

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**Agenor Micaeli dos Santos**

**BACIAS HIDROGRÁFICAS DO MUNICÍPIO DE  
CAMPOS DO JORDÃO: florestamento  
compensatório com vistas à retenção de água  
no solo**

**Taubaté – SP**

**2009**

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

**Agenor Micaeli dos Santos**

**BACIAS HIDROGRÁFICAS DO MUNICÍPIO DE  
CAMPOS DO JORDÃO: florestamento  
compensatório com vistas à retenção de água  
no solo**

Dissertação apresentada para obtenção do  
Título de Mestre pelo Programa de Pós-  
Graduação em Ciências Ambientais da  
Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Ciências Ambientais  
Orientador: Prof. Dr. Marcelo dos Santos Targa

**Taubaté – SP**

**2009**

Santos, Agenor Micaeli dos

**BACIAS HIDROGRÁFICAS DO MUNICÍPIO DE CAMPOS DO JORDÃO:**  
florestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo / Agenor  
Micaeli dos Santos. – Taubaté: UNITAU, 2009.  
135f.: il.

Orientador: Marcelo dos Santos Targa.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Taubaté, Programa de Pós-  
Graduação em Ciências Ambientais, 2009.

1. Florestamento compensatório. 2. Infiltração de água. 3. Uso e  
ocupação do solo. 4. Ciências Ambientais – Dissertação. I. Universidade de  
Taubaté. Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais. II. Título.

**AGENOR MICAELI DOS SANTOS**

**BACIAS HIDROGRÁFICAS DO MUNICÍPIO DE CAMPOS DO JORDÃO:  
florestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo**

Dissertação apresentada para obtenção do  
Título de Mestre pelo Programa de Pós-  
Graduação em Ciências Ambientais da  
Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Ciências Ambientais  
Orientador: Prof. Dr. Marcelo dos Santos Targa

Dissertação aprovada em 21 de maio de 2009

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Marcelo dos Santos Targa	Universidade de Taubaté - UNITAU
Prof. Dr. Nelson Wellausen Dias	Universidade de Taubaté - UNITAU
Prof. Dr. Paulo Valladares Soares	Instituto Oikos de Agroecologia

Prof. Dr. Marcelo dos Santos Targa  
Orientador

Dedico este trabalho, de forma especial, à minha esposa Eliana Fátima, que sempre me apoiou e se fez presente nos momentos difíceis pelos quais passei no transcorrer deste trabalho;

Ao meu filho, Giovani Micaeli, que soube entender os motivos pelos quais não nos divertimos como de costume;

E a Deus, que sempre se faz presente em nossas vidas.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Prof. Dr. Marcelo dos Santos Targa, que se prontificou a me orientar contribuindo para o meu crescimento científico com ética, dedicação, sabedoria e comprometimento, que foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Agradeço em especial ao Sr. Américo Fonseca Esteves, pelo espírito de coleguismo e amizade, prontificando-se sempre a me ajudar nos trabalhos de campo tão fundamentais para a elaboração da presente Dissertação.

## RESUMO

O presente estudo objetivou quantificar a área de o florestamento necessário para compensar as perdas de águas devidas principalmente ao escoamento superficial nas sub-bacias hidrográficas do Fojo e das Perdizes, município de Campos do Jordão – SP. As estimativas foram baseadas na metodologia do Florestamento Compensatório para Retenção de Águas de Chuvas em Microbacias Hidrográficas (FLOCRAM), que considera o total médio anual de precipitação, o uso e ocupação do solo, o percentual internacional de 20,55% da água do ciclo hidrológico destinado a infiltrar no solo e a capacidade de infiltração de água no solo. A análise morfométrica revelou que as sub-bacias em estudo são de 4ª Ordem, possuem formas alongadas e são pouco sujeitas a enchentes. Juntas as sub-bacias têm uma área total de 2.666,59ha, correspondendo a 9,26% da área do município de Campos do Jordão. Os principais usos e ocupação do solo são: área de floresta com 1.257,89ha, área urbanizada com 434,43ha, área de reflorestamento com 432,45ha, área de campo com 265,08ha e área de pasto com 126,80ha. Os valores médios de infiltração de água no solo foram de 852mm/h para o solo com cobertura do tipo floresta, de 390mm/h para a cobertura vegetal do tipo reflorestamento, 108mm/h para o campo e 36mm/h para a cobertura vegetal do tipo pasto. Segundo a metodologia adotada, com os 20,55% de toda a água que precipita sobre a bacia que deveriam infiltrar no solo, calculou-se a perda de água padrão para estas sub-bacias e constatou-se que a área a mais de floresta necessária para compensar as perdas de água em excesso é de 128,97ha. Com isso, estima-se que a área total de floresta necessária para compensar as perdas de água, principalmente pelo escoamento superficial, é de 1.386,86ha. A aplicação da metodologia de

florestamento compensatório leva a necessidade de compensação contínua até atingir a totalidade da área em estudo.

**Palavras-chave:** Florestamento. Infiltração de água. Uso e ocupação do solo



## **ABSTRACT**

### **HYDROGRAPHICS BASINS OF THE CITY OF CAMPOS OF THE JORDÃO: compensatory afforestation with sights to the water retention in the soil**

The present study aimed to quantify the forestation area needed to compensate water loss due, mainly, to the superficial runoff in the sub-basins of Fojo and Perdizes, city of Campos do Jordão - SP. The estimates were based on the methodology of Compensatory Forestation for Retention of Rain Water in Watersheds (FLOCRAM), which considers the annual total average of precipitation, the use and occupancy of soil, the international percentage of 20,55% of the water cycle destined to infiltrate the soil and the infiltration capacity of the soil. Morphometric analysis showed that the sub-basins under study are from 4th Order, have expanded shapes and have low risk to flood. Together the sub-basins have a total area of 2.666,59ha, corresponding to 9,26% of Campos do Jordão area. The main uses and soil occupation are: forest area with 1.257,89ha, urbanized area with 434,43ha, reforestation area with 432,45ha, field area with 265,08h, and pasture area with 126,80ha. The average values of infiltration of water in the soil was 852mm/h for soil with forest covering, 390mm/h for vegetation covering, of the type of reforestation, 108mm/h for the field and 36mm/h for the plant covering of the type of pasture. According to the methodology used, with 20,55% of all the water that precipitates on the seat that should permeate the soil, it was estimated the standard loss of water for these sub-basins and it was concluded that the forest area needed to compensate the water loss in excess is 128,97ha. Therefore, it is estimated that

the total forest area needed to compensate the loss of water mainly by ice superficial runoff is 1.386,86ha. The applying of the methodology of compensatory forestation takes the need for continuing compensation until reach the whole area under study.

Keywords: Forestation. Infiltration of water. Use and soil occupation.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b>	Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI.....	18
<b>Figura 2-</b>	Localização da UGRHI 1 .....	19
<b>Figura 3-</b>	Localização da UGRHI-1 na Região Hidrográfica do Paraná .....	20
<b>Figura 4-</b>	Unidades hidrográficas principais da UGRHI – 1.....	22
<b>Figura 5-</b>	Sub-Bacias do rio Sapucaí-Guaçu e rio Sapucaí-Mirim.....	23
<b>Figura 6-</b>	Representação climática da UGRHI – 1 segundo IBGE 2002 .....	26
<b>Figura 7-</b>	Representação dos tipos de solo da UGRHI – 1 segundo IBGE 2002.....	28
<b>Figura 8-</b>	Mapa de localização das sub-bacias em estudo .....	34
<b>Figura 9-</b>	Localização do planalto de Campos do Jordão .....	36
<b>Figura 10-</b>	Mapa de delimitação das sub-bacias das Perdizes e do Fojo .....	38
<b>Figura 11-</b>	Foto aérea do município de Campos do Jordão .....	46
<b>Figura 12-</b>	Mapa temático de uso e ocupação do solo do município de Campos do Jordão.....	47
<b>Figura 13-</b>	Infiltrômetro de duplo anel.....	49
<b>Figura 14-</b>	Princípio de funcionamento do infiltrômetro de duplo anel .....	50
<b>Figura 15-</b>	Curva de Infiltração Acumulada (Iac) e de Velocidade de Infiltração Média (VIm) .....	51
<b>Figura 16-</b>	Mapa temático de uso e ocupação do solo das sub-bacias do Fojo e Perdizes.....	57
<b>Figura 17-</b>	Tipos de solo existentes no Município de Campos do Jordão .....	60
<b>Figura 18-</b>	Representação gráfica da curva hipsométrica da sub-bacia das Perdizes.....	64
<b>Figura 19-</b>	Representação gráfica da curva hipsométrica da sub-bacia do Fojo.....	66
<b>Figura 20-</b>	Localização dos pontos onde foram realizados os testes de infiltração.....	68
<b>Figura 21-</b>	Infiltração Acumulada Média (Iac) – Cobertura Vegetal – Campo .....	69
<b>Figura 22-</b>	Velocidade de Infiltração Média (VIm) – Cobertura Vegetal – Campo .....	69
<b>Figura 23-</b>	Infiltração Acumulada Média (Iac) – Cobertura Vegetal – Floresta.....	70
<b>Figura 24-</b>	Velocidade de Infiltração Média (VIm) – Cobertura Vegetal – Floresta.....	70
<b>Figura 25-</b>	Infiltração Acumulada Média (Iac) – Cobertura Vegetal – Pasto.....	71
<b>Figura 26-</b>	Velocidade de Infiltração Média (VIm) – Cobertura Vegetal – Pasto .....	71
<b>Figura 27-</b>	Infiltração Acumulada Média (Iac) – Cobertura Vegetal – Reflorestamento.....	72
<b>Figura 28-</b>	Velocidade de Infiltração Média (VIm) – Cobertura Vegetal – Reflorestamento.....	72
<b>Figura 30-</b>	Precipitação anual, período 1978 a 2000 .....	76

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1-</b> Classificação da densidade hidrográfica (Dh) de uma bacia.....	41
<b>Tabela 2-</b> Classificação da densidade de drenagem (Dd) de uma bacia .....	45
<b>Tabela 3-</b> Indicação das diferentes categorias de uso e ocupação do solo e respectivas quantificações, para o Município de Campos do Jordão .....	48
<b>Tabela 4-</b> Indicação das diferentes categorias de uso e ocupação do solo e respectivas quantificações, para a sub-bacia do Fojo e Perdizes .....	58
<b>Tabela 5-</b> Quantidade dos diferentes tipos de uso e ocupação do solo utilizado para este trabalho.....	59
<b>Tabela 6-</b> Características morfométricas das sub-bacias das Perdizes e do Fojo.....	61
<b>Tabela 7-</b> Cálculo da altitude média – sub-bacia das Perdizes .....	64
<b>Tabela 8-</b> Cálculo da altitude média – sub-bacia do Fojo.....	65
<b>Tabela 9-</b> Coordenada UTM dos locais onde foram realizados teste de infiltração .....	69
<b>Tabela 10-</b> Velocidade de Infiltração (VIB).....	73
<b>Tabela 11-</b> Precipitação mensal – período de 1978 a 1985 .....	74
<b>Tabela 12-</b> Precipitação mensal – período de 1986 a 1993 .....	75
<b>Tabela 13-</b> Precipitação mensal – período de 1994 a 2000 .....	75
<b>Tabela 14-</b> Áreas consideradas para cálculo do florestamento .....	76
<b>Tabela 15-</b> Precipitação total na sub-bacia.....	77
<b>Tabela 16-</b> Porcentagens de Perda e Perda em Excesso.....	78
<b>Tabela 17-</b> Volumes de perda, perda por excesso e volume infiltrado .....	79
<b>Tabela 18-</b> Cálculo das novas áreas de estudo – A1 .....	83
<b>Tabela 19-</b> Cálculo das novas áreas de estudo – A2.....	83
<b>Tabela 20-</b> Cálculo das novas áreas de estudo – A3.....	83
<b>Tabela 21-</b> Cálculo das novas áreas de estudo – A4.....	84
<b>Tabela 22-</b> Cálculo das novas áreas de estudo – A5.....	84
<b>Tabela 23-</b> Cálculo das novas áreas de estudo – A6.....	84
<b>Tabela 24-</b> Cálculo das novas áreas de estudo – A7.....	84

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	15
2.1	OBJETIVO GERAL .....	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
<b>3</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	16
3.1	BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	16
3.2	UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS – UGRHI 1 MANTIQUEIRA.....	18
3.3	UGRHI – 1 MANTIQUEIRA: Sub-bacias .....	21
3.4	UGRHI – 1 MANTIQUEIRA: Caracterização Socioeconômica.....	24
3.5	UGRHI – 1 MANTIQUEIRA: Característica do clima.....	25
3.6	UGRHI – 1 MANTIQUEIRA: Característica do solo .....	26
3.7	UGRHI – 1 MANTIQUEIRA: Característica pluviométrica.....	29
3.8	UGRHI – 1 MANTIQUEIRA: Característica da cobertura vegetal .....	30
3.9	UGRHI – 1 MANTIQUEIRA: Infiltração .....	31
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	34
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO .....	34
4.2	LOCAL DO ESTUDO .....	37
4.2.1	Localização e delimitação da bacia.....	37
4.2.2	Análise morfométrica das sub-bacias.....	39
4.2.3	Uso e ocupação do solo.....	45
4.2.4	Caracterização do solo.....	48
4.2.5	Permeabilidade do solo.....	49
4.2.6	Florestamento compensatório.....	52
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	57
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	86
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	88
	<b>APÊNDICE A</b> – Planilhas de campo – cobertura vegetal: Campo .....	93
	<b>APÊNDICE B</b> – Planilhas de campo – cobertura vegetal: Floresta.....	97
	<b>APÊNDICE C</b> – Planilhas de campo – cobertura vegetal: Pasto .....	103
	<b>APÊNDICE D</b> – Planilhas de campo – cobertura vegetal: Reflorestamento .....	109
	<b>APÊNDICE E</b> – Representação gráfica da Infiltração Acumulada – lac e Velocidade de Infiltração Média – VIm.....	113

<b>APÊNDICE F</b> – Representação gráfica da Infiltração Acumulada – lac e Velocidade de Infiltração Média – $V_{Im}$ .....	117
<b>APÊNDICE G</b> – Representação gráfica da Infiltração Acumulada – lac e Velocidade de Infiltração Média – $V_{Im}$ .....	120
<b>APÊNDICE H</b> – Representação gráfica da Infiltração Acumulada – lac e Velocidade de Infiltração Média – $V_{Im}$ .....	126
<b>APÊNDICE I</b> – Cálculo do florestamento compensatório com as novas áreas de estudo .....	129

## 1 INTRODUÇÃO

A água para o consumo humano oriunda de mananciais, ou seja, de fontes superficiais ou subterrâneas é utilizada das mais diversas maneiras pelo homem e este líquido cristalino está em escassez.

Observa-se que escassez de água para consumo humano não é uma preocupação só dos órgãos governamentais diretamente envolvidos com a captação, tratamento e distribuição da água; a mídia, as organizações não governamentais e as empresas privadas também tentam conscientizar a população, sugerindo medidas de preservação e uso racional da água.

A relação floresta-água pode ser compreendida conhecendo-se o ciclo hidrológico na floresta, no qual a chuva que se precipita sobre uma mata segue dois caminhos: volta para a atmosfera por evaporação ou atinge o solo por meio das folhagens e troncos das árvores ou passando diretamente pelo dossel.

A água que não for evaporada termina por infiltrar no solo ou escoar superficialmente e vagorosamente na floresta, alimentando os mananciais hídricos e possibilitando os seus usos múltiplos.

A bacia hidrográfica é toda a área de captação natural de água de chuva que escoam superficialmente para o rio. Seus limites são definidos pelo relevo considerando-se como divisores de água os terrenos mais elevados, podendo as bacias hidrográficas apresentarem-se de diferentes formas: estreitas ou alongadas, largas ou curtas.

O rio principal que dá nome à bacia recebe contribuição de seus afluentes que por sua vez recebem contribuição dos tributários menores, alimentados por

nascentes direta ou indiretamente; isso significa que em uma bacia existem várias sub-bacias e muitas microbacias.

Para compreender o que acontece na bacia hidrográfica é necessário considerar as muitas maneiras de uso da água relacionadas à irrigação, ao uso urbano, ao atendimento industrial, à captação para abastecimento e quanto ao destino dos efluentes.

A correta gestão de bacias hidrográficas deve contemplar tanto as águas superficiais quanto as águas sub-superficiais. Uma das preocupações relacionadas com a gestão de bacias diz respeito à quantidade e à disponibilidade de água gerada na bacia.

Trabalhos relacionados à análise da quantidade de água precipitada e captada por bacias hidrográficas são importantes, pois oferecem parâmetros de como uma região abastecida por uma determinada bacia encontra-se na atualidade e o que se pode esperar para o futuro desta bacia hidrográfica, principalmente no que se refere ao atendimento à população.

A interpretação de imagens ou fotos aéreas permite a elaboração de mapas temáticos com informações sobre o uso e ocupação do solo, rede de drenagem, além de uma noção quantitativa e qualitativa da vegetação local.

Estudos sobre florestamento compensatório visando à retenção de água no solo possibilitam determinar o florestamento necessário em uma microbacia para suprir as perdas de água devidas, dentre outros fatores, ao escoamento superficial.

Neste contexto, este trabalho teve por objetivo quantificar o florestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo nas sub-bacias das Perdizes e do Fojo, que são utilizadas para captação e abastecimento de água para consumo humano no município de Campos do Jordão.



## 2 OBJETIVO

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Quantificar o florestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo nas sub-bacias hidrográficas das Perdizes e do Fojo, as quais são utilizadas para captação e abastecimento de água para consumo humano no município de Campos do Jordão.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar análise morfométrica das bacias em estudo;
- Identificar, qualitativamente e quantitativamente, a cobertura vegetal nas sub-bacias das Perdizes e do Fojo;
- Quantificar a capacidade de infiltração de água no solo nos diferentes tipos de coberturas vegetais encontradas nas sub-bacias das Perdizes e do Fojo;
- Determinar a área de floresta necessária para garantir a infiltração de água no solo nas bacias estudadas.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Ao longo dos anos foram sendo atribuídas para o termo Bacias Hidrográficas diversas definições. Nota-se nestas definições uma grande semelhança entre os autores.

Segundo Targa (2008), pode-se definir bacia hidrográfica como o "conjunto de terras limitadas por divisores de águas e com existência de nascentes dos cursos de água, principais e secundários, denominados afluentes e subafluentes".

Para Rocha e Kurtz (2007), bacia hidrográfica é:

[...] a área delimitada por um divisor de águas que drena as águas de chuvas por ravinas, canais e tributários, para um curso principal, com vazão efluente, convergindo para uma única saída e desaguando diretamente no **mar** ou em um **grande lago**.

Para São Paulo (2003), bacia hidrográfica pode ser definida "como toda área de captação natural da água da chuva que escoam superficialmente para o rio ou um seu tributário", sendo que a divisa da bacia hidrográfica é definida pelo seu relevo, tomando-se como divisores de água os terrenos mais elevados.

Segundo Carvalho (1981), bacias hidrográficas são definidas como extensões de terras delimitadas por divisores de águas e drenadas por um rio e seus tributários.

Por força da Lei Estadual nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, bacia hidrográfica é a unidade básica de planejamento para gestão dos recursos hídricos.

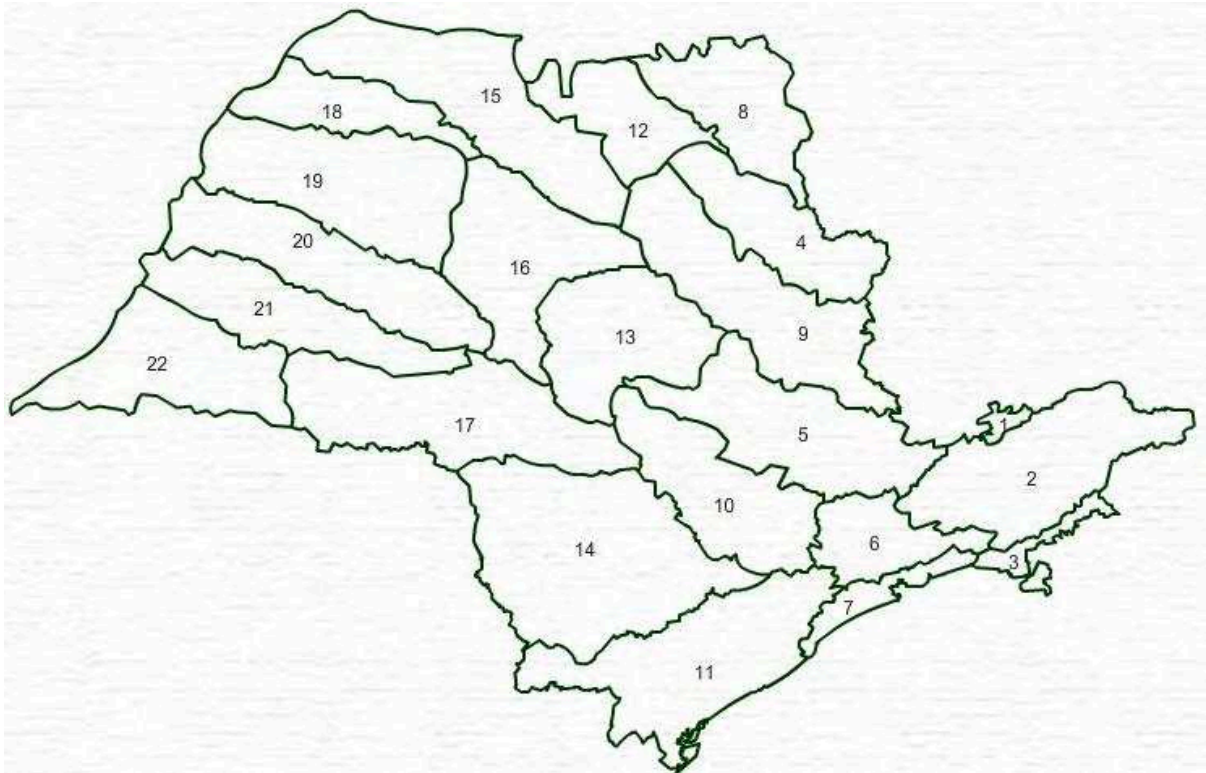
Pela Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A adoção da bacia hidrográfica é fundamental para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos; entretanto, existe uma grande dificuldade para esta adoção tendo em vista que a divisão político-administrativa não coincide com os divisores de águas.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2002), portaria nº 05/2002, o estado de São Paulo ocupa uma área de 248.209km<sup>2</sup> envolvendo um total de 645 municípios.

No caso do estado de São Paulo, as bacias hidrográficas pertencem à bacia do rio Paraná ou às bacias do Atlântico Sul-Leste e Atlântico Sudoeste, conforme divisão adotada pela Agência Nacional de Águas – ANA e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Em 1990, o primeiro Plano Estadual de Recursos Hídricos propôs a divisão do estado em 21 unidades de gerenciamento (SÃO PAULO, 2006b).

De acordo com São Paulo (1994), conforme a Lei Estadual 9.304/94, foi criado o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH), que alterou a divisão estadual das unidades de gerenciamentos, passando de 21 para 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs), o que constitui a atual divisão hidrográfica do estado de São Paulo (Figura 1).



1-Mantiqueira 2-Paraíba do Sul 3-Litoral Norte 4-Pardo 5-Piracicaba/Capivari/Jundiaí 6-Alto do Tietê 7-Baixada Santista 8-Sapucaí/Grande 9-Mogi-Guaçu 10-Tietê/Sorocaba 11-Ribeira de Iguape/Litoral Sul 12-Baixo Pardo/Grande 13-Tietê/Jacaré 14-Alto Paranapanema 15-Turvo/Grande 16-Tietê/Batalha 17-Médio Paranapanema 18-São José dos Dourados 19-Baixo Tietê 20-Aguapeí 21-Peixe 22-Pontal do Paranapanema

**Figura 1 –** Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI

Fonte: Adaptado do Relatório de Qualidade Ambiental do estado de São Paulo – 2007

### 3.2 UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS – UGRHI 1 MANTIQUEIRA

A UGRHI – 1 está localizada na região sudeste do Brasil, no estado de São Paulo, mais precisamente na Serra da Mantiqueira, fazendo divisa ao norte com o estado de Minas Gerais e ao sul com municípios do Vale do Paraíba pertencentes à UGRHI – 2 (Figura 2)

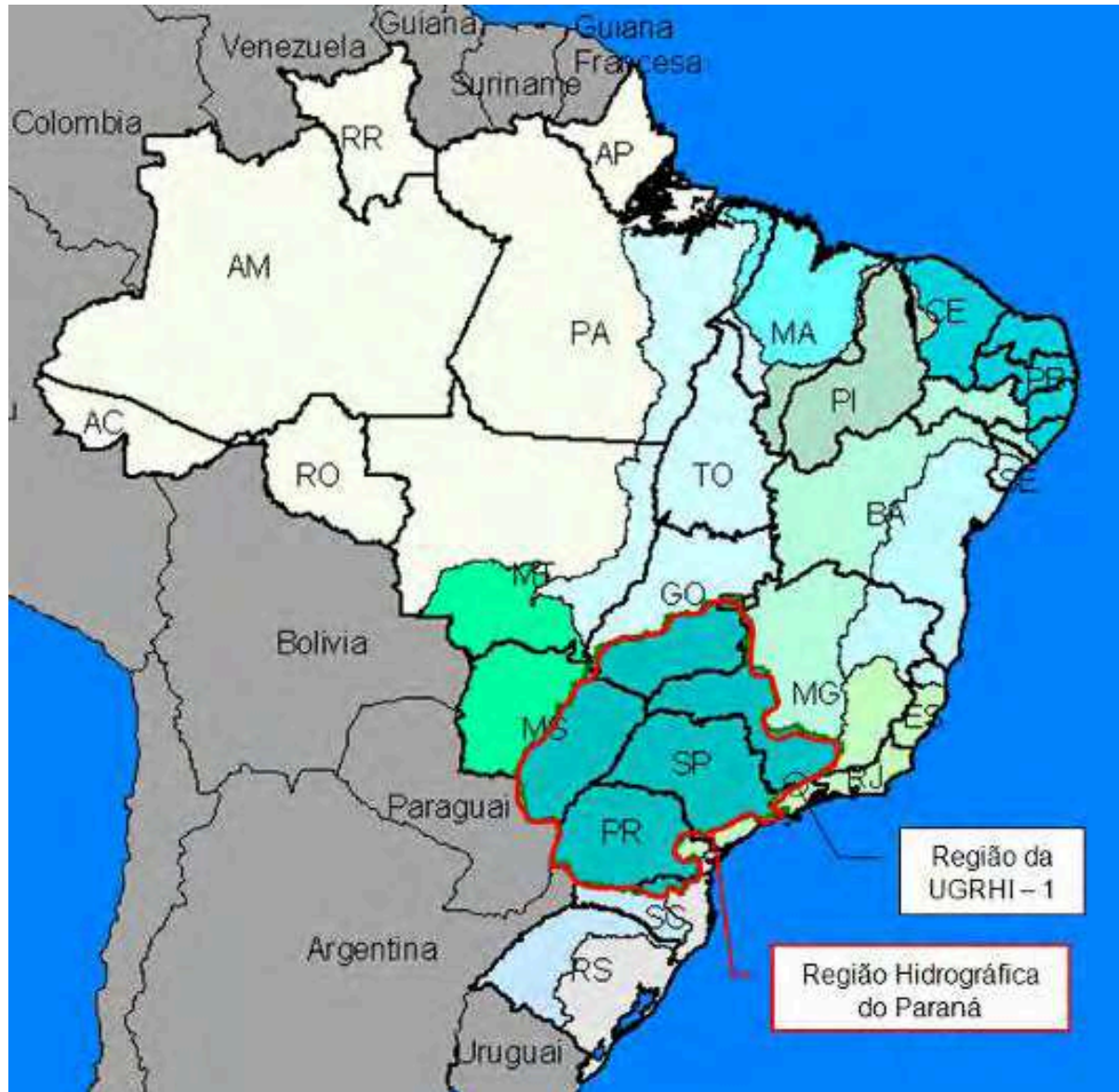
De acordo com o IBGE (2002), a UGRHI – 1 possui área aproximada de 674,59km<sup>2</sup>, que corresponde a 0,27% da área do estado de São Paulo e os

municípios que compõem esta unidade de gerenciamento são: Campos do Jordão, com área aproximada de 289,51km<sup>2</sup>; Santo Antônio do Pinhal, com área aproximada de 132,88km<sup>2</sup> e São Bento do Sapucaí, com área aproximada de 252,20km<sup>2</sup>.



**Figura 2 –** Localização da UGRHI 1

Internacionalmente a UGRHI – 1 está inserida na Bacia do Rio da Prata e nacionalmente na Região Hidrográfica do Paraná (Figura 3), conforme Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH – 32 de 15 de outubro de 2003, mais precisamente na Bacia Hidrográfica do Rio Grande (BRASIL, 2003).



**Figura 3 –** Localização da UGRHI-1 na Região Hidrográfica do Paraná

Fonte: Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI-1 (SM) - 2004

Esta Unidade de Gerenciamento, localizada na Serra da Mantiqueira, divide-se em sub-zona Oriental, que separa o Planalto de Campos do Jordão do médio Vale do Paraíba por meio de suas escarpas, e sub-zona Ocidental, predominantemente de relevo montanhoso e em menor quantidade de relevo escarpado.

São 5 as Unidades de Conservação em que a UGRHI – 1 está inserida.

No município de Campos do Jordão são o Parque Estadual de Campos

do Jordão, o Parque Estadual dos Mananciais de Campos do Jordão e a Área de Proteção Ambiental de Campos do Jordão. Nos municípios de Santo Antônio do Pinhal e São Bento do Sapucaí é a Área de Proteção Ambiental do Sapucaí-Mirim. Por fim, envolvendo os três municípios – Campos do Jordão, Santo Antônio do Pinhal e São Bento do Sapucaí – está a Área de Proteção Ambiental da Serra da Mantiqueira.

### 3.3 UGRHI – 1 MANTIQUEIRA: Sub-bacias

Segundo CPTI (2004), devido à sua geografia física, ocupação e pequeno tamanho, a UGRHI – 1 foi dividida em duas sub-bacias principais (Figura 4):

- Sub-bacia do rio Sapucaí-Mirim, localizada a oeste e sob a influência dos municípios de Santo Antônio do Pinhal, São Bento do Sapucaí e parte do município de Campos do Jordão;
- Sub-bacia do rio Sapucaí-Guaçu, localizada a leste sob a influência principal do município de Campos do Jordão.

No município de Campos do Jordão, o rio Capivari é o mais importante. Este rio recebe em seu curso o rio Abernédia, os córregos do Mato Grosso e do Homem Morto e os ribeirões do Imbirí, das Perdizes e do Fojo. A partir do córrego do Homem Morto, o rio Capivari passa a denominar-se rio Sapucaí-Guaçu; no estado de Minas Gerais une-se ao rio das Mortes e passa a formar o Rio Grande.

Dentro ainda dos limites do município de Campos do Jordão, o rio Sapucaí-Guaçu recebe as águas dos ribeirões dos Marmelos, do Paiol, da Ferradura, Canhanbora, Campo do Meio, do Coxim e outros.



A sudoeste do município de Campos do Jordão, na região voltada para o rio Sapucaí-Mirim, há os ribeirões dos Barrados, Paiol Velho, dos Melos e do Lajeado; a bacia do ribeirão Lajeado é a única com área no três municípios.

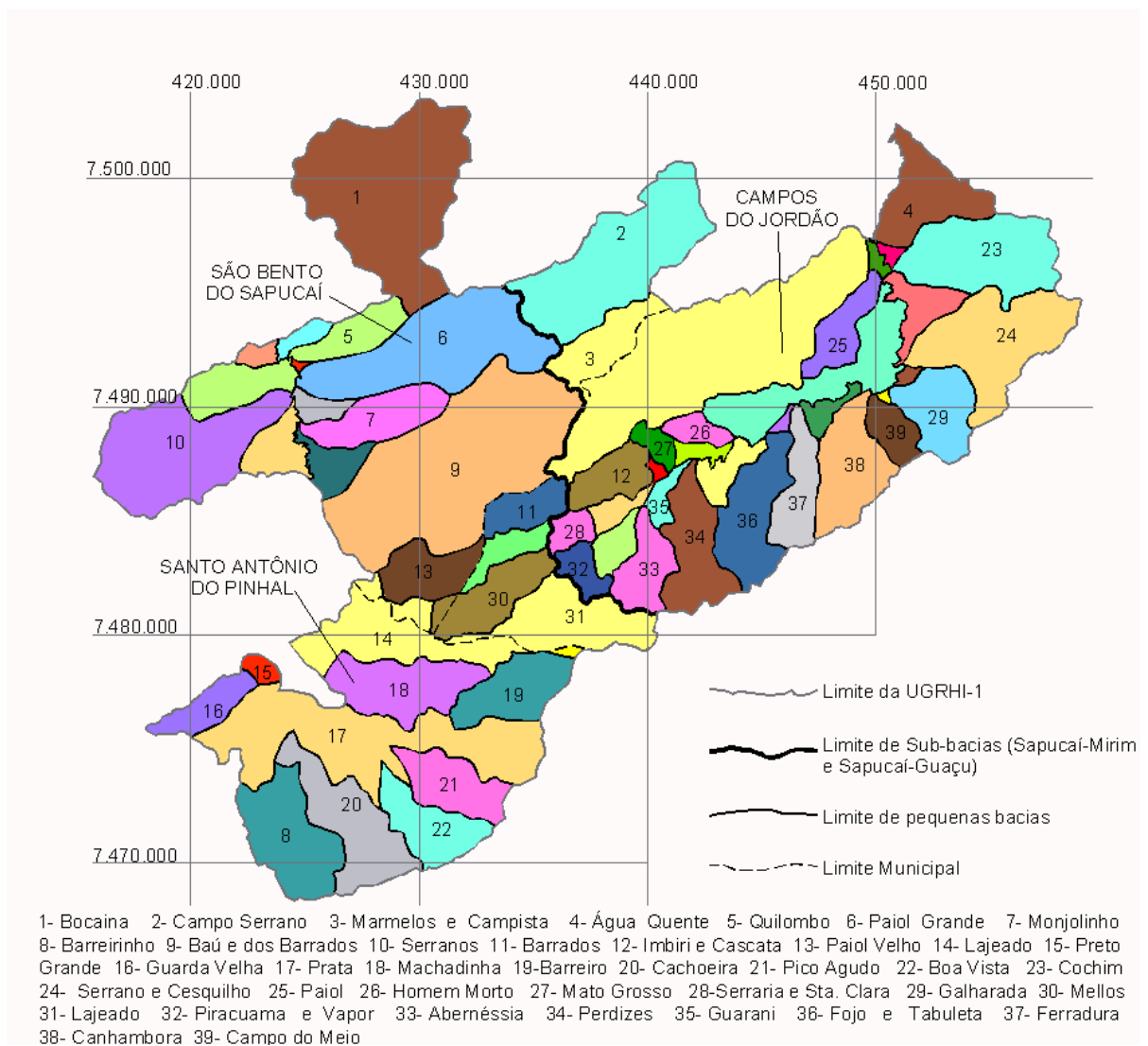
Conforme CPTI (2004), dos 293,5km<sup>2</sup> da sub-bacia do rio Sapucaí-Guaçu presentes na UGRHI-1, aproximadamente 90% estão inseridos no município de Campos do Jordão e cerca de 10% no município de São Bento do Sapucaí; já a unidade do rio Sapucaí-Mirim, com área aproximada de 392,5km<sup>2</sup>, tem apenas 6% de sua área no município de Campos do Jordão, 58% estão presentes no município de São Bento do Sapucaí e 36% no território de Santo Antônio do Pinhal.



**Figura 4 –** Unidades hidrográficas principais da UGRHI – 1  
 Fonte: Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI-1 (SM) - 2004



As sub-bacias do rio Sapucaí-Guaçu e rio Sapucaí-Mirim foram ainda divididas em 46 sub-bacias secundárias ou municipais, conforme apresentadas na Figura 5.



**Figura 5 –** Sub-bacias do rio Sapucaí-Guaçu e rio Sapucaí-Mirim

Fonte: Adaptado do Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI-1 (SM) – 2004

### 3.4 UGRHI – 1 MANTIQUEIRA: Caracterização socioeconômica

UGRHI – 1 é a menos populosa do estado com um total de 66.492 habitantes, sendo que 86% da população encontram-se em área urbana e 14% em área rural. A principal atividade econômica é o turismo, com destaque especial para Campos do Jordão que recebe uma grande quantidade de turistas nos meses de junho e julho (SÃO PAULO, 2007).

As principais atividades da economia da UGRHI-1 são aquelas dos setores relacionados ao comércio e dos setores relacionados ao turismo e ao lazer, com grande destaque para o ramo hoteleiro e de acomodações (pousadas, casas utilizadas em temporadas, etc.). A truticultura também se destaca, mas notadamente a vocação natural da região é para o turismo.

A evolução da população na UGRHI – 1, segundo a taxa geométrica de crescimento anual da população, no período 2000/2008, vem se mantendo acima do crescimento populacional do estado de São Paulo e, em média, abaixo da região de governo de Taubaté; vale destacar que o município de Campos do Jordão supera a média regional.

O Índice de Desenvolvimento Humano – IDH da UGRHI – 1 vem aumentando quase que na mesma proporção do estado de São Paulo. Segundo o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, os municípios de São Bento do Sapucaí e Santo Antônio do Pinhal são classificados como de médio desenvolvimento humano, já o município de Campos do Jordão, assim como o estado de São Paulo, tem classificação de alto desenvolvimento humano.

### 3.5 UGRHI – 1 MANTIQUEIRA: Característica do clima

Segundo São Paulo (2006a), a circulação atmosférica associada às condições geográficas locais desempenha grande influência no clima da Serra da Mantiqueira. A temperatura e a pluviosidade influenciadas pela altitude são fatores marcantes na individualidade climática.

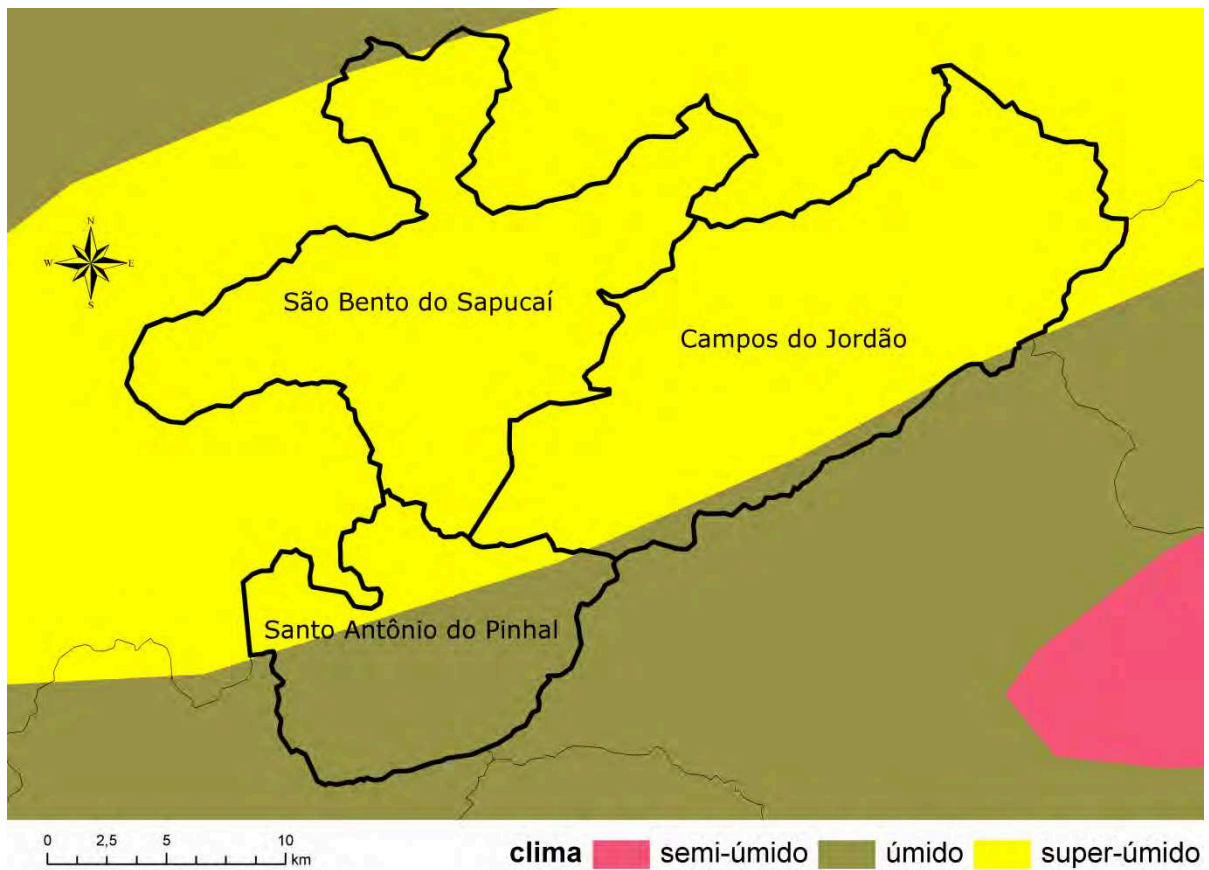
Segundo Cunha et al. (1999), o objetivo da classificação climática é definir limites geográficos em todo o mundo para os diferentes tipos de clima e, para o autor, são inter-relacionados em três objetivos: ordenar grande quantidade de informações, facilitar a rápida recuperação e facilitar a comunicação.

Para Rolim et al. (2007), são de grande importância os Sistemas de Classificações Climáticas (SCC), pois definem e analisam os climas das diferentes regiões considerando vários elementos climáticos ao mesmo tempo, colaborando para diferentes objetivos, mencionando que um dos mais abrangentes é o sistema de classificação de Köppen, o qual pressupõe que a cobertura vegetal natural é o que melhor representa o clima de uma região.

