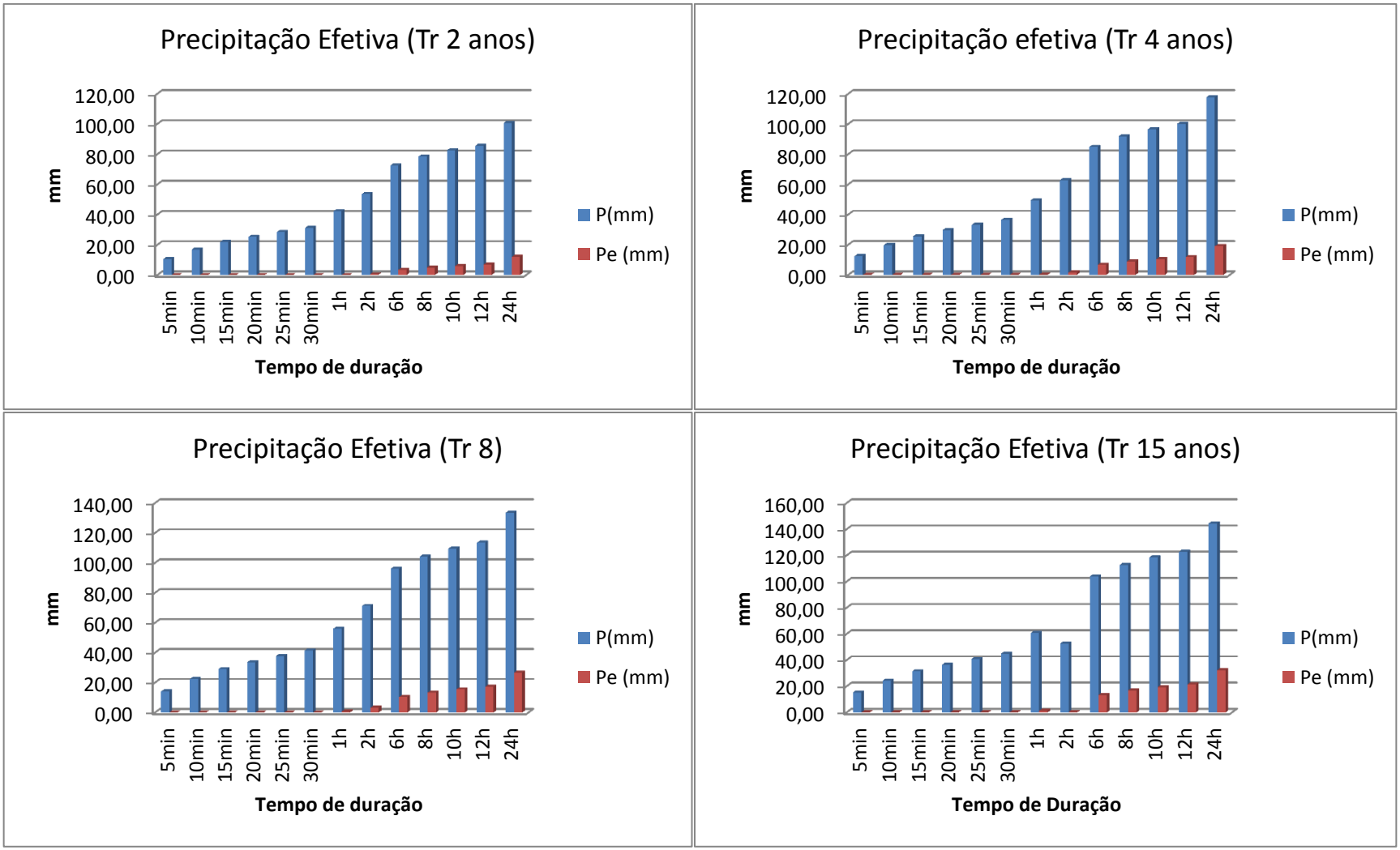
Portanto, com os resultados de precipitação máxima obtida através do método de Gumbel (1941) foi possível construir o hidrograma de precipitação efetiva (Pe) para cada tempo de retorno e diferentes tempo de duração.

5.7 Analise da Precipitação Efetiva (Pe) Estimada para a Bacia do Rio Cotia.

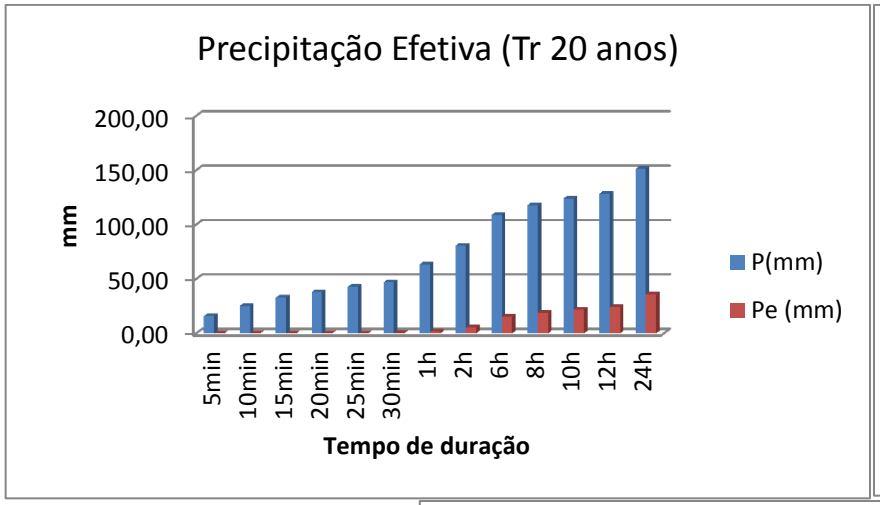
A precipitação efetiva (Pe) ocorre após um evento de chuva, no qual a quantidade supere o valor estimado para as perdas iniciais, sendo, neste caso,

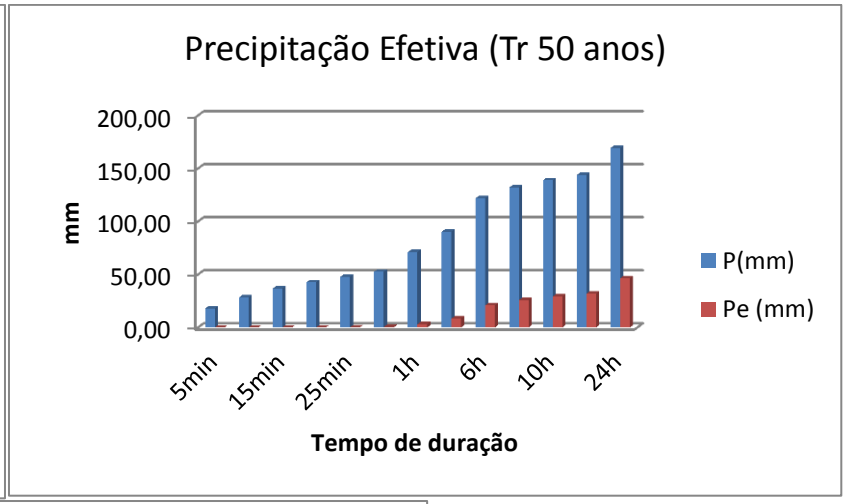
de acordo com o modelo hidrológico utilizado de 20% da capacidade de infiltração dos solos da área de estudo. De acordo com Te Chow (1988), a infiltração diminui com a continuidade e a intensidade da chuva, a proximidade do lençol freático, o grau de compactação, a porosidade do solo, a cobertura do solo e a declividade do terreno. Assim, com a redução do processo de infiltração ocorrerá o início do processo de escoamento superficial, no caso do modelo utilizado, passa a ser chamado de precipitação efetiva, ou seja, é toda água oriunda da precipitação que não infiltra, mas sim escoa pela superfície.

