

**PAULO EUGÊNIO PACHECHENIK**

**DEMANDA HÍDRICA EM PLANTIO DE PINUS E EM UMA FLORESTA NATIVA,  
NA REGIÃO DE TELÊMACO BORBA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, para a obtenção do grau de Doutor em Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Viana Soares.

Co-orientadores: Prof. Dr. Antônio Carlos Batista

Prof. Dr. Henrique Soares Köhler

**CURITIBA**

**2010**

## **AGRADECIMENTOS**

- Agradeço a Deus, pela oportunidade de evolução.
- A UFPR/ Setor de Ciências Agrárias e ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais por acolher-me como aluno de doutorado.
- Ao professor Dr. Ronaldo Viana Soares, agradeço-lhe pela confiança, amizade e orientação neste trabalho.
- À empresa Klabin Florestal pelo interesse e em realizar o presente trabalho, nas pessoas da Sra. Ivone Namikawa e do Dr. Djalma Müller Chaves, bem como a confiança depositada nesta idéia.
- Aos funcionários da Klabin: Alexandre Camargo Pontes; Valdir Oliveira da Silva, Heinz Retting Jr., Rosnei Bueno Sampaio, Valdir Moura, Luis Carlos de Souza Lima e José Marcolino (Dinho), que contribuíram na escolha, implantação e condução do trabalho.
- Aos Professores Antônio Carlos Batista e Henrique Soares Köhler, co-orientadores que contribuíram de forma inestimável para que este projeto fosse concluído.
- Ao Professor e amigo Jorge Luiz Moretti de Sousa, pelo incentivo no início desta jornada;
- Ao Sr. Raphael Davi dos Santos pela classificação do solo e ao Dr. Renato Dedecek, pela imensurável contribuição nas análises de solo e pela amizade oferecida;
- À Embrapa Florestas, que cedeu as dependências do laboratório de física do solo para as análises físicas utilizadas neste trabalho.
- Ao Serviço Social da Indústria do Paraná – SESI, nas pessoas das Sras. Denise T. Beninca da Paula e Eliane Ritter, liberando-me para realizar este projeto;
- Aos meus pais Eugênio e Maria de Lourdes, por tudo o que fizeram por mim até o momento.
- Ao meu amigo e cunhado, Prof. Nilton José Souza, por ter sido o incentivador inicial deste trabalho;
- Agradeço à minha esposa Rosali, pela compreensão que teve comigo nos momentos em que me ausentei do seu convívio para desenvolver este trabalho além do apoio e amizade nos momentos mais difíceis vividos neste período.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>x</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
<b>3 REVISÃO BIBLOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
3.1 BALANÇO HÍDRICO.....	7
3.1.1 Precipitação.....	11
3.1.2 Interceptação de escoamento de tronco.....	14
3.1.3 Dinâmica da água no solo no balanço hídrico.....	17
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	23
4.2 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS.....	24
4.2.1 Implantação da área experimental.....	24
4.2.1.1 Área do Pinus.....	24
4.2.1.1.1 Inventário da área de pinus.....	25
4.2.1.1.2 Retirada das árvores.....	27
4.2.1.2 Área da floresta nativa.....	31
4.2.2 Instalação dos pluviômetros e mangueiras.....	32
4.2.3 Registro da umidade gravimétrica (U) do solo e da precipitação.....	35
4.2.3.1 Tratamento dos dados de escoamento de tronco e interceptação vegetal....	36
4.2.4 Classificação e coleta do solo para análises físicas.....	37
4.2.5 Controles de pragas e invasoras e manutenção dos equipamentos.....	39
4.3 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS.....	39
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>41</b>
5.1 DADOS METEOROLÓGICOS DE 2009.....	41
5.2 VARIÁVEIS FÍSICAS DO SOLO DO PINUS.....	42
5.3 CONTEÚDO DE ÁGUA NO SOLO SOB PINUS.....	47
5.3.1 Variação do conteúdo de água em função da profundidade nos tratamentos.	47
5.3.2 Variação do conteúdo de água em função das estações do ano de 2009.....	53
5.4 EFEITO DOS DESBASTES SOBRE A ÁGUA DO SOLO.....	54
5.5 EFEITO DOS DESBASTES SOBRE A ÁREA DA COPA, ESCOAMENTO DE TRONCO E INTERCEPTAÇÃO DA CHUVA.....	58
5.5.1 Efeitos sobre a área da copa.....	58
5.5.2 Escoamento pelo tronco.....	59
5.5.3 Efeitos sobre a interceptação da chuva.....	61
5.6 VARIÁVEIS FÍSICAS DO SOLO DA MATA NATIVA.....	63

5.7 CONTEÚDO DE ÁGUA NO SOLO SOB A FLORESTA NATIVA.....	65
5.7.1 Variação do conteúdo de água em função da profundidade e da estação do ano.....	66
5.7.2 Influência da distribuição e da arquitetura vegetal sobre interceptação da chuva e escoamento de tronco.....	69
5.7.2.1 Distribuição espacial das árvores.....	69
5.7.2.2 Diferenças de arquitetura arbórea da floresta nativa e do plantio de Pinus...	69
5.7.2.3 Consequências da interceptação da precipitação no escoamento de tronco	70
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>74</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>87</b>