A classificação climática de W. Köppen se baseia em valores médios anuais e mensais de precipitação e temperatura. Para estabelecer os limites climatológicos de sua classificação é utilizada a vegetação nativa. Esta é uma classificação indiscutível, pois possui um caráter didático e permite ajustes para diferentes níveis, não perdendo sua simplicidade e detalhamento (CUNHA et al., 1999).

Dada a sua localização, a UGRHI – 1 tem classificação climática segundo Köppen como Cfb, que significa clima subtropical de altitude, mesodérmico e úmido (Figura 6), ocasionalmente ficando a temperatura abaixo de zero (CPTI, 2004).

São Paulo (2006a) classifica o clima da região como tropical de altitude, no qual as distribuições de suas temperaturas são seu traço mais marcante. As variações médias de temperaturas, para o período de 1995 a 2004, oscilaram entre 13,9°C e 17°C.



**Figura 6 –** Representação climática da UGRHI – 1 segundo IBGE 2002  
 Fonte: Adaptado Mapa de Climas - IBGE 2002

### 3.6 UGRHI – 1 MANTIQUEIRA: Característica do solo

Para Bloom (1970), o termo solo é descrito como uma camada presente na superfície da Terra que por processos físicos, químicos e biológicos foi suficientemente intemperizado, de modo a sustentar o crescimento de plantas com raízes. Segundo o autor, esta é uma definição agrícola dando ênfase ao fato do solo

ser um material tanto biológico como geológico.

Segundo o IBGE (2005), a melhor definição de solo é dada por *Soil taxonomy* (1975) e por *Soil Survey Manual* (1984):

Solo é a coletividade de indivíduos naturais, na superfície da terra, eventualmente modificado ou mesmo construído pelo homem, contendo matéria orgânica viva e servindo ou sendo capaz de servir à sustentação de plantas ao ar livre. Em sua parte superior, limita-se com o ar atmosférico ou águas rasas. Lateralmente, limita-se gradualmente com rocha consolidada ou parcialmente desintegrada, água profunda ou gelo. O limite inferior é talvez o mais difícil de definir. Mas, o que é reconhecido como solo deve excluir o material que mostre pouco efeito das interações de clima, organismos, material originário e relevo, através do tempo.

As principais classes de solo que ocorrem na Serra da Mantiqueira na região da UGRHI – 1, de acordo com publicação do IBGE (Figura 7), são: o latossolo vermelho-amarelo LVA 9, latossolo vermelho-amarelo LVA18 e o cambissolo CX14 (IBGE, 2002).

Conforme classificação Embrapa (1999), o latossolo LVA9 é um "LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico A moderado textura argilosa fase Cerrado Ralo relevo plano e suave-ondulado substrato Metarritmito argiloso + Quartzito".

Já o latossolo LVA18 é "LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico plíntico A moderado textura média concrecionária fase Cerrado Ralo relevo plano e suave-ondulado substrato Quartzito sob couraça laterítica" (EMBRAPA, 1999).

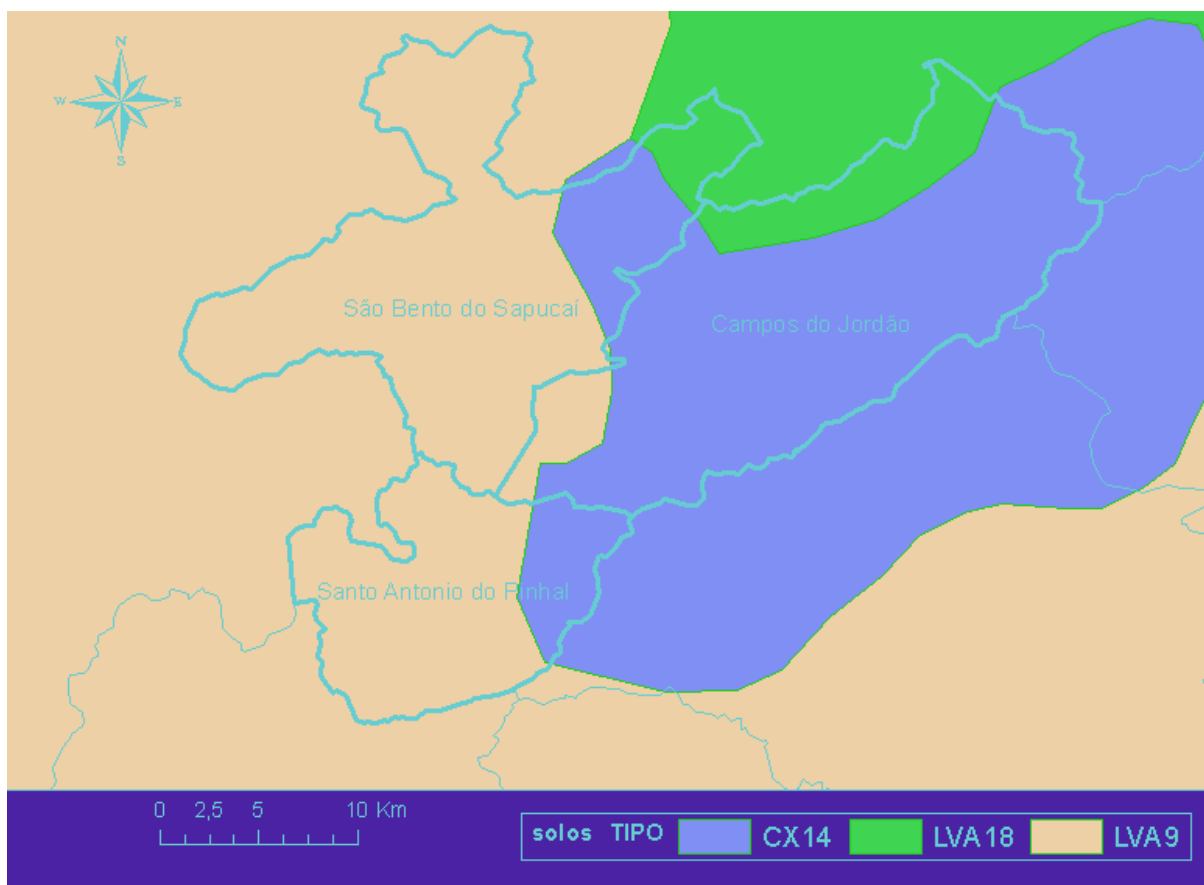
O cambissolo CX14 é classificado como "CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico plíntico A moderado textura argilosa concrecionária + Cambissolo Háplico Tb Distrófico léptico A moderado textura média concrecionária fase Cerrado Típico relevo ondulado substrato Quartzito" (EMBRAPA, 1999).

Ker (1998) cita que dentre os latossolos o LVA é o tipo de solo que tem a mais ampla distribuição no Brasil; quanto à fertilidade natural são muito variáveis, são encontrados em áreas de relevo plano ao montanhoso.

Reatto et al. (1999) em estudo na Área de Preservação Ambiental da Cafuringa – DF, descreveram os latossolos como bastante intemperizados em função da remoção de sílica e de bases trocáveis do perfil; o relevo predominante no bioma Cerrado é de topografia plana a suave-ondulada, conhecida como chapadas.

Reatto et al. (1999) descreveram também os cambissolos, que geralmente são pouco profundos ou rasos, cuja capacidade disponível de água pode variar de 30 a 120mm; em função de seus atributos são considerados distróficos, sendo apenas um perfil eutrófico.

Na UGRHI – 1, o latossolo LVA18 encontra-se em pequena quantidade, já o latossolo LVA9 e o cambissolo CX14 ocupam a maior e principal área da unidade de gerenciamento da Serra da Mantiqueira.



**Figura 7 –** Representação dos tipos de solo da UGRHI – 1 segundo IBGE 2002  
 Fonte: Adaptado de Mapa de Solos do Brasil – IBGE 2002

### 3.7 UGRHI – 1 MANTIQUEIRA: Característica pluviométrica

O ciclo d'água é uma sucessão de vários processos na natureza pelos quais a água inicia o seu caminho indo de um estágio inicial até retornar à posição primitiva. Este fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera é impulsionado fundamentalmente pela energia radiante e associado à gravidade e à rotação terrestre (KLAR, 1988).

A região da UGRHI – 1 apresenta uma elevada precipitação média anual. Segundo os principais parâmetros hidrológicos que caracterizam a Serra da Mantiqueira, em comparação com o resto do estado, esta região é produtora de recursos hídricos, sendo que 52% da água das chuvas são transformadas em águas de escoamento, superando a média estadual, cuja razão é de 29%. Por isso, é dado o nome Mantiqueira que, da língua indígena, significa Castelo das Águas (SÃO PAULO, 2006a).

Segundo Modenesi (1988), a precipitação anual varia entre 1.205mm e 2.800mm, em Vila Capivari – Campos do Jordão, sendo 80% das chuvas concentrados nos meses de outubro a março. Porcentagens mensais de precipitação inferiores a 2% com incidência de até 6 meses permitem reconhecer uma estação mais seca.

Segundo CPTI (2004), a precipitação média anual varia entre as duas principais sub-bacias da UGRHI – 1, sendo a média histórica para a sub-bacia do Sapucaí-Mirim de 1742mm e para a sub-bacia do Sapucaí-Guaçu de 1672mm, sendo que os meses de abril a setembro são os mais secos do ano.

Da precipitação média interceptada pela floresta secundária de Mata Atlântica, aproximadamente 18,6% retornam à atmosfera na forma de vapor, já

81,2% alcançam o solo como precipitação interna e somente 0,2% atingem o solo pelo tronco das árvores (ARCOVA; CICCO; ROCHA, 2003).

### 3.8 UGRHI – 1 MANTIQUEIRA: Característica da cobertura vegetal

De acordo com Lima (1986), a cobertura florestal influi positivamente sobre a hidrologia do solo melhorando os processos de infiltração, percolação e armazenamento da água, além de diminuir o escoamento superficial, o que diminui o processo erosivo.

Os órgãos públicos, os ambientalistas, os acadêmicos e outros setores da sociedade reconhecem a existência de uma relação de interdependência entre floresta e o ecossistema aquático; e, ainda, que a escassez e a degradação de um prejudica a existência do outro (LINO; DIAS, 2003).

Mudanças no meio físico, no ciclo hidrológico e no clima podem ser desencadeadas devido à supressão da vegetação e pela mudança de uso da terra. A elevação da temperatura global e as alterações no regime de chuvas são efeitos que afetariam o suprimento dos mananciais que abastecem as cidades (LINHARES; SOARES; BATISTA, 2005).

O planejamento e zoneamento, tanto em níveis regionais quanto municipais, tem hoje um conjunto de ferramentas aplicáveis ao planejamento geográfico para obtenção de dados utilizando as técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (CATELANI; BATISTA, 2007).

Em uma sociedade que tende a ocupar a bacia de forma desordenada, inclusive invadindo áreas de preservação, o planejamento e manejo adequado são



uma necessidade para preservação da bacia hidrográfica. Destruição das florestas são práticas inadequadas de manejo do solo, provocando grandes desequilíbrios ambientais (RUHOFF, 2003).

Segundo São Paulo (2006a), a parcela de Mata Atlântica localizada no Planalto de Campos do Jordão na Serra da Mantiqueira é predominantemente do tipo floresta ombrófila mista, com presença principal de pinhais ou araucárias. Uma das únicas espécies de gimnospermas nativas do Brasil, a araucária, está ameaçada de extinção.

Segundo Borges et al. (2005), a Metodologia do Florestamento Compensatório para Retenção de Água em Microbacias possibilita determinar valores de perda de água e o florestamento compensatório necessário para suprir essas perdas.

### 3.9 UGRHI – 1 MANTIQUEIRA: Infiltração

A permeabilidade do solo além de outros fatores depende da quantidade, da continuidade e do tamanho de poros; a compactação e a descontinuidade dos poros são responsáveis pela redução da permeabilidade do solo à água. É de grande importância o manejo do solo e da água. O conhecimento da velocidade de infiltração da água no solo e da condutividade hidráulica são fundamentais para a solução de problemas relativos à drenagem, à conservação da água e do solo e ao controle do deflúvio superficial. Portanto, é fundamental o entendimento do processo de infiltração e de suas relações com as propriedades do solo (SOUZA; ALVES, 2003).

Em baixas condições de intensidade de precipitação, o acúmulo de água sobre a superfície do solo propicia a formação de microbacias; sobre o terreno, em condições de elevada precipitação, acontece o rompimento sequencial das microbacias, propiciando a formação de canais de escoamento de água e por consequência aumenta o escoamento superficial (COELHO; MIRANDA; DUARTE, 2000).

Segundo Targa (2008), infiltração de água no solo é o "fenômeno de penetração da água no solo através de sua superfície" e, para o autor, este processo essencialmente depende da disponibilidade de água para infiltrar, do estado da superfície e natureza do solo e da água e ar presentes no solo.

Para Sobrinho et al. (2003), infiltração de água no solo é o "processo pelo qual a água penetra no perfil do solo", sendo seu valor inicial alto e com o passar do tempo vai diminuindo até tornar-se constante, momento este em que o solo fica saturado.

De acordo com o autor, é de importância prática o conhecimento da infiltração no solo, pois na maioria das vezes podemos determinar o balanço de água na zona das raízes e o deflúvio superficial, que são responsáveis pela erosão hídrica.

Paixão (2004) cita que para calcular a água que infiltra no solo deve-se utilizar metodologias simples capazes de representar adequadamente o estado natural em que o solo se encontra e mesmo assim os resultados obtidos são fortemente vinculados ao método utilizado para sua determinação.

Targa (2008), Zuquette et al.(2006) e Aguiar (2007) citam que a metodologia mais utilizada para determinação da capacidade de infiltração de água

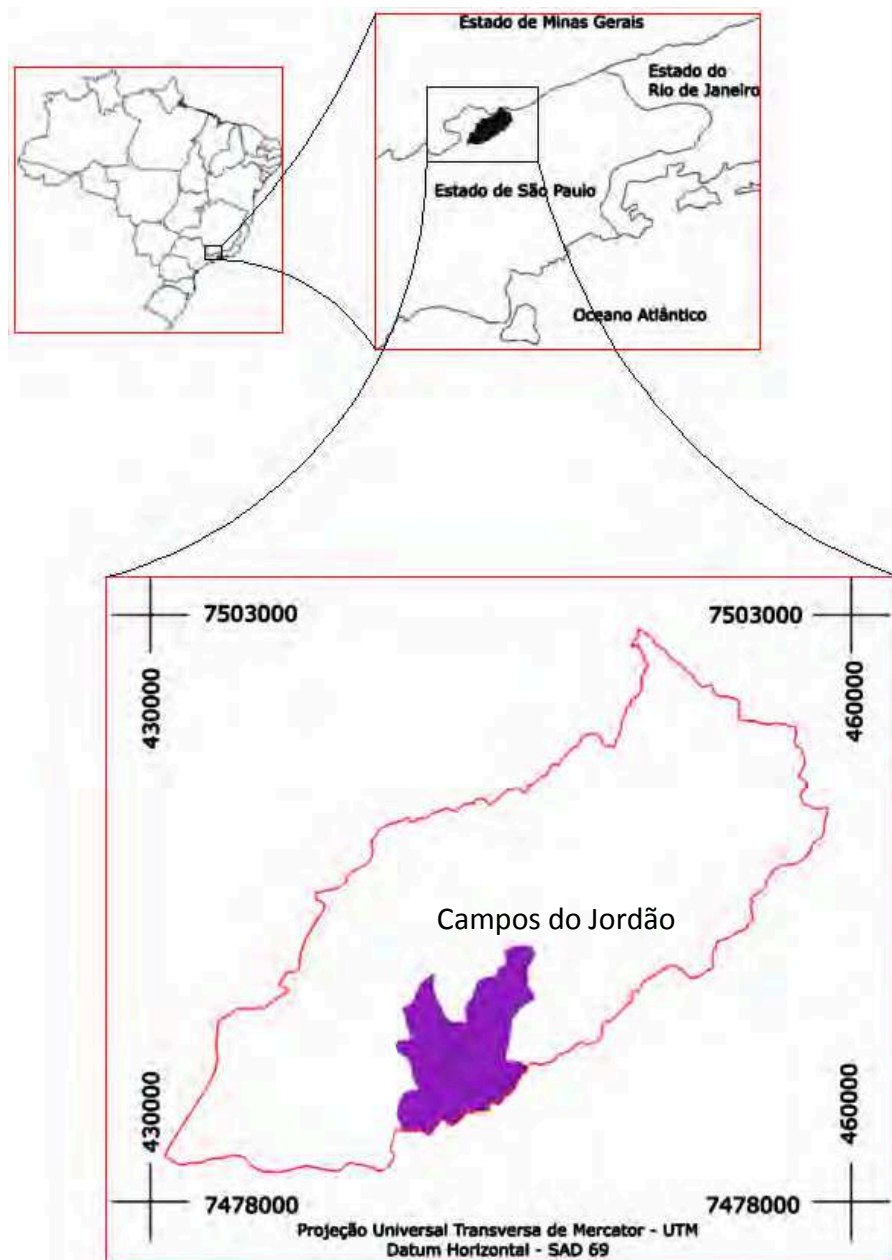
no solo é a metodologia dos anéis concêntricos, também conhecida como infiltrômetro de duplo anel.

O cálculo da taxa de infiltração de água possibilita a estimativa do escoamento superficial de uma bacia de maneira segura para os diferentes valores de precipitação máxima; entretanto, valores de escoamento superficial, obtidos em campo, por meio da metodologia de anéis concêntricos, são mais altos que os valores obtidos pela metodologia da Curva-Número (AGUIAR; TARGA; BATISTA, 2007).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO

As sub-bacias hidrográficas das Perdizes e do Fojo (Figura 8) estão localizadas na bacia hidrográfica do rio Sapucaí-Guaçu, no município de Campos do Jordão.



**Figura 8** – Mapa de localização das sub-bacias em estudo

Campos do Jordão está localizada à leste da capital de São Paulo, na Serra da Mantiqueira (22° 45' S, 45° 30' W), no médio Vale do Paraíba, com uma área de 290 Km<sup>2</sup>, sobre um platô a 1.600m acima do nível do mar e distante 167km da capital paulista.

O município pertence à região administrativa de São José dos Campos, região de governo de Taubaté, conta com uma população estimada para o ano de 2009 de 49.951 habitantes (SEADE, 2009).

Mantovani; Morelato; Reis (2004) citam que:

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb, ou seja, clima subtropical de altitude, mesotérmico e úmido, sem estiagem. Na região de Campos do Jordão a precipitação anual é de 2.000mm, com um período menos úmido de abril a setembro e um período chuvoso de outubro a março, quando ocorre 73% de toda a precipitação anual.

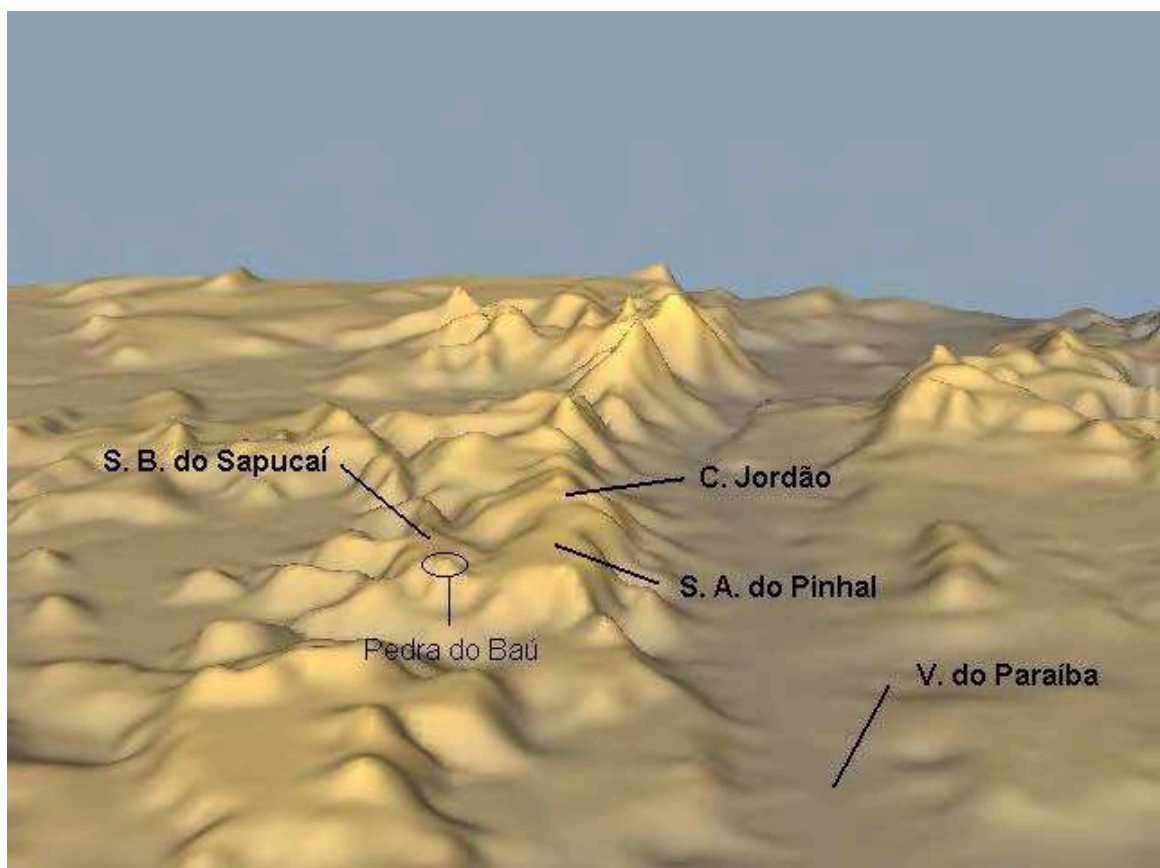
Para Modenesi (2004), o clima de Campos do Jordão pode ser classificado tendo como parâmetro as temperaturas, as ocorrências de geadas e a abrangência das amplitudes diárias. Os meses de janeiro e fevereiro são mais quentes, apresentando médias de 17,5°C e 17,3°C respectivamente; os meses de junho e julho são mais frios, com médias de 10,9°C e 10,8°C. A concentração de chuvas compreende os meses de outubro a março; dezembro, janeiro e fevereiro são meses mais úmidos.

Campos do Jordão está incluída na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Serra da Mantiqueira – (UGRHI – 1), situada à leste do estado de São Paulo, tendo no limite sul a UGRHI – 2 do Paraíba do Sul e no limite ao norte o estado de Minas Gerais.

O município, em sua totalidade, foi transformado em uma Área de Proteção Ambiental – APA por meio do Decreto Estadual 20.956/83, confirmado posteriormente pela Lei Estadual 4.105/84, Decreto Federal 91.304/85, Lei Municipal

1484/85 e Decreto Municipal 1850/88.

Campos do Jordão tem uma topografia bastante acidentada; cerca de 85% do município são compostos por regiões onduladas, 10% por encostas de serra e apenas 5% por áreas escarpadas. A cidade está localizada em um vale (Figura 9), a parte plana não ultrapassa 500 metros de largura, alguns pontos atingem mais de 2000 metros de altitude (CAMPOS DO JORDÃO, 2007).



**Figura 9 –** Localização do planalto de Campos do Jordão  
Fonte: Plano Municipal de Redução de Risco – 2006

Devido ao relevo ondulado, o Platô de Campos do Jordão forma uma rede de drenagem ramificada e bem distribuída, inclusive pelas sub-bacias do rio Sapucaí-Guaçu, que têm início na junção do rio Capivari com o ribeirão das Perdizes, onde se encontra o município de Campos do Jordão.

Essas características de relevo em altas altitudes, associadas às

características de temperatura e pluviosidade, formam um clima marcante para a região, apresentando um ar de excelente qualidade que fez de Campos do Jordão um centro no tratamento de doenças pulmonares durante a década de 20. Graças a difundida procura da região para a climoterapia, esta foi nomeada como Estância Hidromineral de Campos do Jordão (SÃO PAULO, 2006a).

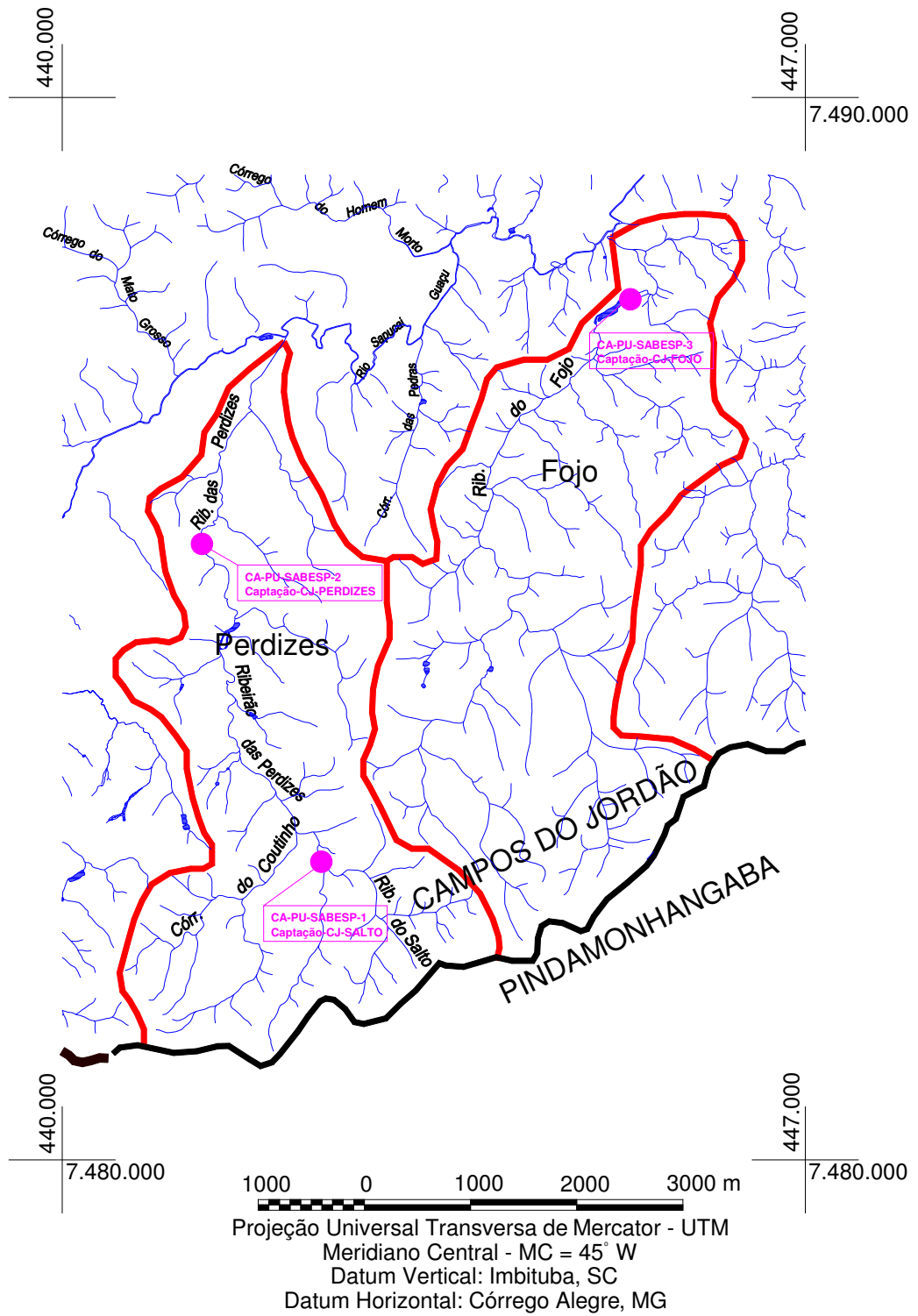
Mais tarde, deixou de ser um centro para a realização de terapias e passou a crescer com o Turismo e, em 1978, recebeu o título de Estância Turística de Campos do Jordão.

## 4.2 LOCAL DO ESTUDO

### 4.2.1 Localização e delimitação da bacia

O local escolhido para o desenvolvimento deste estudo compreende as sub-bacias hidrográficas do Ribeirão das Perdizes e Ribeirão do Fojo (Figura 10), no município de Campos do Jordão – SP.

Para o dimensionamento das sub-bacias hidrográficas da região em estudo foram utilizados fotografias aéreas, mapas hidrológicos e cartas da base planimétrica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (1971), folhas: Paraisópolis, Campos do Jordão, Delfim Moreira, Monteiro Lobato e Tremembé, na escala 1:50.000 (Figura 10).



BASE PLANIMÉTRICA: folhas Paraisópolis, Campos do Jordão, Delfim Moreira, Monteiro Lobato e Tremembé, na escala 1:50 000, do IBGE (1971), modificadas.

**Figura 10 –** Mapa de delimitação das sub-bacias das Perdizes e do Fojo



#### 4.2.2 Análise morfométrica das sub-bacias

A análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas foi feita a partir de dados básicos das sub-bacias, das características geométricas, de relevo e das características da rede de drenagem.

Para caracterização geométrica das sub-bacias foram utilizados os seguintes parâmetros:

- **Coefficiente de compacidade (Kc);**
- **Fator de forma (F);**
- **Índice de circularidade (IC);**
- **Densidade hidrográfica (Dh).**

O coeficiente de compacidade (Kc) relaciona a forma da bacia com um círculo. É um número adimensional que varia com a forma da bacia, independente de seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia maior será o coeficiente de compacidade.

O coeficiente de compacidade igual a unidade corresponde a uma bacia circular. Uma bacia será mais passível de enchentes quando seu Kc for mais próximo da unidade (VILLELA; MATOS, 1975).

Para determinar o Kc foi utilizada a seguinte equação:

$$Kc = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$$

onde: Kc = Coeficiente de compacidade;

P = Perímetro da bacia;

A = Área da bacia.

O fator de forma (F) relaciona a forma da bacia com um retângulo, correlacionando a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia da foz até o ponto mais distante do espigão.

Villela e Matos (1975) citam que uma bacia com fator de forma baixo é menos suscetível a enchentes.

Para determinar o fator de forma foi utilizada a seguinte equação:

$$F = \frac{A}{L^2}$$

onde: F = Fator de forma;

A = Área da bacia;

L = comprimento axial da bacia.

O índice de circularidade (IC) relaciona a área da bacia com a área de um círculo de perímetro igual ao da área da bacia.

Este valor tende para unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui conforme ela se torna mais alongada (CARDOSO et al., 2006).

A equação utilizada para se determinar o índice de circularidade foi:

$$IC = \frac{12,57 \times A}{P^2}$$

onde: IC = Índice de Circularidade;

A = Área da bacia;

P = Perímetro da bacia.

A densidade hidrográfica (Dh) relaciona o número de rios ou canais com a área da bacia. Este índice expressa a grandeza da rede hidrográfica da bacia, indicando a capacidade de gerar novos cursos d'águas (CHRISTOFOLETTI, 1969).

Para se determinar a densidade hidrográfica foi utilizada a seguinte equação:

$$Dh = \frac{N}{A}$$

onde: Dh = Densidade hidrográfica;

N = Número de rios ou canais;

A = Área da bacia.

Christofoletti (1969) sugere a utilização de N como sendo o número de canais de primeira ordem, conforme classificação de Strahler (1957), que leva a resultados mais reais frente ao comportamento hidrológico da bacia.

Lollo (1995 apud RIBEIRO, 2002) cita uma classificação da densidade hidrográfica em faixas de valores (Tabela 1).

**Tabela 1** – Classificação da densidade hidrográfica (Dh) de uma bacia  
Fonte: Lollo (1995, apud RIBEIRO, 2002)

Dh (N1/km <sup>2</sup> )	Denominação
< 3	Baixa
3 – 7	Média
7 – 15	Alta
> 15	Muito alta

Na caracterização de relevo das sub-bacias foram utilizados os seguintes parâmetros:

- **Altitude média (Am)**
- **Índice de sinuosidade (Is);**
- **Gradiente de canais (Gc);**
- **Relação de relevo (Rr).**

A variação de altitude média é um fator muito importante, pois a temperatura e precipitação estão relacionadas com a altitude. Variações de temperatura influenciam as perdas de águas que ocorrem na forma de evaporação e transpiração, já variações na precipitação atuarão diretamente no escoamento superficial e infiltração (Vilella; Mattos, 1975).

Para avaliação da altitude média foi utilizado método descrito por Wisler e Brater (1964), no qual se calcula as subáreas existentes entres os pares de curvas de nível, depois avalia-se as porcentagens destas subáreas em relação a área total da bacia. Por fim, por simples soma, calcula-se a porcentagem da área total que fica abaixo ou acima de determinada altitude.

Com os dados de variação de altitude, pode-se determinar a curva hipsométrica da bacia que é a representação gráfica da variação de altitude em relação à área da bacia.

O índice de sinuosidade é a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial do canal principal. Este índice expressa a velocidade de escoamento do canal principal.

Quanto maior a sinuosidade, maior será a dificuldade de se atingir a foz do canal, portanto a velocidade de escoamento será menor.

Segundo Freitas (1952), valores de Is próximos a 1 indicam canais retilíneos, já valores superiores a 2 indicam canais sinuosos e valores intermediários indicam formas transicionais.

Para se determinar o índice de sinuosidade utilizou-se a seguinte equação:

$$I_s = \frac{L_c}{L_v}$$

onde:  $I_s$  = Índice de sinuosidade;  
 $L_c$  = comprimento do canal principal;  
 $L_v$  = comprimento vetorial do canal principal.

O gradiente de canais ( $G_c$ ) é a relação entre a altitude máxima da bacia e o comprimento do canal principal.

Este índice tem por finalidade indicar a declividade dos cursos d'água (HORTON, 1945; FREITAS, 1952).

Para se determinar o gradiente de canais foi utilizada a seguinte equação:

$$G_c = \frac{A_{max}}{L_c}$$

onde:  $G_c$  = Gradiente de canais;  
 $A_{max}$  = Altitude máxima da bacia;  
 $L_c$  = comprimento do canal principal.

A relação de relevo ( $R_r$ ) é a relação entre a amplitude altimétrica da bacia e o comprimento do canal principal.

Segundo Schumm (1956), quanto maior o valor de  $R_r$ , maior será o desnível entre a cabeceira e a foz, conseqüentemente maior será a declividade média da bacia.

Para o cálculo da relação de relevo foi utilizada a seguinte equação:

$$R_r = \frac{H_m}{L_c}$$

onde:  $R_r$  = Relação de relevo;

$H_m$  = amplitude altimétrica;

$L_c$  = comprimento do canal principal.

Para caracterização da rede de drenagem foram utilizados os seguintes parâmetros:

- **Densidade de drenagem ( $D_d$ );**
- **Ordem da bacia.**

A densidade de drenagem é a relação entre o comprimento total de canais e a área da bacia.

Para o cálculo do comprimento total de canais, deve-se considerar todos os rios tanto os perenes como os temporários (HORTON, 1945).

Segundo Christofolletti (1969), valores elevados de  $D_d$  indicam áreas com pouca infiltração e melhor estruturação dos canais.

A densidade de drenagem foi obtida utilizando-se da seguinte equação:

$$D_d = \frac{L_t}{A}$$

onde:  $D_d$  = Densidade de drenagem;

$L_t$  = comprimento total dos canais;

A = Área da bacia.

Strahler (1964) sugeriu uma classificação em faixas para a densidade de drenagem conforme apresentada na Tabela 2.

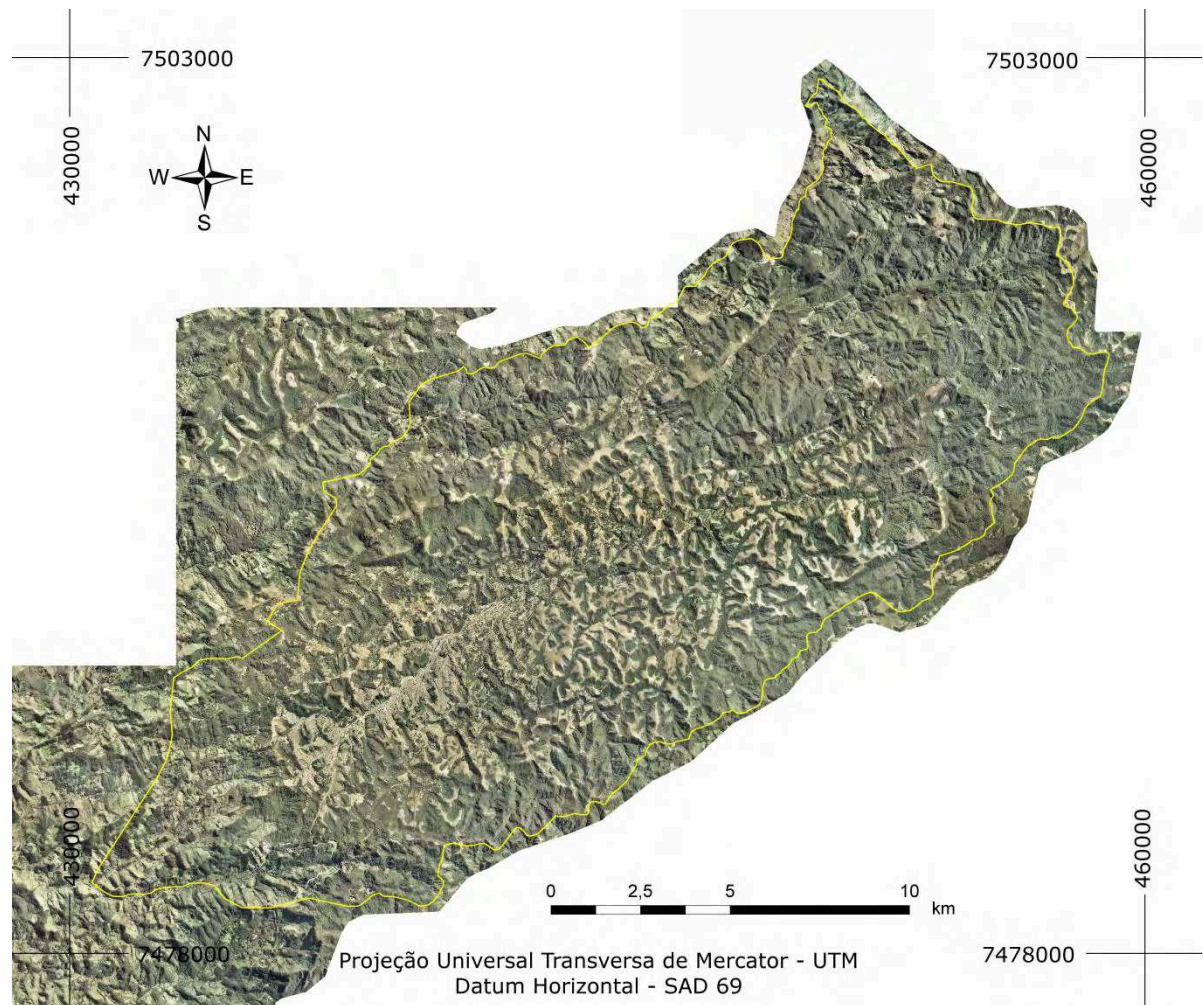
**Tabela 2** – Classificação da densidade de drenagem (Dd) de uma bacia

Dd (km/km <sup>2</sup> )	Denominação
< 7,5	Baixa
7,5 - 10	Média
> 10	Alta

A ordem da bacia foi determinada utilizando-se da metodologia descrita por Strahler (1952), segundo a qual os canais sem tributários são denominados de primeira ordem, os canais de segunda ordem são originados na confluência de canais de primeira ordem e só recebem canais de primeira ordem, os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem e podem receber afluentes de primeira e segunda ordem, os canais de quarta ordem são originados da confluência de dois canais de terceira ordem, canais de quarta ordem podem receber tributários de ordens inferiores, assim sucessivamente.

#### 4.2.3 Uso e ocupação do solo

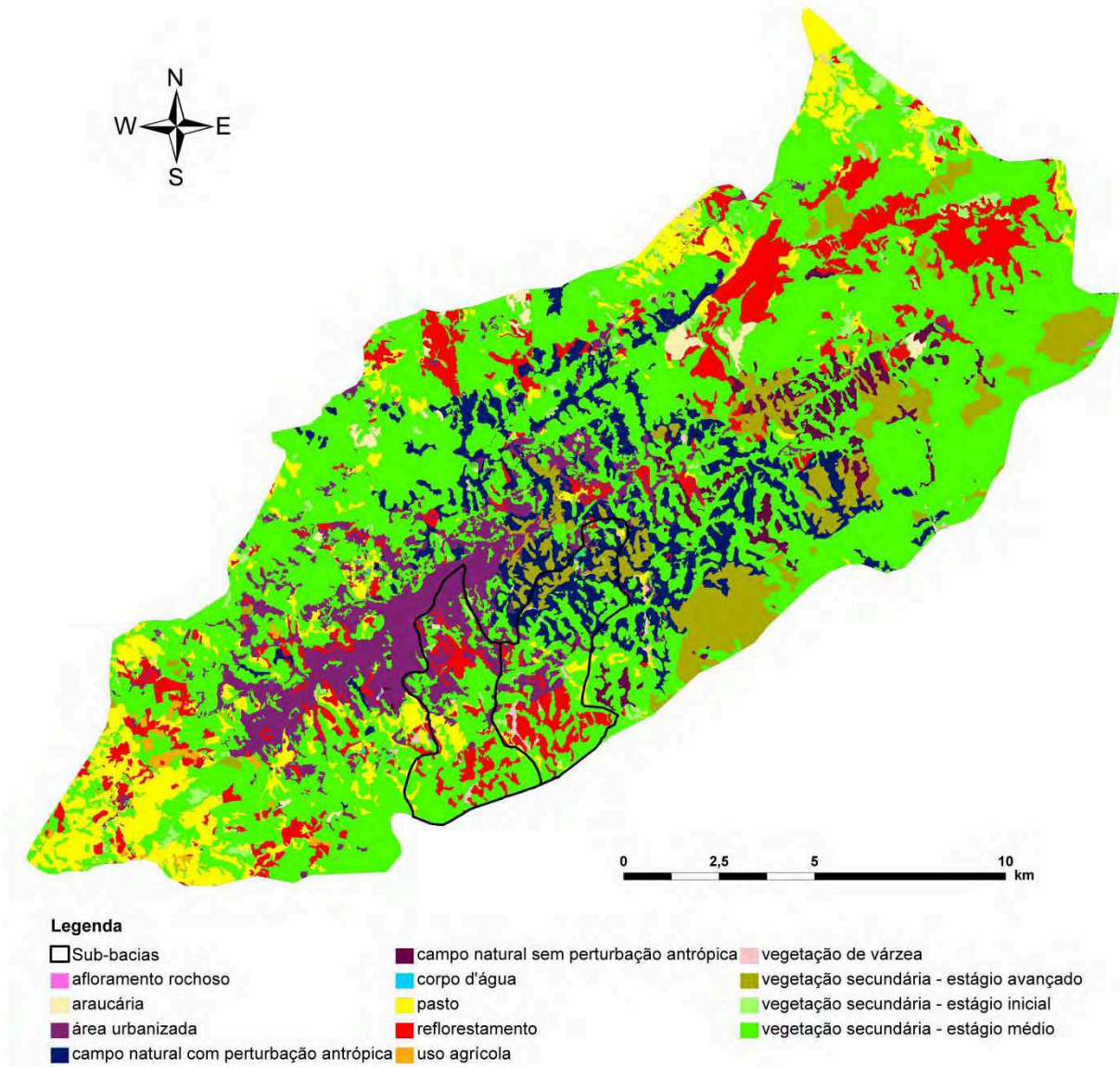
Foram utilizadas como base para interpretação da paisagem local fotos aéreas verticais do município de Campos do Jordão, tomadas a partir da execução de aerolevanteamento fotográfico em abril de 2003 na escala 1:25.000, tendo como produto final ortofotos na escala 1:10.000, da coleção de fotos do Comitê de Bacias Hidrográficas da Serra da Mantiqueira – CBH-SM, disponíveis em modo digital (Figura 11).