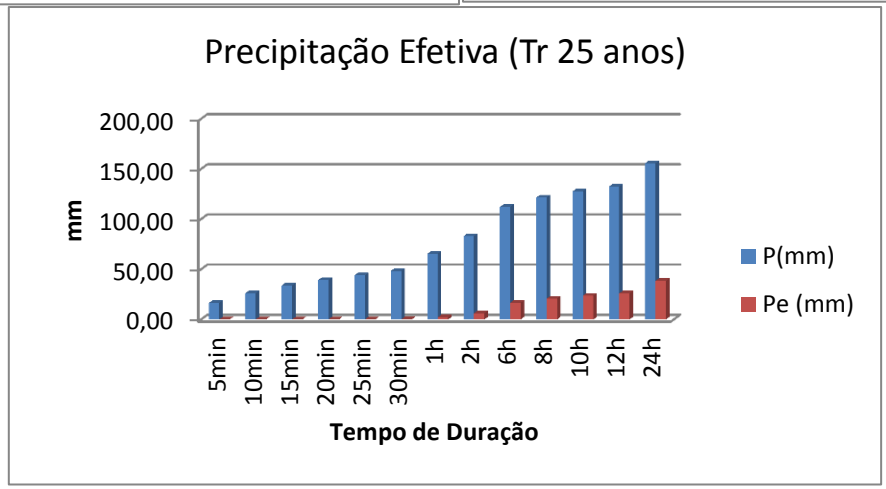
Apresenta-se, nos gráficos 11 a 18 os histogramas de projeto de precipitações efetivas simulado, para as chuvas máximas anual dos períodos de retorno (Tr) de 2, 4, 8, 15, 20, 25 e 50 anos, para as condições de umidade II. É importante ressaltar que o *curve number* (CN) adotado para essas condições é 54 e para as perdas iniciais são de 43,27mm.



Gráficos 12, 13,14 e 15: Precipitações Efetivas na Situação de Umidade Antecedente II.







Gráficos 16, 17e 18: Precipitações Efetivas na Situação de Umidade Antecedente II

Observa-se que os valores de precipitação efetiva (Pe) nos gráficos (11 a 18) aumentam em função do período de retorno (Tr). Outro fato é que a lâmina de escoamento superficial aparece na estimativa para 2 anos de retorno após duas horas de duração de chuva com o precipitação de 53,71mm, gerando uma precipitação efetiva de 0,48mm. Já nos casos de retorno de 4, 8 e 15 anos, a lâmina de escoamento aparece a partir de 1 hora de chuva, respectivamente 49,48mm, 56,10mm e 60,68 mm, provocando precipitação efetiva de 0,17mm, 0,72mm e 1,30mm. Nos casos do tempo de retorno de 20 e 25 anos o escoamento aparece após 30 minutos de evento, respectivamente, 47,01mm e 48,41mm, e um pequeno escoamento superficial de 0,06mm e 0,12mm. Por último, a simulação para 50 anos, a lâmina de escoamento aparece após 25 minutos de chuva, sendo de 0,10mm.

É importante lembrar que nesta simulação (CNII), o modelo entende que só há a possibilidade de escoamento superficial após a ultrapassagem do valor calculado para as perdas inicias, que neste caso, é de 43,27mm. E ressaltando que a bacia do rio Cotia apresenta 53,65% de área florestada em cima de um solo classificado com A, ou seja, alta taxa de infiltração.

Ao relacionar os histogramas de projeto de precipitações efetivas estimadas com a frequência de precipitação dos anos observados, percebemos que no ano de 2011 choveu 185 dias, sendo que 11% desses dias de chuva, ultrapassaram o valor calculado para perdas inicias. Já em 2012, ocorreram 192 dias de chuva, quando apenas 8% ultrapassaram as perdas iniciais. E em 2013, considerado entre os anos observados, é o que mais choveu, correspondendo a 206 dias de precipitação, no entanto, apenas 5,8% ultrapassaram o valor de perdas iniciais.

Nos gráficos a seguir (19 e 20), observamos a correlação forte existente entre precipitação estimada e a precipitação efetiva, representada pelo tempo de retorno 2 e 50 anos.

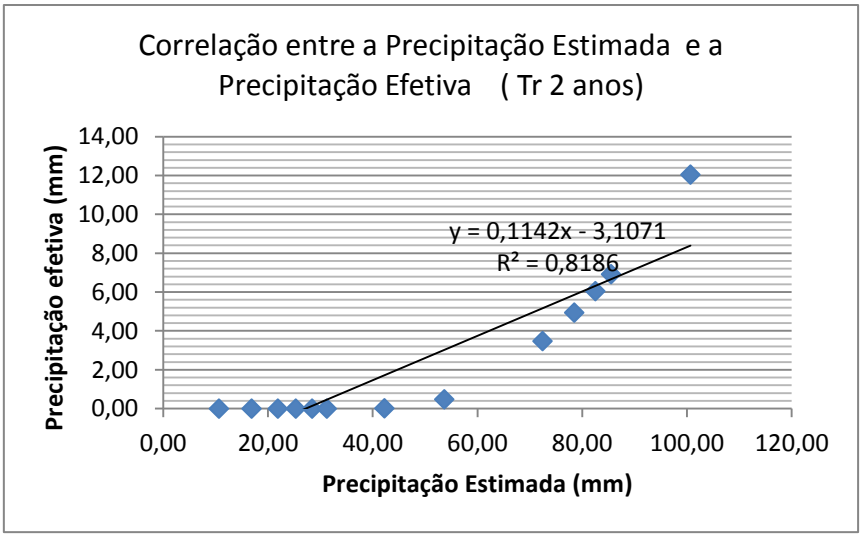


Gráfico 19: Correlação entre Precipitação Estimada e a Precipitação Efetiva (Tr 2 anos)
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2014.