## LISTA DE FIGURAS

3.1	Modelo de ciclo hidrológico.....	08
4.1	Localização da área do pinus (porção superior do mapa) e da área da floresta nativa (porção inferior do mapa).....	23
4.2	Croqui da localização dos blocos e tratamentos no interior da área experimental.....	25
4.3	Retirada das árvores por meio de trator com guincho.....	27
4.4	Tratamento T <sub>1</sub> , após a retirada das árvores.....	28
4.5	Visualização do Tratamento T <sub>2</sub> .....	29
4.6	Visualização do Tratamento T <sub>3</sub> .....	29
4.7	Visualização do Tratamento T <sub>4</sub> .....	30
4.8	Visualização do Tratamento T <sub>5</sub> .....	30
4.9	Disposição dos pluviômetros nos tratamentos do Pinus.....	32
4.10	Conjunto mangueira e galão de 20 l para escoamento pelo tronco.....	33
4.11	Corte longitudinal na mangueira para escoamento de água pelo tronco.....	34
4.12	Foto do pluviômetro na floresta nativa.....	35
4.13	Foto do perfil de solo onde foram coletadas amostras indeformadas de solo.....	37
5.1	Comparação entre a média histórica mensal de 62 anos com o ano de 2009.....	41
5.2	Comparação entre a média das estações de 62 anos com o ano de 2009.	42
5.3	Tensão média da água no solo sob Pinus, kPa, em cinco profundidades, verão de 2009.....	45
5.4	Tensão média da água no solo sob Pinus, kPa, em cinco profundidades, outono de 2009.....	45
5.5	Tensão média da água do solo sob Pinus, kPa, em cinco profundidades, inverno de 2009.....	46
5.6	Tensão média da água do solo sob Pinus, kPa, em cinco profundidades, primavera de 2009.....	46
5.7	Conteúdo médio de água nas profundidades entre 0 e 100 cm, nos tratamentos T1 a T5.....	48
5.8	Variação da umidade do solo no tratamento T1, nas 05 profundidades avaliadas no ano de 2009.....	51
5.9	Variação da umidade do solo no tratamento T2, nas 05 profundidades avaliadas no ano de 2009.....	51
5.10	Variação da umidade do solo no tratamento T3, nas 05 profundidades avaliadas no ano de 2009.....	52
5.11	Variação da umidade do solo no tratamento T4, nas 05 profundidades avaliadas no ano de 2009.....	52
5.12	Variação da umidade do solo no tratamento T5, nas 05 profundidades avaliadas no ano de 2009.....	53
5.13	Conteúdo médio de água nas profundidades entre 0 e 100 cm, nas 4 estações do ano.....	54

5.14	Volume de madeira em m <sup>3</sup> , no ano de 2008, antes e após os desbastes.....	55
5.15	Incremento de volume de madeira em m <sup>3</sup> , entre os anos de 2008 e 2009.....	56
5.16	Incremento médio de volume em m <sup>3</sup> , entre os anos de 2008 e 2009.....	56
5.17	Comparação do incremento da soma e do volume médio, em m <sup>3</sup> , entre 2008 e 2009.....	57
5.18	Área média, em m <sup>2</sup> , do diâmetro das copas das árvores, entre os anos de 2008 e 2009.....	58
5.19	Tensão média da água do solo sob nativa, kPa, em cinco profundidades, no ano de 2009.....	65
5.20	Volume médio de água no solo da floresta nativa, em cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> , nas cinco profundidades no ano de 2009.....	68
5.21	Volume médio de água no solo da floresta nativa, em cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> , nas estações do ano de 2009.....	68

## LISTA DE TABELAS

4.1	Descrição dos tratamentos dos blocos.....	24
4.2	Área individual (m <sup>2</sup> ) dos tratamentos e o volume (m <sup>3</sup> ) dos desbastes da madeira com casca.....	26
4.3	Relação das principais espécies catalogadas na floresta nativa.....	31
5.1	Resultados das análises físicas do solo sob Pinus.....	43
5.2	Análise de variância dos dados referentes ao conteúdo de água do solo.....	47
5.3	Conteúdo médio de água do solo no fator profundidade.....	48
5.4	Conteúdo médio de água do solo no fator estação do ano.....	54
5.5	Valores em percentagem do ganho de volume entre os anos de 2008 e 2009.	55
5.6	Precipitação total em mm, nos tratamentos do Pinus com 2009.....	60
5.7	Escoamento médio pelo tronco, em mm, na área experimental do pinus.....	60
5.8	Percentual do escoamento pelo tronco em relação à precipitação média do pinus em 2009.....	61
5.9	Interceptação total da precipitação em mm e em percentagem, no pinus em 2009.....	62
5.10	Resultados das análises físicas do solo sob floresta nativa.....	63
5.11	Análise de variância dos dados referentes ao conteúdo de água do solo na floresta nativa.....	66
5.12	Conteúdo médio de água do solo no fator profundidade em cada estação do ano.....	67
5.13	Precipitação total, em mm, nos tratamentos do pinus e da floresta nativa.....	70
5.14	Percentual de chuva coletada nos tratamentos do pinus e na floresta nativa, comparada ao tratamento T <sub>1</sub> .....	70
5.15	Água total escoada pelo tronco, em relação à precipitação total ha <sup>-1</sup> .....	71
5.16	Percentual de água escoada pelo tronco, em relação à precipitação total.ha <sup>-1</sup> .	71
5.17	Perda de água por interceptação no pinus e na floresta nativa.....	72