**Figura 11 –** Foto aérea do município de Campos do Jordão  
Fonte: Adaptado da Coleção de Ortofotos do Instituto Florestal – FEHIDRO 2003

De posse das ortofotos, na escala 1:10.000, e utilizando um aplicativo de Sistema de Informação Geográfica (SIG) da ENSRI, o ArcGis 9.0, foram gerados mapas temáticos de uso e ocupação do solo (Figura 12) contemplando principalmente o tipo de cobertura vegetal, com informações quantitativas e qualitativas do município de Campos do Jordão (Tabela 3).





**Figura 12 –** Mapa temático de uso e ocupação do solo do município de Campos do Jordão  
 Fonte: Adaptado do mapa do Instituto Florestal – Relatório Técnico Final – contrato FEHIDRO 10/2003

**Tabela 3 –** Indicação das diferentes categorias de uso e ocupação do solo e respectivas quantificações, para o município de Campos do Jordão  
 Fonte: Instituto Florestal – Relatório Técnico Final – contrato FEHIDRO 10/2003

<b>Uso e Ocupação da Terra</b>	<b>Área (ha)</b>
Afloramento rochoso	3,28
Araucária	205,24
Área urbanizada	2.496,71
Campo natural com perturbação antrópica	2.142,84
Campo natural sem perturbação antrópica	549,92
Corpo d'água	14,68
Pasto	2.539,51
Reflorestamento	2.787,89
Solo nu	-
Uso agrícola	128,34
Vegetação de várzea	85,02
Vegetação secundária - estágio inicial	361,58
Vegetação secundária - estágio médio	15.613,93
Vegetação secundária - estágio avançado	1.861,41
<b>Total</b>	<b>28.790,35</b>

#### 4.2.4 Caracterização do solo

Para determinação dos tipos e classificação do solo das duas sub-bacias, foi utilizado o Mapa de Solos do Brasil, na escala 1:50.000, resultado do trabalho de uma parceria entre o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e o Centro Nacional de Pesquisas de Solos da Embrapa (IBGE, 2002).

Este mapa, na versão digital shapefile disponível na internet, agrupa informações sobre os diferentes tipos de solos existentes no Brasil, reunindo o conhecimento produzido por décadas de estudo do solo brasileiro.

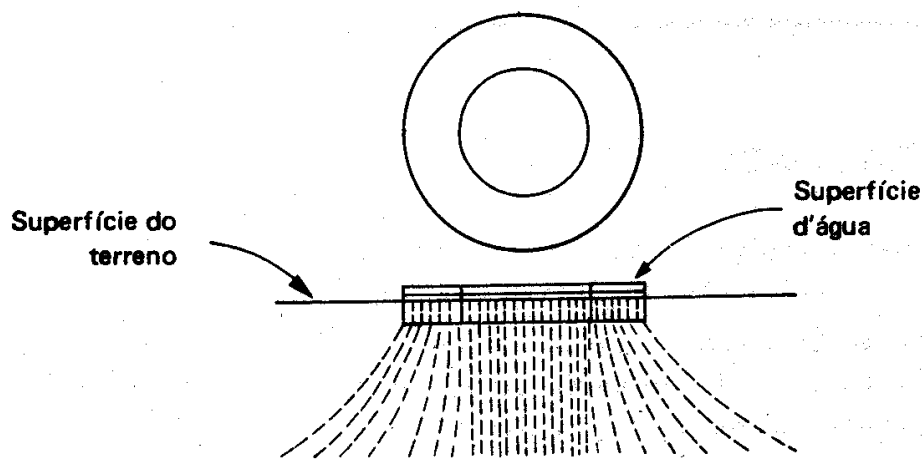
A utilização deste mapa permite uma visualização espacial dos principais tipos de solos, já com as especificações e nomenclatura indicadas pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SBCS. Neste mapa encontram-se informações essenciais para a avaliação de planejamentos regionais e estaduais, de planos

setoriais como o zoneamento de uso e conservação dos recursos hídricos.

#### 4.2.5 Permeabilidade do solo

O método utilizado neste estudo para se determinar a permeabilidade do solo foi a metodologia do Infiltrômetro de Anéis Concêntricos (Figura 13), também conhecida como infiltrômetro de duplo anéis, descrita por Bernardo (1982).

Segundo Bernardo (1982), esta metodologia consiste na utilização de dois anéis com diâmetros diferentes, ambos com 30cm de altura, um anel menor com 25cm de diâmetro e outro anel maior com 50cm. Os anéis devem ser cravados no solo aproximadamente 15cm na vertical e concêntricos e, para facilitar a penetração no solo, as bordas inferiores dos anéis devem ser finas.

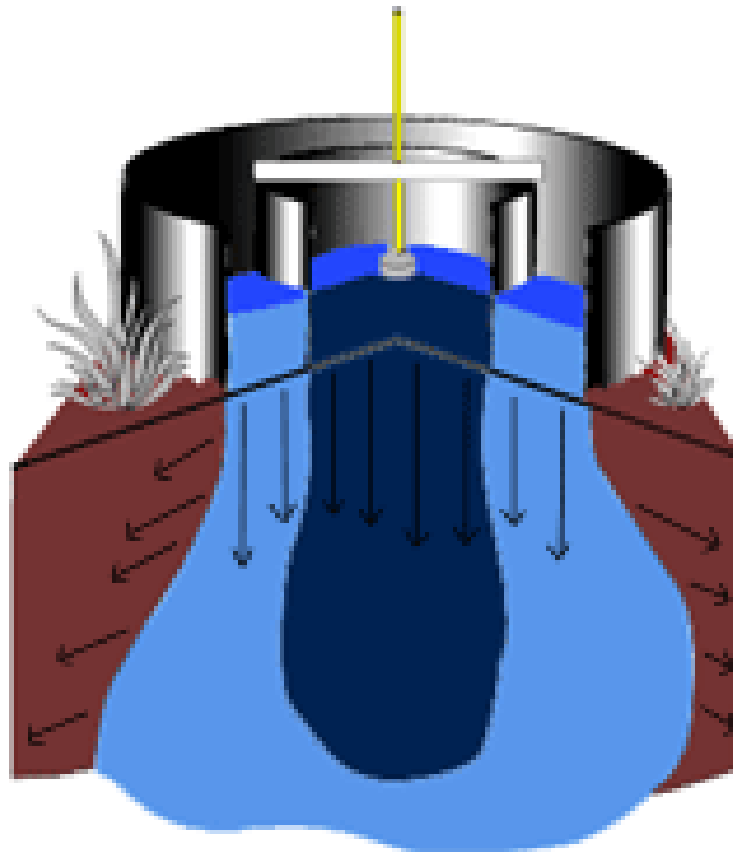


**Figura 13 –** Infiltrômetro de duplo anel  
Fonte: Villela (1975)

Segundo o autor, deve-se colocar água nos dois anéis ao mesmo tempo e com o auxílio de uma régua graduada mede-se, em intervalos de tempo, a infiltração vertical no cilindro interno.

O anel externo é de grande importância, pois evita que a água do anel

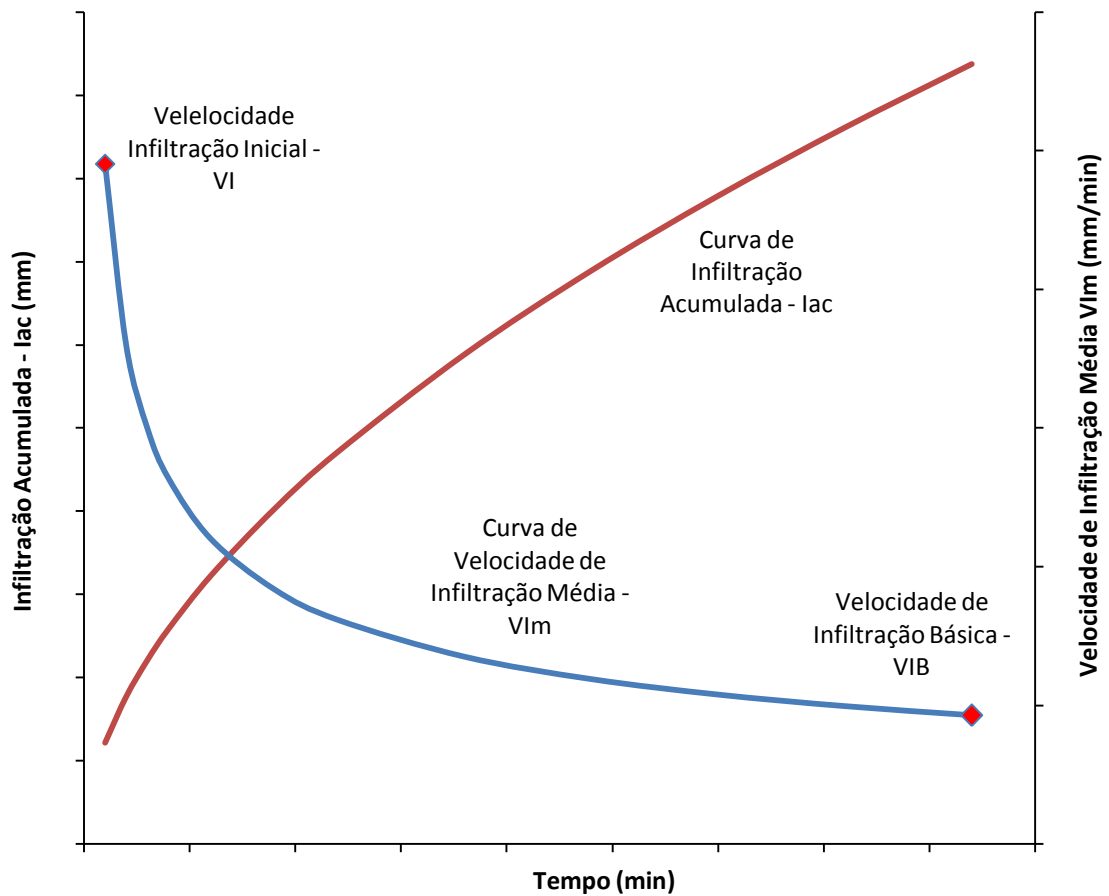
interno infiltre lateralmente. Deve-se manter nos anéis uma lâmina d'água de aproximadamente 5cm, permitindo uma variação de 2cm (BERNARDO, 1982). O princípio de funcionamento do duplo anel está representado na Figura 14.



**Figura 14 –** Princípio de funcionamento do infiltrômetro de duplo anel  
Fonte: Aquagri Serviços e Equipamentos de Gestão de Água

Ao plotarmos os dados obtidos da Infiltração Acumulada pelo Tempo temos o traçado da curva de Infiltração Acumulada. A Velocidade de Infiltração é calculada dividindo a Infiltração Acumulada pelo Tempo Acumulado e para se construir esta curva basta plotar os valores da Velocidade de Infiltração Acumulada pelo Tempo Acumulado (BERNARDO, 1982).

A Figura 15 ilustra a representação gráfica das curvas de Infiltração Acumulada ( $I_{ac}$ ) e da Velocidade de Infiltração Média ( $V_{Im}$ ).



**Figura 15 –** Curva de Infiltração Acumulada (Iac) e de Velocidade de Infiltração Média (VIm)

Segundo Bernardo (1982), as curvas de Infiltração Acumulada (Iac) e da Velocidade de Infiltração Média (VIm) podem ser descritas por diversos tipos de equações; as duas mais utilizadas são: a Equação Tipo Potencial e a Equação do Tipo Kostiakov-Lewis.

Neste trabalho a equação que foi utilizada para se obter o valor médio dos testes de infiltração foi a equação do Tipo Potencial que, segundo Bernardo (1982), pode ser descrita como:

$$I = a T^n$$

$$VIm = a T^{n-1}$$

onde: I = Infiltração Acumulada;  
VIm= Velocidade de Infiltração Média;  
a= constante dependente do solo;  
T= Tempo;  
n= constante dependente do solo, variando de 0 a 1

Segundo Targa (2008), a metodologia dos anéis concêntricos é uma das mais utilizadas para se determinar a capacidade de infiltração de água no solo onde se processa, considerando o solo inundado.

Cita o autor que estes testes podem demorar de uma a duas horas em solos arenosos e seis horas ou mais em solos argilosos; o momento para parar o teste é aquele quando não se observa diferença entre duas ou três leituras. Esta é uma indicativa de que o solo atingiu, neste momento, sua máxima capacidade de infiltração que corresponde à Velocidade de Infiltração Básica (VIB).

Para Zuquette et al. (2006), atualmente este tipo de ferramenta é uma das mais utilizadas para medir a infiltração de água no solo, já que possibilita um fluxo de água através de grandes volumes de materiais geológicos, além da facilidade e simplicidade de sua aplicação.

#### **4.2.6 Florestamento compensatório**

Para estimativa do florestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo foi utilizada a metodologia de Florestamento Compensatório para Retenção de Águas de chuvas em Microbacias Hidrográficas, proposta por Rocha e Kurts (2007).

Segundo os autores, esta metodologia foi baseada em estudos feitos por Odum (1988), Grosvenor et al. (1996), Bloom (1970), Bunting (1971) e Rocha (1991).

A partir de dados, tais como: precipitação média sobre a terra; porcentagem de precipitação que é evaporada, evapotranspirada e retida na superfície; porcentagem de escoamento superficial; infiltrações médias da precipitação conforme o tipo de uso do solo e porcentagem que infiltra no solo, fornecidos por estes autores, desenvolveu-se esta metodologia capaz de determinar o florestamento compensatório com vistas a compensar as perdas de água.

Segundo Bloom (1970), o volume de água na terra é de aproximadamente 1.387.600.000km<sup>3</sup>. O autor considera ainda que 2,71% são águas continentais doces o que corresponde a 37.603.960km<sup>3</sup> e 97,29% são águas salgadas provenientes de mares e oceanos correspondendo a 1.349.996.040km<sup>3</sup>.

Para o autor, dos 2,71% de água doce existentes na terra, 77,05% estão presentes na forma de geleiras, o que corresponde a 29.000.840km<sup>3</sup> e 22,95% são águas correspondentes a rios, lagos, águas de escoamento e subterrâneas, o que equivale a 8.603.120km<sup>3</sup>.

Para Bloom (1970), 99.10<sup>3</sup> km<sup>3</sup>/ano são águas de chuva que se precipitam sobre a terra, dos quais 62.10<sup>3</sup>km<sup>3</sup>/ano se evaporam; portanto, a diferença é o saldo de água que fica retido correspondendo a 37.10<sup>3</sup>km<sup>3</sup>/ano que corresponde a 37,37% da água que se precipita na terra e 66,63% corresponde a água evaporada e evapotranspirada.

Para Rocha e Kurtz (2007), estas porcentagens podem ser aplicadas em unidades ambientais do tipo Bacias Hidrográficas.

Segundo Odum (1988), a unidade de medida para precipitação sobre a

terra é o geograma (gg) que é expresso em toneladas de água; segundo o autor, um geograma equivale a  $10^{14}$  toneladas de água ( $1\text{gg} = 10^{14}$  toneladas de água).

Do saldo percentual da precipitação retido na terra, 20% destinam-se ao escoamento superficial, 25% destinam-se a rios, lagos, banhados e pântanos e 55% destinam-se a infiltrar na superfície (ODUM, 1998).

Utilizando-se as porcentagens do saldo de água retido na terra (37,37%), segundo Bloom (1970), e aplicando os valores percentuais obtidos por Odum (1988), temos que 7,47% destinam-se a escoamento superficial (20% do saldo retido), 9,35% destinam-se a rios, lagos, banhados e pântanos (25% do saldo retido) e 20,55% infiltram na superfície (55% do saldo retido). Este último valor estabelece o volume de água precipitado que deveria infiltrar na Bacia Hidrográfica (ROCHA, KURTZ, 2007).

Segundo Rodrigues Júnior et al. (2007), o volume de água precipitado que infiltra na floresta em um hectare em um ano é obtido pela equação:

$$\mathbf{VIF = HPF \times PIF}$$

onde:

VIF = Volume de água que precipita e Infiltra na Floresta em um hectare em um ano ( $\text{m}^3/\text{ha}/\text{ano}$ );

HPF = Horas de Precipitação na Floresta em um ano ( $\text{h}/\text{ano}$ );

PIF = Precipitação que Infiltra na Floresta em uma hora em um hectare ( $\text{m}^3/\text{h}/\text{ha}$ ).

$$\mathbf{HPF = \frac{P}{VI}}$$

onde:



HPF = Horas de Precipitação na Floresta em um ano (h/ano);

P = Precipitação média anual (mm/ano);

VI = Velocidade de Infiltração média do solo com cobertura de Floresta (mm/h).

$$\mathbf{PIF = VI \times a}$$

onde:

PIF = Precipitação que Infiltra na Floresta em uma hora em um hectare (m<sup>3</sup>/h/ha);

VI = Velocidade de Infiltração média do solo com cobertura de Floresta (mm/h);

a = Área de um hectare (m<sup>2</sup>).

O cálculo da área de floresta para compensar (Acp) as perdas de água é obtido dividindo-se a volume de água nas perdas em excesso (Pe) pelo volume de água que infiltra nas florestas em um ano em um hectare (VIF).

$$\mathbf{Acp = \frac{Pe}{VIF}}$$

onde:

Acp = Área a compensar (ha);

Pe = Perdas em excesso (m<sup>3</sup>);

VIF = Volume de água que precipita e Infiltra na Floresta em um hectare em um ano (m<sup>3</sup>/ha/ano).

O valor da porcentagem de perda em excesso é obtido subtraindo-se da porcentagem de perda a porcentagem de perda padrão.

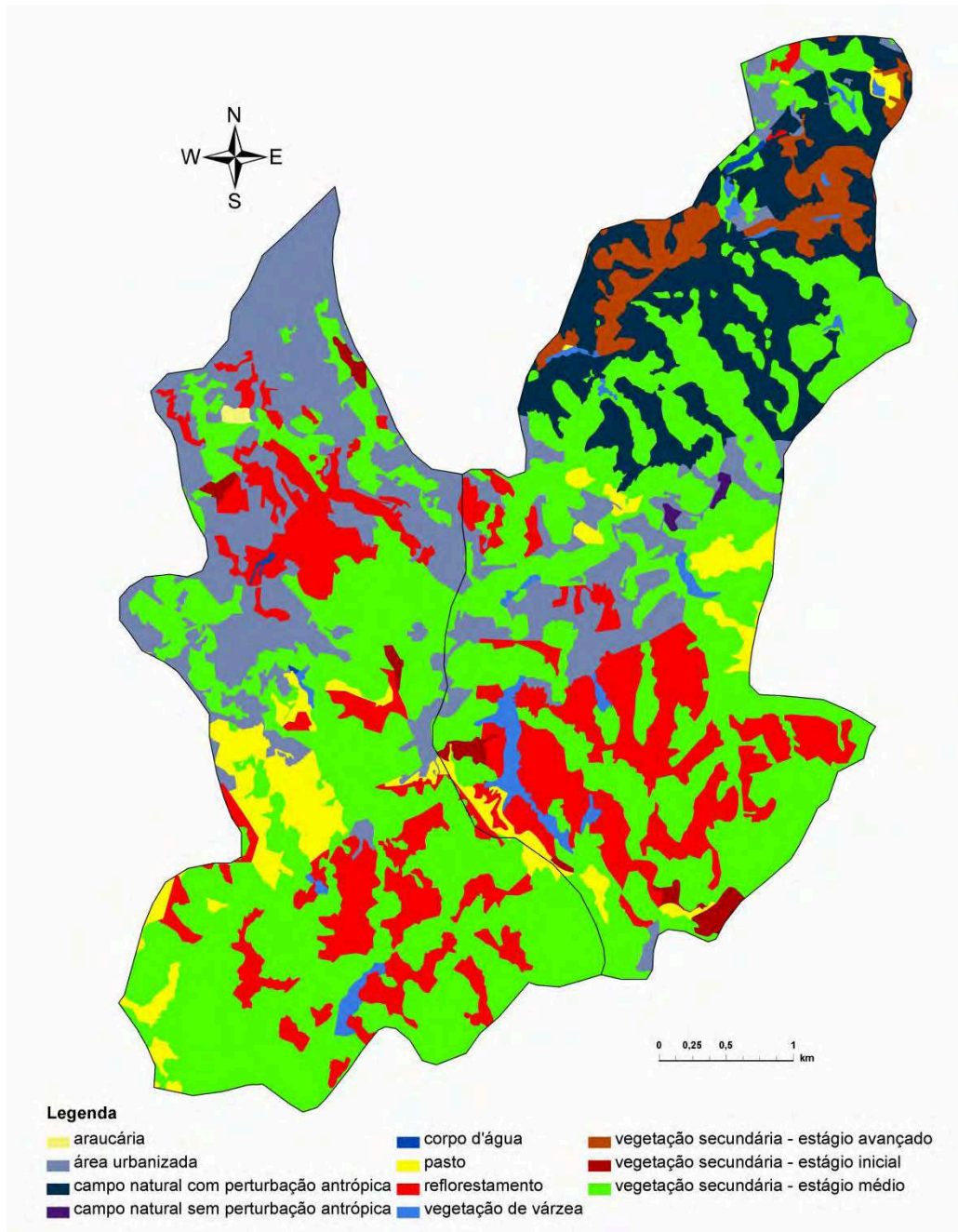
Para essa metodologia, as perdas de água consideradas como padrão

são aquelas que ocorrem no solo que apresentar a maior velocidade de infiltração básica (VIB).

O solo com cobertura vegetal do tipo floresta é o que apresenta a maior velocidade de infiltração básica (VIB), portanto a perda de água neste tipo de solo com cobertura vegetal do tipo floresta é considerada a perda padrão.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a execução e análise dos mapas temáticos de uso e ocupação do solo, foi possível determinar qualitativamente e quantitativamente o tipo de cobertura vegetal e as áreas de ocupação urbanas nas sub-bacias em estudo (Figura 16).



**Figura 16 –** Mapa temático de uso e ocupação do solo das sub-bacias do Fojo e Perdizes  
 Fonte: Adaptado do mapa do Instituto Florestal – Relatório Técnico Final – contrato FEHIDRO 10/2003

Estão indicadas na Tabela 4 as quantidades dos diferentes tipos de uso e ocupação do solo das sub-bacias em estudo.

**Tabela 4 –** Indicação das diferentes categorias de uso e ocupação do solo e respectivas quantificações, para a sub-bacia do Fojo e Perdizes

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	SUB-BACIAS	
	ÁREA (ha)	%
Araucária	2,53	0,09
Área urbanizada	434,43	16,29
Campo natural com perturbação antrópica	261,41	9,80
Campo natural sem perturbação antrópica	3,67	0,14
Corpo d'água	3,05	0,11
Pasto	126,80	4,76
Reflorestamento	432,45	16,22
Vegetação de várzea	41,05	1,54
Vegetação secundária - estágio avançado	80,34	3,01
Vegetação secundária - estágio inicial	22,97	0,86
Vegetação secundária - estágio médio	1.257,89	47,17
<b>Total</b>	<b>2.666,59</b>	<b>100,00</b>

A área de cobertura vegetal encontrada foi de 2.229,11ha, o que corresponde a 83,59% da área das sub-bacias, sendo que a vegetação predominante é a vegetação secundária em estágio médio com uma área de 1.257,89ha.

Em análise do uso e ocupação do solo das sub-bacias em estudo, quatro tipos de coberturas vegetais foram eleitas como as mais importantes para este estudo e foram denominadas como Campo, Floresta, Pasto e Reflorestamento.

A cobertura vegetal dominante é de Floresta (vegetação secundária em estágio médio) com 1.257,89ha, ou seja, 47,17% da área das sub-bacias; o Reflorestamento aparece em segundo lugar ocupando uma área de 432,45ha (16,22%); o Campo (campo natural com/sem perturbação antrópica) ocupa uma área de 265,08ha (9,94%), e a cobertura vegetal denominada de Pasto apresenta uma área de 126,80ha (4,76%).

Outro tipo de uso do solo muito importante para este estudo é a Área Urbanizada, que nestas sub-bacias ocupa 434,43ha (16,29%).

Segundo São Paulo (2003), o total de área urbanizada no município de Campos do Jordão é de 2.496,71ha, ou seja, a área urbanizada nas sub-bacias (434,43ha) corresponde aproximadamente a 17,40% de toda a área urbanizada do município. As outras áreas somaram 149,94ha (5,62%).

Na Tabela 5, estão indicadas as quantidades e porcentagens dos diferentes tipos de uso e ocupação do solo que foram utilizados neste estudo.

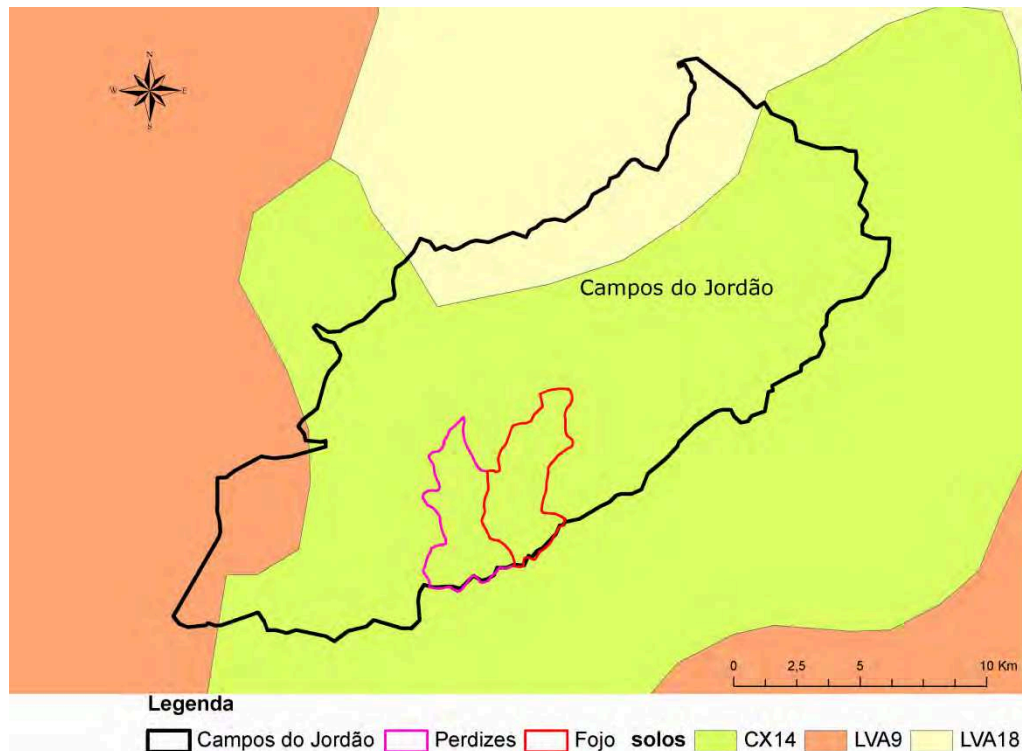
**Tabela 5 –** Quantidade dos diferentes tipos de uso e ocupação do solo utilizado para este trabalho

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	SUB-BACIAS		TOTAL	
	Perdizes (ha)	Fojo (ha)	ÁREA (ha)	%
Floresta	649,08	608,81	1.257,89	47,17
Área urbanizada	301,82	132,61	434,43	16,29
Reflorestamento	218,57	213,88	432,45	16,22
Campo	0,00	265,08	265,08	9,94
Pasto	79,75	47,05	126,80	4,76
Outros	20,34	129,60	149,94	5,62
<b>Total</b>	<b>1.269,56</b>	<b>1.397,03</b>	<b>2.666,59</b>	<b>100,00</b>

Após a delimitação das sub-bacias, foi-lhes calculada a área de 2.666,59ha. A área do município de Campos do Jordão é de 28.790,35ha, ou seja, a área das sub-bacias corresponde a 9,26% da área do município.

Com a utilização do mapa de solos do Brasil (IBGE, 2002), foi possível a determinação dos tipos de solos presentes no município de Campos do Jordão e nas sub-bacias em estudo.

Estão representados na Figura 17 os três tipos de solos existentes no município de Campos do Jordão.



**Figura 17 –** Tipos de solo existentes no Município de Campos do Jordão  
 Fonte: Adaptado Mapa de Solos do Brasil – IBGE 2002

Os latossolos LVA9 e LVA18 encontram-se em pequenas quantidades no município, já o cambissolo CX14, onde localizam-se as duas sub-bacias em estudo, ocupa a maior e principal área do município de Campos do Jordão.

O Cambissolo CX14 é o solo de maior expressão no município, geralmente é pouco profundo ou raso. A capacidade disponível de água pode variar de 30 a 120mm; em função de seus atributos é considerado distrófico, sendo apenas um perfil eutrófico (REATTO et al., 1999).

Os Latossolos possuem, geralmente, elevada permeabilidade; em latossolos a capacidade de água pode variar em média de 260 a 330mm para solos de textura média, de 300 a 500mm para solos de textura argilosa e de 500 a 760mm para os solos de textura muito argilosa (REATTO et al., 1999).

Com dados básicos, tais como: área, perímetro, altitude máxima e mínima, número de canais e comprimento dos canais, foi feita a caracterização morfométrica das sub-bacias das Perdizes e do Fojo. Os resultados estão apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6** – Características morfométricas das sub-bacias das Perdizes e do Fojo

	Características	Unidades	Sub-bacias	
			Predizes	Fojo
Características Geométricas	Área	km <sup>2</sup>	12,70	13,97
	Perímetro	km	19,85	19,74
	Número de canais de 1 <sup>a</sup> ordem	-	78	116
	Comprimento do eixo da bacia	km	6,86	6,94
	Coeficiente de compacidade	-	1,56	1,48
	Fator de forma	-	0,27	0,29
	Índice de circularidade	-	0,41	0,45
	Densidade hidrográfica	canais/km <sup>2</sup>	6,14	8,30
Características do Relevo	Altitude máxima	m	1.910	1.950
	Altitude média	m	1.720	1.734
	Altitude mínima	m	1.580	1.520
	Amplitude altimétrica	m	330	430
	Índice de sinuosidade	m/m	1,33	1,43
	Gradiente dos canais	%	0,22	0,20
	Relação de relevo	-	0,037	0,045
Características da Rede de Drenagem	Comprimento do canal principal	km	8,81	9,64
	Comprimento total dos canais	km	44,27	57,34
	Comprimento vetorial do canal principal	km	6,63	6,73
	Densidade de drenagem	km/km <sup>2</sup>	3,49	4,10
	Ordem da bacia	-	4	4

Os resultados obtidos da caracterização morfométrica indicam uma semelhança entre as duas sub-bacias.

A área encontrada para sub-bacia das Perdizes foi de 12,70km<sup>2</sup> com um perímetro de 19,85km e comprimento do eixo da bacia de 6,86km.

Valores semelhantes foram encontrados para a sub-bacia do Fojo, sendo

que a área de drenagem encontrada foi de 13,97km<sup>2</sup> com perímetro de 19,74km e comprimento do eixo da bacia de 6,94km.

Ambas sub-bacias são de quarta ordem, com 116 canais para a sub-bacia do Fojo, somando um comprimento total de canais de 57,34km e 78 canais para a sub-bacia das Perdizes com um comprimento total de canais de 44,27km.

O coeficiente de compacidade (Kc) encontrado, 1,56 para a sub-bacia das Perdizes e 1,41 para a sub-bacia do Fojo, associados ao fator de forma (F), indicam que estas sub-bacias, em condições normais de precipitação, são pouco suscetíveis a enchentes.

O índice de circularidade (IC) encontrado, afastado da unidade, indica que as sub-bacias não tendem à forma circular, ou seja, possuem forma mais alongada e, segundo Villela e Mattos (1975), bacias mais alongadas possuem menor concentração de deflúvio.

A densidade hidrográfica, que indica a capacidade das sub-bacias em gerar novos canais, foi de 6,14canais/km<sup>2</sup> para a sub-bacia das Perdizes e 8,30canais/km<sup>2</sup> para a sub-bacia do Fojo.

De acordo com parâmetros estabelecidos por Lollo (1995 apud RIBEIRO, 2002), a sub-bacia das Perdizes é de média densidade hidrográfica e a sub-bacia do Fojo é considerada de alta densidade hidrográfica.

A sub-bacia do Fojo apresenta parâmetros de densidade hidrográfica, comprimento do canal principal e comprimento total de canais superiores ao da sub-bacia das Perdizes, o que deve representar maior escoamento.

Em termos de conservação, a sub-bacia do Fojo apresenta-se melhor conservada apresentando menor área urbanizada, maior área com cobertura do solo do tipo campo e pouco menos área de floresta em relação a sub-bacia das Perdizes.



Embora a sub-bacia das Perdizes seja muito mais urbanizada e não apresentar cobertura vegetal do tipo campo, a mesma tem cerca de 40ha de floresta a mais que a sub-bacia do Fojo e uma densidade de drenagem na ordem de 3,49km/km<sup>2</sup> o que favorece a infiltração de água no solo e a manutenção dos mananciais.

Segundo Strahler (1964) os valores de densidade drenagem encontrados indicam que estas sub-bacias são de baixa densidade de drenagem.

Os índices de sinuosidades (Ic) encontrados (1,33 e 1,43) indicam que os canais destas sub-bacias não têm forma retilínea e também não podem ser considerados como sinuosos, ou seja, os canais têm uma forma transitória.

Conforme apresentado na Figura 10, existem três pontos de captação de água nestas sub-bacias, sendo dois pontos na sub-bacia das Perdizes e um ponto na sub-bacia do Fojo. Desta forma deve-se ter um maior controle no processo de urbanização destas sub-bacias, bem como uma maior atenção na conservação das florestas.

No geral todos os tipos de usos do solo que possuem cobertura vegetal apresentam taxas de infiltração de água acima de dos 30mm/h, sendo este valor considerado muito alto segundo classificação de Reichardt (1987).

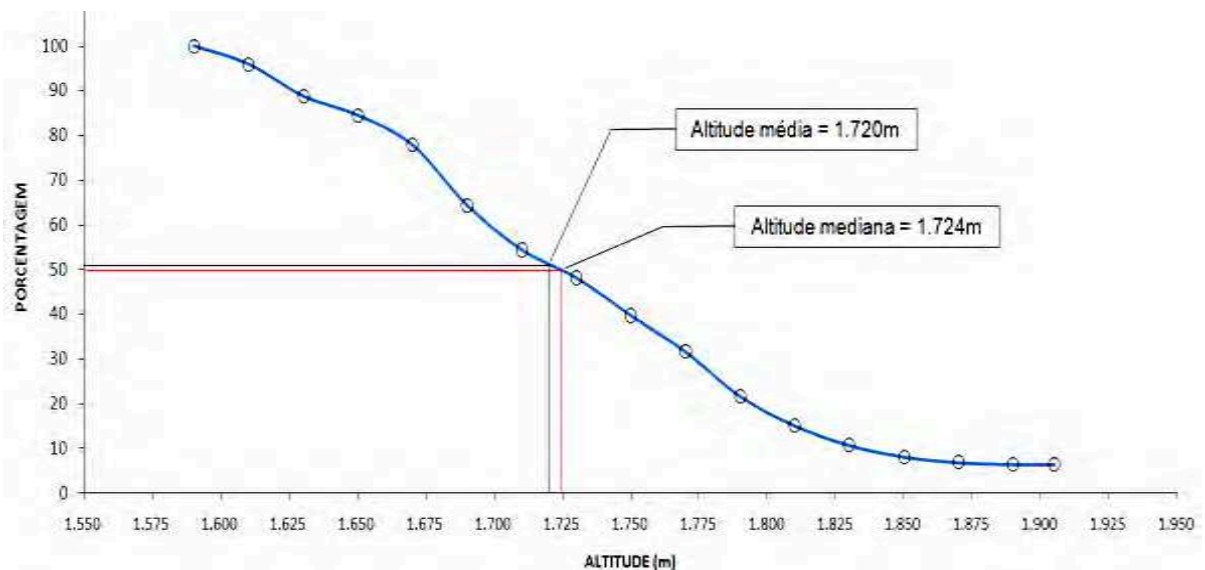
A altitude média obtida, segundo a metodologia de Wisler e Bratter (1964), foi de 1.720m para a sub-bacia das Perdizes (Tabela 7) e de 1.734m para a sub-bacia do Fojo (Tabela 8).

**Tabela 7 - Cálculo da altitude média – sub-bacia das Pedizes**

Faixa de Curva de nível		Altitude média do intervalo	Área entre as curvas de nível (km <sup>2</sup> )	(AxB)	% sobre a área total	% do total acima do limite inferior do intervalo
		(A)	(B)			
1.580	1.600	1.590	0,817	1.299,03	6,44	100,00
1.600	1.620	1.610	0,513	825,93	4,04	95,96
1.620	1.640	1.630	0,907	1.478,41	7,14	88,82
1.640	1.660	1.650	0,546	900,90	4,30	84,51
1.660	1.680	1.670	0,841	1.404,47	6,62	77,89
1.680	1.700	1.690	1,712	2.893,28	13,48	64,41
1.700	1.720	1.710	1,264	2.161,44	9,96	54,45
1.720	1.740	1.730	0,795	1.375,35	6,26	48,19
1.740	1.760	1.750	1,074	1.879,50	8,46	39,73
1.760	1.780	1.770	1,031	1.824,87	8,12	31,61
1.780	1.800	1.790	1,264	2.262,56	9,96	21,65
1.800	1.820	1.810	0,834	1.509,54	6,57	15,08
1.820	1.840	1.830	0,556	1.017,48	4,38	10,70
1.840	1.860	1.850	0,328	606,80	2,58	8,12
1.860	1.880	1.870	0,159	297,33	1,25	6,87
1.880	1.900	1.890	0,051	96,39	0,40	6,47
1.900	1.910	1.905	0,004	7,62	0,03	6,44
Σ			12,696	21.840,90	100,00	

$$\text{Altitude média} = \frac{\sum \frac{(A \times B)}{B}}{12,70} = \frac{21.840,90}{12,70} = 1.720\text{m}$$

Com os resultados da variação altimétrica foi possível traçar a curva hipsométrica (Figura 18), obtendo-se assim um valor também importante que é a altitude mediana. Para a sub-bacia das Pedizes a altitude mediana encontrada foi de 1.724m, ou seja, 50% da sub-bacia encontram-se acima da cota 1.724m.