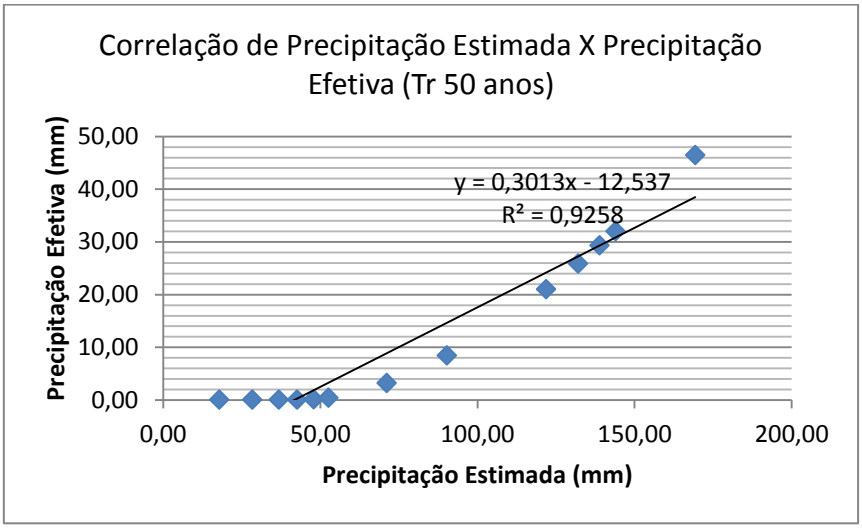
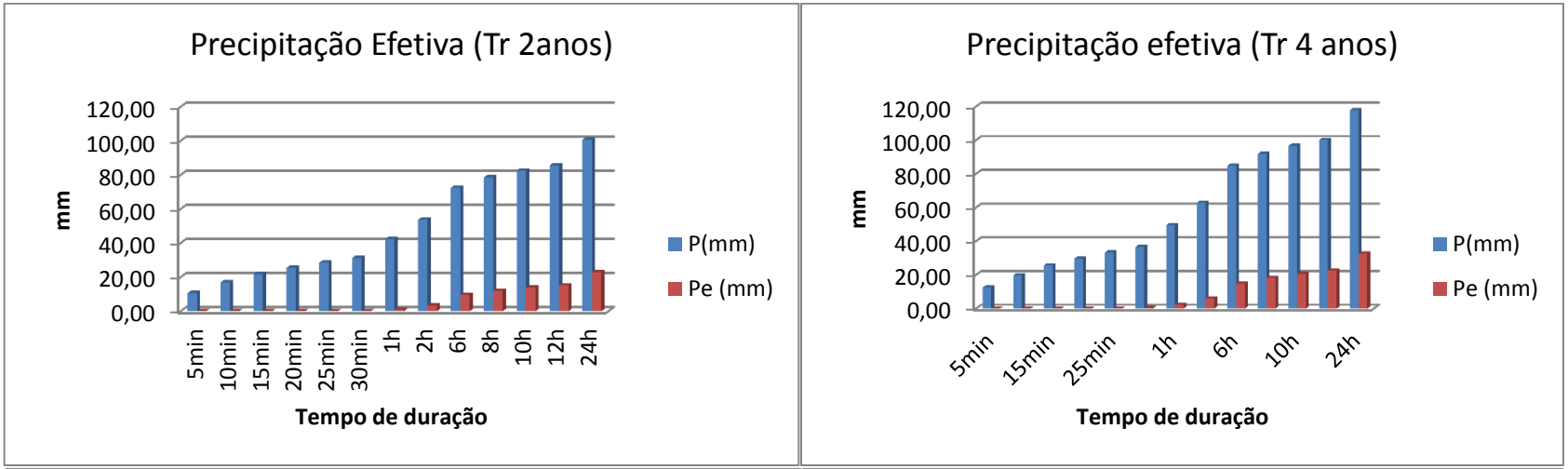
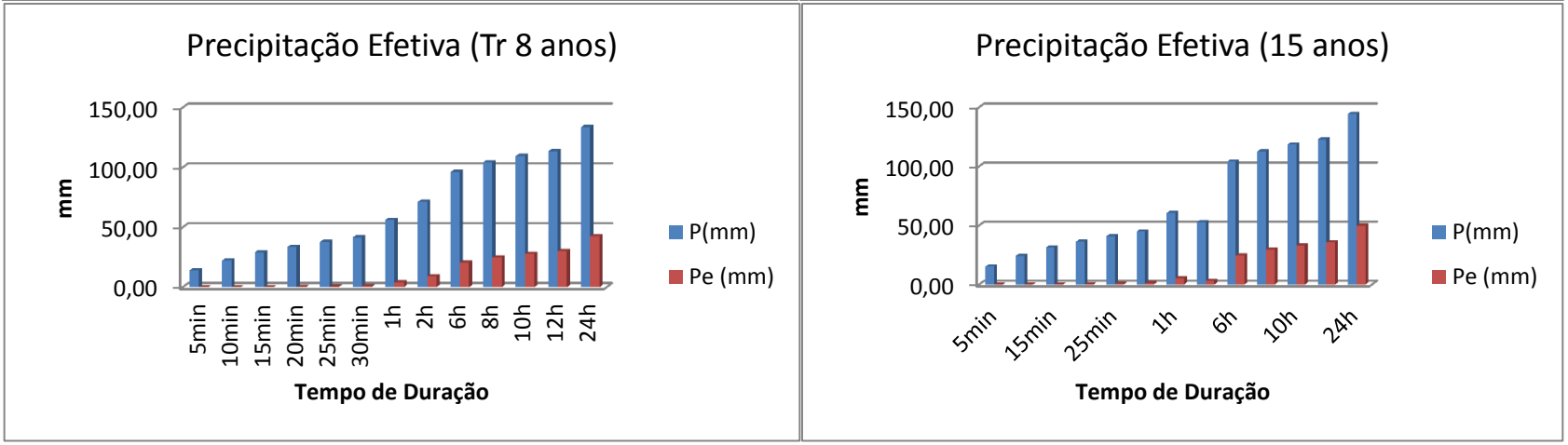


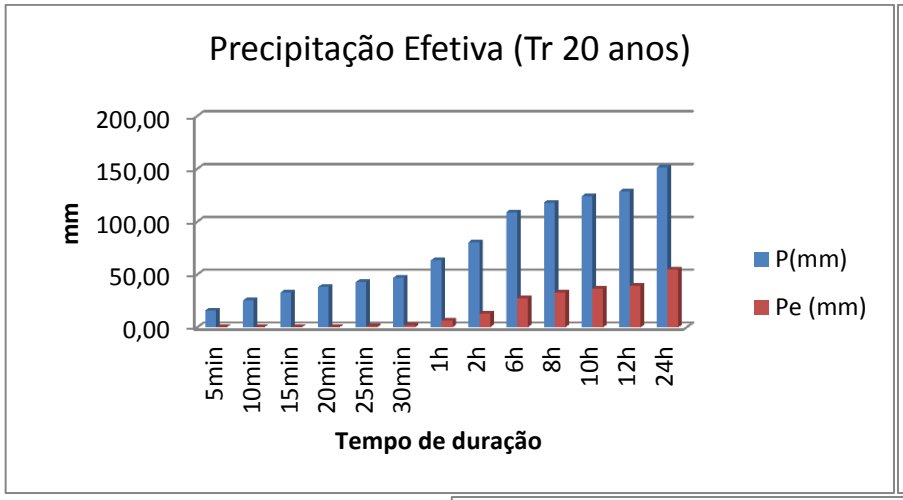
Gráfico 20: Correlação entre Precipitação Estimada e a Precipitação Efetiva (Tr 50 anos)
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2014.

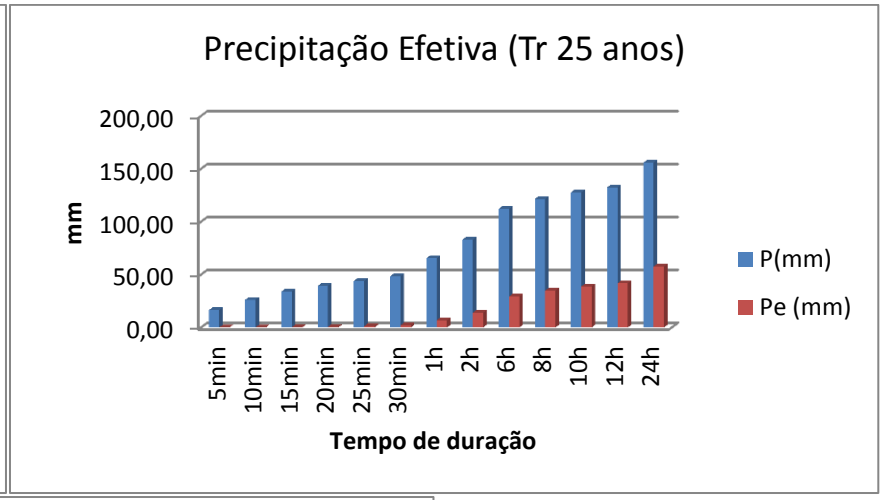
Os valores calculados para a simulação da condição de umidade III para todos os tempos de retorno (2, 4, 8, 15, 20, 25 e 50 anos) estão expressos nos gráficos 21 a 27. Nesta simulação, o modelo estima que poderá ocorrer o escoamento superficial após o evento ultrapassar 29,83 mm.

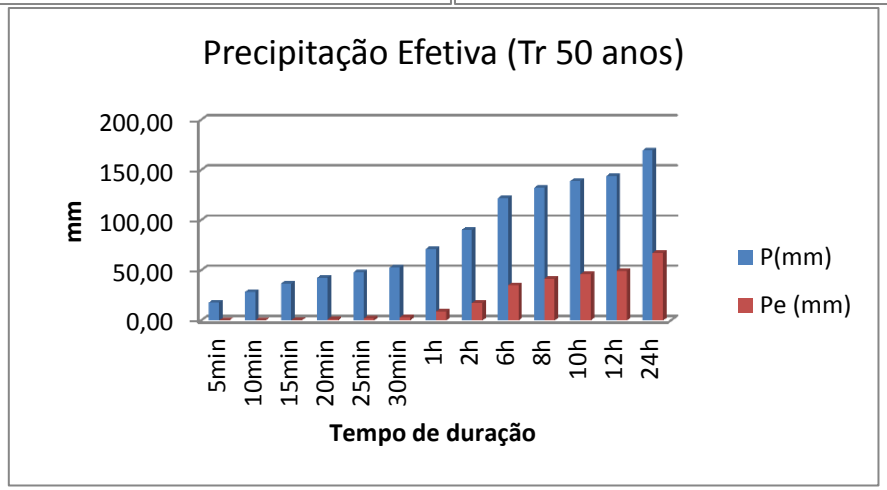




Gráficos 21, 22, 23 e 24: Precipitações Efetivas na Situação de Umidade Antecedente III.
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2014.







Gráficos 25, 26 e 27: Precipitações Efetivas na Situação de Umidade Antecedente III.
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2014.

Ao observarmos os histogramas de precipitação efetiva estimada para situação de umidade III, nota-se que ela aparece com o menor tempo de duração, comparando com a estimativa de situação II, isso ocorre porque o modelo aqui entende que devido à continuidade de chuva contribui com a redução da capacidade de infiltração do solo, assim a precipitação efetiva ocorre após o evento ultrapassar 29,83mm. E ao observar o histograma para o tempo de retorno de 2 anos, esse valor de capacidade de infiltração é superado após o tempo de duração de 30 minutos, com chuva de 31,29mm, gerando precipitação efetiva de 0,01mm. Para o caso de 4 anos, na duração de 25 minutos, inicia-se o processo de chuva efetiva, sendo, evento de 33,32 mm, para lâmina de escoamento de 0,08mm. E para o tempo de retorno de 8 anos, a ultrapassagem da capacidade de infiltração ocorre após o tempo de duração de 20 minutos, com valores de precipitação de 33,62mm e efetiva de 0,09mm. Já nos casos de 15, 20, 25 e 50 anos, a lâmina de escoamento aparece a partir de15 minutos, sendo respectivamente, eventos de chuvas, 31,43mm, 32,91mm, 33,89mm e 36,85mm, e um escoamento superficial de 0,09mm, 0,02mm, 0,06mm, 0,11mm e 0,32mm.

Ao analisar os projetos de precipitação estimada para a situação III com a frequência de precipitação dos anos observados, notamos que a possibilidade de superar a capacidade de infiltração nessa situação (III) é maior que na situação anterior (II). Desta maneira, no ano de 2011 17,8% dos dias de chuva geram precipitação efetiva. Já em 2012, 13% dos eventos de precipitação ultrapassaram as perdas iniciais. E em 2013, correspondendo a 206 dias de precipitação já na situação de umidade II apenas 5,8% ultrapassou, por sua vez, na simulação de umidade III, a taxa aumenta para 13,1%.

Nos gráficos a seguir (28 e 29) observamos a correlação forte existente entre precipitação estimada e a precipitação efetiva na situação de umidade III, representada pelo tempo de retorno 2 e 50 anos.

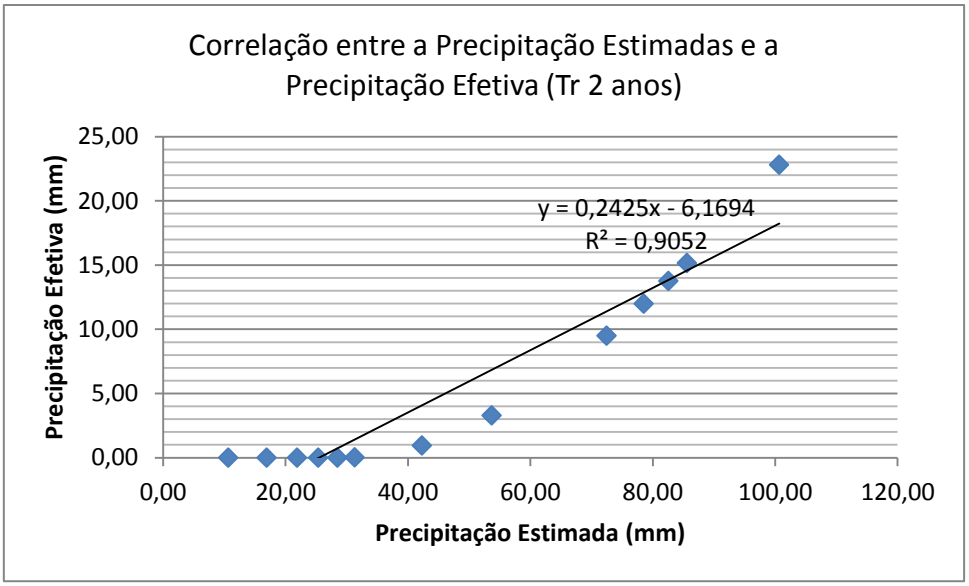


Gráfico 28: Correlação entre Precipitação Estimada e a Precipitação Efetiva (Tr 2 anos)
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2014.