**Figura 18 – Representação gráfica da curva hipsométrica da sub-bacia das Pedizes**

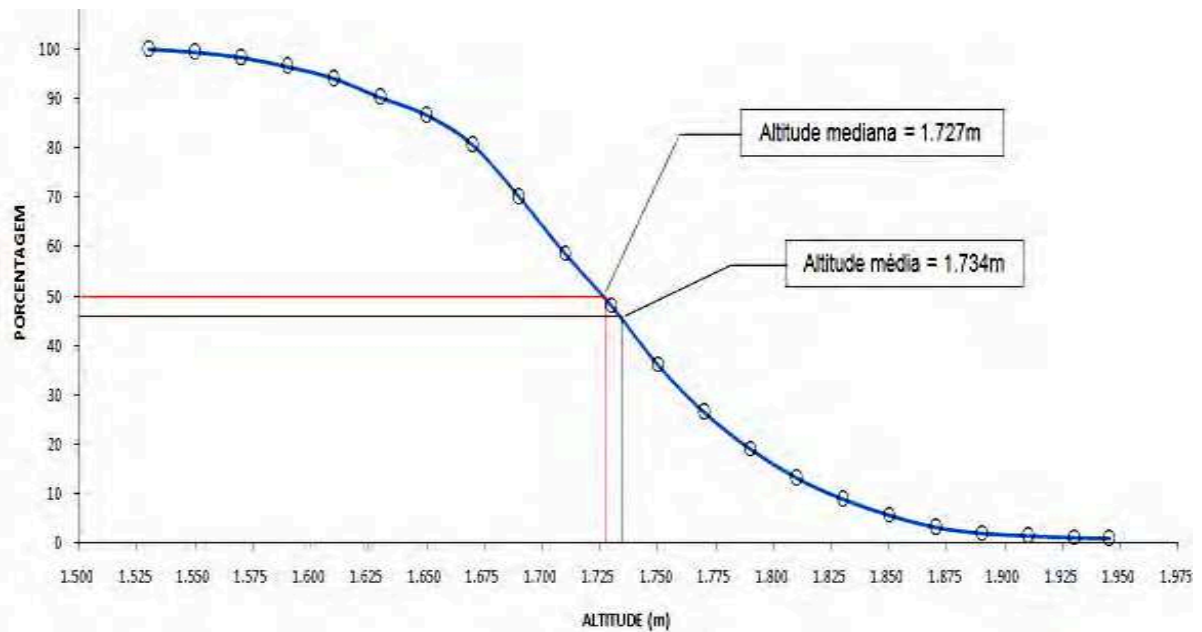
**Tabela 8** – Cálculo da altitude média – sub-bacia do Fojo

Faixa de Curva de nível		Altitude média do intervalo	Área entre as curvas de nível (km <sup>2</sup> )	(AxB)	% sobre a área total	% do total acima do limite inferior do intervalo
		(A)	(B)			
1.520	1.540	1.530	0,123	188,19	0,88	100,00
1.540	1.560	1.550	0,085	131,75	0,61	99,39
1.560	1.580	1.570	0,151	237,07	1,08	98,31
1.580	1.600	1.590	0,260	413,40	1,86	96,45
1.600	1.620	1.610	0,333	536,13	2,38	94,07
1.620	1.640	1.630	0,536	873,68	3,84	90,23
1.640	1.660	1.650	0,493	813,45	3,53	86,70
1.660	1.680	1.670	0,845	1.411,15	6,05	80,65
1.680	1.700	1.690	1,468	2.480,92	10,51	70,14
1.700	1.720	1.710	1,620	2.770,20	11,60	58,55
1.720	1.740	1.730	1,469	2.541,37	10,52	48,03
1.740	1.760	1.750	1,674	2.929,50	11,98	36,05
1.760	1.780	1.770	1,341	2.373,57	9,60	26,45
1.780	1.800	1.790	1,043	1.866,97	7,47	18,98
1.800	1.820	1.810	0,819	1.482,39	5,86	13,12
1.820	1.840	1.830	0,599	1.096,17	4,29	8,83
1.840	1.860	1.850	0,454	839,90	3,25	5,58
1.860	1.880	1.870	0,343	641,41	2,46	3,13
1.880	1.900	1.890	0,165	311,85	1,18	1,95
1.900	1.920	1.910	0,076	145,16	0,54	1,40
1.920	1.940	1.930	0,051	98,43	0,37	1,04
1.940	1.950	1.945	0,022	42,79	0,16	0,88
$\Sigma$			13,970	24.225,45	100,00	

$$\text{Altitude média} = \frac{\sum (A \times B)}{B} = \frac{24.225,45}{13,97} = 1.734\text{m}$$

Da mesma forma que na sub-bacia das Perdizes, com os resultados obtidos da variação altimétrica foi possível traçar a curva hipsométrica para a sub-bacia do Fojo (Figura 19) obtendo-se assim a altitude mediana.

Para a sub-bacia do Fojo, a altitude mediana encontrada foi de 1.727m, ou seja, 50% da sub-bacia do Fojo estão acima da cota 1.727m.



**Figura 19** – Representação gráfica da curva hipsométrica da sub-bacia do Fojo

Após definidos a área das sub-bacias das Perdizes e do Fojo, o uso e ocupação do solo e os tipos de cobertura vegetais ali existentes, foram realizados estudos de campo para a análise da permeabilidade do solo.

Neste estudo, a permeabilidade do solo foi avaliada em quatro tipos de cobertura vegetal presentes nas sub-bacias e consideradas como mais relevantes para este estudo que são: floresta (vegetação secundária em estágio médio), reflorestamento (reflorestamento), pasto (pasto) e campo (campo natural com perturbação antrópica e campo natural sem perturbação antrópica).

Com o auxílio de um aparelho de Sistema de Posicionamento Global – GPS (*Global Positioning System*), da marca Garmin, modelo GPSMap 60CSx, foram obtidas as coordenadas UTM – Universal Transversa de Mercator, dos pontos nos diferentes tipos de cobertura vegetal a serem analisados (Tabela 9).

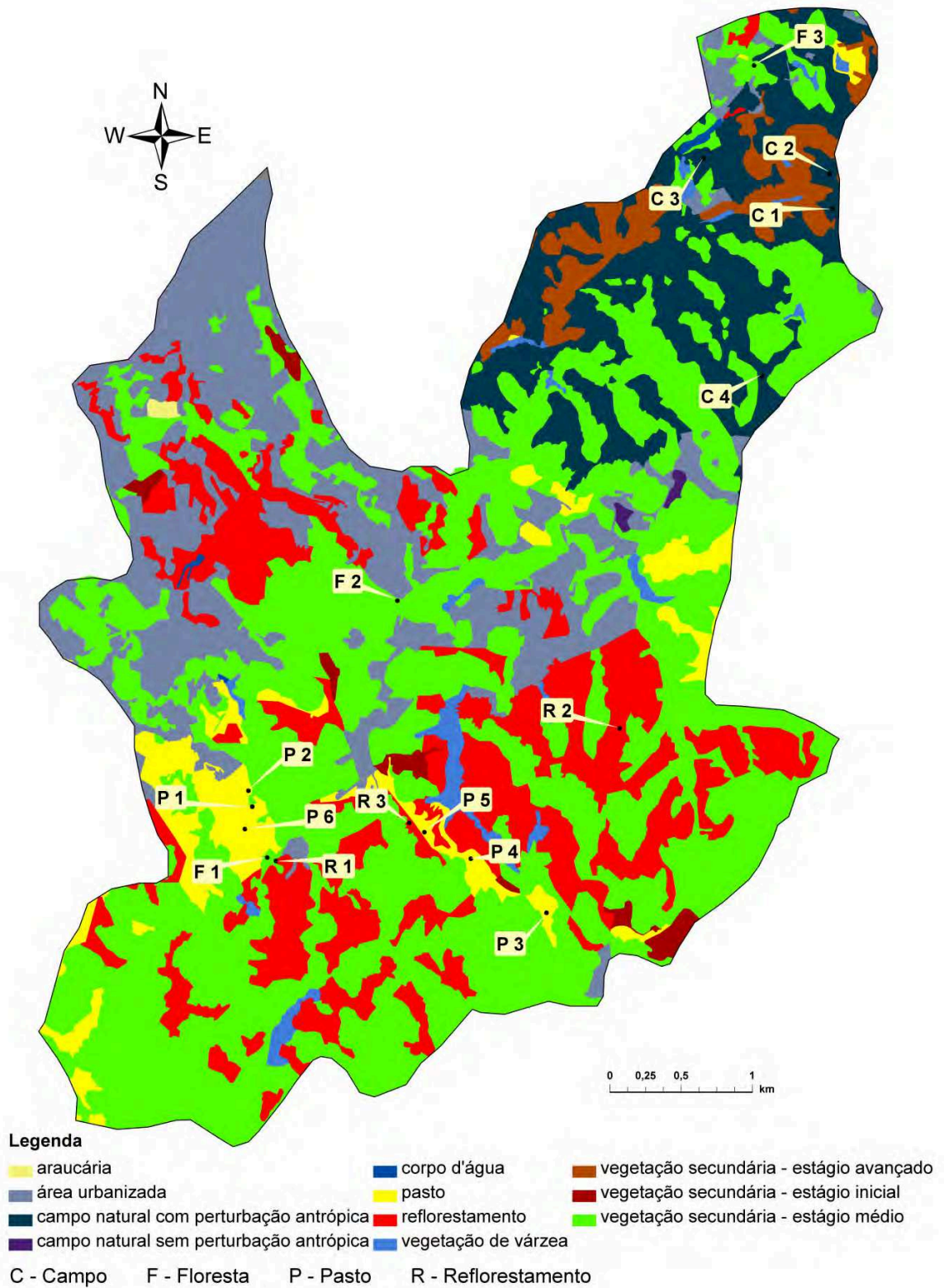
**Tabela 9 –** Coordenada UTM dos locais onde foram realizados teste de infiltração  
Zona 23k – Hemisfério Sul – DATUM - SAD 69

PONTO	COORDENADA UTM		ALTITUDE (m)	TIPO DE COBERTURA VEGETAL
	E	N		
C 1	446090	7487488	1745	CAMPO
C 2	446068	7487735	1766	CAMPO
C 3	445181	7487843	1664	CAMPO
C 4	445594	7486308	1784	CAMPO
F 1	442109	7482919	1684	FLORESTA
F 2	443025	7484728	1788	FLORESTA
F 3	445538	7488496	1563	FLORESTA
P 1	442003	7483277	1686	PASTO
P 2	441976	7483389	1855	PASTO
P 3	444076	7482529	1682	PASTO
P 4	443543	7482911	1795	PASTO
P 5	443216	7483098	1780	PASTO
P 6	441951	7483119	1701	PASTO
R 1	442170	7482895	1692	REFLORESTAMENTO
R 2	444590	7483828	1841	REFLORESTAMENTO
R 3	443108	7483162	1771	REFLORESTAMENTO

Foram realizados dezesseis ensaios (APÊNDICES A, B, C, D), para todos os ensaios foram geradas curvas de Infiltração Acumulada (Iac) e de Velocidade de Infiltração média (VIm), com suas respectivas equações (APÊNDICES E, F, G, H).

Está representada na Figura 20 a localização dos dezesseis pontos onde foram realizados os testes de infiltração de água no solo.

De posse das curvas de Infiltração Acumulada (Iac) de cada tipo de cobertura vegetal estudada, foi possível determinar um valor médio de Infiltração Acumulada (Figuras 21, 23, 25, 27) e conseqüentemente o valor da Velocidade de Infiltração Básica (VIB) (Figuras 22, 24, 26, 28).



**Figura 20 –** Localização dos pontos onde foram realizados os testes de infiltração

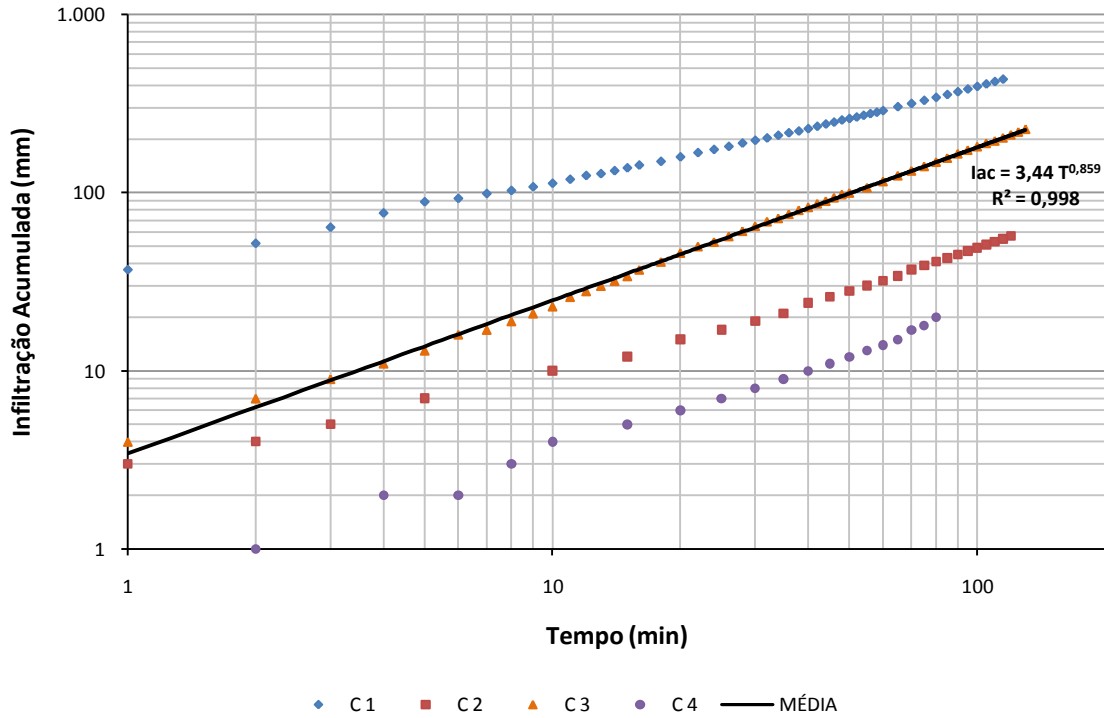


Figura 21 – Infiltração Acumulada Média (Iac) – Cobertura Vegetal - Campo

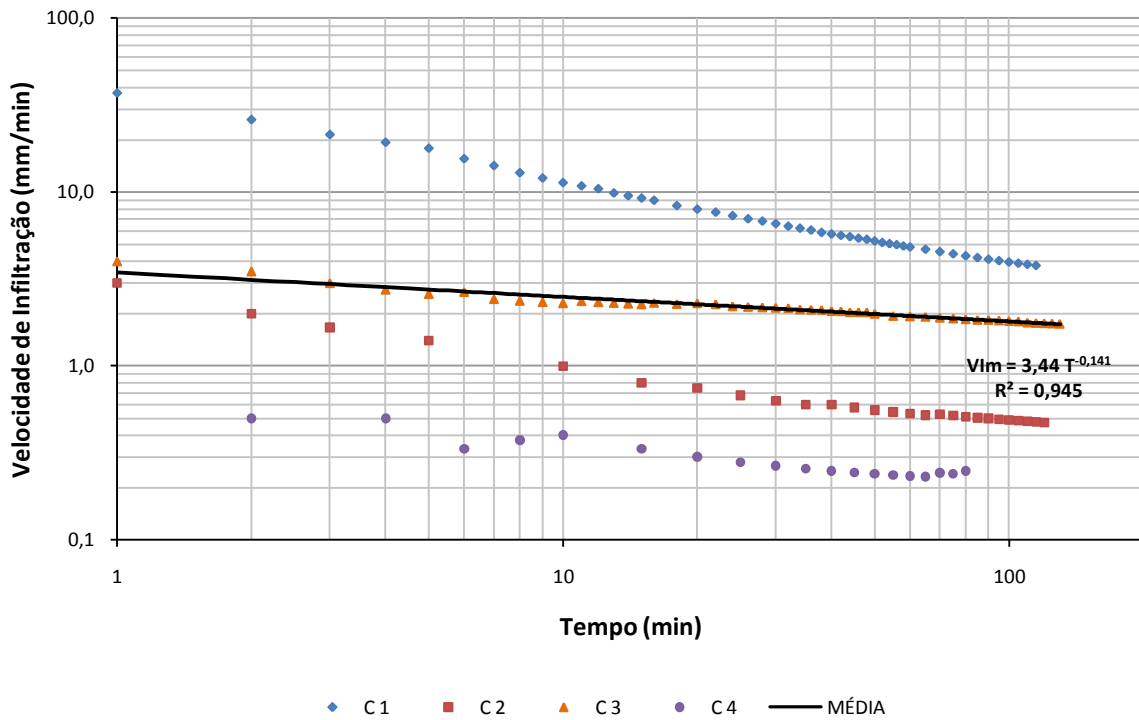


Figura 22 – Velocidade de Infiltração Média (Vim) – Cobertura Vegetal – Campo

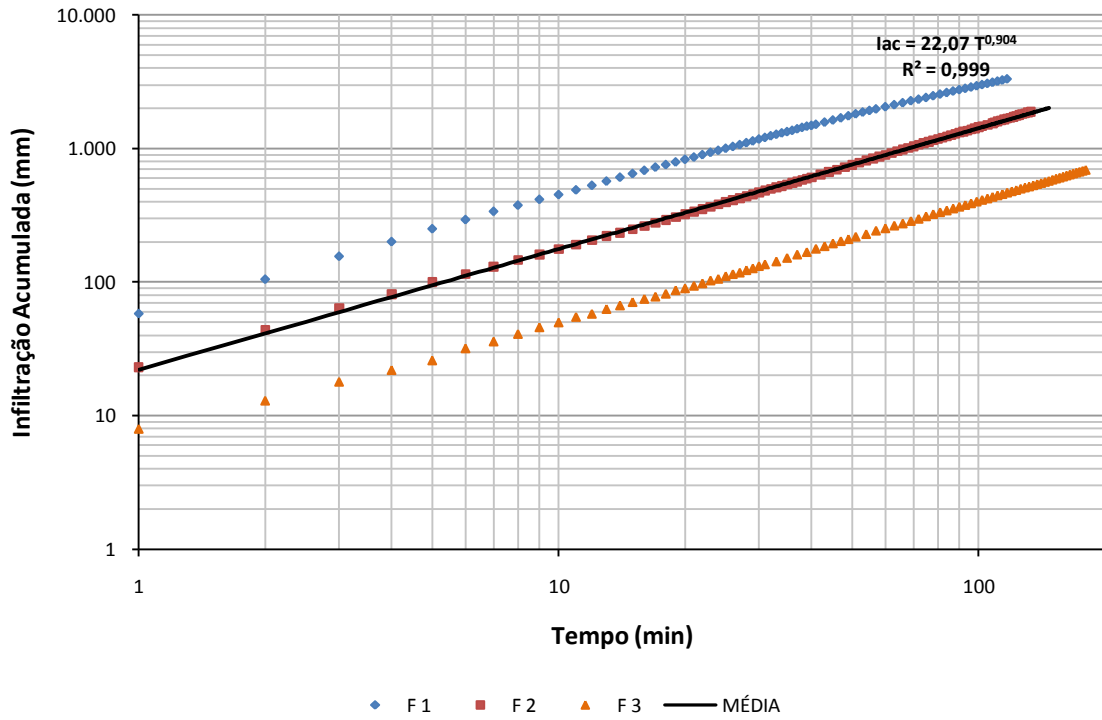


Figura 23 – Infiltração Acumulada Média (Iac) – Cobertura Vegetal - Floresta

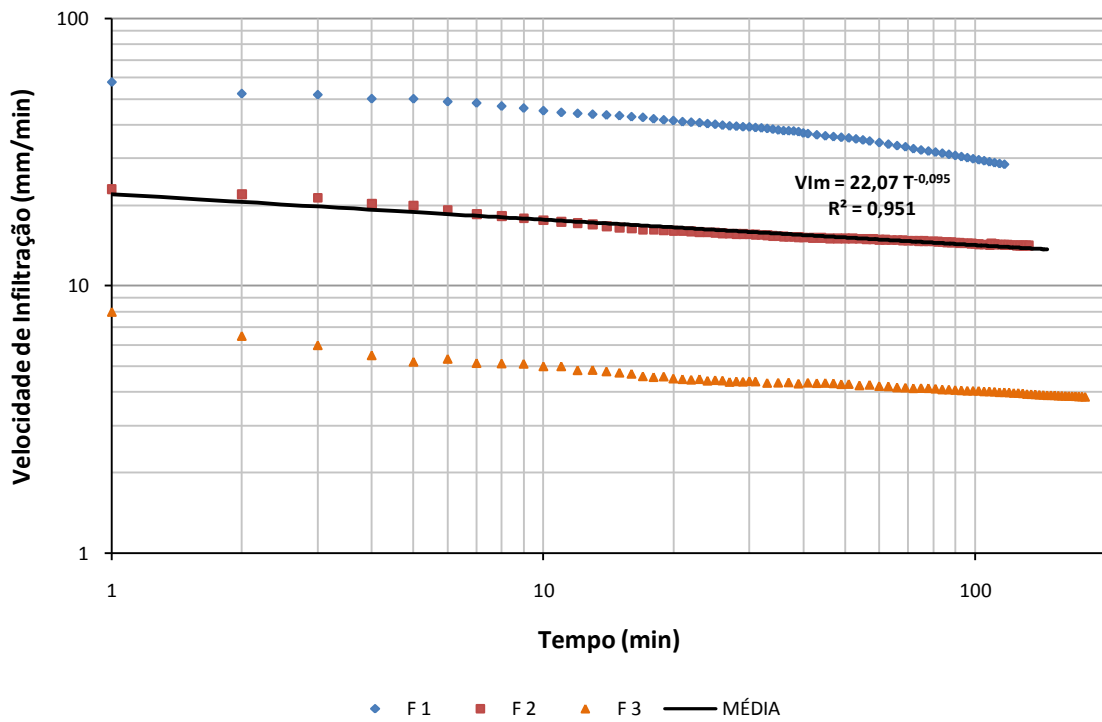


Figura 24 – Velocidade de Infiltração Média (VIm) – Cobertura Vegetal – Floresta



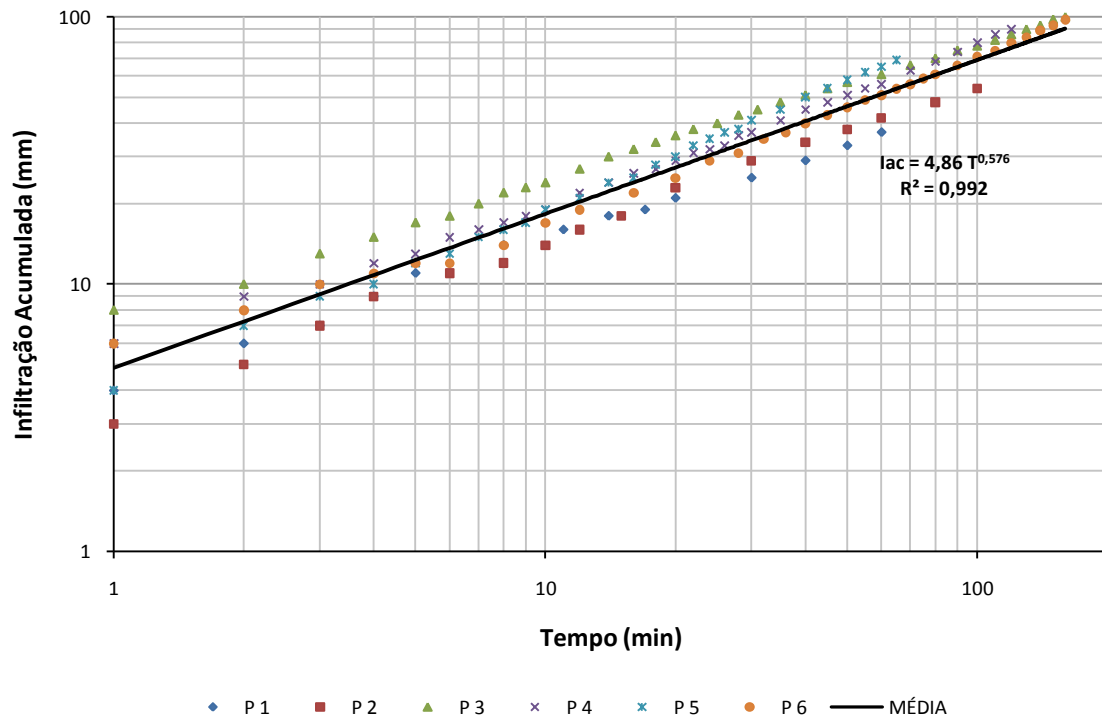


Figura 25 – Infiltração Acumulada Média (Iac) – Cobertura Vegetal - Pasto

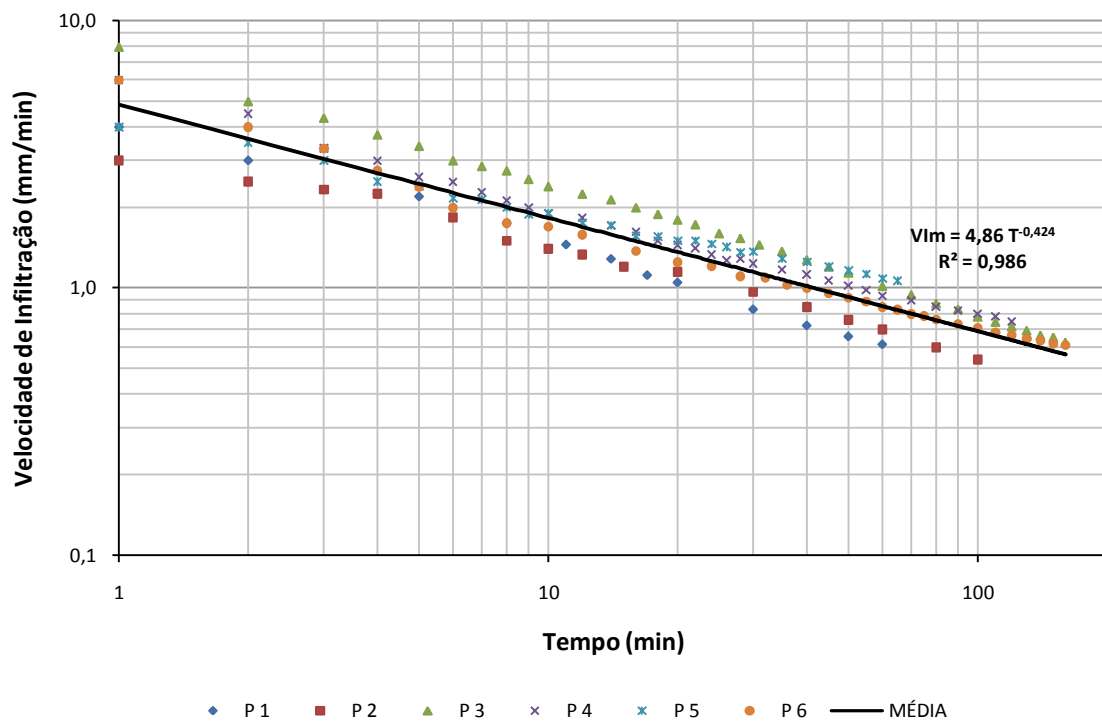


Figura 26 – Velocidade de Infiltração Média (VIm) – Cobertura Vegetal – Pasto

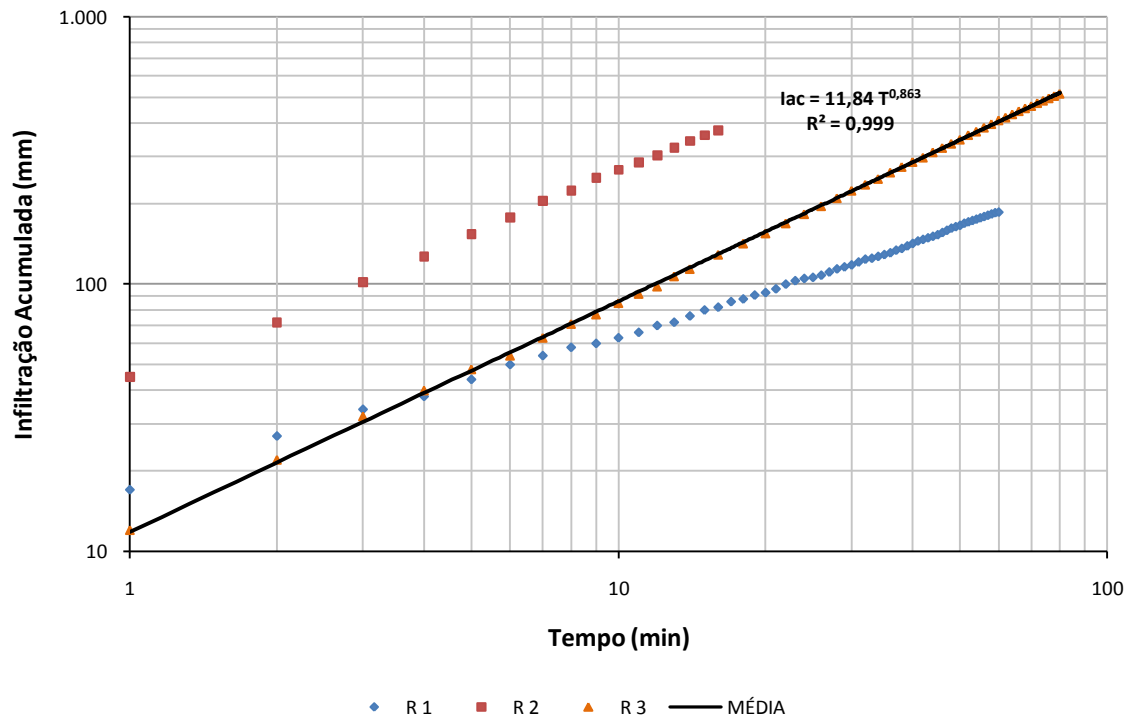


Figura 27 – Infiltração Acumulada Média (Iac) – Cobertura Vegetal - Reflorestamento

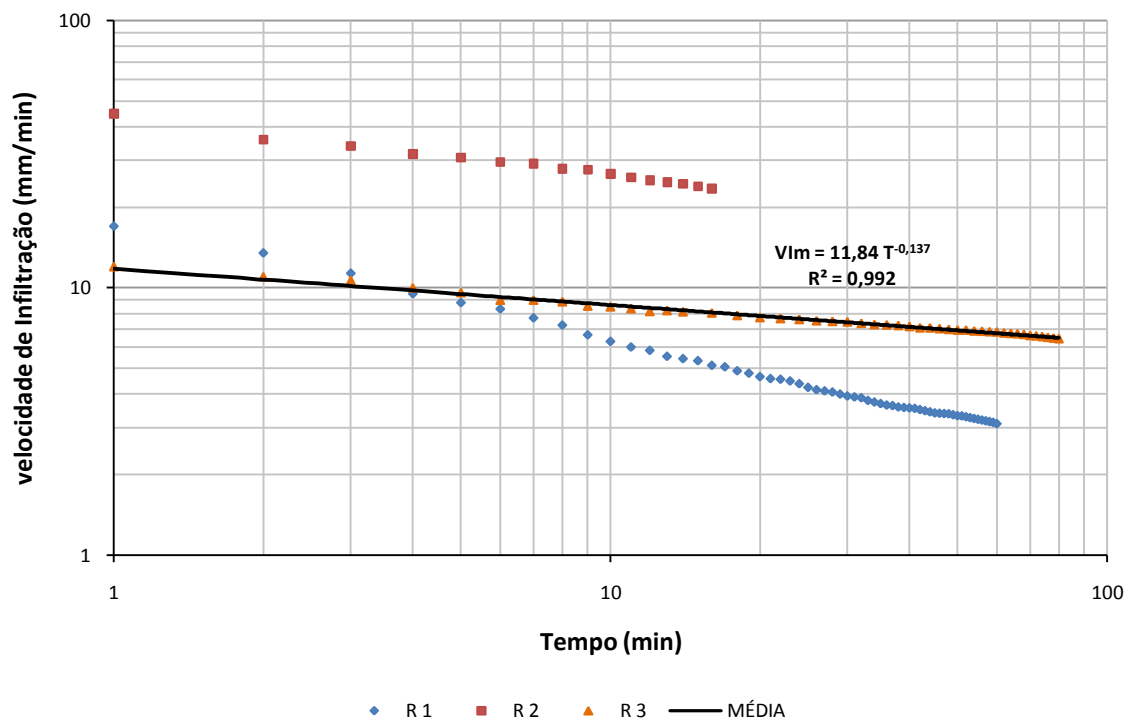


Figura 28 – Velocidade de Infiltração Média (VIm) – Cobertura Vegetal – Reflorestamento

Estão apresentados na Tabela 10 os valores da Velocidade de Infiltração (VIB).

**Tabela 10 –** Velocidade de Infiltração (VIB)

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	Velocidade de Infiltração (VIB)		
	mm/min	mm/hora	%
Floresta	14,2	852	61,47
Área Urbanizada	0,0	0	0,00
Reflorestamento	6,5	390	28,14
Campo	1,8	108	7,79
Pasto	0,6	36	2,60
Total	23,1	1.386	100,00

Quanto à infiltração de água no solo, neste estudo os ensaios foram realizados em cobertura vegetal do tipo Floresta, Reflorestamento, Campo e Pasto.

Neste estudo a velocidade de infiltração de água em área urbanizada foi considerada como sendo zero.

Para o solo com cobertura do tipo Floresta, tendo como valor para Velocidade de Infiltração Básica (VIB) 14,2mm/min, ou 852mm/h, a permeabilidade foi maior.

O solo com cobertura vegetal do tipo Reflorestamento foi o que apresentou a segunda melhor Velocidade de Infiltração Básica (VIB), 6,5mm/min, ou 390mm/h.

Os menores valores de Velocidade de Infiltração Básica (VIB) foram obtidos onde a cobertura vegetal é do tipo Campo e Pasto. Na cobertura do tipo Campo, a Velocidade de Infiltração Básica (VIB) encontrada foi de 1,8mm/min, ou 108mm/h.

Para o Pasto, a Velocidade de Infiltração Básica (VIB) foi de 0,6mm/min, ou 36mm/h.

Com relação à cobertura vegetal, pode-se observar que em área de floresta a velocidade de infiltração é maior, corroborando os estudos realizados por Borges et al. (2005), nos quais foram encontrados maior permeabilidade em solo com cobertura vegetal do tipo floresta, com 94,81mm/h, seguido por eucalipto com 72,11mm/h e pastagem com 8,59mm/h. Estudos em cobertura vegetal do tipo Campo não foram realizados.

Rodrigues Júnior et al. (2007), em estudos, também evidenciaram uma maior permeabilidade em solo com cobertura vegetal do tipo Floresta com 417mm/h, seguido por eucalipto com 52mm/h e pastagem com 19mm/h.

Bunting (1971) e Rocha (1991 apud GARCIA et al., 2001) citam uma infiltração de água maior em solo com cobertura vegetal do tipo floresta.

Baseados nos dados da estação meteorológica do posto D2-096M, localizada no município de Campos do Jordão a 1600 metros de altitude, latitude 22°42' e longitude 45°29', foi possível determinar a precipitação mensal e a anual na região de estudo (Tabelas 11, 12, 13).

**Tabela 11 –** Precipitação mensal – período de 1978 a 1985  
Fonte: Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE

Anos	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
MESES	mm							
JANEIRO	292,7	205,4	378,5	432,5	382,4	381,9	184,9	365,2
FEVEREIRO	212,0	181,9	203,6	138,0	153,9	264,4	76,3	344,5
MARÇO	157,2	135,3	124,2	260,6	320,7	320,4	93,6	258,1
ABRIL	47,2	120,3	243,1	74,7	100,2	170,9	83,6	102,4
MAIO	79,4	111,4	167,0	17,3	64,2	218,8	91,4	34,3
JUNHO	84,2	0,9	94,1	91,8	96,4	205,2	0,0	14,4
JULHO	66,9	59,2	3,5	42,9	60,4	65,6	14,8	4,6
AGOSTO	5,8	86,0	51,2	20,4	81,8	18,8	147,9	50,7
SETEMBRO	42,0	116,5	81,1	22,2	20,1	298,0	122,0	102,6
OUTUBRO	104,0	144,7	103,5	291,7	184,5	238,3	53,9	133,4
NOVEMBRO	286,0	305,2	185,9	198,8	157,0	173,7	202,9	100,5
DEZEMBRO	280,8	201,4	361,2	292,2	218,2	409,4	259,1	347,3
TOTAL	1.658,2	1.668,2	1.996,9	1.883,1	1.839,8	2.765,4	1.330,4	1.858,0

**Tabela 12 –** Precipitação mensal – período de 1986 a 1993  
 Fonte: Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE

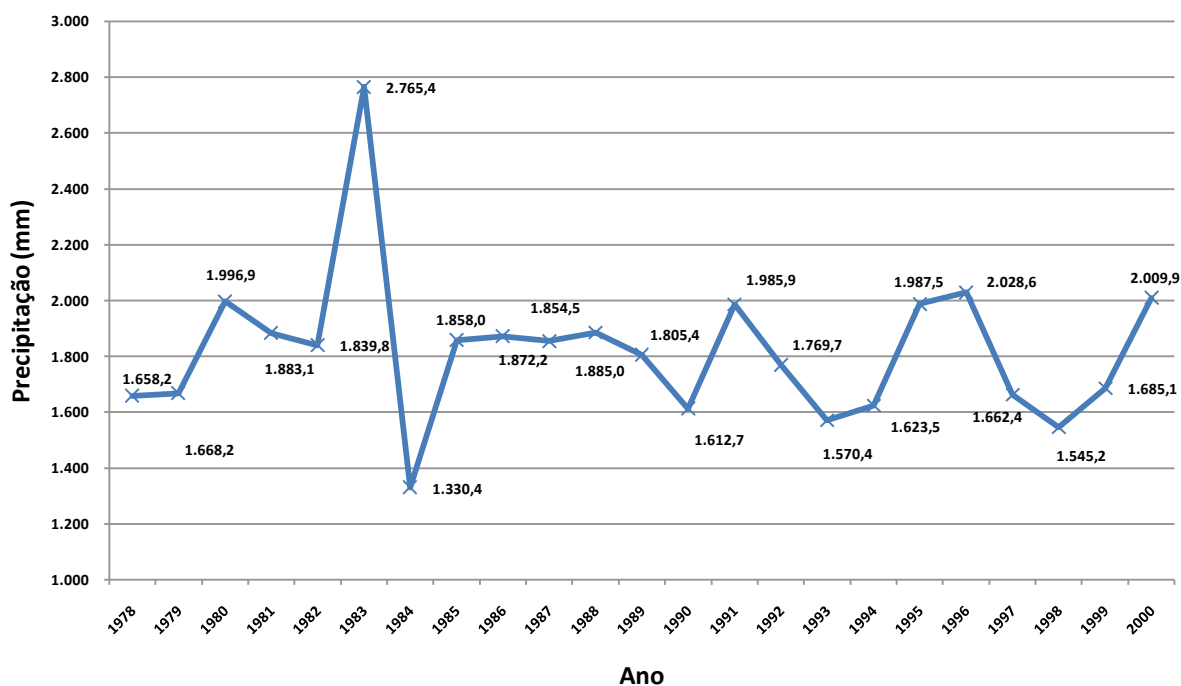
Anos	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
MESES	mm							
JANEIRO	223,6	382,9	320,3	266,2	193,4	522,5	265,3	172,4
FEVEREIRO	234,5	180,9	268,3	365,7	256,6	192,5	125,2	395,1
MARÇO	238,3	147,6	313,6	254,9	198,6	366,7	182,6	170,2
ABRIL	177,0	173,5	143,7	59,7	61,5	185,7	104,6	76,6
MAIO	167,6	172,6	181,5	40,3	50,8	30,1	111,2	94,6
JUNHO	4,7	63,0	69,3	35,5	5,3	39,2	0,0	47,6
JULHO	58,6	23,8	2,6	83,5	85,4	13,7	124,5	16,6
AGOSTO	81,3	11,3	0,0	34,5	120,2	5,2	40,5	26,3
SETEMBRO	53,3	175,3	36,9	98,3	106,1	124,3	181,5	156,9
OUTUBRO	94,4	99,5	202,3	29,1	188,2	157,5	193,2	128,7
NOVEMBRO	139,7	112,4	103,6	161,0	63,3	86,5	197,1	109,3
DEZEMBRO	399,2	311,7	242,9	376,7	283,3	262,0	244,0	176,1
TOTAL	1.872,2	1.854,5	1.885,0	1.805,4	1.612,7	1.985,9	1.769,7	1.570,4

**Tabela 13 –** Precipitação mensal – período de 1994 a 2000  
 Fonte: Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE

Anos	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
MESES	mm						
JANEIRO	198,1	271,7	335,5	352,7	191,0	324,8	650,8
FEVEREIRO	79,8	418,8	282,2	163,2	314,7	344,1	258,8
MARÇO	289,5	196,8	303,8	138,6	160,4	176,2	174,4
ABRIL	71,7	27,1	49,4	69,2	55,6	60,3	35,5
MAIO	147,1	100,0	61,1	73,7	108,3	25,4	9,4
JUNHO	37,0	16,6	38,6	161,3	7,8	81,4	1,3
JULHO	43,0	62,2	3,1	12,1	3,6	9,1	83,4
AGOSTO	0,0	14,3	30,6	13,3	9,0	1,6	72,6
SETEMBRO	1,7	59,6	206,3	84,7	96,6	48,7	102,0
OUTUBRO	107,3	389,3	200,6	124,5	246,0	84,2	63,4
NOVEMBRO	173,2	165,6	219,0	249,7	91,2	76,7	256,4
DEZEMBRO	475,1	265,5	298,4	219,4	261,0	452,6	301,9
TOTAL	1.623,5	1.987,5	2.028,6	1.662,4	1.545,2	1.685,1	2.009,9

Na região onde se encontram as sub-bacias do Fojo e das Perdizes, no período de 1978 a 2000, conforme dados obtidos junto ao DAEE, a precipitação média mensal foi de 151,8mm e a precipitação média anual foi de 1.821,7mm.

Estão representados na Figura 30 os valores de precipitação anuais do período em questão.



**Figura 30 –** Precipitação anual, período 1978 a 2000

O florestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo de uma sub-bacia depende da análise de sua área, do tipo de uso e cobertura vegetal, da capacidade de infiltração de água no solo e da precipitação média anual.

Para o cálculo do volume de água precipitado e perdido e da área de florestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo, utilizou-se como área total a somatória das coberturas vegetais, considerada neste estudo, sendo: área de floresta, área de reflorestamento, área de campo, área de pasto e área urbanizada (Tabela 14).

**Tabela 14 –** Áreas consideradas para cálculo do florestamento

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	ÁREA (ha)	ÁREA (m <sup>2</sup> )	%
Floresta	1.257,89	12.578.900	49,98
Área urbanizada	434,43	4.344.300	17,26
Reflorestamento	432,45	4.324.500	17,18
Campo	265,08	2.650.800	10,54
Pasto	126,80	1.268.000	5,04
Total	2.516,65	25.166.500	100,00

Com a área total considerada da sub-bacia de 25.166.500m<sup>2</sup> e considerando a precipitação média anual de 1.821,7mm/ano (1,8217m/ano), temos que o volume de água precipitado sobre as sub-bacias é de 45.845.813m<sup>3</sup>/ano. Deste valor, segundo Odum (1988), 20,55% deveriam infiltrar no solo, correspondendo a 9.421.315m<sup>3</sup>/ano (Tabela 15).

**Tabela 15 –** Precipitação total na sub-bacia

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	ÁREA	Precipitação Média anual 1,8217m	Volume que deveria infiltrar (20,55%)
	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /ano	m <sup>3</sup> /ano
Floresta	12.578.900	22.914.982	4.709.029
Área urbanizada	4.344.300	7.914.011	1.626.329
Reflorestamento	4.324.500	7.877.942	1.618.917
Campo	2.650.800	4.828.962	992.352
Pasto	1.268.000	2.309.916	474.688
Total	25.166.500	45.845.813	9.421.315

Dentre os tipos de uso e ocupação do solo, considerados neste estudo, a cobertura do solo na condição de Floresta é a que possui maior volume de infiltração (4.709.029m<sup>3</sup>/ano) e também a maior velocidade de infiltração básica – VIB (852mm/h).