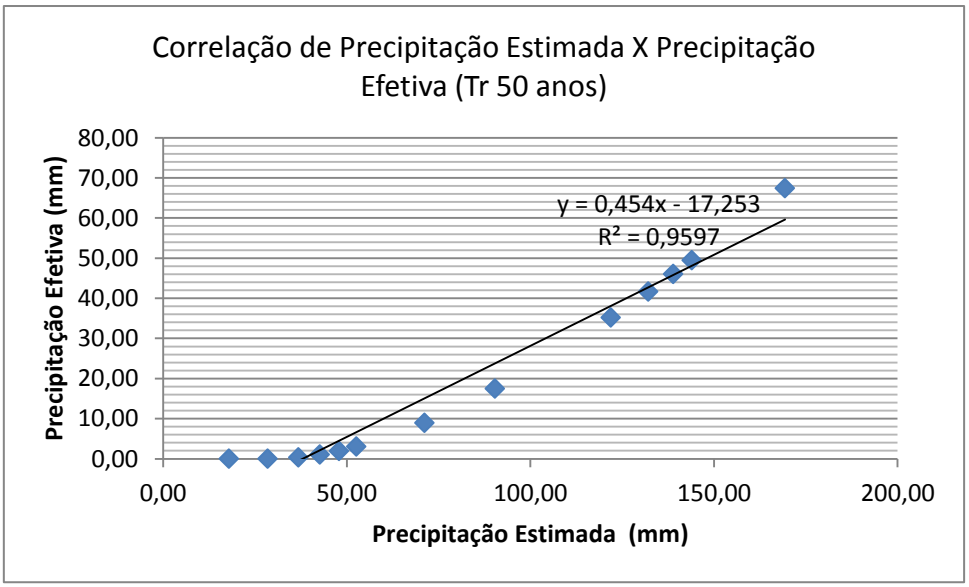


Gráfico 29: Correlação entre Precipitação Estimada e a Precipitação Efetiva (Tr 50 anos)
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2014

5.8 Classificação da Suscetibilidade a erosão dos Solos da Bacia do Rio Cotia.

Com já citado no capítulo de metodologia, de acordo com Mendes (1982), a suscetibilidade à erosão dos solos pode ser ativada pela água da chuva devido à quantidade e velocidade que chegam à superfície terrestre, ou seja, a erosão superficial surge do escoamento da água que não se infiltra. Segundo Sales *et al.* (2006), a erosão superficial depende também do tipo de cobertura dos solos, declividade do terreno e da estrutura física dos solos. No entanto, a

intervenção antrópica de modo inapropriado, alterando o estado dos solos talvez seja o elemento mais importante. Desta maneira, este trabalho teve a preocupação de realizar um enquadramento da suscetibilidade dos solos da área de estudo segundo a classificação de Mendes (1982), pois esta classificação tem a preocupação de destinar sugestões para o melhor tipo de uso da terra e as práticas de manejos. E essa classificação pode ser observada no quadro 16.

TIPO DE SOLO	CARACTERÍSTICA	SUSCETIBILIDADE A EROSÃO	ÁREA (%)
Gleissolo Distrófico (Gd3)	0 – 2%, mal drenado e franco.	Nula	25,10%
Latossolo Amarelo Distrófico (LAd31)	0-2%, bem drenado e argiloso.	Nula	2,25%
Latossolo Amarelo Distrófico (LAd5)	2-8%, bem drenado e argiloso.	Ligeira	1,05%
Latossolo Amarelo Distrófico (LAd19)	8-30%, bem drenado e ligeiramente pedregoso.	Ligeira	0,15%
Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (LLd1)	0-2%, bem drenado e argilo arenoso.	Nula	71,45%

Quadro 16: classificação da suscetibilidade a erosão
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2013.

Como podemos observar no quadro 16, a classificação da suscetibilidade a erosão da área de estudo ficou dividida em nula e ligeira. Os solos enquadrados na suscetibilidade nula foram os Gleissolo (Gd3), a mancha de Latossolo Amarelo distrófico (LAd31) e Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LLd1), pois são os solos que apresentam classe de relevo plano, independentemente de sua origem. As somas dessas manchas de solos correspondem a 98,8% da área de estudo. Já as manchas de solo de Latossolo Amarelo distrófico LAd5 e LAd19 foram classificadas como ligeira, representado 2,2% da área, esses solos apresentam pouca suscetibilidade à erosão devido o elevo suave ondulado (3 a 8%); mesmo assim, apresenta boas estruturas físicas, com textura argilosa e contribui com a grande permeabilidade.

No entanto, o uso da terra é o que possivelmente contribui para a proteção dos solos com o aumento do processo de infiltração, ainda mais que a bacia do rio Cotia tem 62,08% de área florestada e 11,19% de Savana. A

conversão dessas áreas naturais para o uso voltado à agropecuária poderá apresentar uma erosão ligeira, sendo necessárias práticas simples de manejos.

Mas, durante os últimos anos as atividades primárias de pecuária extensiva e agrossilvipastoril vêm crescendo na área de estudo, contribuindo assim na transformação de áreas naturais para áreas desmatadas. Podemos observar essa informação no quadro 17, utilizando uma pequena série histórica de 10 anos, que vai do ano de 2000 a 2010, com análises de desmatamento a cada cinco anos.

ANO	ÁGUA		ÁREA NATURAL		DESMATAMENTO	
	(%)	Km^2	(%)	Km^2	(%)	Km^2
2000	0,39	4,8	87	1072,71	12,61	155,49
2005	0,39	4,8	73,6	907,49	26,01	320,71
2010	0,39	4,8	67,3	829,8	32,31	398,4

Quadro 17: Relação entre área Natural e o Desmatamento
Fonte: INPE, Imagem LANDSAT5, 2000, 2005 e 2010, órbita 237 e ponto 67.
Org.: Mirtilene Lopes Cruz, 2014.

Observamos no quadro 16 que a redução da área natural do ano de 2000 a 2005 foi em torno de 165,22 km^2, correspondendo a 15,4% da área de estudo ($\frac{((87\%-73,6\%)*100)}{87\%}$), contribuindo assim, para um aumento das áreas desmatadas de mais de 100%, as quais passaram de 155,49 km^2 em 2000, para 320,71 km^2 em 2005. No entanto, de 2005 a 2010 ocorreu uma desaceleração na taxa de desmatamento, que neste tempo foi de 8,6% ($\frac{((73,6\%-67,3\%)*100)}{73,6\%}$), ou seja, 77,69$km^2$. Apesar dessa redução, o Instituto Brasileira de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) relaciona esse desmatamento ao aceleramento das fronteiras agrícolas para região Norte e Centro-oeste. O gráfico 31 traz a relação entre a área natural e o desmatamento e a tendência dessa relação para 2015.

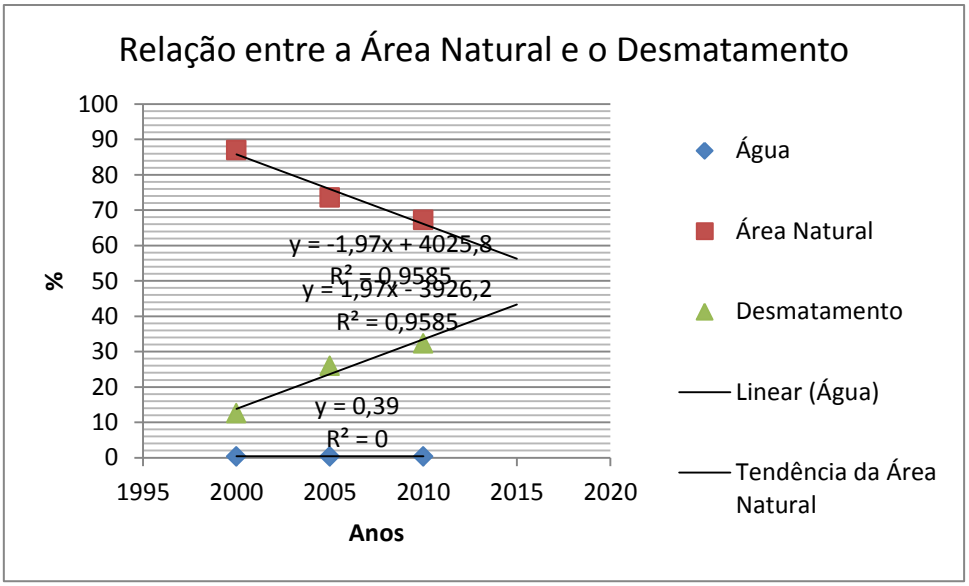


Gráfico 30: Relação entre a Área Natural e o Desmatamento
Org.: Mirtilene Lopes Cruz.

Observamos no gráfico 30 que a tendência para 2015 é de redução para a área natural, que poderá deixa de ser 67,3% em 2010 para apenas 56% em 2015, representando em torno de 690,48 km^2. A redução das áreas com vegetações da bacia do Rio Cotia, principalmente das áreas de matas ciliares, pode contribuir para o seu desequilíbrio hídrico, com 98,8% de área plana (0 3% de declividade) e com 74,9% solos de textura que varia de argiloso arenosa a argilosa e a tendência para atividades econômicas de pecuária extensiva e agrossilvipastoril, que podem contribuir para a compactação do solo devido ao pisoteio animal. Ocasionando impermeabilidade dos solos, possibilitando a retenção da precipitação efetiva em superfície ou em áreas suavemente ondulada (3 a 8%) o processo de escoamento superficial. Assim, o deflúvio pode contribuir com a degradação das águas superficiais, aumento da vazão e enchentes dos rios.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme as finalidades deste trabalho e com os resultados gerados, pode-se caracterizar a morfometria da sub-bacia do rio Cotia como bacia hidrográfica de 4° ordem, com 121 segmentos de 1° ordem, 71 de 2° ordem, 37 de 3° ordem e 20 de 4º ordem, somando em total de 249 segmentos fluviais. O fator de forma (Kf) e índice de circularidade (Ic) são respectivamente 0,24 e 0,39, ou seja, alongada e a boa drenagem. A amplitude altimétrica da bacia é 122 m. caracterizando assim uma área plana ligeiramente dissecada a uma área de planície aluvia baixa mal drenada, como uma declividade média de 0,78 m/km^{-1}.

A tipologia de solo encontrado na área foi de 25,1% de Gleissolo Distrófico (Gd3), 71,45% de Latossolo Vermelho-amarelo (LLd) e 3,45% de Latossolo Amarelo Distrófico. A classificação hidrológica de tais solos foi do tipo D para o Gleissolo e tipo A para os Latossolos. A tipologia de uso da terra de 26,24% de pecuária extensiva, 0,11% de Sistema Agrossilvipastoril, 11,19% Savana e 62,08 de floresta.

O *curver number* (Cn) admissional nos solos hidrológico D em condição de umidade I (menor 13 mm) apresenta a melhor resposta em áreas de floresta 48, já em áreas de Savana e antrópicas na mesma condição úmida não apresenta uma boa resposta, sendo respetivamente valores de 67 e 75. Esses índices pioram em todos os cenários nas condições de umidade II e III, caracterizando assim as áreas alagadas. Já os cenários localizados no solo do tipo hidrológico A as áreas de floresta possivelmente não apresentam escoamento superficial nem na máxima condição de umidade (maior 53 mm) enquadrado com o valor 43. No entanto, em áreas de Savanas e antrópicas, os valores são simultâneos 65 e 67, caracterizando um possível escoamento superficial. Devido a essas diferentes situações foram calculadas uma média representando toda a área de estudo para as diferentes situações de umidade, desta forma ficou 35 para situação umidade I; 54 para situação II; e 63 para situação III.

A maior capacidade de infiltração dos solos da área de estudo aconteceu durante o período de seca, ou seja, situação de umidade antecedente menor que 13mm.

A frequência da precipitação máxima observada da estação pluviométrica de superfície contribuiu com a criação da distribuição de Gumbel (1941) e através deste foi possível construir o hidrograma de precipitação efetiva (Pe) para cada tempo de retorno e diferentes tempos de duração. Ambas correlações foram classificadas com forte.

A precipitação efetiva (Pe) só pode ser aplicada nos nível de situações de umidade antecedente II e III, pois, na situação I, a capacidade de infiltração era maior que a quantidade de chuva. Desta forma, para situação II a precipitação efetiva iniciou a partir de 2 horas de evento e essa duração vai reduzindo conforme aumenta o tempo de retorno, chegando a marcar 25 minutos para tempo de retorno de 50 anos. Outra relação observada foi entre a precipitação estimada e a observada, onde, na situação II, apenas 11% dos dias de chuva no ano de 2011, ultrapassam a capacidade de infiltração, já nos anos de 2012 e 2013 ocorre uma redução da capacidade de infiltração, respectivamente, 8% e 5,8%. Na situação de umidade III a precipitação efetiva aparece após 30 minutos de evento em tempo de retorno de 2 anos, esse fato está relacionado com a redução da capacidade de infiltração que passou de 43,27mm na situação II para 29,83mm, assim, na precipitações observadas de 2011 a 2013 apresentaram taxas de precipitação efetiva todas superiores a da situação II.

A suscetibilidade à erosão dos solos exposta foi nula e ligeira sendo que, somente 2,2% da área considerada ligeira devido às áreas de relevos suavemente onduladas. No entanto com a substituição das áreas de vegetação natural por atividades econômicas primárias de pecuária extensiva e agrossilvipastoril poderá contribuir com uma erosão ligeira, sendo, necessárias algumas práticas simples de manejos.

Portanto, a resposta do modelo escolhido com uso de dados secundários ao auxílio ao planejamento ambiental apresentou-se de forma confiável, entretanto é necessário o ajuste referente a questões de características físicas

das áreas. O fator limitante para o uso do modelo é justamente o fato de na classificação hidrológica do solo, não apresentar uma especificação da declividade do relevo. Desta forma, a sugestão de aprimoramento do modelo chuva-vazão para a região amazônica é a realização de uma nova classificação hidrológica dos solos e acrescentar o parâmetro de relevo, assim, o modelo terá uma melhor confiabilidade para essa região.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome, Italy. 1998. 300 p

Bertalanffy, L.V. **Teoria dos Sistemas.** WWW.bertalanffy.org

BENTES-GAMA, M. de M. **Manejo de bacias hidrográficas**. Disponível em <http://www.cpafro.embrapa.br/embrapa/Artigos/manejo bac.htm>.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** São Paulo:Ícone, 1993.

BERTRAND, G. **Écologie d' um espace géographique: les géosystémes du valle de Prito. Espace Geographique**, 2: 113-128, 1972.