Considerando a porcentagem de perda na condição de Floresta como a perda padrão, pode-se dizer que na Floresta a perda em excesso é zero. Já as perdas em excesso nas áreas de Pasto, Campo, Reflorestamento e Área Urbanizada são obtidas subtraindo-se a perda padrão da porcentagem de perda.

Estão apresentadas na Tabela 16 as porcentagens de perda em cada tipo de cobertura com suas respectivas perdas por excesso.

**Tabela 16 –** Percentagens de Perda e Perda em Excesso

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	Porcentagem de Infiltração (Tabela 16)	Porcentagem de Perda	Perda Padrão	Perda em excesso
	%	%	%	%
Floresta	61,47	38,53	38,53	0,00
Área urbanizada	0,00	100,00	38,53	61,47
Reflorestamento	28,14	71,86	38,53	33,33
Campo	7,79	92,21	38,53	53,68
Pasto	2,60	97,40	38,53	58,87
Total	100,00			

Na Tabela 16, dentre os cinco tipos de usos do solo considerados neste estudo, a porcentagem de perda encontrada em Floresta foi de 38,53%, ou seja, dos 100% que choveu na floresta menos a porcentagem que infiltrou (61,47%), a diferença (38,5%) é a perda considerada como padrão; na área urbanizada a perda foi de 100%, pois neste trabalho a infiltração para este local foi considerada zero; em área de reflorestamento a perda foi de 71,86% vale ressaltar que o tipo de cobertura vegetal encontrada em área de reflorestamento era basicamente composta por pinus eliot; em área de campo a perda encontrada foi de 92,21% e em pasto a perda foi de 97,40%.

Segundo Garcia et al. (2001), em estudo de florestamento compensatório realizado na cidade de Santa Maria – RS, a porcentagem de perda em floresta foi de 10,71%, em área de pastagem a porcentagem de perda foi de 92,90% e em área agrícola a perda encontrada foi de 96,39%.

Borges et al. (2005), em estudo realizado na região de Jaboticabal – SP, citam uma perda em floresta de 32,19%, em área de pastagem de 93,57% e em área agrícola de 74,24%.



Rodrigues Júnior et al. (2007), em estudos realizados na bacia do Ribeirão Itaim, no município de Taubaté – SP, encontraram um percentual de perda na cobertura vegetal do tipo floresta de 14,55%, para cobertura do tipo pastagem a perda foi de 96,11% e em área de eucalipto a perda foi de 89,34%.

Observa-se na Tabela 17 que o volume total de perda padrão (3.630.033m<sup>3</sup>/ano) corresponde a 38,53% do volume que deveria infiltrar, o volume total perdido em excesso foi de 2.351.433m<sup>3</sup>/ano e o volume que realmente infiltra na sub-bacia é de 3.439.849m<sup>3</sup>/ano.

**Tabela 17 –** Volumes de perda, perda por excesso e volume infiltrado

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	Volume que deveria infiltrar (20,55%) (Tabela 18)	Volume de perda padrão	Volume de perda em excesso	Volume infiltrado
	m <sup>3</sup> /ano	m <sup>3</sup> /ano	m <sup>3</sup> /ano	m <sup>3</sup> /ano
Floresta	4.709.029	1.814.389	0	2.894.640
Área urbanizada	1.626.329	626.625	999.704	0
Reflorestamento	1.618.917	623.769	539.585	455.563
Campo	992.352	382.353	532.695	77.304
Pasto	474.688	182.897	279.449	12.342
Total	9.421.315	3.630.033	2.351.433	3.439.849

Aplicando as equações descritas por Rodrigues Júnior et al. (2007), temos que as horas de precipitação na floresta em um ano (HPF) são de 2,14h/ano, para precipitação que infiltra na floresta em uma hora em um ano (PIF), temos o valor de 8.520 m<sup>3</sup>/ha/ano

$$HPF = \frac{P}{VI}$$

$$HPF = \frac{1.821,7}{852}$$

$$HPF = 2,14 \text{ h/ano}$$

$$\text{PIF} = \text{VI} * a \qquad \text{PIF} = 0,852 * 10.000$$

$$\text{PIF} = 8.520 \text{ m}^3/\text{ano}/\text{ha}$$

Com os valores de HPF e PIF, foi calculado o volume de água precipitado que infiltra na floresta em um hectare em um ano (VIF).

$$\text{VIF} = \text{HPF} * \text{PIF} \qquad \text{VIF} = 2,14 * 8.520$$

$$\text{VIF} = 18.232,80 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$$

Garcia et al. (2001), em estudo realizado na sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, no município de Santa Maria – RS, encontraram valor para o volume de água precipitado que infiltra em floresta em um hectare em um ano igual a 15.825m<sup>3</sup>/ha/ano.

Em estudo realizado na bacia hidrográfica do Córrego Palmital, no município de Jaboticabal – SP, foram encontrados valores de VIF na ordem de 14.246,96m<sup>3</sup>/ha/ano (BORGES et al., 2005).

Rodrigues Júnior et al. (2007), em estudo realizado na bacia hidrográfica do Ribeirão Itaim, no município de Taubaté – SP, encontraram valor de VIF correspondente a 13.344m<sup>3</sup>/ha/ano.

Se 2.351.433m<sup>3</sup> é o volume de perda em excesso em um ano e 18.232,80m<sup>3</sup> é o volume de água que infiltra na floresta em um hectare em um ano, dividindo-se o volume de perda pelo volume que infiltra temos a área para compensar esta perda (Acp), que é de 128,97ha.

$$A_{cp} = \frac{2.351.433 \text{ m}^3/\text{ano}}{18.232,80 \text{ m}^3/\text{ha/ano}}$$

$$A_{cp} = 128,97\text{ha}$$

As sub-bacias do Fojo e das Perdizes somam uma área total de 2.666,59ha, este valor de 128,97ha corresponde a 4,84% do total.

Com base neste resultado, o florestamento necessário na sub-bacia com vistas à retenção de água no solo é a soma desta área (128,97ha) com a área de Floresta (1.257,89ha) já existente, perfazendo um total de 1.386,86ha.

Esta área corresponde a 52,01% da área total das sub-bacias do Fojo e das Perdizes.

Garcia et al. (2001) citam uma porcentagem total de cobertura vegetal do tipo floresta de 24,54% da área total da bacia.

Borges et al. (2005), em estudo de reflorestamento compensatório, encontraram valores de cobertura vegetal do tipo floresta de 15,10%.

Rodrigues Júnior et al. (2007) citam uma área para compensar o volume de perdas por excesso de 433,9ha, somando-se este valor com a área de Floresta, citada pelo autor, de 2.314ha, temos 2.747,9ha.

Segundo Targa et al. (2006), a bacia do Ribeirão Itaim tem uma área de 58,9km<sup>2</sup>, portanto a área de floresta citada por Rodrigues Júnior et al. (2007) corresponde a 46,69% da área da bacia hidrográfica do Ribeirão Itaim.

Rocha e Kurtz (2007); Garcia et al. (2001); Borges et al. (2005) e

Rodrigues Júnior et al. (2007) aplicaram a metodologia de florestamento compensatório em diferentes locais e obtiveram diferentes valores para o florestamento compensatório. Isso se deve, dentre outros fatores, aos diferentes usos e ocupações do solo.

Os autores que aplicaram esta metodologia seguiram o mesmo raciocínio; contudo, em relação à compensação florestal, a pergunta a se fazer é se a compensação florestal foi satisfatória.

Para verificar a acurácia da metodologia após chegar ao resultado da compensação (128,97ha), para as sub-bacias hidrográficas do Fojo e das Perdizes no município de Campos do Jordão, colocou-se a seguinte situação:

- primeiro admitiu-se que foram florestados os 128,97ha;
- em seguida aplicou-se novamente a metodologia (APÊNDICE I).

Os resultados indicam que seriam precisos mais 120,13ha como compensação, o que pode indicar que o primeiro (128,97ha) florestamento compensatório não foi suficiente segundo esta metodologia. Entretanto, houve um decréscimo entre o primeiro cálculo de área a ser florestada (128,97ha) para o segundo cálculo (120,13ha).

Desta forma, para se calcular a real necessidade de compensação, repetiu-se os cálculos inúmeras vezes diminuindo as áreas de reflorestamento, campo, pasto e área urbanizada, na medida em que se fazia necessário o florestamento compensatório, conforme pode ser observado nas Tabelas 18, 19, 20.

**Tabela 18** – Cálculo das novas áreas de estudo – A1

Uso do solo	Área inicial	Área a compensar	Novas áreas de estudo - A1
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
Floresta	12.578.900	1.289.700	13.868.600
Área urbanizada	4.344.300		4.344.300
Reflorestamento	4.324.500	-1.289.700	3.034.800
Campo	2.650.800		2.650.800
Pasto	1.268.000		1.268.000
Total	25.166.500		25.166.500

**Tabela 19** – Cálculo das novas áreas de estudo – A2

Uso do solo	Área – A1	Área a compensar	Novas áreas de estudo - A2
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
Floresta	13.868.600	1.201.300	15.069.900
Área urbanizada	4.344.300		4.344.300
Reflorestamento	3.034.800	-1.201.300	1.833.500
Campo	2.650.800		2.650.800
Pasto	1.268.000		1.268.000
Total	25.166.500		25.166.500

**Tabela 20** – Cálculo das novas áreas de estudo – A3

Uso do solo	Área – A2	Área a compensar	Novas áreas de estudo - A3
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
Floresta	15.069.900	1.119.100	16.189.000
Área urbanizada	4.344.300		4.344.300
Reflorestamento	1.833.500	-1.119.100	714.400
Campo	2.650.800		2.650.800
Pasto	1.268.000		1.268.000
Total	25.166.500		25.166.500

Conforme cálculos apresentados (APÊNDICE I) observou-se a necessidade contínua de áreas a compensar, portanto optou-se pelo florestamento completo, uma a uma, das áreas de reflorestamento, campo, pasto e área urbanizada, conforme apresentados nas Tabelas 21, 22, 23 e 24.

**Tabela 21** – Cálculo das novas áreas de estudo – A4

Uso do solo	Área - A3	Área a compensar	Novas áreas de estudo - A4
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
Floresta	16.189.000	714.400	16.903.400
Área urbanizada	4.344.300		4.344.300
Reflorestamento	714.400	-714.400	0
Campo	2.650.800		2.650.800
Pasto	1.268.000		1.268.000
Total	25.166.500		25.166.500

**Tabela 22** – Cálculo das novas áreas de estudo – A5

Uso do solo	Área - A4	Área a compensar	Novas áreas de estudo - A5
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
Floresta	16.903.400	2.650.800	19.554.200
Área urbanizada	4.344.300		4.344.300
Reflorestamento	0		0
Campo	2.650.800	-2.650.800	0
Pasto	1.268.000		1.268.000
Total	25.166.500		25.166.500

**Tabela 23** – Cálculo das novas áreas de estudo – A6

Uso do solo	Área - A5	Área a compensar	Novas áreas de estudo - A6
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
Floresta	19.554.200	1.268.000	20.822.200
Área urbanizada	4.344.300		4.344.300
Reflorestamento	0		0
Campo	0		0
Pasto	1.268.000	-1.268.000	0
Total	25.166.500		25.166.500

**Tabela 24** – Cálculo das novas áreas de estudo – A7

Uso do solo	Área - A6	Área a compensar	Novas áreas de estudo - A7
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
Floresta	20.822.200	4.344.300	25.166.500
Área urbanizada	4.344.300	-4.344.300	0
Reflorestamento	0		0
Campo	0		0
Pasto	0		0
Total	25.166.500		25.166.500

A aplicação da metodologia de florestamento compensatório, conforme proposta por Rocha e Kurtz (2007), levaria à necessidade de compensação contínua até atingir 100% da área em estudo o que é inviável, pois, neste processo, suprimiriam áreas de campos e áreas urbanizadas já consolidadas.

Catelani e Batista (2007), aplicando técnicas computacionais de geoprocessamento para mapear áreas de preservação permanente (APP) no município de Santo Antônio do Pinhal – SP, pertencente à UGRHI 1 – Serra da Mantiqueira e vizinho ao município de Campos do Jordão, destacam que 52,2% da área em estudo encontram-se em APPs.

No primeiro momento em que a metodologia de florestamento compensatórios foi aplicada nas sub-bacias do Fojo e das Perdizes encontramos uma área de 128,97ha a ser compensada com o plantio de mata nativa, que adicionada à floresta já existente somaria uma área total de 1.386,86ha, que corresponde a 52,01% da área das sub-bacias.

O valor de 52,01% de área de florestamento com vistas à retenção de água no solo está muito próximo do encontrado por Catelani e Batista (2007), o que poderia ser um indicativo de que a área encontrada é suficiente para compensar as perdas de água, dentre outros fatores, pelo escoamento superficial.

Vale ressaltar que parte da floresta existente nas sub-bacias não se encontra em APP e que num eventual florestamento destas áreas, somando-se ainda aos 20% de reserva legal das propriedades rurais, esta porcentagem de floresta aumentaria.

## 6 CONCLUSÃO

Após terem sido analisados os resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que:

- as sub-bacias do Fojo e das Perdizes são de quarta ordem possuindo 116 e 78 canais respectivamente;
- os coeficientes de compacidade encontrados, associados ao fator de forma indicam que estas sub-bacias, em condições normais de precipitação, são pouco suscetíveis a enchentes;
- os índices de circularidade afastados da unidade indicam que estas sub-bacias têm forma mais alongada possuindo assim menor concentração de deflúvio;
- os parâmetros de densidade hidrográfica, comprimento do canal principal e comprimento total de canais da sub-bacia do Fojo são maiores que os da sub-bacia das Perdizes, indicando maior escoamento superficial;
- a sub-bacia das Perdizes é mais urbanizada, não apresenta cobertura vegetal do tipo campo, tem 40,27ha de floresta a mais que a sub-bacia do Fojo, apresenta uma densidade de drenagem da ordem de 3,49km/km<sup>2</sup> favorecendo a infiltração de água no solo e a manutenção dos mananciais;
- a área de cobertura vegetal encontrada nas sub-bacias do Fojo e das Perdizes foi de 2.229,11ha, correspondendo a 83,59% da área das sub-bacias, sendo que a vegetação predominante é a vegetação secundária em estágio médio com uma área de 1.257,89ha;
- a capacidade de infiltração de água no solo em diferentes tipos de cobertura vegetal, obtida por meio de testes *in loco*, utilizando-se da metodologia de anéis concêntricos, foi de 852mm/h para área com cobertura do tipo Floresta,



390mm/h para área com cobertura do tipo Reflorestamento, 108mm/h para área com cobertura do tipo Campo e 36mm/h para área com cobertura do tipo Pasto;

- todos os tipos de usos e ocupação do solo com cobertura vegetal possuem alta taxa de infiltração de água no solo;
- a quantidade de florestamento compensatório, segundo a metodologia FLOCRAM, com vistas à retenção de água no solo encontrado foi de 128,97ha, que corresponde a 4,84% da área das sub-bacias;
- sendo assim, o florestamento necessário nas sub-bacias para compensar as perdas é de 1.386,86ha, o que corresponde a 52,01% da área total das sub-bacias do Fojo e das Perdizes;
- a metodologia de florestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo aplicada neste estudo carece de ajustes, pois a cada cálculo da compensação tem-se como resposta a necessidade contínua de florestamento até 100% da área em estudo; isso porque, ao se determinar uma perda em excesso percentual para qualquer outra cobertura que não seja floresta, sempre será necessário adquirir floresta para compensar esta perda.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L. S., TARGA, M. S.; BATISTA, G. T. **Escoamento superficial da bacia hidrográfica do Ribeirão Itaim**. Revista Ambi-Água, Taubaté, v. 2, n. 1, p. 44-56, 2007.
- ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V.; ROCHA, P. A. B. **Net precipitation and interception by Mata Atlântica in an experimental catchment in Cunha São Paulo, Brazil**. *Rev. Árvore*, Viçosa, v. 27, n. 2, 2003.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 2ª Ed. Imprensa Universitária – UFV, Viçosa – MG.: 1982. 463p.
- BLOOM, A. L. **Superfície da terra**. São Paulo : Edgard Blücher, 1970. 184p.
- BORGES, M. J.; PISSARRA, T. C. T.; VALERI, S. V.; OKUMURA, E. M. **Reflorestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo da bacia hidrográfica do Córrego Palmital, Jaboticabal, SP**. *Scientia Florestalis*. N. 69, p.93-103, dez. 2005.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/l9433.htm)>. Acesso em: 10 de jan. 2009.
- BRASIL. **Resolução Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH nº 32**, de 15 de outubro de 2003. Dispõe sobre a divisão Hidrográfica Nacional. Brasília, DF. 2003.
- BUNTING, B. T. **Geografia do solo: a terra e o homem**. Rio de Janeiro: Zahar, 1971. 259 p. 1971.
- CAMPOS DO JORDÃO. **História de Campos do Jordão**. Campos do Jordão. Disponível em: <<http://www.camposdojordao.sp.gov.br/historia.htm>>. Acesso em 21 mai. 2007.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. M. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo – RJ**. *Revista Árvore*, Viçosa – MG, v.30, n.2, p. 241-248, 2006.
- CARVALHO, B. A. **Glossário de saneamento e ecologia**. Rio de Janeiro. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, p. 203, 1981.
- CATELANI, C. S.; BATISTA, G. T. **Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APP) do município de Santo Antonio do Pinhal, SP: um subsídio à preservação ambiental**. Revista Ambi-Água, Taubaté, v.2, n.1, p. 30-43, 2007.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica de bacias hidrográficas**. Rev. Geomorfol, Campinas, v.18, n.9, p. 35-64, 1969.

COELHO, R. D.; MIRANDA, J. H.; DUARTE, S. N. **Infiltração da água no solo: Parte II Acúmulo de água sobre a superfície do terreno**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB, v.4, n.2, p. 142-145, 2000.

Cooperativa de Serviços e Pesquisas Tecnológicas e Industriais - CPTI. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI-1 (Serra da Mantiqueira)**. Comitê de Bacias Hidrográficas da Serra da Mantiqueira. Campos do Jordão . 2004.

CUNHA, A. R. da; KLOSOWSKI, E. S.; GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F.; MARTINS, D. **Classificação climática para o Município de Botucatu, SP, segundo Köppen**. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1. 1999, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Unesp, 1999, p. 487-49, 1999.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA – CNPS; Embrapa – SPI, 1999. 412p., 1999.

FREITAS, R. O. **Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica**, Boletim Paulista de Geografia, v.11, p. 53-57, 1952.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL ANÁLISE DE DADOS – SEADE. **Perfil Municipal**. 2009. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/produtos/perfil/perfil.php>>. Acesso em: 20 abr. 2009.

GARCIA, S. M.; KURTZ, F. C. ; KURTZ, S. M. J. M.; ROCHA, J. S. M.; SANTOS, A. H. O.; DILL, P. R. J.; ATAIDES, P. R. V. **Retenção de água em microbacias através de florestamentos compensatórios**. In: XXX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2001, Foz do Iguaçu - PR. A Engenharia Agrícola frente ao desenvolvimento agroindustrial e o mercado globalizado, 2001.

HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basin: hydrophysical approach to quantitative morphology**. Geological Society of America Bulletin, v.56, p. 807-813, 1945.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, **Manual técnico de pedologia**, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - 2. ed. - Rio de Janeiro : IBGE, 300p. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapa de Solos do Brasil. Brasil**. 2002. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/tematicos/mapas\\_murais/solos.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/tematicos/mapas_murais/solos.pdf)> . Acesso em: 20 abr. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Resolução n° 5. 2002.

KER, J. C. **Latossolos do Brasil: uma revisão**. Geonomos, 5:17- 40, 1998.

- KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. Livraria Nobel. 2ed. 407p. 1988.
- LIMA, W. P. **O Papel Hidrológico da Floresta na Proteção dos Recursos Hídricos**, Congresso Florestal Brasileiro, 5, 1986, Olinda IN: Silvicultura, v.41, p.59-62, 1986.
- LINHARES, C. A.; SOARES, J. V.; BATISTA, G. T. **Influencia do desmatamento na dinâmica da resposta hidrológica na bacia do Ji-Paraná**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XII., 2005 Goiânia, **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 3097-3105, 2005.
- LINO, C. F.; DIAS, H. **Águas e Florestas da Mata Atlântica : Por Uma Gestão Integrada**, Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e Fundação S.O.S. Mata Atlântica, São Paulo, 48p., 2003.
- LOLLO, J. A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas**. Tese de Doutorado, São Carlos, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 1995.
- MANTOVANI, A.; MORELLATO, L. P. C.; REIS, M. S. **Reproductive phenology and seed production of Araucaria angustifolia (Bert.) O. Kuntze**. Revista brasileira de Botânica, São Paulo, v. 27, n. 4, 2004 .
- MODENESI, M. C. **Significado dos depósitos correlativos quaternários em Campos do Jordão – São Paulo: implicações paleoclimáticas e paleoecológicas**. São Paulo: Instituto Geológico, 155p. (Boletim 7) 1988.
- MODENESI–GAUTTIER, M.C.;HIRUMA, S.T.; RICCOMINI, C. **Morfotectônica dos Altos Campos de São Francisco (Planalto de Campos do Jordão – SP)** In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 5, 1997,Penedo, RJ. **Atas**. p. 77-79. Disponível em: < <http://www.igeologico.sp.gov.br/geomorfologia7.asp>>. Acesso em: 14 abr. 2004.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1982. 434p. Il. 1982.
- PAIXÃO, F. J. R.; ANDRADE, A. R. S.; AZEVEDO, C. A. V.; SILVA, J. M.; COSTA, T. L.; FEITOSA, R. M. **Estimativa da Infiltração da água no solo através de modelos empíricos e funções não lineares**, Revista de Biologia e Ciência da Terra, Campina Grande, v. 5, n1, 2004.
- REATTO, A.; SPERA, S. T.; CORREIA, J. R.; MILHOMEM, A. S. **Caracterização dos solos e sua associação com as fitofisionomias em uma bacia hidrográfica: aspectos pedológicos e químicos**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 23p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 8), 1999.
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**, São Paulo, Malone, 188p, 1987.

RIBEIRO, R. P. **Avaliação das alterações na rede de drenagem de sub-bacias hidrográficas da porção média da bacia do rio Capivari (SP):** escala 1:25.000 – subsídio para planejamento integrado, Dissertação de Mestrado, São Carlos, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 2002.

ROCHA, J. S. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas.** 2. ed. - Santa Maria: UFSM, 181 p. 1991.

ROCHA, J. S. M.; Kurtz, S. M. J. M., **Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas.**, 4. ed. - Santa Maria: Edições UFSM CCR/UFSM, 2007. 302p. 2007.

RODRIGUES JÚNIOR, C.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Florestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo da bacia hidrográfica do Ribeirão Itaim, Taubaté, SP. Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, Taubaté, Brasil, 07-09 novembro 2007, IPABHi, p. 67-73. 2008.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G., Moraes, J. F. L. **Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo.** Bragantia. Campinas. v.66, n.4, p.711-720, 2007.

RUHOFF, A. L.; PEREIRA, R. S. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 05 - 10 abril 2003, INPE, p. 1447–1449, 2003.

SÃO PAULO (estado) Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria De Planejamento Ambiental Estratégico e Educação Ambiental (2006). **Mantiqueira o Castelo das Águas**, São Paulo, SMA/CEPLEA, 72p. (2006a).

SÃO PAULO (estado). Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos: 2004 / 2007** Resumo. /// São Paulo, DAEE, p. 92. il, (2006b).

SÃO PAULO (estado). Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e Fundação S.O.S. Mata Atlântica, **Água e Floresta da Mata Atlântica: Por uma Gestão Integrada.** Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e Fundação S.O.S. Mata Atlântica, São Paulo: CNRBMA/SOS, 2003.

SÃO PAULO (estado). Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível <[http://www.daee.sp.gov.br/legislacao/arquivos/748/LEI\\_76631991.pdf](http://www.daee.sp.gov.br/legislacao/arquivos/748/LEI_76631991.pdf)>. Acesso em em: 10 de jan. 2009.

SÃO PAULO (estado). Lei nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH, a ser implantado no período 1994 e 1995, em conformidade com a Lei 7663, de 30/12/91, que instituiu normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1994/lei%20n.9.034,%20de%2022.12.1994.htm>>. Acesso em: 03 de nov. 2008.

- SÃO PAULO (estado). Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Planejamento Ambiental Estratégico e Educação Ambiental. **Relatório de Qualidade Ambiental estado de São Paulo – 2007**. São Paulo. 2007.
- SOBRINHO, T. A.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L.C. F.; GONÇALVES, M. C., CARVALHO, D. F. **Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional**, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 191-196, 2003.
- SCHUMM, S.A. **Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy**. Geological Society of America Bulletin, n.67, p. 597- 646, 1956.
- SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. **Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos**. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.*, Jan./Apr. 2003, v.7, n. 1, p.18-23, 2003.
- STRAHLER, A.N. **Hypsometric analysis and erosional topography**. Geological Society of America Bulletin, v.63, p. 1117-1142, 1952.
- TARGA, M. S. **Ciclo da água e gestão**. In: Programa de Capacitação. Aperfeiçoamento em Gestão de Recursos Hídricos – Bacia do Rio Paraíba do Sul. Targa, M.S. (Coord). Universidade de Taubaté (UNITAU). Taubaté, SP. 61p. 2008.
- TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; CÍCERO, C. M.; DIAS, N. W. Metodologia para Avaliação dos Processos Hidrológicos e da Sedimentação na Bacia Hidrográfica Experimental do Ribeirão Itaim, Município de Taubaté, no Vale do Paraíba do Sul – estado de São Paulo. **Recursos Hídricos (1): 1-14**, Repositório Ciências Agrárias, Universidade de Taubaté. 2006.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1975.
- WISLER, C. D.; BRATER, E. F. **Hidrologia**. Rio de Janeiro: Livro Técnico. 484 p. 1964.
- ZUQUETTE, L. V.; PALMA, J. B. **Avaliação da condutividade hidráulica em área de recarga do aquífero Botucatu**. *Rev. Esc. Minas, Ouro Preto*, v.59, n.1, Mar. 2006.

## APÊNDICE A – Planilhas de campo – cobertura vegetal: Campo

PLANILHA DE CAMPO							
Local: C 1	Altitude: 1745 m			Cobertura: Campo			
Coordenadas UTM:	Zona 23 K			E 446090		N 7487488	
	Dif. Tempo (min)	Tempo Acum (min)	Leitura (cm)	Leitura da Recarga (cm)	Dif. Leitura (mm)	Infilt Acum (mm)	Veloc Infilt (mm/min)
1	0,0	0,0	10,2		0,0	0,0	
2	1,0	1,0	13,9	11,8	37,0	37,0	37,00
3	1,0	2,0	13,3	10,8	15,0	52,0	26,00
4	1,0	3,0	12,0	9,4	12,0	64,0	21,33
5	1,0	4,0	10,7	8,3	13,0	77,0	19,25
6	1,0	5,0	9,5	7,5	12,0	89,0	17,80
7	1,0	6,0	7,9		4,0	93,0	15,50
8	1,0	7,0	8,5	7,0	6,0	99,0	14,14
9	1,0	8,0	7,4		4,0	103,0	12,88
10	1,0	9,0	7,9		5,0	108,0	12,00
11	1,0	10,0	8,4		5,0	113,0	11,30
12	1,0	11,0	9,0		6,0	119,0	10,82
13	1,0	12,0	9,6	7,0	6,0	125,0	10,42
14	1,0	13,0	7,3		3,0	128,0	9,85
15	1,0	14,0	7,8		5,0	133,0	9,50
16	1,0	15,0	8,3		5,0	138,0	9,20
17	1,0	16,0	8,8	6,8	5,0	143,0	8,94
18	2,0	18,0	7,5		7,0	150,0	8,33
19	2,0	20,0	8,4		9,0	159,0	7,95
20	2,0	22,0	9,3	6,4	9,0	168,0	7,64
21	2,0	24,0	7,1		7,0	175,0	7,29
22	2,0	26,0	7,8		7,0	182,0	7,00
23	2,0	28,0	8,6		8,0	190,0	6,79
24	2,0	30,0	9,3	6,8	7,0	197,0	6,57
25	2,0	32,0	7,4		6,0	203,0	6,34
26	2,0	34,0	8,1		7,0	210,0	6,18
27	2,0	36,0	8,8	6,4	7,0	217,0	6,03
28	2,0	38,0	6,9		5,0	222,0	5,84
29	2,0	40,0	7,6		7,0	229,0	5,73
30	2,0	42,0	8,3		7,0	236,0	5,62
31	2,0	44,0	9,0	6,8	7,0	243,0	5,52
32	2,0	46,0	7,4		6,0	249,0	5,41
33	2,0	48,0	8,1		7,0	256,0	5,33
34	2,0	50,0	8,6	6,0	5,0	261,0	5,22
35	2,0	52,0	6,5		5,0	266,0	5,12
36	2,0	54,0	7,1		6,0	272,0	5,04
37	2,0	56,0	7,7	5,9	6,0	278,0	4,96
38	2,0	58,0	6,4		5,0	283,0	4,88
39	2,0	60,0	7,0	5,8	6,0	289,0	4,82
40	5,0	65,0	7,3		15,0	304,0	4,68
41	5,0	70,0	8,6	5,9	13,0	317,0	4,53
42	5,0	75,0	7,2		13,0	330,0	4,40
43	5,0	80,0	8,5	5,9	13,0	343,0	4,29
44	5,0	85,0	7,2		13,0	356,0	4,19
45	5,0	90,0	8,5	6,0	13,0	369,0	4,10
46	5,0	95,0	7,3		13,0	382,0	4,02
47	5,0	100,0	8,6	6,0	13,0	395,0	3,95
48	5,0	105,0	7,3		13,0	408,0	3,89
49	5,0	110,0	8,6	5,9	13,0	421,0	3,83
50	5,0	115,0	7,2		13,0	434,0	3,77

PLANILHA DE CAMPO							
Local: C 2	Altitude: 1766 m				Cobertura: Campo		
Coordenadas UTM: Zona 23 K		E 446068		N 7487735			
	Dif. Tempo (min)	Tempo Acum (min)	Leitura (cm)	Leitura da Recarga (cm)	Dif. Leitura (mm)	Infilt Acum (mm)	Veloc Infilt (mm/min)
1	0,0	0,0	11,0		0,0	0,0	0,0
2	1,0	1,0	11,3		3,0	3,0	3,00
3	1,0	2,0	11,4		1,0	4,0	2,00
4	1,0	3,0	11,5		1,0	5,0	1,67
5	2,0	5,0	11,7		2,0	7,0	1,40
6	5,0	10,0	12,0		3,0	10,0	1,00
7	5,0	15,0	12,2		2,0	12,0	0,80
8	5,0	20,0	12,5	9,6	3,0	15,0	0,75
9	5,0	25,0	9,8		2,0	17,0	0,68
10	5,0	30,0	10,0		2,0	19,0	0,63
11	5,0	35,0	10,2		2,0	21,0	0,60
12	5,0	40,0	10,5		3,0	24,0	0,60
13	5,0	45,0	10,7		2,0	26,0	0,58
14	5,0	50,0	10,9	9,4	2,0	28,0	0,56
15	5,0	55,0	9,6		2,0	30,0	0,55
16	5,0	60,0	9,8		2,0	32,0	0,53
17	5,0	65,0	10,0		2,0	34,0	0,52
18	5,0	70,0	10,3		3,0	37,0	0,53
19	5,0	75,0	10,5		2,0	39,0	0,52
20	5,0	80,0	10,7	8,9	2,0	41,0	0,51
21	5,0	85,0	9,1		2,0	43,0	0,51
22	5,0	90,0	9,3		2,0	45,0	0,50
23	5,0	95,0	9,5		2,0	47,0	0,49
24	5,0	100,0	9,7		2,0	49,0	0,49
25	5,0	105,0	9,9		2,0	51,0	0,49
26	5,0	110,0	10,1		2,0	53,0	0,48
27	5,0	115,0	10,3		2,0	55,0	0,48
28	5,0	120,0	10,5		2,0	57,0	0,48



PLANILHA DE CAMPO							
Local:	C 3	Altitude:	1.664	Cobertura:	Campo		
Coordenadas UTM:	Zona 23 K		E 445181		N 7487843		
	Dif. Tempo (min)	Tempo Acum (min)	Leitura (cm)	Leitura da Recarga (cm)	Dif. Leitura (mm)	Infilt Acum (mm)	Veloc Infilt (mm/min)
1	0,0	0,0	12,5		0,0	0,0	0,0
2	1,0	1,0	12,9		4,0	4,0	4,00
3	1,0	2,0	13,2		3,0	7,0	3,50
4	1,0	3,0	13,4		2,0	9,0	3,00
5	1,0	4,0	13,6		2,0	11,0	2,75
6	1,0	5,0	13,8		2,0	13,0	2,60
7	1,0	6,0	14,1		3,0	16,0	2,67
8	1,0	7,0	14,2	12,4	1,0	17,0	2,43
9	1,0	8,0	12,6		2,0	19,0	2,38
10	1,0	9,0	12,8		2,0	21,0	2,33
11	1,0	10,0	13,0		2,0	23,0	2,30
12	1,0	11,0	13,3		3,0	26,0	2,36
13	1,0	12,0	13,5		2,0	28,0	2,33
14	1,0	13,0	13,7		2,0	30,0	2,31
15	1,0	14,0	13,9		2,0	32,0	2,29
16	1,0	15,0	14,1		2,0	34,0	2,27
17	1,0	16,0	14,4	12,1	3,0	37,0	2,31
18	2,0	18,0	12,5		4,0	41,0	2,28
19	2,0	20,0	13,0		5,0	46,0	2,30
20	2,0	22,0	13,4		4,0	50,0	2,27
21	2,0	24,0	13,7		3,0	53,0	2,21
22	2,0	26,0	14,1	11,7	4,0	57,0	2,19
23	2,0	28,0	12,1		4,0	61,0	2,18
24	2,0	30,0	12,5		4,0	65,0	2,17
25	2,0	32,0	12,9		4,0	69,0	2,16
26	2,0	34,0	13,2		3,0	72,0	2,12
27	2,0	36,0	13,6		4,0	76,0	2,11
28	2,0	38,0	14,0	11,9	4,0	80,0	2,11
29	2,0	40,0	12,2		3,0	83,0	2,08
30	2,0	42,0	12,6		4,0	87,0	2,07
31	2,0	44,0	12,9		3,0	90,0	2,05
32	2,0	46,0	13,3		4,0	94,0	2,04
33	2,0	48,0	13,7		4,0	98,0	2,04
34	2,0	50,0	13,9	11,8	2,0	100,0	2,00
35	5,0	55,0	12,5		7,0	107,0	1,95
36	5,0	60,0	13,4		9,0	116,0	1,93
37	5,0	65,0	14,3	11,8	9,0	125,0	1,92
38	5,0	70,0	12,6		8,0	133,0	1,90
39	5,0	75,0	13,4		8,0	141,0	1,88
40	5,0	80,0	14,2	11,6	8,0	149,0	1,86
41	5,0	85,0	12,4		8,0	157,0	1,85
42	5,0	90,0	13,3		9,0	166,0	1,84
43	5,0	95,0	14,1	11,7	8,0	174,0	1,83
44	5,0	100,0	12,5		8,0	182,0	1,82
45	5,0	105,0	13,3		8,0	190,0	1,81
46	5,0	110,0	13,9	11,4	6,0	196,0	1,78
47	5,0	115,0	12,2		8,0	204,0	1,77
48	5,0	120,0	13,0		8,0	212,0	1,77
49	5,0	125,0	13,8	11,2	8,0	220,0	1,76
50	5,0	130,0	12,0		8,0	228,0	1,75

---

**PLANILHA DE CAMPO**


---

Local: C 4      Altitude: 1784 m      Cobertura: Campo

Coordenadas      Zona 23 K      E 445594      N 7486308  
 UTM:

	Dif. Tempo (min)	Tempo Acum (min)	Leitura (cm)	Leitura da Recarga(cm)	Dif. Leitura (mm)	Infilt Acum (mm)	Veloc Infilt (mm/min)
1	0,0	0,0	10,0		0,0	0,0	0,0
2	2,0	2,0	10,1		1,0	1,0	0,50
3	2,0	4,0	10,2		1,0	2,0	0,50
4	2,0	6,0	10,2		0,0	2,0	0,33
5	2,0	8,0	10,3		1,0	3,0	0,38
6	2,0	10,0	10,4		1,0	4,0	0,40
7	5,0	15,0	10,5		1,0	5,0	0,33
8	5,0	20,0	10,6		1,0	6,0	0,30
9	5,0	25,0	10,7		1,0	7,0	0,28
10	5,0	30,0	10,8		1,0	8,0	0,27
11	5,0	35,0	10,9		1,0	9,0	0,26
12	5,0	40,0	11,0		1,0	10,0	0,25
13	5,0	45,0	11,1		1,0	11,0	0,24
14	5,0	50,0	11,2	9,6	1,0	12,0	0,24
15	5,0	55,0	9,7		1,0	13,0	0,24
16	5,0	60,0	9,8		1,0	14,0	0,23
17	5,0	65,0	9,9		1,0	15,0	0,23
18	5,0	70,0	10,1		2,0	17,0	0,24
19	5,0	75,0	10,2		1,0	18,0	0,24
20	5,0	80,0	10,4		2,0	20,0	0,25

## APÊNDICE B – Planilhas de campo – cobertura vegetal: Floresta

PLANILHA DE CAMPO							
Local: F 1	Altitude: 1684 m			Cobertura: Floresta			
Coordenadas UTM: Zona 23 K			E 442109	N 7482919			
	Dif. Tempo (min)	Tempo Acum (min)	Leitura (cm)	Leitura da Recarga (cm)	Dif. Leitura (mm)	Infilt Acum (mm)	Veloc Infil (mm/min)
1	0,0	0,0	7,9		0,0	0,0	
2	1,0	1,0	13,7	9,8	58,0	58,0	58,00
3	1,0	2,0	14,5	8,5	47,0	105,0	52,50
4	1,0	3,0	13,6	4,0	51,0	156,0	52,00
5	1,0	4,0	8,5	3,5	45,0	201,0	50,25
6	1,0	5,0	8,5	4,2	50,0	251,0	50,20
7	1,0	6,0	8,5	4,0	43,0	294,0	49,00
8	1,0	7,0	8,5	6,5	45,0	339,0	48,43
9	1,0	8,0	10,3	5,2	38,0	377,0	47,13
10	1,0	9,0	9,2	5,4	40,0	417,0	46,33
11	1,0	10,0	9,0	4,0	36,0	453,0	45,30
12	1,0	11,0	7,8	4,2	38,0	491,0	44,64
13	1,0	12,0	8,2	4,0	40,0	531,0	44,25
14	1,0	13,0	8,0		40,0	571,0	43,92
15	1,0	14,0	12,0	4,3	40,0	611,0	43,64
16	1,0	15,0	8,3	3,8	40,0	651,0	43,40
17	1,0	16,0	7,5		37,0	688,0	43,00
18	1,0	17,0	11,4	4,0	39,0	727,0	42,76
19	1,0	18,0	7,3		33,0	760,0	42,22
20	1,0	19,0	10,8	6,8	35,0	795,0	41,84
21	1,0	20,0	10,5	4,0	37,0	832,0	41,60
22	1,0	21,0	7,3	3,8	33,0	865,0	41,19
23	1,0	22,0	7,5	4,0	37,0	902,0	41,00
24	1,0	23,0	7,7		37,0	939,0	40,83
25	1,0	24,0	11,0	6,0	33,0	972,0	40,50
26	1,0	25,0	9,5		35,0	1.007,0	40,28
27	1,0	26,0	12,7	4,0	32,0	1.039,0	39,96
28	1,0	27,0	7,3		33,0	1.072,0	39,70
29	1,0	28,0	11,0	3,8	37,0	1.109,0	39,61
30	1,0	29,0	7,2		34,0	1.143,0	39,41
31	1,0	30,0	11,0	4,2	38,0	1.181,0	39,37
32	1,0	31,0	7,5		33,0	1.214,0	39,16
33	1,0	32,0	11,0	6,0	35,0	1.249,0	39,03
34	1,0	33,0	9,3	4,0	33,0	1.282,0	38,85
35	1,0	34,0	7,1		31,0	1.313,0	38,62
36	1,0	35,0	10,0	3,8	29,0	1.342,0	38,34
37	1,0	36,0	6,8		30,0	1.372,0	38,11
38	1,0	37,0	10,5	5,0	37,0	1.409,0	38,08
39	1,0	38,0	8,5		35,0	1.444,0	38,00
40	1,0	39,0	11,5	6,8	30,0	1.474,0	37,79
41	1,0	40,0	8,8		20,0	1.494,0	37,35
42	1,0	41,0	11,7	6,0	29,0	1.523,0	37,15
43	2,0	43,0	11,8	4,0	58,0	1.581,0	36,77
44	2,0	45,0	9,9	4,2	59,0	1.640,0	36,44
45	2,0	47,0	10,4	4,2	62,0	1.702,0	36,21
46	2,0	49,0	10,4	3,5	62,0	1.764,0	36,00
47	2,0	51,0	9,7	5,8	62,0	1.826,0	35,80
48	2,0	53,0	11,3	6,0	55,0	1.881,0	35,49
49	2,0	55,0	11,4	6,7	54,0	1.935,0	35,18
50	2,0	57,0	11,8	6,9	51,0	1.986,0	34,84
51	3,0	60,0	14,7	5,0	78,0	2.064,0	34,40
52	3,0	63,0	12,3	6,4	73,0	2.137,0	33,92
53	3,0	66,0	13,8	5,2	74,0	2.211,0	33,50
54	3,0	69,0	13,0	9,5	78,0	2.289,0	33,17
55	3,0	72,0	15,5	4,0	60,0	2.349,0	32,63
56	3,0	75,0	11,0	3,8	70,0	2.419,0	32,25