BIANCHI, R. de C.; RIZZI, N. E.; GUIMARÃES, SCHECHI, R. G. **Estimativa da Vazão Máxima da Bacia Hidrográfica do Rio Canguiri através do Método de Ven Te Chow.** RA´E GA 25 (2012) Curitiba, Departamento de Geografia – UFPR ,ISSN: 2177-2738, p. 164-185 www.geografia.ufpr.br/raega/

BOTELHO. R. G M. **Identificação de Unidades Ambientais na Bacia do Rio Cuiabá (Petrópolis - RJ) Visando ao Planejamento do uso do solo.** Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro PPGG, UFRJ, 1996.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. **Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental**. In.: Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. 2ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. *In:* GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (org.). **Erosão e conservação dos solos: Conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

BOTELHO, R G. Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; SILVA, Antônio Soares e BOTELHO, Rosangela Garrido Machado (org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos,.temas e aplicações**. 2ª ed., Bertrand Brasil, Rio de janeiro, 2005

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil. 1990a.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Rondônia.** Porto Velho, CPRM, 1999b

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil. **Levantamento de Informação para Subsidiar o estudo de Viabilidade do Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) do Rio Madeira**. Porto velho-CPRM,2005c

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil. **Geologia e recursos Minerais do Estado de Rondônia: Sistema de Informações Geográficas.** Porto Velho, CPRM, 2007d.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa, 1979.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de pedologia.** 2° Ed. Rio de Janeiro: IBGE,2007.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra.** 2° Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo**. Rio de Janeiro: IBGE ,2010.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. Princípios básicos em Geoprocessamento. *In:* ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura.** 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 1998.

CARLESSO, R. **Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extríavel e a produtividade das culturas**. Revista Ciência Rural, Santa Maria, v.25, n.1, p.183-188,1995.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo.** 2. ed. São Paulo: Contexto, 1995.

CHRISTOFOLETTI, **A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas no Planalto de Poços de Caldas. Rio Claro**: Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, 1970. 375f. (Tese de Livre Docência).

CHRISTOFOLETTI, A., 1974. **Geomorfologia**. Ed. Edgard Blucher Ltda e EDUSP.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. V.1. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistema Ambientais.** 1º Ed. São Paulo, Edgard Blucher. 1999.

CHORLEY, R.J. and Haggett, P., editors: **Models in geography**. London: Methuen,1967.

CHORLEY, R. J. **The Drainage Basin as a Fundamental Geomorphic unit.** In: Water, Earth and Man. Ed.: R. J. Chorley. London, Methuen, 77-99, 1969.

CHORLEY, R. J. & KENNEDY, B.A Physical Geography.EnglewoodCliffs: Printice – Hall, 1971

CHORLEY, R. J. **Modelos Físicos e de Informação em Geografia.** Rio de Janeiro, Ed. Universidade de São Paulo. Tradutor, Arnaldo Viriato de Medeiros, 1975.

CHOW, V. T. **Aplied Hydrology**. McGrauw-Hill, United States Of America, 1988.

COOKE, R. U. & DOORNKAMP, J. C. **Geomorphology in Environmental Management: a New Introduction.** 2° ed. Oxford University Press, New York, 1990.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; PALMEIRA, A. F. **Intensidade Pluviometrica: uma maneira de tratar dados pluviometricos para analise da vulnerabilidade de paisagens a perda de solo**. INPE, São Jose dos Campos, 2004, 30p.

CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

CUNHA, S. B. da. **Canais fluviais e a questão ambienta**l. In: CUNHA, S. B. da.;GUERRA, A. J. T. (orgs.). A questão ambiental: diferentes abordagens. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

FEITOSA, A. O Zoneamento das Pequenas Bacias do rio Pajeú, 2012.

FENDRICH, R.. **Canais de Drenagem em Pequenas Bacias Hidrográficas. Curitiba**: UFPR/DHS, 2008.

PIO, A.; FIORI, F. G.N. **A UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE VEN TE CHOW – SOIL CONSERVATION SERVICE (SCS) NA ESTIMATIVA DA VAZÃO MÁXIMA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ATUBA.** Revista Eletrônica Geografar, Curitiba, v.2, n.2, p.139-155, jul./dez. 2007 ISSN: 1981-089X www.ser.ufpr.br/geografar

GAMA da S.M.J. **Aspectos climáticos de Porto Velho-Ro**. Secretaria Estadual de Meio Ambiente. 4p 2005.

GUMBEL EJ.. **The return period of flood flows**. The Annals of Mathematical Statistics 12: 163–190, 1941.

HORTON, R.E.. **Drainage Basin Characteristics**. Trans. American Geophysical Union, 13: 350-361,1932.

HORTON, R.E. **Erosinal Developmente of Streams their drainagebasins: Hidrophysical Approach to Quantitative Morphology.** Bulletin of the Geological Society Of America, Colorado, V.56, p 275-370,1945.

LEOPOLD, L.B., Wolman, M.G., and Miller, J.P. **Fluvial Processes in Geomorphology**. W.H. Freeman and Company, 1964.

LIMA, W. de P. **Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas**, 2008.

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; Galeti, P. A.; Bertolini, D.; Lepsch, I. F.; Oliveira, J. B. Nova abordagem para cálculo de espaçamento entre terraços. **Simpósio sobre terraceamento agrícola**. Campinas, 1989. Fundação Cargill. p. 99-124.

LOMBARDI NETO, F.; ROCHA, J.V., e BACELLAR, A.A.A. **Planejamento agroambiental da microbacia hidrográfica do Ribeirão Cachoerinha-Municipio de Iracemápolis, SP, Utilizando um Sistema Informação Geográfica.** In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 5, Bauru, 257-259, 1995.

MAGNI, NELSON LUIZ GOI e MERO,FELIX. **Precipitações Intensas no Estado de São Paulo.** São Paulo: EPUSP e CTH, 1986, ISBN 0102-5821, Boletim, 95 p

MENDES FILHO W. M.; VENDRAME, I. F.; CARVALHO R. G. **Utilização de sistema de informações geográficas para o mapeamento do potencial de retenção de aguas pluviais no município de São Jose dos Campos** – SP. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, 21-26 abril, 2007.Disponível:<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.16.33/doc/3453-3460.pdf>.

MENDES, W. **Relação entre os graus de limitação do uso do solo por sua suscetibilidade à erosão e as unidades de mapeamento do solo**. Revista Brasileira de Geografia, Ano 44 - n° 03, Rio de Janeiro-RJ, 1982.

MENTGES, M.I.; FONTANELA, E.: REICHERT, J.M.;REINERT, D.J.; SUZUKI, L.E.A.S. **Densidade Máxima pelo ensaio de Proctor normal para seis solos em diferentes manejos e sua relação com o teste de compressão uniaxial**. XXXI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 5 a 10 de agosto, 2007.

MENTGES, M. I.; REICHERT, J. M.; ROSA, D. P. Da; VIEIRA, D. A.; ROSA, V. T. Da & REINERT, D. J**. Propriedades físico-hídricas do solo e demanda energética de haste escarificadora em Argissolo compactado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.45, n.3, p.315-321, 2010.

NAVEG,Z.; LIEBERMAN,A. Landscape **Ecology:Theory and Application**. Springer Verag. New York, 1994.

NUNES, D.D.: **Vulnerabilidade Natural à Erosão da Bacia do Mutumparaná,-Porto Velho-Rondônia.** Relatório de Pesquisa 2009-2011

PAYOLLA, B. L.; BETTENCOURT, J. S.,KOZUCH, M.; LEITE, W. B.; FETTER, A.H.; VAN SCHMUS, R. **Geological evolution of the basement rocks in the east-central part of Rondonia Ti Province, SW Amazonia Craton, Brazil**: U-PB and Sm – Nd isotopic constraints. Precambrian Research, v. 119, p. 141-169, 2002.

PINTO, N.D.S; HOLTZ, A.C.T; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F.L.S. **Hidrologia Básica.** SP.1976.

RADAM/BRASIL 1978. **Programa de Integração Nacional. Levantamento de recursos Naturais**. SC 20, Porto Velho– RADAM (Projeto) DNP, Ministério de Minas e Energia. Brasil. 626pp

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J. **Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação**. In: CERETTA, C.A.; SILVA, L.S.; REICHERT, J.M. Tópicos em Ciência do Solo, volume V. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 49-134.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; e CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes.** Viçosa. NEPUT, 1995, 304p.

RIBEIRO, H. **Estudos de impactos ambiental como instrumento de planejamento**. *In:* PHILIPPI Jr., ROMERO, M. de A.; BRUNA, G. C. Curso de Gestão Ambiental. São Paulo: Manole, 2004.

RIZZOTO,G.J.; OLIVEIRA, J. G.F. de; QUADROS, M.L. do E.S.: CASTRO, J.M.R de; CORDEIRO,A.V.; ADAMY,A.; DANTAS, M.E.; MELO JUNIOR,H.R. de. **Projeto Rio Madeira.** Estudo de viabilidade para implantação de usinas hidroelétrica no rio Madeira. Relatório Parcial AHE Jirau. Porto Velho; CPRM, 2005b.

RONDÔNIA. **Lei Complementar nº 255, de 25 de janeiro de 2002**. Institui a Política, cria o Sistema de Gerenciamento e o Fundo de Recursos Hídricos do estado de Rondônia, e dá outras providências. Porto Velho: Secretaria do Estado do Desenvolvimento Ambiental/Governo do Estado de Rondônia, 2002b.

RONDÔNIA. **Plano agroflorestal de Rondônia. Zoneamento socioeconômico-ecológico do Estado de Rondônia**. Porto-Velho, 2002.

ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 1995. SALATI, E.; SANTOS, A. A.; LOVEJOY, T. E.; KLABIN, I. **Porque salvar a floresta Amazônica.** Manaus: INPA, 1998.

RUHOFF, A. Modelagem Dinâmica de escoamento superficial na Bacia do Arroio Grande, RS. P3529-3531. SBSR,2007.

SCHMIDT, J. C. J. **Clima da Amazônia.** Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE, n. 3, p. 465-500,1942.

SCHREINER, D.T.; BRAGA, F. DE V. A.; VOGELMANN, E. S.; RODRIGUES, M. F.; OLIVEIRA, A. E. DE; PREVEDELLO, J.; REICHERT, J. M. **Efeito da Compactação do Solo na Retenção de Água em uma Toposequência Argissolos-gleissolo no RS.** XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2010.

SCHIAVETTI, A; CARMAGO, A.F.M. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus: Editus, 2002.

SCHNEIDER, P.: KLAMT, E.; GIASSON, E.: **Morfologia do Solo: sbsídio para caracterização e interpretação de solos a campo.** Rio Grande do Sul, Departamento de Solos- UFRGS. Agro Livros, 2007.

SCHUMM, S.A. **The Fluvial System.** New York. Wiley and Sons. Interscience, 1977.

SILVA FILHO, E. P. da. **Estudo da degradação de solos em áreas de pastagens no município de Porto Velho (RO)** / Tese. – Rio Claro: [s.n.], 2009 159 f.

SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V. **Compactação e compressibilidade do solo sob sistemas de manejo e níveis de umidade**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 921-930, nov./dez., 2006.

SCS – Soil Conservation Service. Hydrology. In: National engineering handbook. Washington: USDA, 1972. p.101-1023. SKILLING,H. **An operational view; American Scientist**, 1964. 52, 388A-396A

SCS – Soil Conservation Service. ***National Engineering Handbook****: Section 4, Hydrology*. 1972.

SCS. **Urban hydrology for Sinal Watersheds**. Washington. U.S. Dept. Technical Release n 55. 1975.

SOTCHAVA, V.B. **O Estudo do Geossistema**. Instituto de Geografia. Universidade de São Paulo. São Paulo. Ed: Lunar 1977.

STRAHLER AN (1952) **Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography**. Bull GeolSoc Am 63:1117–1142

STHRALER, A.N., 1957. **Quantitative analysis of watershed geomorphology.*Trans. American Geophysical Union***, 38: 913-920

STRHALER, A. N. **Geografia Física**. 7 ed. Barcelona: Omega, 1984.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977.

TAIZ, L.; ZEIGER. **Plant Physiology**. California: The Benjamim/ Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City, 1991.

TASSI, R.; ALLASIA, D. G.; MELLER, A.; MIRANDA, T. C; HOLZ, J.;SILVEIRA, A. L.L.. Determinação do Parâmetro CN para Sub-bacias Urbanas do Arroio Diluvio– Porto Alegre/RS. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste, Curitiba.2006. Disponível :http://www.rhama.net/download/artigos/artigo46.pdf>

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.: COSTA, D. J. L. FULLER, B.B. **O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental** . Revista Unitária, n 20. 2007.

TIBÚRCIO, E. C.; CASTRO, M. A. H. Uso do sistema de informação geográfico para Determinação de Vazões Máximas em Projetos de Hidrologia. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007.

TOMAZ, PLINIO. **Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais**, Navegar setembro 2002.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. In: C.Tucci (org.) Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Editora Universidade, 1993.

TUCCI, C.E.M. **Modelos Hidrológicos**. Porto Alegre: Editora Universidade, 1998.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da água no Brasil.** Brasília: UNESCO, 2001.

TUCCI, C. E. M. **Vazão máxima e hidrograma de projeto**. In: Hidrologia: ciência e aplicação. 3. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul /ABRH, 2002. p. 527 - 568.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da água no Brasil.** Brasília: UNESCO, 2003.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez.** São Carlos: RIMA, 2003.

UHDE, L.T. **Sistema Pedológico em um ambiente antropizado da Depressão Central do RS**. 2009. 226f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

USBR U.S. Bureau of Reclamation - United States Department of the interior.

Design of Small Dams. Companhia Editorial S.A. México, D. F., 639p., 1977.

VIEIRA, L. S. **Manual da Ciência do solo.** São Paulo: Ceres, 1975.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGRAWHilldo Brasil, 1975. 245p.

http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos
http://www.funape.org.br/geomorfologia/
http://www.idaron.ro.gov.br/portal/
http://www.igam.mg.gov.br/
http://www.seplan.ro.gov.br/
http://facens.br/site/alunos/download/hidrologia/
http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~antenorrodrigues/14_Infiltracao.pdf
http://www.nrcs.usda.gov (NRCS-USDA 2007)

http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/capitulos.html
Marco Casanova (PUC-Rio), Gilberto Câmara (INPE), Clodoveu Davis (PUC Minas), Lúbia Vinhas(INPE), Gilberto Ribeiro de Queiroz (INPE).
Edição em papel: MundoGEO, Curitiba, 2005, disponível na Livraria Virtual da MundoGEO