57	3,0	78,0	11,2	4,0	74,0	2.493,0	31,96
58	3,0	81,0	11,3	4,2	73,0	2.566,0	31,68
59	3,0	84,0	11,2	4,0	70,0	2.636,0	31,38
60	3,0	87,0	10,8	3,8	68,0	2.704,0	31,08
61	3,0	90,0	10,5	3,2	67,0	2.771,0	30,79
62	3,0	93,0	9,5	3,6	63,0	2.834,0	30,47
63	3,0	96,0	10,0	4,0	64,0	2.898,0	30,19
64	3,0	99,0	10,3	3,0	63,0	2.961,0	29,91
65	3,0	102,0	9,3	3,0	63,0	3.024,0	29,65
66	3,0	105,0	9,3	3,0	63,0	3.087,0	29,40
67	3,0	108,0	9,1	3,1	61,0	3.148,0	29,15
68	3,0	111,0	9,3	2,8	62,0	3.210,0	28,92
69	3,0	114,0	9,0		62,0	3.272,0	28,70
70	3,0	117,0	15,5		65,0	3.337,0	28,52

---

**PLANILHA DE CAMPO**


---

Local: F 2      Altitude: 1788 m      Cobertura: Floresta  
 Coordenadas UTM: Zona 23 K      E 443025      N 7484728

---

	Dif. Tempo (min)	Tempo Acum (min)	Leitura (cm)	Leitura da Recarga (cm)	Dif. Leitura (mm)	Infilt Acum (mm)	Veloc Infilt (mm/min)
1	0,0	0,0	8,0		0,0	0,0	
2	1,0	1,0	10,3	4,3	23,0	23,0	23,00
3	1,0	2,0	6,4		21,0	44,0	22,00
4	1,0	3,0	8,4	4,3	20,0	64,0	21,33
5	1,0	4,0	6,0		17,0	81,0	20,25
6	1,0	5,0	7,9	6,0	19,0	100,0	20,00
7	1,0	6,0	7,5	6,0	15,0	115,0	19,17
8	1,0	7,0	7,5	6,0	15,0	130,0	18,57
9	1,0	8,0	7,6	6,0	16,0	146,0	18,25
10	1,0	9,0	7,5	6,1	15,0	161,0	17,89
11	1,0	10,0	7,6	6,0	15,0	176,0	17,60
12	1,0	11,0	7,5	5,5	15,0	191,0	17,36
13	1,0	12,0	7,0	5,5	15,0	206,0	17,17
14	1,0	13,0	7,0	5,5	15,0	221,0	17,00
15	1,0	14,0	6,8	5,5	13,0	234,0	16,71
16	1,0	15,0	6,9	5,5	14,0	248,0	16,53
17	1,0	16,0	7,0	5,0	15,0	263,0	16,44
18	1,0	17,0	6,4	5,0	14,0	277,0	16,29
19	1,0	18,0	6,5	5,0	15,0	292,0	16,22
20	1,0	19,0	6,5	5,0	15,0	307,0	16,16
21	1,0	20,0	6,5	5,0	15,0	322,0	16,10
22	1,0	21,0	6,5	5,0	15,0	337,0	16,05
23	1,0	22,0	6,5	5,0	15,0	352,0	16,00
24	1,0	23,0	6,4	5,0	14,0	366,0	15,91
25	1,0	24,0	6,5	5,0	15,0	381,0	15,88
26	1,0	25,0	6,5	5,0	15,0	396,0	15,84
27	1,0	26,0	6,4	5,0	14,0	410,0	15,77
28	1,0	27,0	6,4	5,0	14,0	424,0	15,70
29	1,0	28,0	6,5	5,0	15,0	439,0	15,68
30	1,0	29,0	6,5	5,0	15,0	454,0	15,66
31	1,0	30,0	6,4	5,0	14,0	468,0	15,60
32	1,0	31,0	6,5	5,0	15,0	483,0	15,58
33	1,0	32,0	6,4	5,0	14,0	497,0	15,53
34	1,0	33,0	6,4	5,0	14,0	511,0	15,48
35	1,0	34,0	6,3	5,0	13,0	524,0	15,41
36	1,0	35,0	6,4	5,0	14,0	538,0	15,37
37	1,0	36,0	6,4	5,0	14,0	552,0	15,33
38	1,0	37,0	6,3		13,0	565,0	15,27
39	1,0	38,0	7,9	5,5	16,0	581,0	15,29
40	1,0	39,0	6,8	5,0	13,0	594,0	15,23
41	1,0	40,0	6,4	5,0	14,0	608,0	15,20
42	2,0	42,0	7,9	5,5	29,0	637,0	15,17
43	2,0	44,0	8,4	5,9	29,0	666,0	15,14
44	2,0	46,0	8,7	5,7	28,0	694,0	15,09
45	2,0	48,0	8,7	4,5	30,0	724,0	15,08
46	2,0	50,0	7,5	4,7	30,0	754,0	15,08
47	2,0	52,0	7,6	4,9	29,0	783,0	15,06
48	2,0	54,0	7,8	5,3	29,0	812,0	15,04
49	2,0	56,0	8,1	5,3	28,0	840,0	15,00
50	2,0	58,0	8,1	5,3	28,0	868,0	14,97
51	2,0	60,0	8,0	5,3	27,0	895,0	14,92
52	2,0	62,0	8,2	5,5	29,0	924,0	14,90
53	2,0	64,0	8,3	5,5	28,0	952,0	14,88
54	2,0	66,0	8,3	5,5	28,0	980,0	14,85
55	2,0	68,0	8,2	5,4	27,0	1.007,0	14,81
56	2,0	70,0	8,3	5,4	29,0	1.036,0	14,80
57	2,0	72,0	8,2	5,3	28,0	1.064,0	14,78
58	2,0	74,0	8,1	5,2	28,0	1.092,0	14,76
59	2,0	76,0	8,0	5,1	28,0	1.120,0	14,74

60	2,0	78,0	7,9	5,0	28,0	1.148,0	14,72
61	2,0	80,0	7,7	5,0	27,0	1.175,0	14,69
62	2,0	82,0	7,7	5,0	27,0	1.202,0	14,66
63	2,0	84,0	7,7	5,0	27,0	1.229,0	14,63
64	2,0	86,0	7,7	5,0	27,0	1.256,0	14,60
65	2,0	88,0	7,7	5,0	27,0	1.283,0	14,58
66	2,0	90,0	7,7	5,0	27,0	1.310,0	14,56
67	2,0	92,0	7,6	5,0	26,0	1.336,0	14,52
68	2,0	94,0	7,5	5,0	25,0	1.361,0	14,48
69	2,0	96,0	7,6	5,0	26,0	1.387,0	14,45
70	2,0	98,0	7,6	5,0	26,0	1.413,0	14,42
71	2,0	100,0	7,6	5,0	26,0	1.439,0	14,39
72	2,0	102,0	7,5	4,9	25,0	1.464,0	14,35
73	3,0	105,0	8,8	6,1	39,0	1.503,0	14,31
74	3,0	108,0	10,0	7,0	39,0	1.542,0	14,28
75	1,0	109,0	9,9	6,9	29,0	1.571,0	14,41
76	2,0	111,0	9,1	6,2	22,0	1.593,0	14,35
77	2,0	113,0	8,7	5,8	25,0	1.618,0	14,32
78	2,0	115,0	8,4	5,5	26,0	1.644,0	14,30
79	2,0	117,0	8,1	5,3	26,0	1.670,0	14,27
80	2,0	119,0	7,9	5,1	26,0	1.696,0	14,25
81	2,0	121,0	7,7	4,8	26,0	1.722,0	14,23
82	2,0	123,0	7,5	4,6	27,0	1.749,0	14,22
83	2,0	125,0	7,3	4,5	27,0	1.776,0	14,21
84	2,0	127,0	7,3	4,5	28,0	1.804,0	14,20
85	2,0	129,0	7,1	4,5	26,0	1.830,0	14,19
86	2,0	131,0	7,2	4,5	27,0	1.857,0	14,18
87	2,0	133,0	7,3		28,0	1.885,0	14,17

---

**PLANILHA DE CAMPO**


---

Local: F 3

Altitude: 1653 m

Cobertura: Floresta

Coordenadas UTM: Zona 23 K

E 445538

N 7488496

	Dif. Tempo (min)	Tempo Acum (min)	Leitura (cm)	Leitura da Recarga (cm)	Dif. Leitura (mm)	Infilt Acum (mm)	Veloc Infilt (mm/min)
1	0,0	0,0	8,2		0,0	0,0	
2	1,0	1,0	9,0		8,0	8,0	8,00
3	1,0	2,0	9,5		5,0	13,0	6,50
4	1,0	3,0	10,0		5,0	18,0	6,00
5	1,0	4,0	10,4	7,7	4,0	22,0	5,50
6	1,0	5,0	8,1		4,0	26,0	5,20
7	1,0	6,0	8,7		6,0	32,0	5,33
8	1,0	7,0	9,1		4,0	36,0	5,14
9	1,0	8,0	9,6		5,0	41,0	5,13
10	1,0	9,0	10,1	7,6	5,0	46,0	5,11
11	1,0	10,0	8,0		4,0	50,0	5,00
12	1,0	11,0	8,5		5,0	55,0	5,00
13	1,0	12,0	8,8		3,0	58,0	4,83
14	1,0	13,0	9,3		5,0	63,0	4,85
15	1,0	14,0	9,7		4,0	67,0	4,79
16	1,0	15,0	10,1	7,4	4,0	71,0	4,73
17	1,0	16,0	7,8		4,0	75,0	4,69
18	1,0	17,0	8,1		3,0	78,0	4,59
19	1,0	18,0	8,5		4,0	82,0	4,56
20	1,0	19,0	9,0		5,0	87,0	4,58
21	1,0	20,0	9,3	7,0	3,0	90,0	4,50
22	1,0	21,0	7,4		4,0	94,0	4,48
23	1,0	22,0	7,8		4,0	98,0	4,45
24	1,0	23,0	8,3		5,0	103,0	4,48
25	1,0	24,0	8,6		3,0	106,0	4,42
26	1,0	25,0	9,1		5,0	111,0	4,44
27	1,0	26,0	9,5	6,9	4,0	115,0	4,42
28	1,0	27,0	7,2		3,0	118,0	4,37
29	1,0	28,0	7,7		5,0	123,0	4,39
30	1,0	29,0	8,1		4,0	127,0	4,38
31	1,0	30,0	8,6		5,0	132,0	4,40
32	1,0	31,0	9,0	6,7	4,0	136,0	4,39
33	2,0	33,0	7,4		7,0	143,0	4,33
34	2,0	35,0	8,3		9,0	152,0	4,34
35	2,0	37,0	9,2	6,5	9,0	161,0	4,35
36	2,0	39,0	7,2		7,0	168,0	4,31
37	2,0	41,0	8,2		10,0	178,0	4,34
38	2,0	43,0	9,0		8,0	186,0	4,33
39	2,0	45,0	9,9	7,1	9,0	195,0	4,33
40	2,0	47,0	7,9		8,0	203,0	4,32
41	2,0	49,0	8,6		7,0	210,0	4,29
42	2,0	51,0	9,5	7,1	9,0	219,0	4,29
43	3,0	54,0	8,1		10,0	229,0	4,24
44	3,0	57,0	9,5	7,0	14,0	243,0	4,26
45	3,0	60,0	8,0		10,0	253,0	4,22
46	3,0	63,0	9,2	6,5	12,0	265,0	4,21
47	3,0	66,0	7,5		10,0	275,0	4,17
48	3,0	69,0	8,7	6,1	12,0	287,0	4,16
49	3,0	72,0	7,2		11,0	298,0	4,14
50	3,0	75,0	8,5	6,2	13,0	311,0	4,15
51	3,0	78,0	7,4		12,0	323,0	4,14
52	3,0	81,0	8,5	6,4	11,0	334,0	4,12
53	3,0	84,0	7,4		10,0	344,0	4,10
54	3,0	87,0	8,6	6,4	12,0	356,0	4,09
55	3,0	90,0	7,5		11,0	367,0	4,08
56	3,0	93,0	8,6	6,1	11,0	378,0	4,06
57	3,0	96,0	7,2		11,0	389,0	4,05
58	3,0	99,0	8,4	6,2	12,0	401,0	4,05
59	3,0	102,0	7,4		12,0	413,0	4,05

60	3,0	105,0	8,4	6,0	10,0	423,0	4,03
61	3,0	108,0	7,2		12,0	435,0	4,03
62	3,0	111,0	8,3	6,2	11,0	446,0	4,02
63	3,0	114,0	7,2		10,0	456,0	4,00
64	3,0	117,0	8,4		12,0	468,0	4,00
65	3,0	120,0	9,5	6,8	11,0	479,0	3,99
66	3,0	123,0	7,8		10,0	489,0	3,98
67	3,0	126,0	9,0		12,0	501,0	3,98
68	3,0	129,0	10,0	6,0	10,0	511,0	3,96
69	3,0	132,0	6,9		9,0	520,0	3,94
70	3,0	135,0	8,0		11,0	531,0	3,93
71	3,0	138,0	9,1	5,9	11,0	542,0	3,93
72	3,0	141,0	6,9		10,0	552,0	3,91
73	3,0	144,0	8,0		11,0	563,0	3,91
74	3,0	147,0	9,0	6,1	10,0	573,0	3,90
75	3,0	150,0	7,3		12,0	585,0	3,90
76	3,0	153,0	8,4		11,0	596,0	3,90
77	3,0	156,0	9,4	6,3	10,0	606,0	3,88
78	3,0	159,0	7,4		11,0	617,0	3,88
79	3,0	162,0	8,5		11,0	628,0	3,88
80	3,0	165,0	9,6	6,6	11,0	639,0	3,87
81	3,0	168,0	7,7		11,0	650,0	3,87
82	3,0	171,0	8,8		11,0	661,0	3,87
83	3,0	174,0	9,8	6,8	10,0	671,0	3,86
84	3,0	177,0	7,9		11,0	682,0	3,85
85	3,0	180,0	8,9		10,0	692,0	3,84



## APÊNDICE C – Planilhas de campo – cobertura vegetal: Pasto

PLANILHA DE CAMPO							
Local: P 1	Altitude:	1686 m	Cobertura:	Pasto			
Coordenadas UTM:	Zona 23 K		E 442003		N 7483277		
	Dif. Tempo (min)	Tempo Acum (min)	Leitura (cm)	Leitura da Recarga (cm)	Dif. Leitura (mm)	Infilt Acum (mm)	Veloc Infilt (mm/min)
1	0,0	0,0	8,4		0,0	0,0	
2	1,0	1,0	8,8		4,0	4,0	4,00
3	1,0	2,0	9,0		2,0	6,0	3,00
4	1,0	3,0	9,1		1,0	7,0	2,33
5	1,0	4,0	9,3		2,0	9,0	2,25
6	1,0	5,0	9,5	8,0	2,0	11,0	2,20
7	3,0	8,0	8,3		3,0	14,0	1,75
8	3,0	11,0	8,5		2,0	16,0	1,45
9	3,0	14,0	8,7		2,0	18,0	1,29
10	3,0	17,0	8,8		1,0	19,0	1,12
11	3,0	20,0	9,0	7,9	2,0	21,0	1,05
12	10,0	30,0	8,3		4,0	25,0	0,83
13	10,0	40,0	8,7		4,0	29,0	0,73
14	10,0	50,0	9,1		4,0	33,0	0,66
15	10,0	60,0	9,5		4,0	37,0	0,62

---

**PLANILHA DE CAMPO**


---

Local: P 2                      Altitude: 1.855 m                      Cobertura: Pasto  
 Coordenadas UTM:      Zona 23 K                      E 441976                      N 7483389

---

	Dif. Tempo (min)	Tempo Acum (min)	Leitura (cm)	Leitura da Recarga (cm)	Dif. Leitura (mm)	Infilt Acum (mm)	Veloc Infil (mm/min)
1	0,0	0,0	5,3				
2	1,0	1,0	5,6		3,0	3,0	3,00
3	1,0	2,0	5,8		2,0	5,0	2,50
4	1,0	3,0	6,0		2,0	7,0	2,33
5	1,0	4,0	6,2		2,0	9,0	2,25
6	2,0	6,0	6,4	4,8	2,0	11,0	1,83
7	2,0	8,0	4,9		1,0	12,0	1,50
8	2,0	10,0	5,1		2,0	14,0	1,40
9	2,0	12,0	5,3		2,0	16,0	1,33
10	3,0	15,0	5,5		2,0	18,0	1,20
11	5,0	20,0	6,0	4,7	5,0	23,0	1,15
12	10,0	30,0	5,3		6,0	29,0	0,97
13	10,0	40,0	5,8		5,0	34,0	0,85
14	10,0	50,0	6,2		4,0	38,0	0,76
15	10,0	60,0	6,6	4,9	4,0	42,0	0,70
16	20,0	80,0	5,5		6,0	48,0	0,60
17	20,0	100,0	6,1		6,0	54,0	0,54

---

**PLANILHA DE CAMPO**


---

Local: P 3      Altitude: 1682 m      Cobertura: Pasto  
 Coordenadas UTM: Zona 23 K      E      444076      N      7482529

---

	Dif. Tempo (min)	Tempo Acum (min)	Leitura (cm)	Leitura da Recarga (cm)	Dif. Leitura (mm)	Infilt Acum (mm)	Veloc Infilt (mm/min)
1	0,0	0,0	6,1		0,0	0,0	
2	1,0	1,0	6,9	5,0	8,0	8,0	8,00
3	1,0	2,0	5,2		2,0	10,0	5,00
4	1,0	3,0	5,5		3,0	13,0	4,33
5	1,0	4,0	5,7		2,0	15,0	3,75
6	1,0	5,0	5,9		2,0	17,0	3,40
7	1,0	6,0	6,0		1,0	18,0	3,00
8	1,0	7,0	6,2		2,0	20,0	2,86
9	1,0	8,0	6,4	4,7	2,0	22,0	2,75
10	1,0	9,0	4,8		1,0	23,0	2,56
11	1,0	10,0	4,9		1,0	24,0	2,40
12	2,0	12,0	5,2		3,0	27,0	2,25
13	2,0	14,0	5,5		3,0	30,0	2,14
14	2,0	16,0	5,7		2,0	32,0	2,00
15	2,0	18,0	5,9		2,0	34,0	1,89
16	2,0	20,0	6,1		2,0	36,0	1,80
17	2,0	22,0	6,3	4,9	2,0	38,0	1,73
18	3,0	25,0	5,1		2,0	40,0	1,60
19	3,0	28,0	5,4		3,0	43,0	1,54
20	3,0	31,0	5,6		2,0	45,0	1,45
21	4,0	35,0	5,9		3,0	48,0	1,37
22	5,0	40,0	6,2		3,0	51,0	1,28
23	5,0	45,0	6,5		3,0	54,0	1,20
24	5,0	50,0	6,8	5,0	3,0	57,0	1,14
25	10,0	60,0	5,4		4,0	61,0	1,02
26	10,0	70,0	5,9		5,0	66,0	0,94
27	10,0	80,0	6,3		4,0	70,0	0,88
28	10,0	90,0	6,8	4,9	5,0	75,0	0,83
29	10,0	100,0	5,2		3,0	78,0	0,78
30	10,0	110,0	5,6		4,0	82,0	0,75
31	10,0	120,0	6,0		4,0	86,0	0,72
32	10,0	130,0	6,4	4,7	4,0	90,0	0,69
33	10,0	140,0	5,0		3,0	93,0	0,66
34	10,0	150,0	5,5		5,0	98,0	0,65
35	10,0	160,0	5,7		2,0	100,0	0,63

---

**PLANILHA DE CAMPO**


---

Local: P 4	Altitude: 1795 m			Cobertura: Pasto			
Coordenadas UTM: Zona 23 K			E	443543	N	7482911	
	Dif. Tempo (min)	Tempo Acum (min)	Leitura (cm)	Leitura (cm)	Dif. Leitura (mm)	Infilt Acum (mm)	Veloc Infilt (mm/min)
1	0,0	0,0	7,8		0,0	0,0	
2	1,0	1,0	8,4		6,0	6,0	6,00
3	1,0	2,0	8,7		3,0	9,0	4,50
4	1,0	3,0	8,8		1,0	10,0	3,33
5	1,0	4,0	9,0		2,0	12,0	3,00
6	1,0	5,0	9,1		1,0	13,0	2,60
7	1,0	6,0	9,3		2,0	15,0	2,50
8	1,0	7,0	9,4	6,4	1,0	16,0	2,29
9	1,0	8,0	6,5		1,0	17,0	2,13
10	1,0	9,0	6,6		1,0	18,0	2,00
11	1,0	10,0	6,7		1,0	19,0	1,90
12	2,0	12,0	7,0		3,0	22,0	1,83
13	2,0	14,0	7,2		2,0	24,0	1,71
14	2,0	16,0	7,4		2,0	26,0	1,63
15	2,0	18,0	7,5		1,0	27,0	1,50
16	2,0	20,0	7,7		2,0	29,0	1,45
17	2,0	22,0	7,9	5,5	2,0	31,0	1,41
18	2,0	24,0	5,6		1,0	32,0	1,33
19	2,0	26,0	5,7		1,0	33,0	1,27
20	2,0	28,0	6,0		3,0	36,0	1,29
21	2,0	30,0	6,1		1,0	37,0	1,23
22	5,0	35,0	6,5		4,0	41,0	1,17
23	5,0	40,0	6,9		4,0	45,0	1,13
24	5,0	45,0	7,2		3,0	48,0	1,07
25	5,0	50,0	7,5		3,0	51,0	1,02
26	5,0	55,0	7,8	5,1	3,0	54,0	0,98
27	5,0	60,0	5,3		2,0	56,0	0,93
28	10,0	70,0	6,0		7,0	63,0	0,90
29	10,0	80,0	6,5	4,3	5,0	68,0	0,85
30	10,0	90,0	4,9		6,0	74,0	0,82
31	10,0	100,0	5,5		6,0	80,0	0,80
32	10,0	110,0	6,1		6,0	86,0	0,78
33	10,0	120,0	6,5		4,0	90,0	0,75

---

---

**PLANILHA DE CAMPO**


---

Local: P 5      Altitude: 1780 m      Cobertura: Pasto  
 Coordenadas UTM: Zona 23 K      E 443216      N 7483098

---

	Dif. Tempo (min)	Tempo Acum (min)	Leitura (cm)	Leitura da Recarga (cm)	Dif. Leitura (mm)	Infilt Acum (mm)	Veloc Infilt (mm/min)
1	0,0	0,0	9,3		0,0	0,0	
2	1,0	1,0	9,7		4,0	4,0	4,00
3	1,0	2,0	10,0		3,0	7,0	3,50
4	1,0	3,0	10,2	7,3	2,0	9,0	3,00
5	1,0	4,0	7,4		1,0	10,0	2,50
6	1,0	5,0	7,6		2,0	12,0	2,40
7	1,0	6,0	7,7		1,0	13,0	2,17
8	1,0	7,0	7,9		2,0	15,0	2,14
9	1,0	8,0	8,0		1,0	16,0	2,00
10	1,0	9,0	8,1		1,0	17,0	1,89
11	1,0	10,0	8,3		2,0	19,0	1,90
12	2,0	12,0	8,5		2,0	21,0	1,75
13	2,0	14,0	8,8	6,1	3,0	24,0	1,71
14	2,0	16,0	6,2		1,0	25,0	1,56
15	2,0	18,0	6,5		3,0	28,0	1,56
16	2,0	20,0	6,7		2,0	30,0	1,50
17	2,0	22,0	7,0		3,0	33,0	1,50
18	2,0	24,0	7,2		2,0	35,0	1,46
19	2,0	26,0	7,4		2,0	37,0	1,42
20	2,0	28,0	7,5		1,0	38,0	1,36
21	2,0	30,0	7,8	5,4	3,0	41,0	1,37
22	5,0	35,0	5,8		4,0	45,0	1,29
23	5,0	40,0	6,3		5,0	50,0	1,25
24	5,0	45,0	6,7		4,0	54,0	1,20
25	5,0	50,0	7,1		4,0	58,0	1,16
26	5,0	55,0	7,5	5,4	4,0	62,0	1,13
27	5,0	60,0	5,7		3,0	65,0	1,08
28	5,0	65,0	6,1		4,0	69,0	1,06

---

**PLANILHA DE CAMPO**


---

Local: P 6      Altitude: 1701 m      Cobertura: Pasto  
 Coordenadas UTM: Zona 23 K      E 441951      N 7483119

---

	Dif. Tempo (min)	Tempo Acum (min)	Leitura (cm)	Leitura da Recarga (cm)	Dif. Leitura (mm)	Infilt Acum (mm)	Veloc Infilt (mm/min)
1	0,0	0,0	7,9		0,0	0,0	
2	1,0	1,0	8,5		6,0	6,0	6,00
3	1,0	2,0	8,7		2,0	8,0	4,00
4	1,0	3,0	8,9		2,0	10,0	3,33
5	1,0	4,0	9,0	7,0	1,0	11,0	2,75
6	1,0	5,0	7,1		1,0	12,0	2,40
7	1,0	6,0	7,1		0,0	12,0	2,00
8	2,0	8,0	7,3		2,0	14,0	1,75
9	2,0	10,0	7,6		3,0	17,0	1,70
10	2,0	12,0	7,8	5,9	2,0	19,0	1,58
11	4,0	16,0	6,2		3,0	22,0	1,38
12	4,0	20,0	6,5		3,0	25,0	1,25
13	4,0	24,0	6,9		4,0	29,0	1,21
14	4,0	28,0	7,1		2,0	31,0	1,11
15	4,0	32,0	7,5	5,9	4,0	35,0	1,09
16	4,0	36,0	6,1		2,0	37,0	1,03
17	4,0	40,0	6,4		3,0	40,0	1,00
18	5,0	45,0	6,7		3,0	43,0	0,96
19	5,0	50,0	7,0		3,0	46,0	0,92
20	5,0	55,0	7,3	5,9	3,0	49,0	0,89
21	5,0	60,0	6,1		2,0	51,0	0,85
22	5,0	65,0	6,4		3,0	54,0	0,83
23	5,0	70,0	6,6		2,0	56,0	0,80
24	5,0	75,0	6,9	5,3	3,0	59,0	0,79
25	5,0	80,0	5,5		2,0	61,0	0,76
26	10,0	90,0	6,0		5,0	66,0	0,73
27	10,0	100,0	6,5	4,9	5,0	71,0	0,71
28	10,0	110,0	5,3		4,0	75,0	0,68
29	10,0	120,0	5,8		5,0	80,0	0,67
30	10,0	130,0	6,2		4,0	84,0	0,65
31	10,0	140,0	6,7	4,7	5,0	89,0	0,64
32	10,0	150,0	5,1		4,0	93,0	0,62
33	10,0	160,0	5,6		5,0	98,0	0,61

## APÊNDICE D – Planilhas de campo – cobertura vegetal: Reflorestamento

PLANILHA DE CAMPO							
Local: R 1	Altitude: 1692 m	Cobertura: Reflorestamento					
Coordenadas UTM: Zona 23 K	E 442170		N 7482895				
	Dif. Tempo (min)	Tempo Acum (min)	Leitura (cm)	Leitura da Recarga (cm)	Dif. Leitura (mm)	Infilt Acum (mm)	Veloc Infilt (mm/min)
1	0,0	0,0	8,8				
2	1,0	1,0	10,5	7,5	17,0	17,0	17,00
3	1,0	2,0	8,5		10,0	27,0	13,50
4	1,0	3,0	9,2		7,0	34,0	11,33
5	1,0	4,0	9,6	7,8	4,0	38,0	9,50
6	1,0	5,0	8,4		6,0	44,0	8,80
7	1,0	6,0	9,0		6,0	50,0	8,33
8	1,0	7,0	9,4		4,0	54,0	7,71
9	1,0	8,0	9,8		4,0	58,0	7,25
10	1,0	9,0	10,0		2,0	60,0	6,67
11	1,0	10,0	10,3		3,0	63,0	6,30
12	1,0	11,0	10,6	9,0	3,0	66,0	6,00
13	1,0	12,0	9,4		4,0	70,0	5,83
14	1,0	13,0	9,6		2,0	72,0	5,54
15	1,0	14,0	10,0		4,0	76,0	5,43
16	1,0	15,0	10,4		4,0	80,0	5,33
17	1,0	16,0	10,6		2,0	82,0	5,13
18	1,0	17,0	11,0	9,0	4,0	86,0	5,06
19	1,0	18,0	9,2		2,0	88,0	4,89
20	1,0	19,0	9,5		3,0	91,0	4,79
21	1,0	20,0	9,7		2,0	93,0	4,65
22	1,0	21,0	10,0		3,0	96,0	4,57
23	1,0	22,0	10,4		4,0	100,0	4,55
24	1,0	23,0	10,7		3,0	103,0	4,48
25	1,0	24,0	10,9		2,0	105,0	4,38
26	1,0	25,0	11,0	9,1	1,0	106,0	4,24
27	1,0	26,0	9,3		2,0	108,0	4,15
28	1,0	27,0	9,6		3,0	111,0	4,11
29	1,0	28,0	9,9		3,0	114,0	4,07
30	1,0	29,0	10,1		2,0	116,0	4,00
31	1,0	30,0	10,3	9,0	2,0	118,0	3,93
32	1,0	31,0	9,3		3,0	121,0	3,90
33	1,0	32,0	9,6		3,0	124,0	3,88
34	1,0	33,0	9,7		1,0	125,0	3,79
35	1,0	34,0	9,9		2,0	127,0	3,74
36	1,0	35,0	10,1		2,0	129,0	3,69
37	1,0	36,0	10,3		2,0	131,0	3,64
38	1,0	37,0	10,6		3,0	134,0	3,62
39	1,0	38,0	10,8		2,0	136,0	3,58
40	1,0	39,0	11,1		3,0	139,0	3,56
41	1,0	40,0	11,4		3,0	142,0	3,55
42	1,0	41,0	11,7		3,0	145,0	3,54
43	1,0	42,0	11,9		2,0	147,0	3,50
44	1,0	43,0	12,1		2,0	149,0	3,47
45	1,0	44,0	12,3		2,0	151,0	3,43
46	1,0	45,0	12,5	9,7	2,0	153,0	3,40
47	1,0	46,0	10,0		3,0	156,0	3,39
48	1,0	47,0	10,3		3,0	159,0	3,38
49	1,0	48,0	10,6		3,0	162,0	3,38
50	1,0	49,0	10,8		2,0	164,0	3,35
51	1,0	50,0	11,0		2,0	166,0	3,32
52	1,0	51,0	11,3		3,0	169,0	3,31
53	1,0	52,0	11,5		2,0	171,0	3,29
54	1,0	53,0	11,7		2,0	173,0	3,26
55	1,0	54,0	11,9		2,0	175,0	3,24
56	1,0	55,0	12,1		2,0	177,0	3,22

57	1,0	56,0	12,3	2,0	179,0	3,20
58	1,0	57,0	12,5	2,0	181,0	3,18
59	1,0	58,0	12,7	2,0	183,0	3,16
60	1,0	59,0	12,9	2,0	185,0	3,14
61	1,0	60,0	13,0	1,0	186,0	3,10



---

**PLANILHA DE CAMPO**


---

Local: R 2      Altitude: 1841 m      Cobertura: Reflorestamento  
 Coordenadas UTM: Zona 23 K      E 444590      N 7483828

---

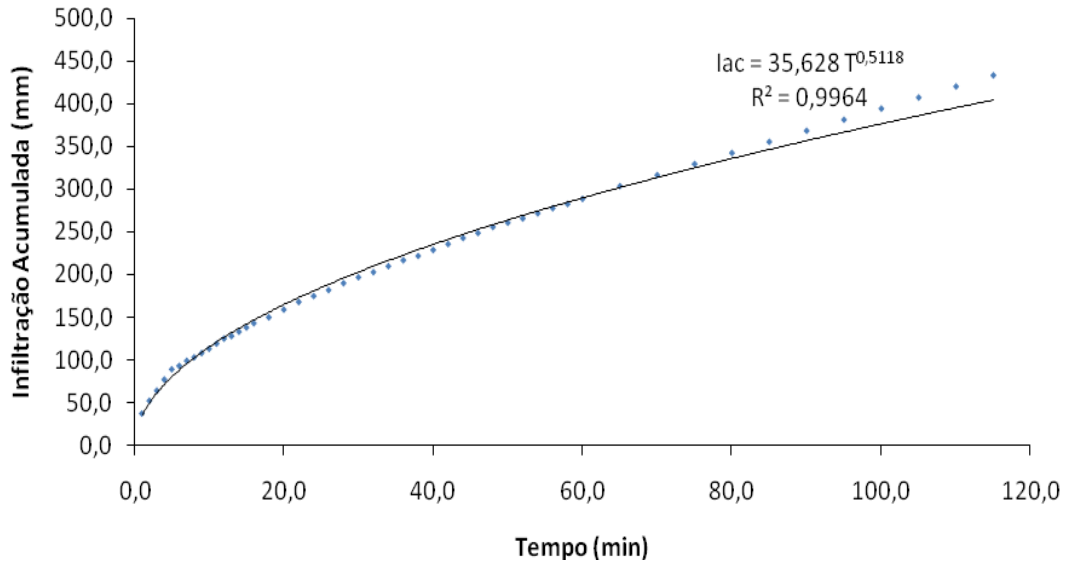
	Dif. Tempo (min)	Tempo Acum (min)	Leitura (cm)	Leitura de Recarga (cm)	Dif. Leitura (mm)	Infilt Acum (mm)	Veloc Infilt (mm/min)
1	0,0	0,0	6,4		0,0	0,0	
2	1,0	1,0	10,9	4,3	45,0	45,0	45,00
3	1,0	2,0	7,0		27,0	72,0	36,00
4	1,0	3,0	10,0	4,0	30,0	102,0	34,00
5	1,0	4,0	6,5		25,0	127,0	31,75
6	1,0	5,0	9,2	3,9	27,0	154,0	30,80
7	1,0	6,0	6,3		24,0	178,0	29,67
8	1,0	7,0	9,0	6,2	27,0	205,0	29,29
9	1,0	8,0	8,1		19,0	224,0	28,00
10	1,0	9,0	10,7	8,1	26,0	250,0	27,78
11	1,0	10,0	9,9		18,0	268,0	26,80
12	1,0	11,0	11,7	7,0	18,0	286,0	26,00
13	1,0	12,0	8,8		18,0	304,0	25,33
14	1,0	13,0	10,8		20,0	324,0	24,92
15	1,0	14,0	12,8		20,0	344,0	24,57
16	1,0	15,0	14,5		17,0	361,0	24,07
17	1,0	16,0	16,1		16,0	377,0	23,56

---

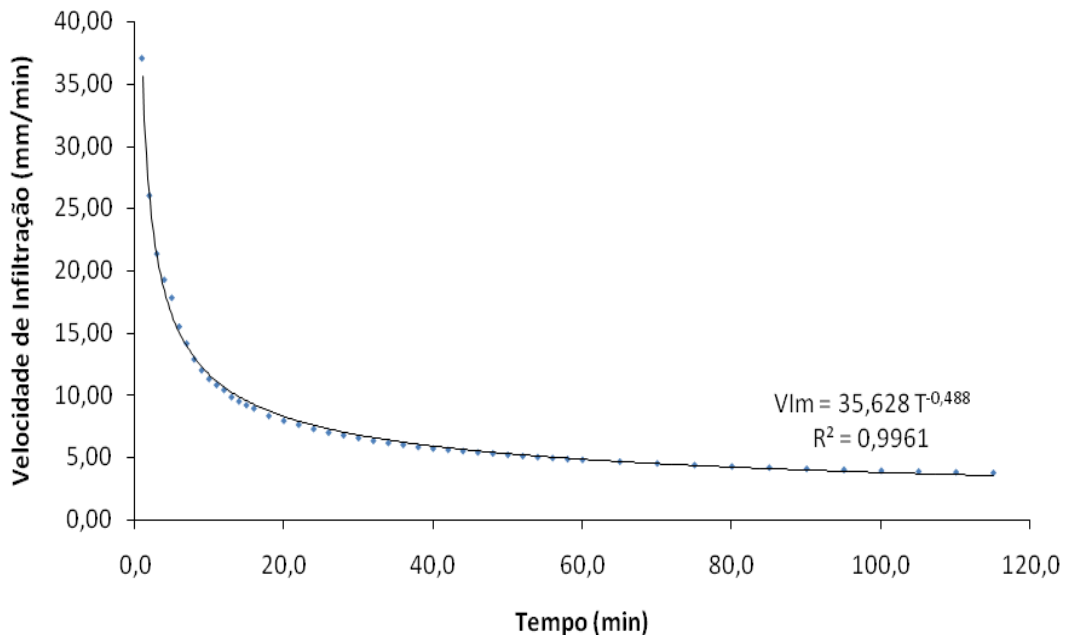
PLANILHA DE CAMPO							
Local: R 3	Altitude: 1771 m	Cobertura:		Reflorestamento			
Coordenadas UTM: Zona 23 K	E 443108		N 7483162				
	Dif. Tempo (min)	Tempo Acum (min)	Leitura (cm)	Leitura da Recarga (cm)	Dif. Leitura (mm)	Infilt Acum (mm)	Veloc Infil (mm/min)
1	0,0	0,0	7,4				
2	1,0	1,0	8,6		12,0	12,0	12,00
3	1,0	2,0	9,6	7,0	10,0	22,0	11,00
4	1,0	3,0	8,0		10,0	32,0	10,67
5	1,0	4,0	8,8		8,0	40,0	10,00
6	1,0	5,0	9,6	6,9	8,0	48,0	9,60
7	1,0	6,0	7,5		6,0	54,0	9,00
8	1,0	7,0	8,4		9,0	63,0	9,00
9	1,0	8,0	9,2	7,0	8,0	71,0	8,88
10	1,0	9,0	7,6		6,0	77,0	8,56
11	1,0	10,0	8,4		8,0	85,0	8,50
12	1,0	11,0	9,1	6,4	7,0	92,0	8,36
13	1,0	12,0	7,0		6,0	98,0	8,17
14	1,0	13,0	7,9		9,0	107,0	8,23
15	1,0	14,0	8,6	6,2	7,0	114,0	8,14
16	2,0	16,0	7,7	5,0	15,0	129,0	8,06
17	2,0	18,0	6,3		13,0	142,0	7,89
18	2,0	20,0	7,6	5,0	13,0	155,0	7,75
19	2,0	22,0	6,4		14,0	169,0	7,68
20	2,0	24,0	7,8	4,8	14,0	183,0	7,63
21	2,0	26,0	6,1		13,0	196,0	7,54
22	2,0	28,0	7,5	5,0	14,0	210,0	7,50
23	2,0	30,0	6,4		14,0	224,0	7,47
24	2,0	32,0	7,6	5,0	12,0	236,0	7,38
25	2,0	34,0	6,2		12,0	248,0	7,29
26	2,0	36,0	7,6	5,0	14,0	262,0	7,28
27	2,0	38,0	6,3		13,0	275,0	7,24
28	2,0	40,0	7,5	5,0	12,0	287,0	7,18
29	2,0	42,0	6,1		11,0	298,0	7,10
30	2,0	44,0	7,5	5,0	14,0	312,0	7,09
31	2,0	46,0	6,2		12,0	324,0	7,04
32	2,0	48,0	7,4	4,9	12,0	336,0	7,00
33	2,0	50,0	6,1		12,0	348,0	6,96
34	2,0	52,0	7,5	5,0	14,0	362,0	6,96
35	2,0	54,0	6,1		11,0	373,0	6,91
36	2,0	56,0	7,4	4,9	13,0	386,0	6,89
37	2,0	58,0	6,1		12,0	398,0	6,86
38	2,0	60,0	7,4	5,0	13,0	411,0	6,85
39	2,0	62,0	6,0		10,0	421,0	6,79
40	2,0	64,0	7,2	5,0	12,0	433,0	6,77
41	2,0	66,0	6,2		12,0	445,0	6,74
42	2,0	68,0	7,3	4,9	11,0	456,0	6,71
43	2,0	70,0	5,8		9,0	465,0	6,64
44	2,0	72,0	7,0	5,0	12,0	477,0	6,63
45	2,0	74,0	6,0		10,0	487,0	6,58
46	2,0	76,0	7,0	4,9	10,0	497,0	6,54
47	2,0	78,0	5,9		10,0	507,0	6,50
48	2,0	80,0	6,9		10,0	517,0	6,46

**APÊNDICE E –** Representação gráfica da Infiltração Acumulada – lac e Velocidade de Infiltração Média – VIm

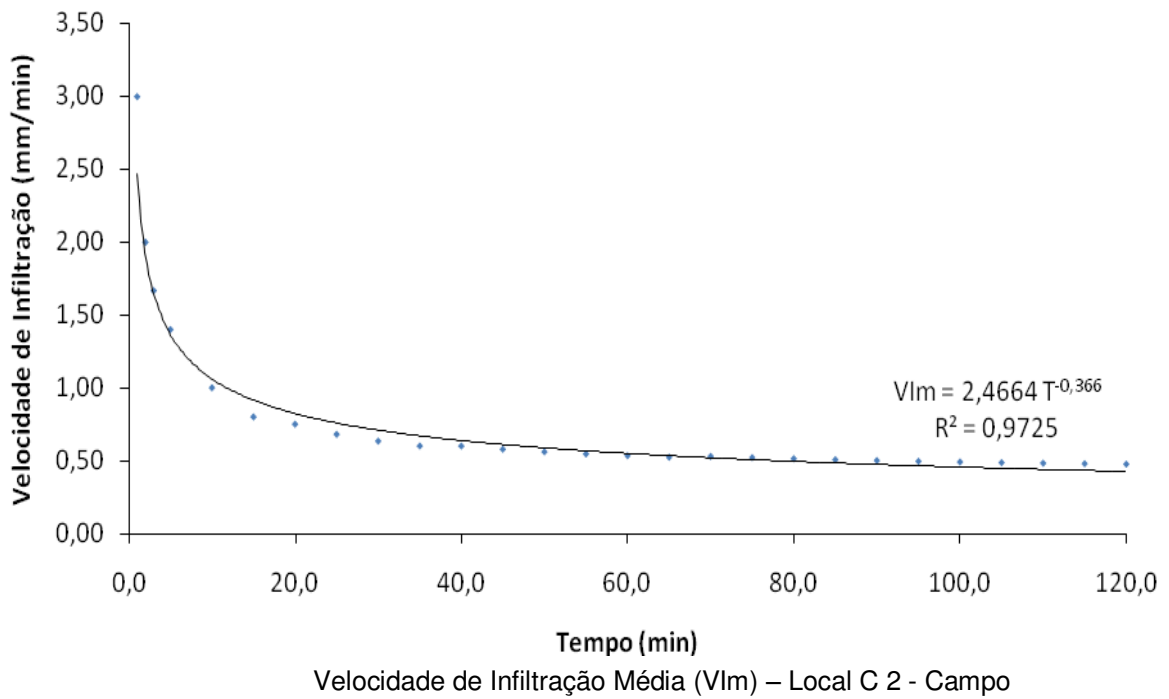
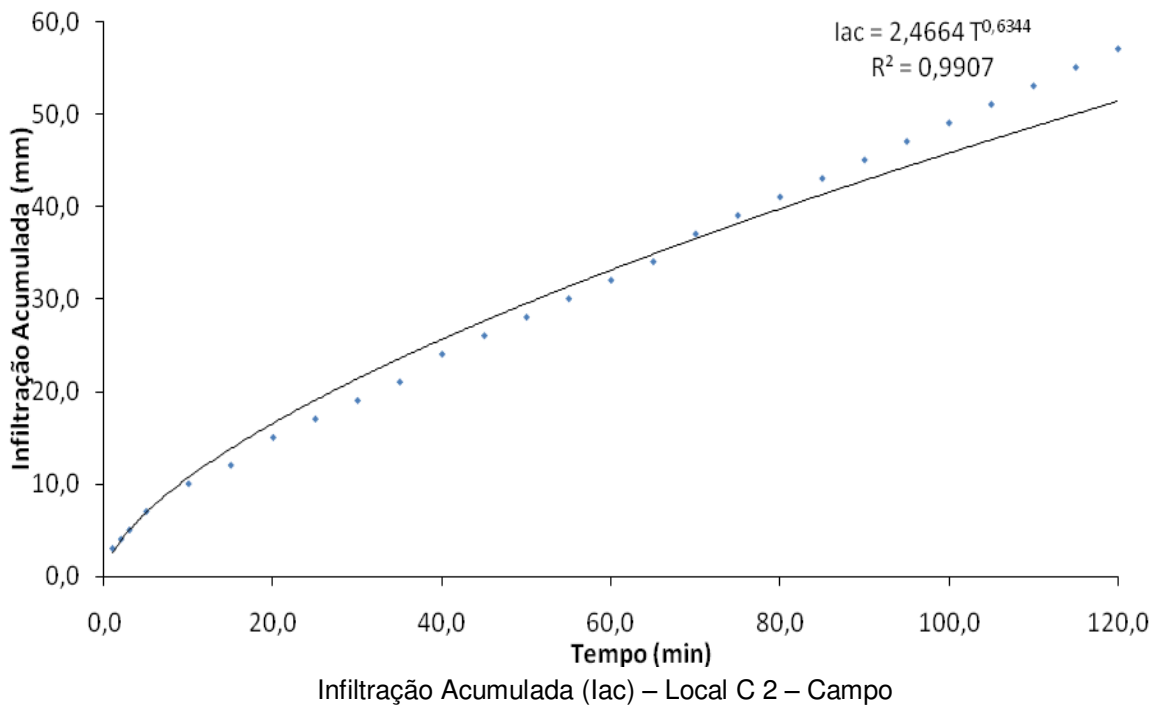
Cobertura vegetal: Campo

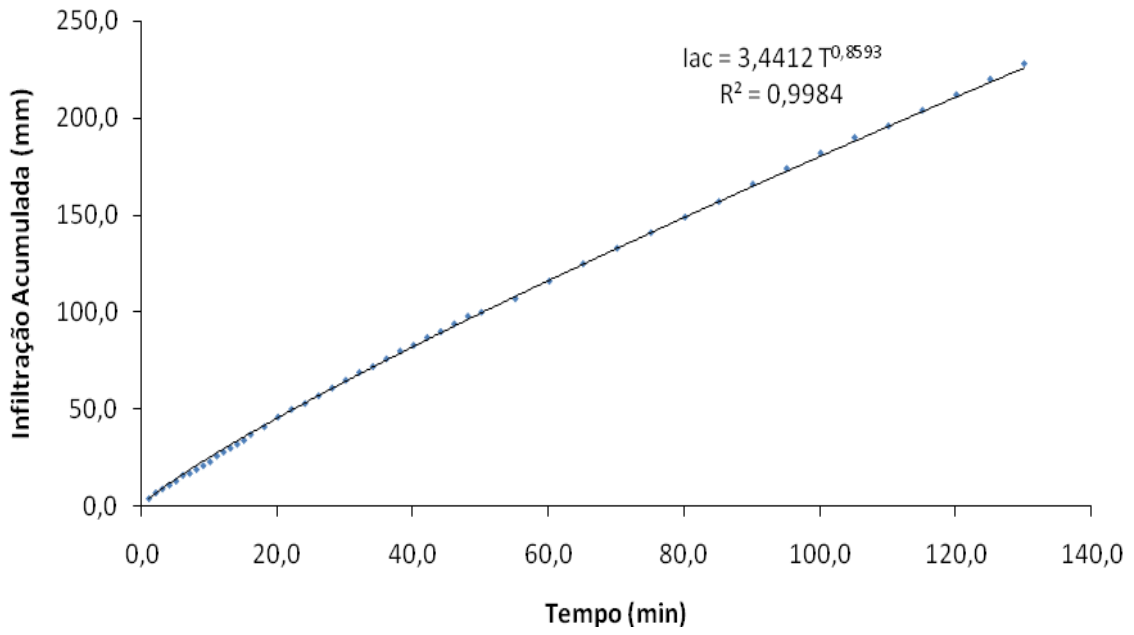


Infiltração Acumulada (lac) – Local C 1 – Campo

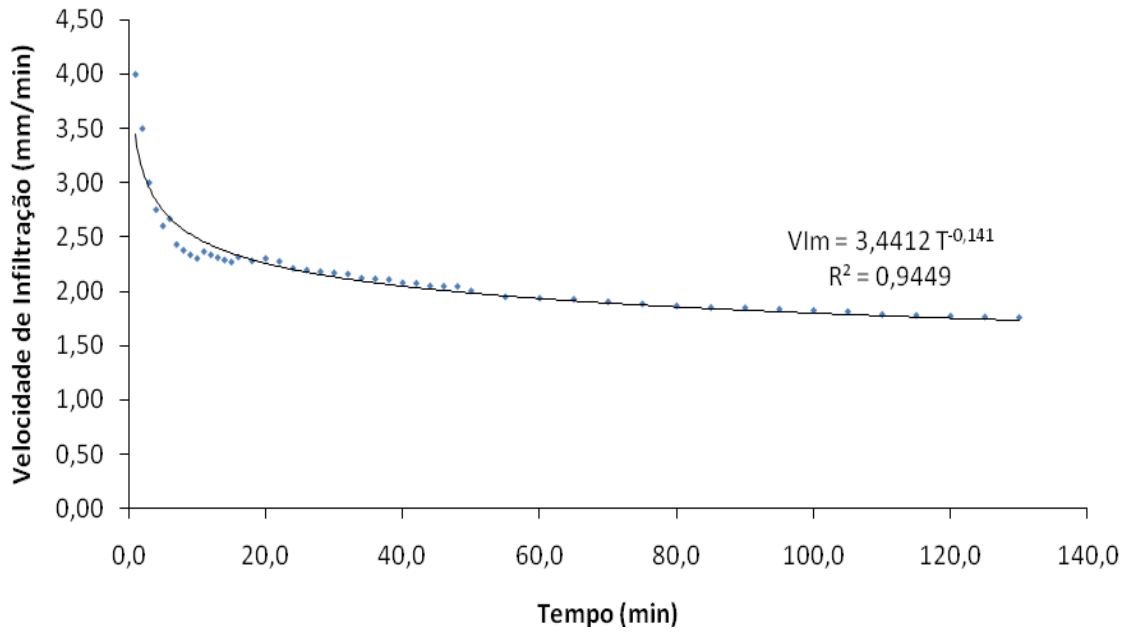


Velocidade de Infiltração Média (VIm) – Local C 1 - Campo

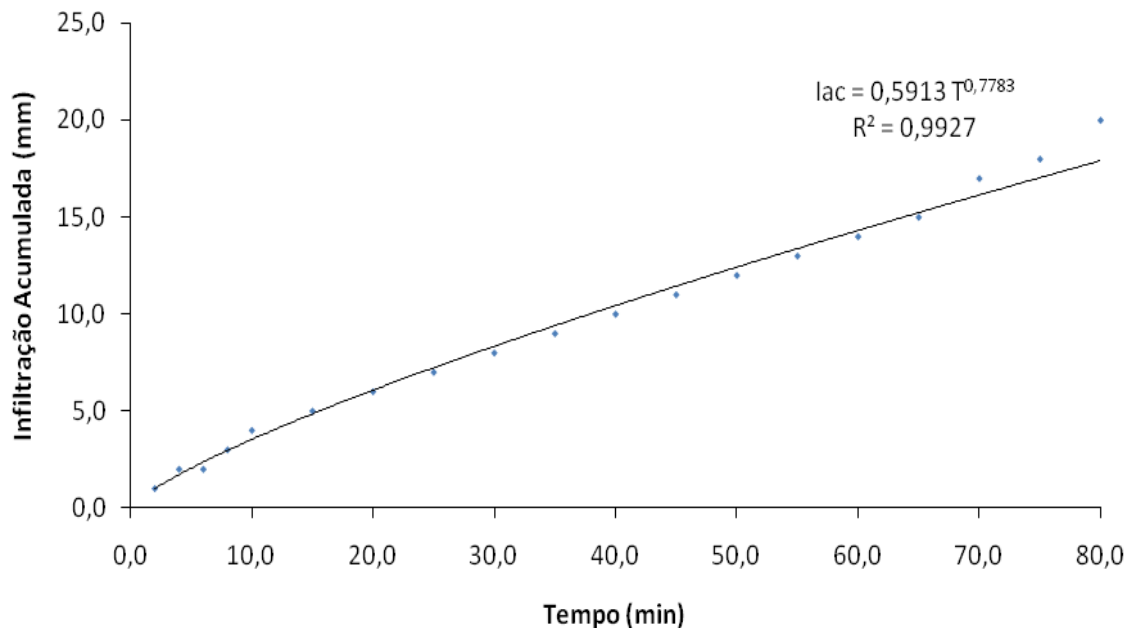




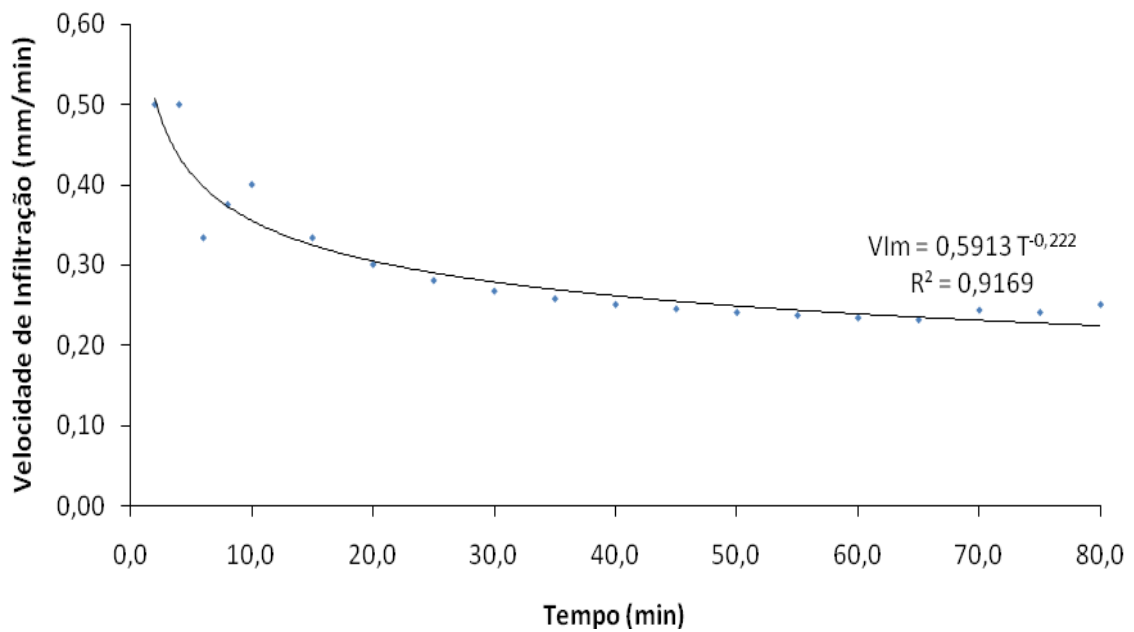
Infiltração Acumulada (Iac) – Local C 3 – Campo



Velocidade de Infiltração Média (VIm) – Local C 3 - Campo



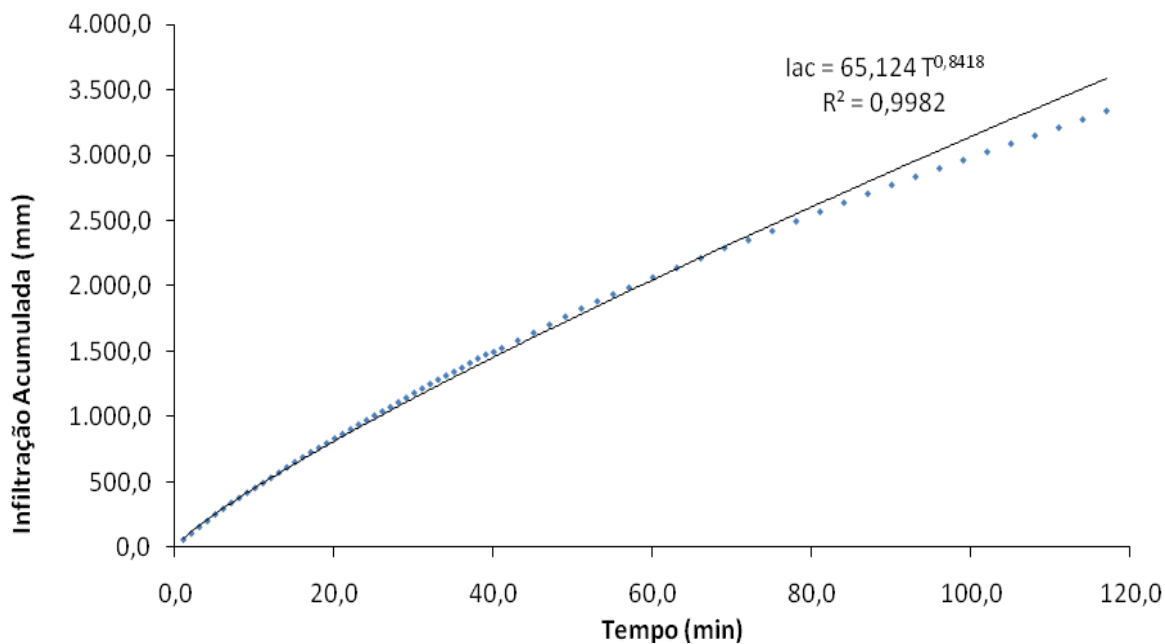
Infiltração Acumulada (lac) – Local C 4 – Campo



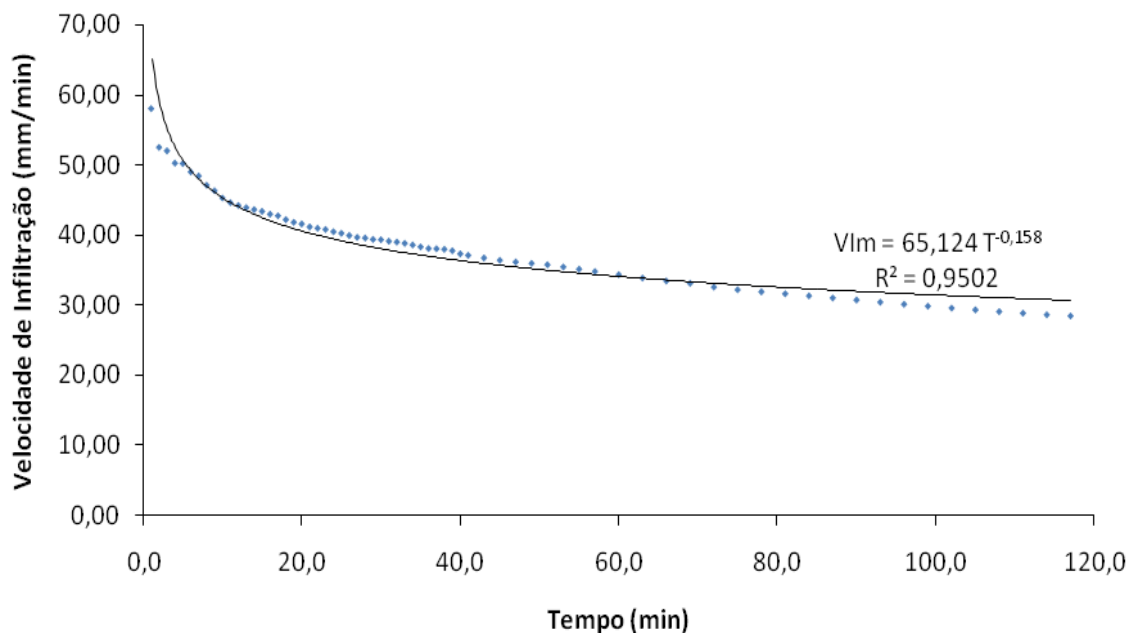
Velocidade de Infiltração Média (VIm) – Local C 4 - Campo

**APÊNDICE F –** Representação gráfica da Infiltração Acumulada – lac e Velocidade de Infiltração Média – VIm

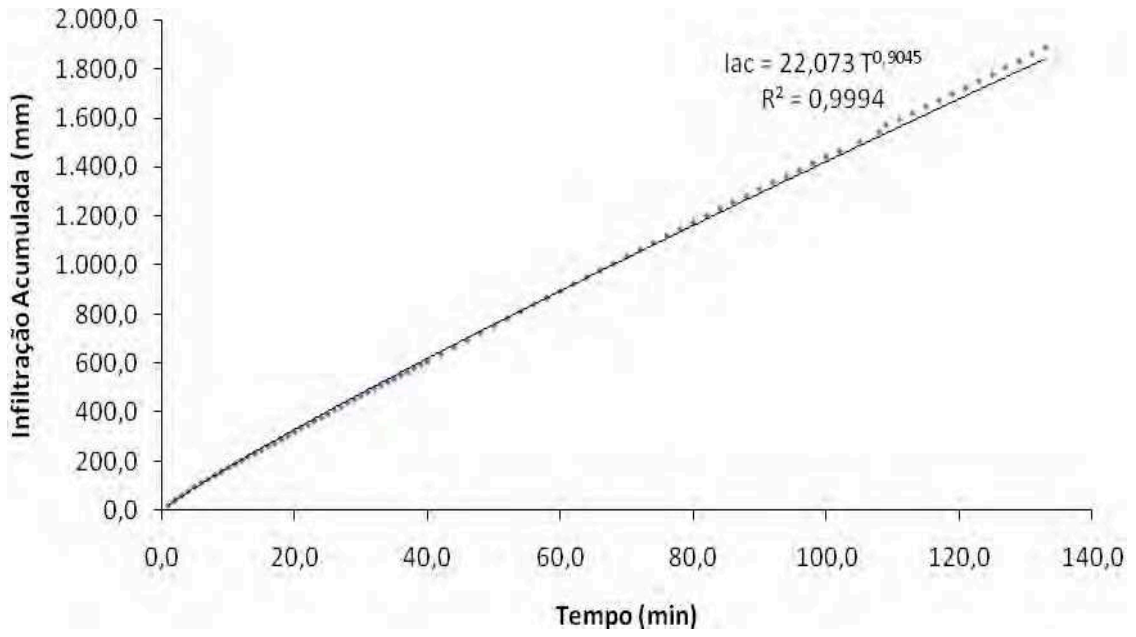
Cobertura vegetal: Floresta



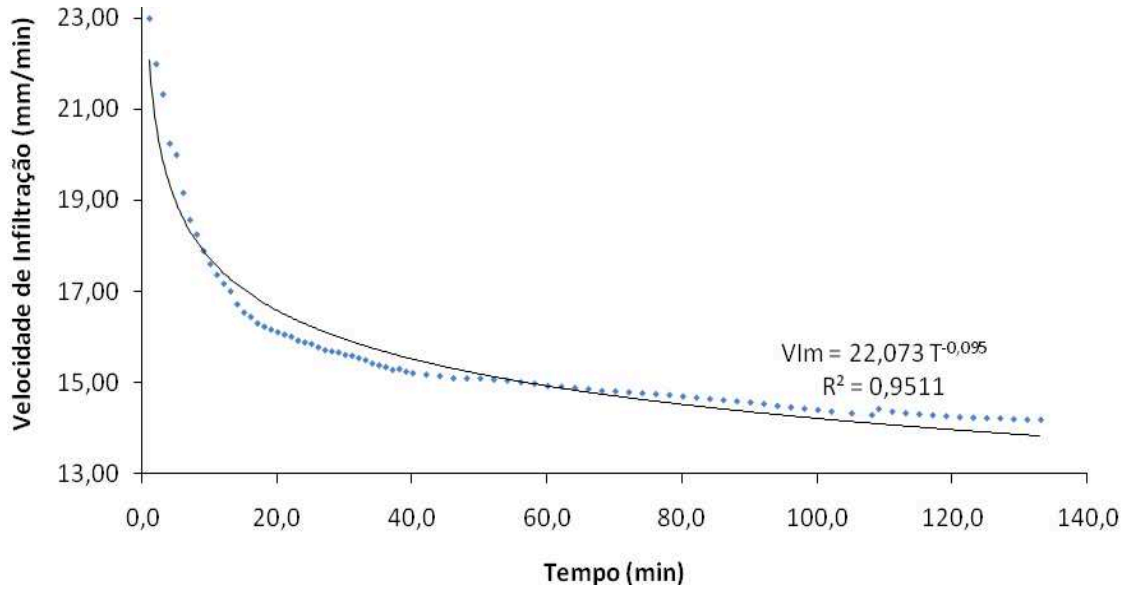
Infiltração Acumulada (lac) – Local F 1 – Floresta



Velocidade de Infiltração Média (VIm) – Local F 1 - Floresta

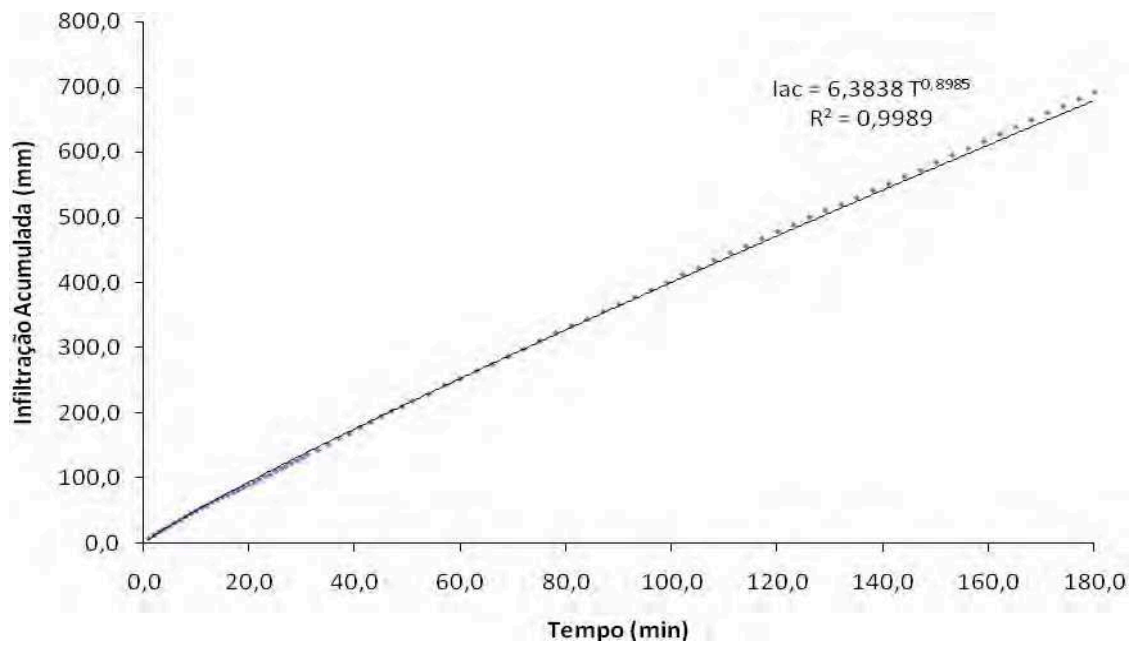


Infiltração Acumulada (lac) – Local F 2 – Floresta

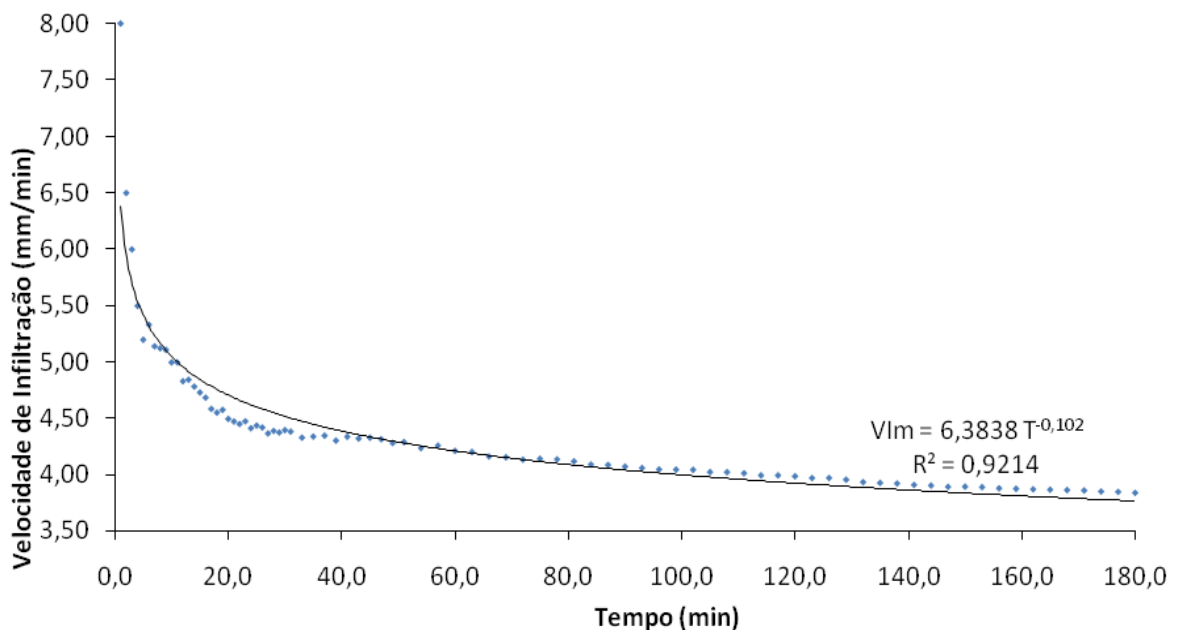


Velocidade de Infiltração Média (VIm) – Local F 2 - Floresta





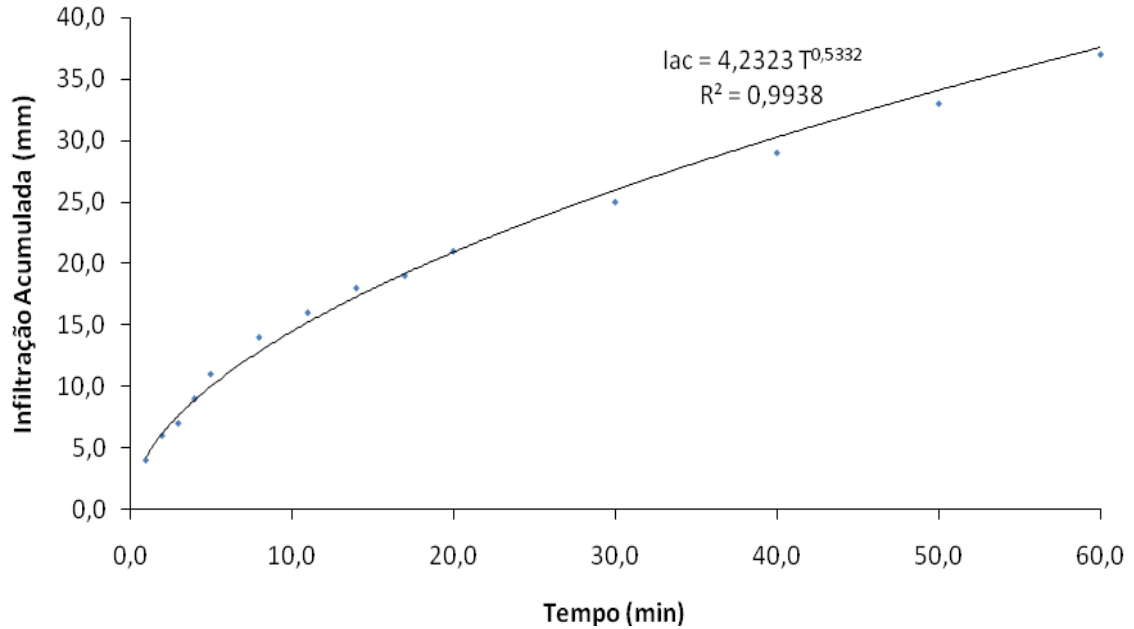
Infiltração Acumulada (Iac) – Local F 3 – Floresta



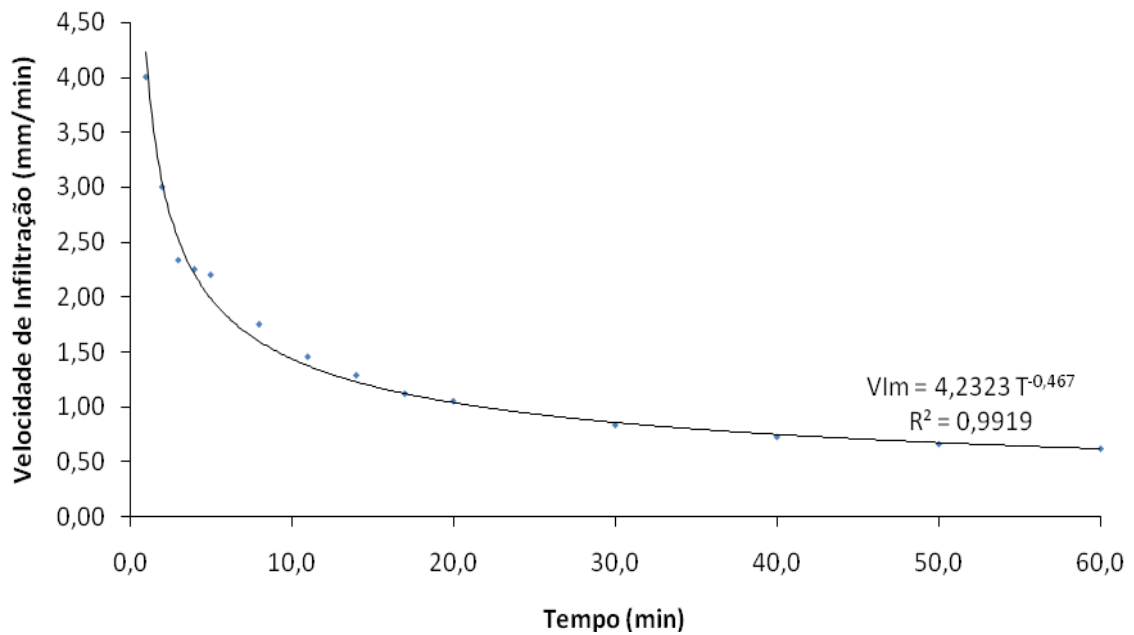
Velocidade de Infiltração Média (VIm) – Local F 3 - Floresta

**APÊNDICE G** – Representação gráfica da Infiltração Acumulada –  $I_{ac}$  e Velocidade de Infiltração Média –  $V_{Im}$

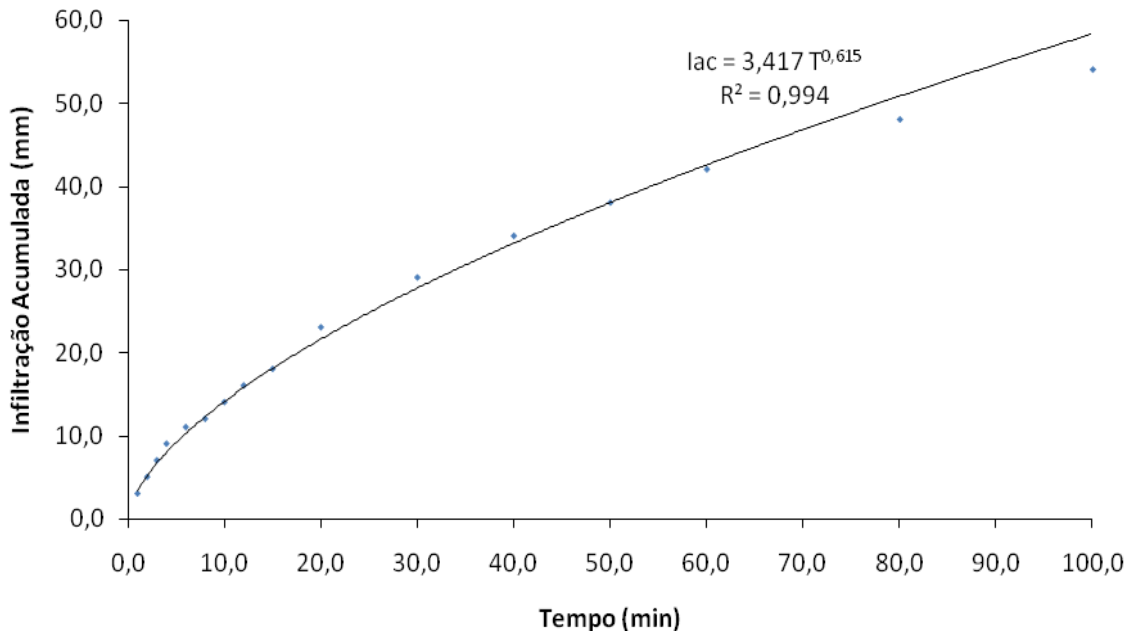
Cobertura vegetal: Pasto



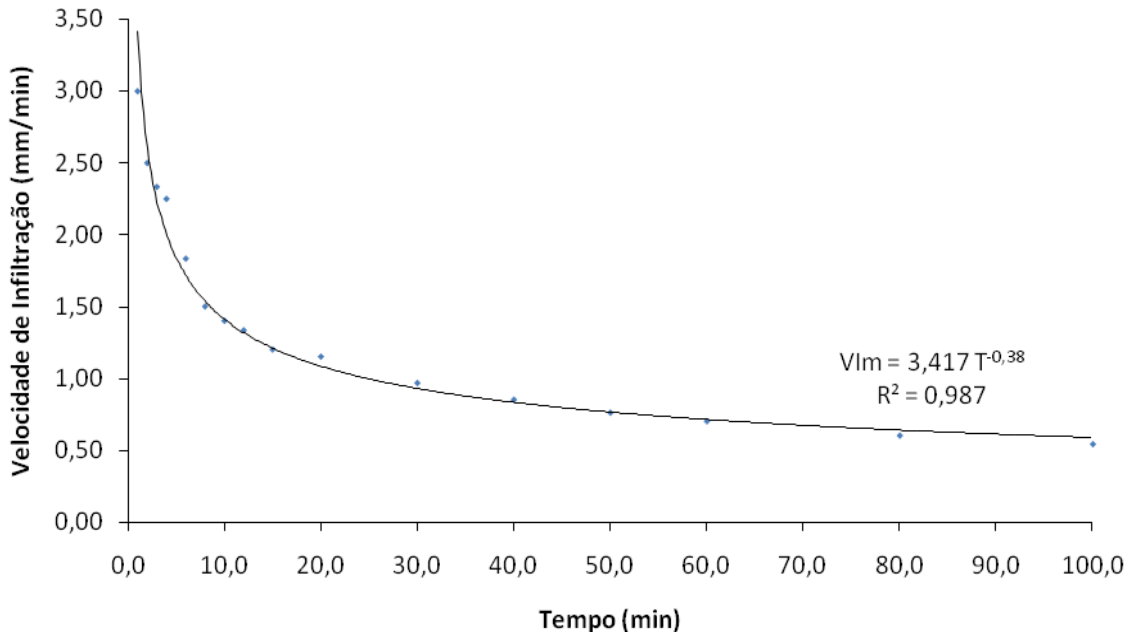
Infiltração Acumulada ( $I_{ac}$ ) – Local P 1 – Pasto



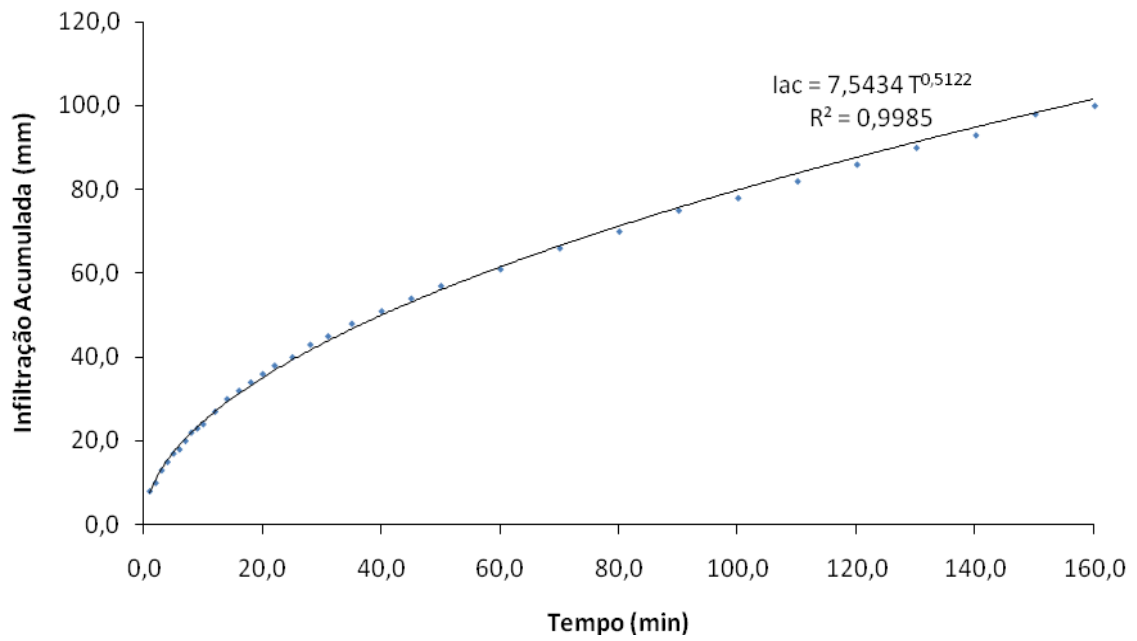
Velocidade de Infiltração Média ( $V_{Im}$ ) – Local P 1 - Pasto



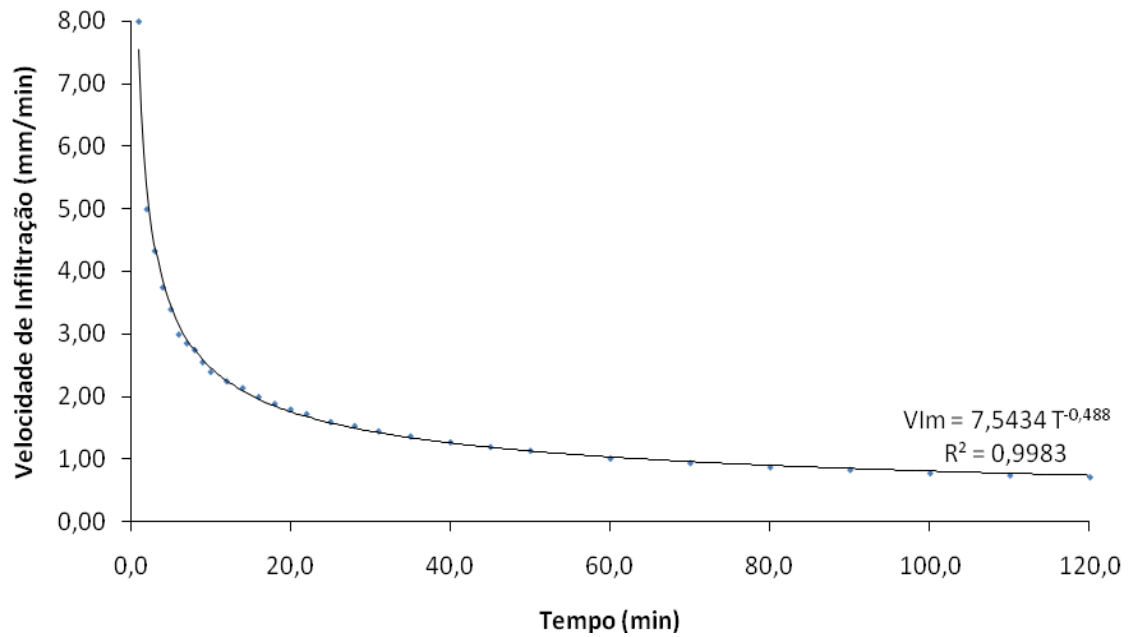
Infiltração Acumulada (lac) – Local P 2 – Pasto



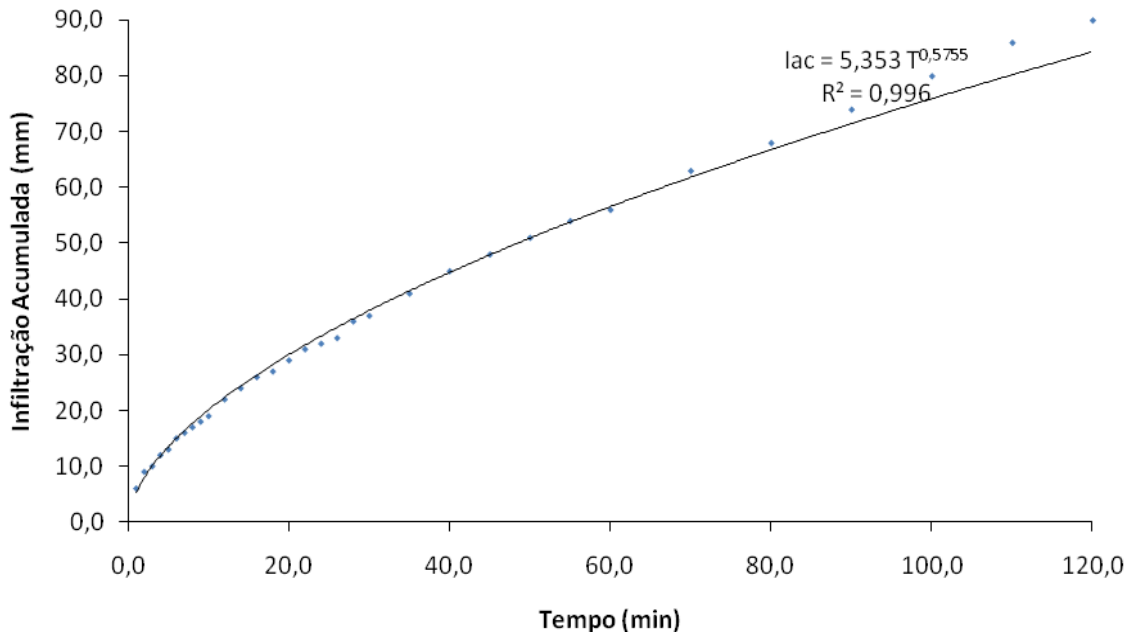
Velocidade de Infiltração Média (VIm) – Local P 2 - Pasto



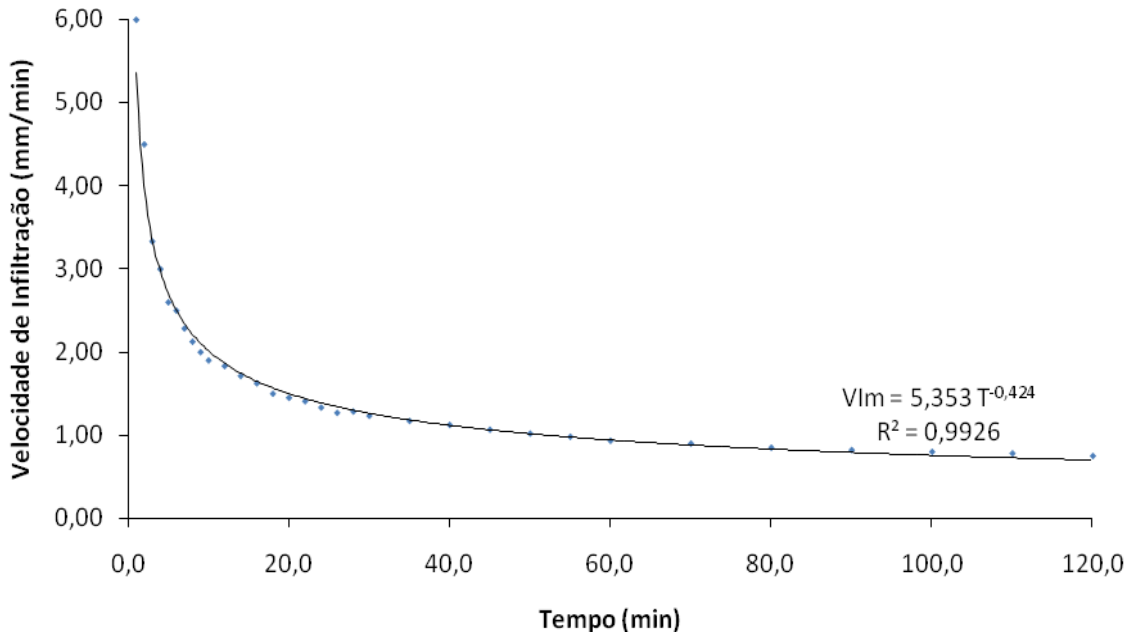
Infiltração Acumulada (lac) – Local P 3 – Pasto



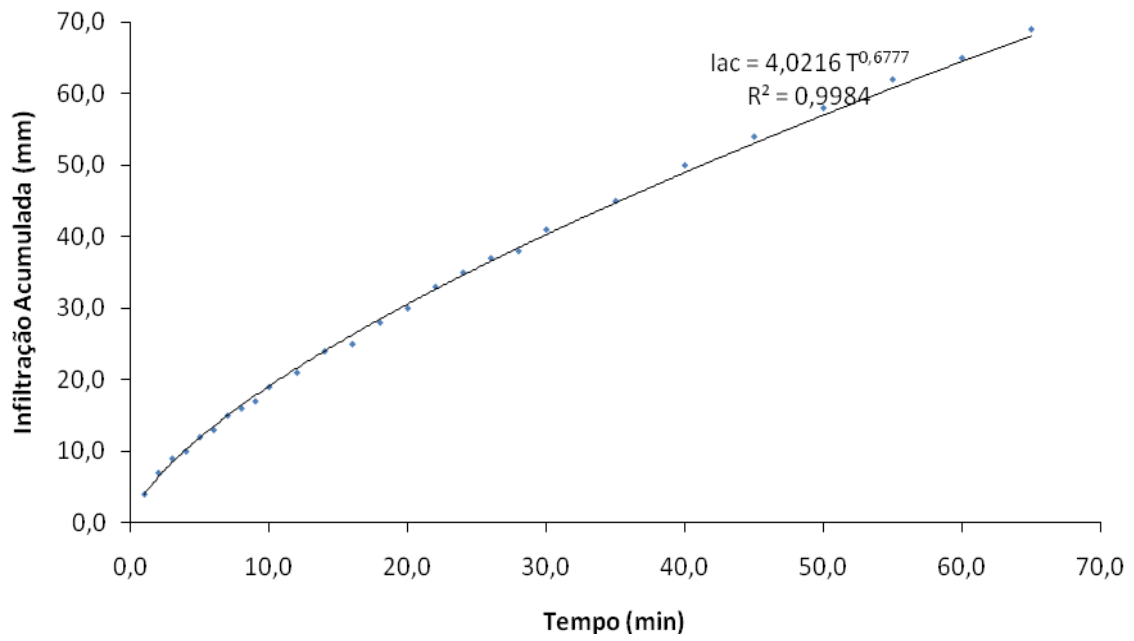
Velocidade de Infiltração Média (VIm) – Local P 3 - Pasto



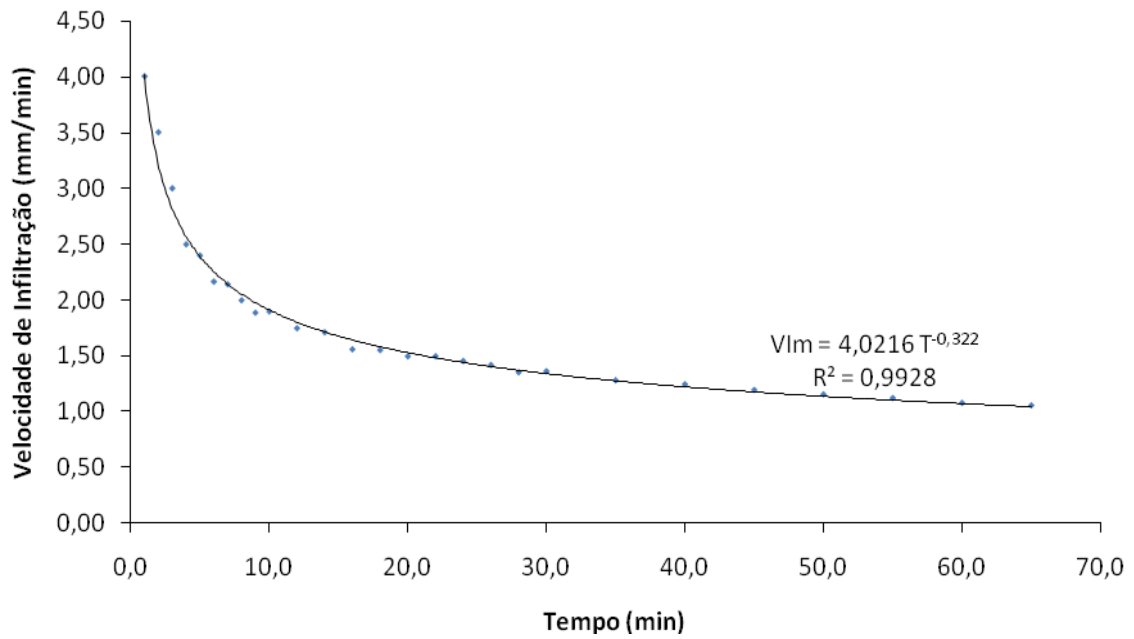
Infiltração Acumulada (lac) – Local P 4 – Pasto



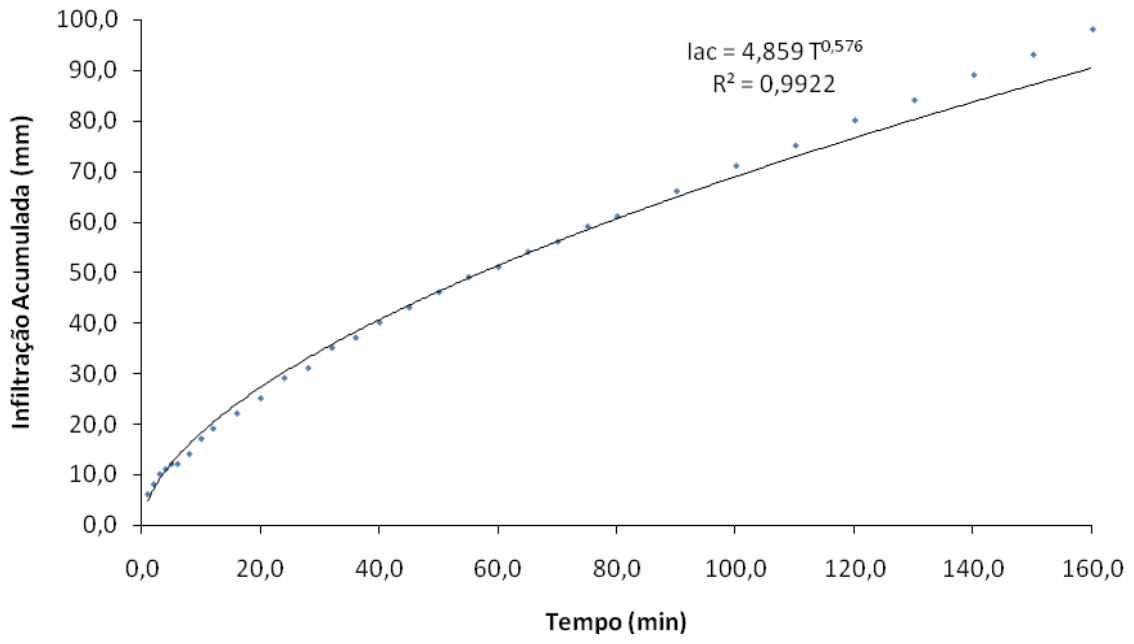
Velocidade de Infiltração Média (VIm) – Local P 4 - Pasto



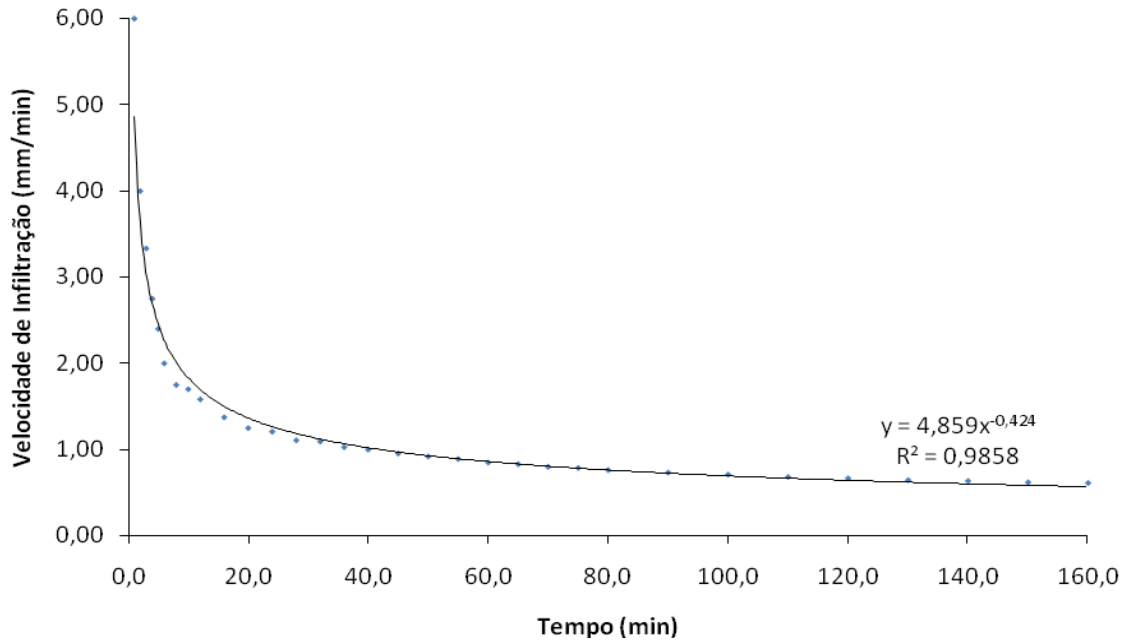
Infiltração Acumulada (lac) – Local P 5 – Pasto



Velocidade de Infiltração Média (VIm) – Local P 5 - Pasto



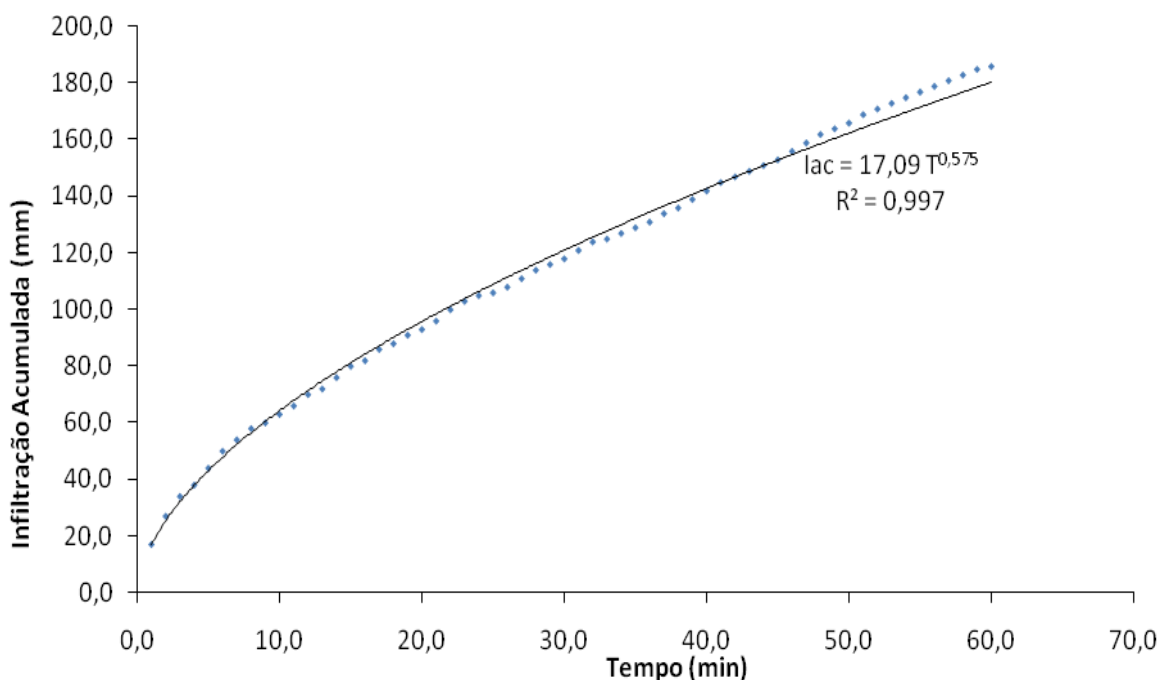
Infiltração Acumulada (lac) – Local P 6 – Pasto



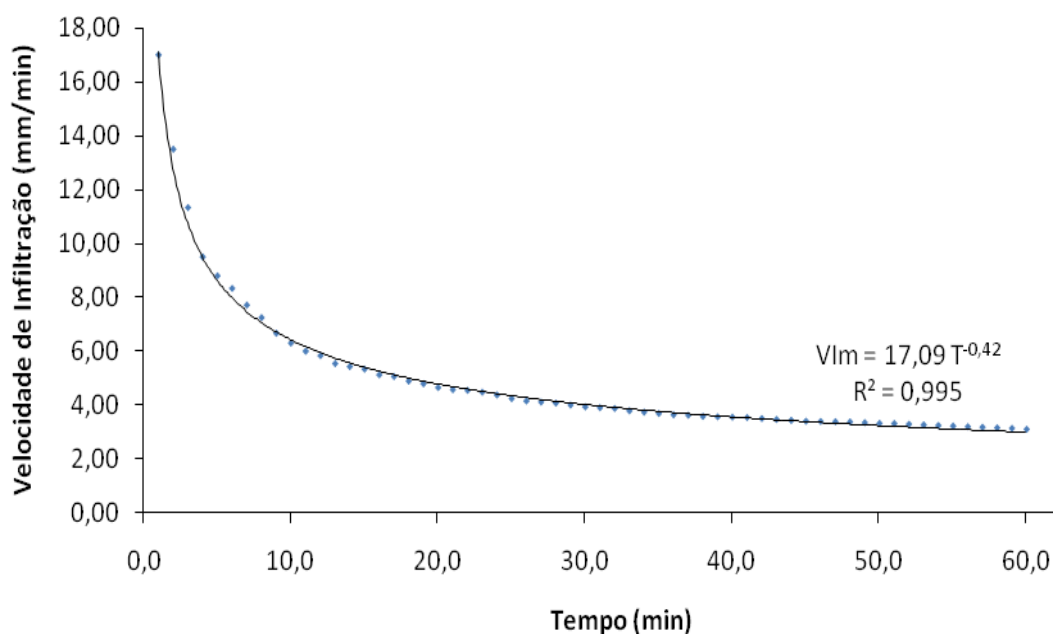
Velocidade de Infiltração Média (VIm) – Local P 6 - Pasto

## APÊNDICE H – Representação gráfica da Infiltração Acumulada – lac e Velocidade de Infiltração Média – VIm

Cobertura vegetal: Reflorestamento

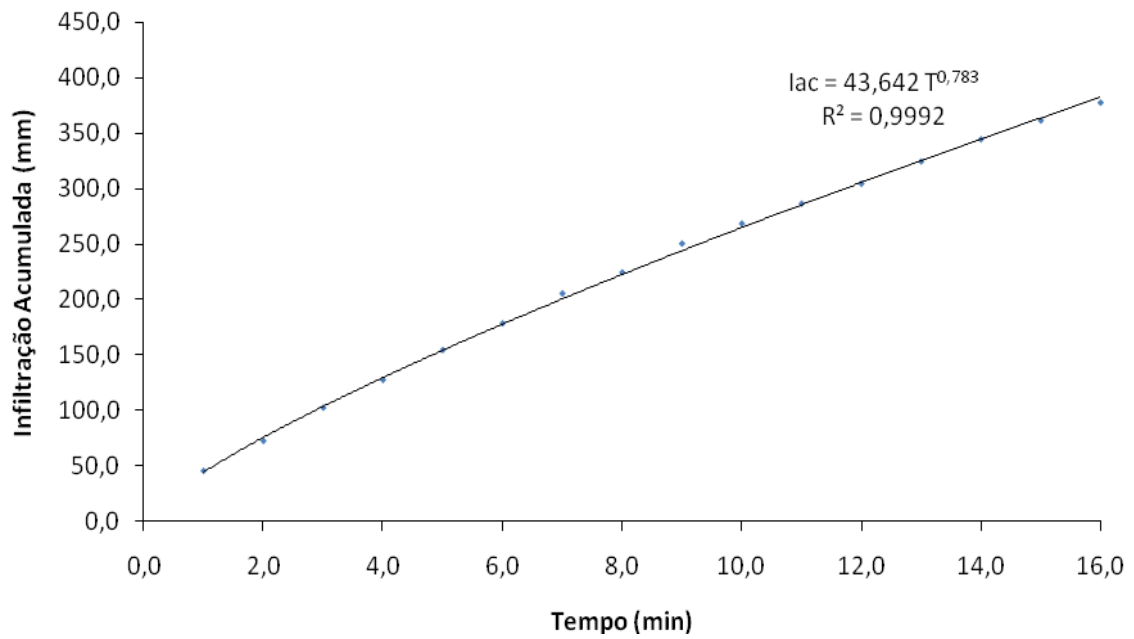


Infiltração Acumulada (lac) – Local R 1 – Reflorestamento

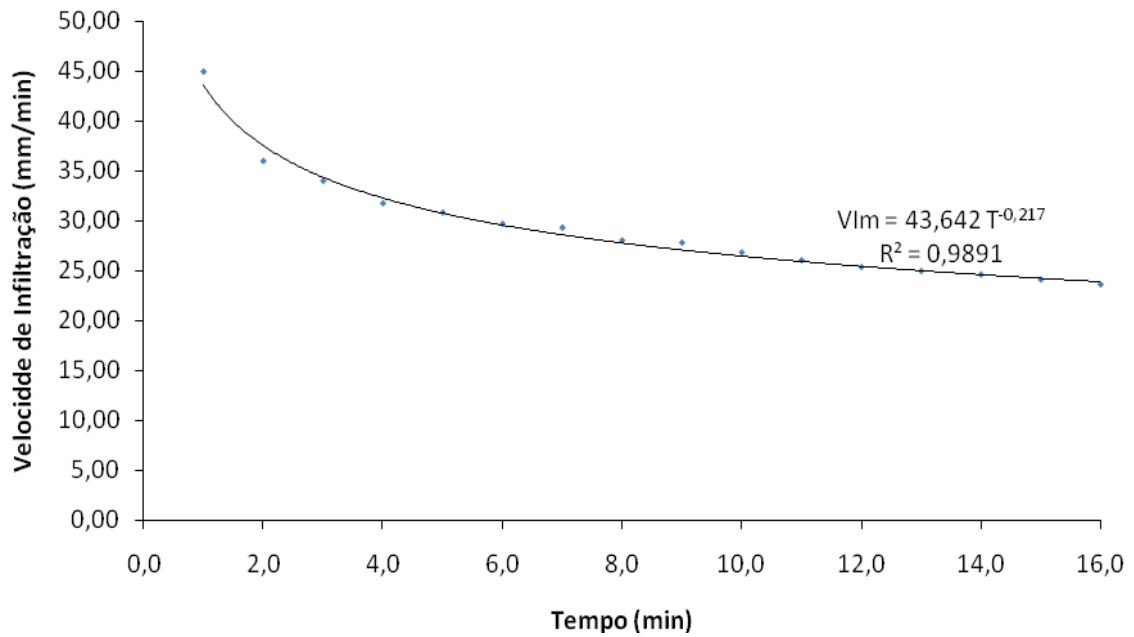


Velocidade de Infiltração Média (VIm) – Local R 1 - Reflorestamento

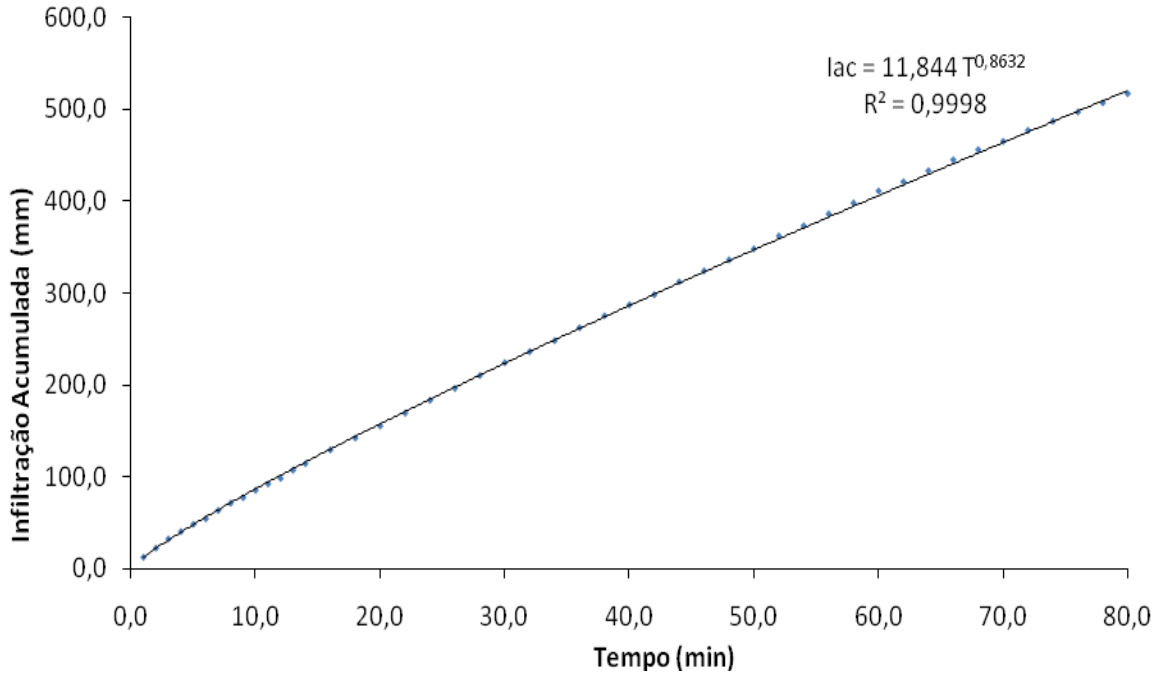




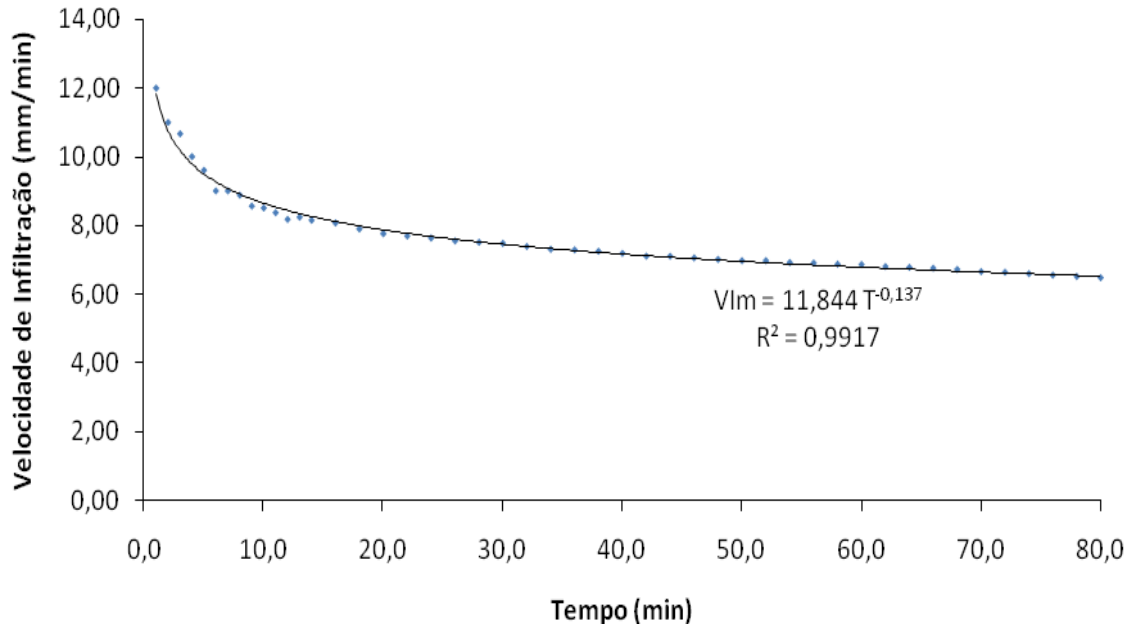
Infiltração Acumulada (lac) – Local R 2 – Reflorestamento



Velocidade de Infiltração Média (VIm) – Local R 2 - Reflorestamento



Infiltração Acumulada (lac) – Local R 3 – Reflorestamento



Velocidade de Infiltração Média (VIm) – Local R 3 - Reflorestamento

## APÊNDICE I – Cálculo do florestamento compensatório com as novas áreas de estudo

### Área de estudo - A1

Uso do solo	Área - A1	Precipitação média	Volume médio precipitado	Volume que deveria infiltrar	Velocidade de Infiltração Básica (VIB)	VIB	Porcentagem de perda	Perda padrão	Perda em excesso	Volume perdido em excesso
	m <sup>2</sup>	m/ano	m <sup>3</sup> /ano	m <sup>3</sup> /ano	mm/hora	%	%	%	%	m <sup>3</sup> /ano
Floresta	13.868.600	1,8217	25.264.429	5.191.840	852,00	61,47	38,53	38,53	0,00%	0
Área urbanizada	4.344.300	1,8217	7.914.011	1.626.329	0,00	0,00	100,00	38,53	61,47%	999.705
Reflorestamento	3.034.800	1,8217	5.528.495	1.136.106	390,00	28,14	71,86	38,53	33,33%	378.664
Campo	2.650.800	1,8217	4.828.962	992.352	108,00	7,79	92,21	38,53	53,68%	532.694
Pasto	1.268.000	1,8217	2.309.916	474.688	36,00	2,60	97,40	38,53	58,83%	279.259
Total	25.166.500		45.845.813	9.421.315	1.386,00	100,00				2.190.322

Volume perdido em excesso (m<sup>3</sup>/ano) 2.190.322

Número de horas contínuas de precipitação (h/ano) 2,14

Volume de água de precipitação em 1 ha (m<sup>3</sup>/hora/ha) 8520

Volume de água de precipitação infiltrado pelas florestas por ha em um ano (m<sup>3</sup>/ha/ano) 18.233

Se em 1 ha infiltra L m<sup>3</sup>/ano, em quantos (X) ha infiltrarão a perda em excesso (M m<sup>3</sup>/ano)?

1 ha 18.233

X ha 2.190.322

X = 120,13 ha ou 1.201.300 m<sup>2</sup>

Área total de floresta (A2) = 1.506,99 ha ou 15.069.900 m<sup>2</sup>

Área de estudo - A2

Uso do solo	Área - A2	Precipitação média	Volume médio precipitado	Volume que deveria infiltrar	Velocidade de Infiltração Básica (VIB)	VIB	Porcentagem de perda	Perda padrão	Perda em excesso	Volume perdido em excesso
	m <sup>2</sup>	m/ano	m <sup>3</sup> /ano	m <sup>3</sup> /ano	mm/hora	%	%	%	%	m <sup>3</sup> /ano
Floresta	15.069.900	1,8217	27.452.837	5.641.558	852,00	61,47	38,53	38,53	0,00%	0
Área urbanizada	4.344.300	1,8217	7.914.011	1.626.329	0,00	0,00	100,00	38,53	61,47%	999.705
Reflorestamento	1.833.500	1,8217	3.340.087	686.388	390,00	28,14	71,86	38,53	33,33%	228.773
Campo	2.650.800	1,8217	4.828.962	992.352	108,00	7,79	92,21	38,53	53,68%	532.694
Pasto	1.268.000	1,8217	2.309.916	474.688	36,00	2,60	97,40	38,53	58,83%	279.259
Total	25.166.500		45.845.813	9.421.315	1.386,00	100,00				2.040.431

Volume perdido em excesso (m<sup>3</sup>/ano) 2.040.431

Número de horas contínuas de precipitação (h/ano) 2,14

Volume de água de precipitação em 1 ha (m<sup>3</sup>/hora/ha) 8520

Volume de água de precipitação infiltrado pelas florestas por ha em um ano (m<sup>3</sup>/ha/ano) 18.233

Se em 1 ha infiltra L m<sup>3</sup>/ano, em quantos (X) ha infiltrarão a perda em excesso (M m<sup>3</sup>/ano)?

1 ha 18.233

X ha 2.040.431

X = 111,91 ha ou 1.119.100 m<sup>2</sup>

Área total de floresta (A3) = 1.618,90 ha ou 16.189.900 m<sup>2</sup>

Área de estudo - A3

Uso do solo	Área - A3	Precipitação média	Volume médio precipitado	Volume que deveria infiltrar	Velocidade de Infiltração Básica (VIB)	VIB	Porcentagem de perda	Perda padrão	Perda em excesso	Volume perdido em excesso
	m <sup>2</sup>	m/ano	m <sup>3</sup> /ano	m <sup>3</sup> /ano	mm/hora	%	%	%	%	m <sup>3</sup> /ano
Floresta	16.189.000	1,8217	29.491.501	6.060.504	852,00	61,47	38,53	38,53	0,00%	0
Área urbanizada	4.344.300	1,8217	7.914.011	1.626.329	0,00	0,00	100,00	38,53	61,47%	999.705
Reflorestamento	714.400	1,8217	1.301.422	267.442	390,00	28,14	71,86	38,53	33,33%	89.139
Campo	2.650.800	1,8217	4.828.962	992.352	108,00	7,79	92,21	38,53	53,68%	532.694
Pasto	1.268.000	1,8217	2.309.916	474.688	36,00	2,60	97,40	38,53	58,83%	279.259
Total	25.166.500		45.845.813	9.421.315	1.386,00	100,00				1.900.796

Volume perdido em excesso (m<sup>3</sup>/ano) 1.900.796

Número de horas contínuas de precipitação (h/ano) 2,14

Volume de água de precipitação em 1 ha (m<sup>3</sup>/hora/ha) 8520

Volume de água de precipitação infiltrado pelas florestas por ha em um ano (m<sup>3</sup>/ha/ano) 18.233

Se em 1 ha infiltra L m<sup>3</sup>/ano, em quantos (X) ha infiltrarão a perda em excesso (M m<sup>3</sup>/ano)?

1 ha 18.233

X ha 1.900.796

X = 104,25 ha ou 1.042.500 m<sup>2</sup>

Área total de floresta (A4)= 1.723,15 ha ou 17.231.500 m<sup>2</sup>

Área de estudo - A4

Uso do solo	Área - A4	Precipitação média	Volume médio precipitado	Volume que deveria infiltrar	Velocidade de Infiltração Básica (VIB)	VIB	Porcentagem de perda	Perda padrão	Perda em excesso	Volume perdido em excesso
	m <sup>2</sup>	m/ano	m <sup>3</sup> /ano	m <sup>3</sup> /ano	mm/hora	%	%	%	%	m <sup>3</sup> /ano
Floresta	16.903.400	1,8217	30.792.924	6.327.946	852,00	61,47	38,53	38,53	0,00%	0
Área urbanizada	4.344.300	1,8217	7.914.011	1.626.329	0,00	0,00	100,00	38,53	61,47%	999.705
Reflorestamento	0	1,8217	0	0	390,00	28,14	71,86	38,53	33,33%	0
Campo	2.650.800	1,8217	4.828.962	992.352	108,00	7,79	92,21	38,53	53,68%	532.694
Pasto	1.268.000	1,8217	2.309.916	474.688	36,00	2,60	97,40	38,53	58,83%	279.259
Total	25.166.500		45.845.813	9.421.315	1.386,00	100,00				1.811.658

Volume perdido em excesso (m<sup>3</sup>/ano) 1.811.658

Número de horas contínuas de precipitação (h/ano) 2,14

Volume de água de precipitação em 1 ha (m<sup>3</sup>/hora/ha) 8520

Volume de água de precipitação infiltrado pelas florestas por ha em um ano (m<sup>3</sup>/ha/ano) 18.233

Se em 1 ha infiltra L m<sup>3</sup>/ano, em quantos (X) ha infiltrarão a perda em excesso (M m<sup>3</sup>/ano)?

1 ha 18.233

X ha 1.811.658

X = 99,36 ha ou 993.600 m<sup>2</sup>

Área total de floresta (A5) = 1.789,70 ha ou 17.897.000 m<sup>2</sup>

Área de estudo - A5

Uso do solo	Área - A5	Precipitação média	Volume médio precipitado	Volume que deveria infiltrar	Velocidade de Infiltração Básica (VIB)	VIB	Porcentagem de perda	Perda padrão	Perda em excesso	Volume perdido em excesso
	m <sup>2</sup>	m/ano	m <sup>3</sup> /ano	m <sup>3</sup> /ano	mm/hora	%	%	%	%	m <sup>3</sup> /ano
Floresta	19.554.200	1,8217	35.621.886	7.320.298	852,00	61,47	38,53	38,53	0,00%	0
Área urbanizada	4.344.300	1,8217	7.914.011	1.626.329	0,00	0,00	100,00	38,53	61,47%	999.705
Reflorestamento	0	1,8217	0	0	390,00	28,14	71,86	38,53	33,33%	0
Campo	0	1,8217	0	0	108,00	7,79	92,21	38,53	53,68%	0
Pasto	1.268.000	1,8217	2.309.916	474.688	36,00	2,60	97,40	38,53	58,83%	279.259
Total	25.166.500		45.845.813	9.421.315	1.386,00	100,00				1.278.963

Volume perdido em excesso (m<sup>3</sup>/ano) 1.278.963  
 Número de horas contínuas de precipitação (h/ano) 2,14  
 Volume de água de precipitação em 1 ha (m<sup>3</sup>/hora/ha) 8520  
 Volume de água de precipitação infiltrado pelas florestas por ha em um ano (m<sup>3</sup>/ha/ano) 18.233  
 Se em 1 ha infiltra L m<sup>3</sup>/ano, em quantos (X) ha infiltrarão a perda em excesso (M m<sup>3</sup>/ano)?  
 1 ha 18.233  
 X ha 1.278.963

X = 70,15 ha ou 701.500 m<sup>2</sup>

Área total de floresta (A6) = 2.025,57 ha ou 20.255.700 m<sup>2</sup>

Área de estudo - A6

Uso do solo	Área - A6	Precipitação média	Volume médio precipitado	Volume que deveria infiltrar	Velocidade de Infiltração Básica (VIB)	VIB	Porcentagem de perda	Perda padrão	Perda em excesso	Volume perdido em excesso
	m <sup>2</sup>	m/ano	m <sup>3</sup> /ano	m <sup>3</sup> /ano	mm/hora	%	%	%	%	m <sup>3</sup> /ano
Floresta	20.822.200	1,8217	37.931.802	7.794.985	852,00	61,47	38,53	38,53	0,00%	0
Área urbanizada	4.344.300	1,8217	7.914.011	1.626.329	0,00	0,00	100,00	38,53	61,47%	999.705
Reflorestamento	0	1,8217	0	0	390,00	28,14	71,86	38,53	33,33%	0
Campo	0	1,8217	0	0	108,00	7,79	92,21	38,53	53,68%	0
Pasto	0	1,8217	0	0	36,00	2,60	97,40	38,53	58,83%	0
Total	25.166.500		45.845.813	9.421.315	1.386,00	100,00				999.705

Volume perdido em excesso (m<sup>3</sup>/ano) 999.705

Número de horas contínuas de precipitação (h/ano) 2,14

Volume de água de precipitação em 1 ha (m<sup>3</sup>/hora/ha) 8520

Volume de água de precipitação infiltrado pelas florestas por ha em um ano (m<sup>3</sup>/ha/ano) 18.233

Se em 1 ha infiltra L m<sup>3</sup>/ano, em quantos (X) ha infiltrarão a perda em excesso (M m<sup>3</sup>/ano)?

1 ha 18.233

X ha 999.705

X = 54,83 ha ou 548.300 m<sup>2</sup>

Área total de floresta (A7) = 2.137,05 ha ou 21.370.500 m<sup>2</sup>



Área de estudo - A7

Uso do solo	Área - A7	Precipitação média	Volume médio precipitado	Volume que deveria infiltrar	Velocidade de Infiltração Básica (VIB)	VIB	Porcentagem de perda	Perda padrão	Perda em excesso	Volume perdido em excesso
	m <sup>2</sup>	m/ano	m <sup>3</sup> /ano	m <sup>3</sup> /ano	mm/hora	%	%	%	%	m <sup>3</sup> /ano
Floresta	25.166.500	1,8217	45.845.813	9.421.315	852,00	61,47	38,53	38,53	0,00%	0
Área urbanizada	0	1,8217	0	0	0,00	0,00	100,00	38,53	61,47%	0
Reflorestamento	0	1,8217	0	0	390,00	28,14	71,86	38,53	33,33%	0
Campo	0	1,8217	0	0	108,00	7,79	92,21	38,53	53,68%	0
Pasto	0	1,8217	0	0	36,00	2,60	97,40	38,53	58,83%	0
Total	25.166.500		45.845.813	9.421.315	1.386,00	100,00				0

Volume perdido em excesso (m<sup>3</sup>/ano)

0

Número de horas contínuas de precipitação (h/ano)

2,14

Volume de água de precipitação em 1 ha (m<sup>3</sup>/hora/ha)

8520

Volume de água de precipitação infiltrado pelas florestas por ha em um ano (m<sup>3</sup>/ha/ano)

18.233

Se em 1 ha infiltra L m<sup>3</sup>/ano, em quantos (X) ha infiltrarão a perda em excesso (M m<sup>3</sup>/ano)?

1 ha 18.233

X ha 0

X = 0,00 ha ou 0 m<sup>2</sup>

Área total de floresta = 2.516,65 ha ou 25.166.500 m<sup>2</sup>