## DEMANDA HÍDRICA EM PLANTIO DE PINUS E EM UMA FLORESTA NATIVA, NA REGIÃO DE TELÊMACO BORBA

### RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo o estudo da demanda hídrica em solo sob plantio de *Pinus taeda* submetido a quatro densidades populacionais diferentes, um corte raso e uma Floresta Ombrófila Mista, por meio do monitoramento das variáveis do balanço hídrico, na Fazenda Monte Alegre, localizada na região de Telêmaco Borba, Paraná, Brasil. Adotou-se o delineamento em blocos ao acaso, com quatro blocos, onde se estudaram as relações entre as densidades do povoamento de Pinus, em cinco profundidades de solo, nas quatro estações do ano, caracterizando um arranjo em parcelas subdivididas. Mediram-se as circunferências à altura do peito (CAP) e as alturas das árvores do talhão de Pinus para se estimar a área basal e o volume de madeira; também foram medidos os diâmetros médios das copas. Na floresta nativa foi medida apenas a CAP para o cálculo da área basal. Em um plantio de Pinus com espaçamento 3x2 m (1666 árvores ha<sup>-1</sup>), foram definidas as densidades da população de árvores a serem avaliadas, sendo que no tratamento T<sub>1</sub> foi aplicado o corte raso e no tratamento T<sub>2</sub> foi mantida a população original. No tratamento T<sub>3</sub>, foram retiradas 25% das árvores, no tratamento T<sub>4</sub> retiraram-se 50% das árvores e no tratamento T<sub>5</sub> foram retiradas 75% das árvores. Foram instalados 3 pluviômetros em cada tratamento do Pinus e nas parcelas da floresta nativa para monitorar a precipitação. Para monitorar o escoamento pelo tronco nos tratamentos T<sub>2</sub> a T<sub>5</sub> e na floresta nativa, foram fixadas mangueiras nas árvores, para escoar a água até galões de 20 l. Semanalmente foram monitorados a precipitação e o escoamento de tronco, bem como a umidade do solo, por meio de amostras coletadas com trado holandês, nas profundidades 0 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m; 0,40 a 0,60 e 0,60 a 1 m. Amostras indeformadas de solo foram coletadas em trincheiras, tanto na área com o Pinus quanto na floresta nativa, com a finalidade de determinar a densidade e a porosidade total do solo. Foram aplicadas pressões de 0,06; 0,1; 1,0 e 15 atm, para se determinar os valores de micro porosidade, capacidade de campo, ponto de murcha permanente, macro porosidade, porosidade de aeração e água disponível. Foram aplicados os procedimentos estatísticos análise de variância, teste de Bartlett, análise de covariância e teste de comparação de médias Student-Neuman-Keuls (SNK), usando-se o *software*



MSTAT. Com relação aos resultados, deve-se ressaltar inicialmente que o ano de 2009 apresentou precipitação total acima da média histórica para a região, em função da ocorrência do episódio EL Niño. Apesar disso, constatou-se que no solo da área de Pinus as interações entre tratamentos, profundidades e estações do ano não foram estatisticamente diferentes a 5% de significância, mas que isoladamente, profundidade e estação do ano apresentaram diferenças estatísticas significativas ao nível de 5%. O tratamento T<sub>1</sub> (corte raso) foi o que apresentou maior armazenamento de água durante o ano, seguido pelos tratamentos T<sub>3</sub> e T<sub>2</sub>. Os tratamentos T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub> apresentaram incrementos no diâmetro de copa, entre os anos de 2008 e 2009, na ordem de 72,62% e 103,70% respectivamente, o que pode ter afetado o consumo de água no solo nestes tratamentos, além de interferir na interceptação da água da chuva. A precipitação total registrada no tratamento T<sub>1</sub> foi de 1800 mm e os valores totais de escoamento de tronco foram 24; 20; 16 e 14 mm para T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub>, respectivamente. Constatou-se que a água escoada pelos troncos no plantio do Pinus consistiu em uma importante variável para o aporte de água no solo na base da árvore. Na floresta nativa, os resultados de monitoramento de água no solo mostraram que, exceto na primeira profundidade, todas as demais não diferiram estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância. Nas estações inverno e primavera foram observados os maiores volumes de água armazenada em todas as profundidades avaliadas no solo da área de pinus e da floresta nativa. A interceptação das chuvas foi maior na floresta nativa quando comparada à área de pinus e o escoamento de tronco teve maior importância para o pinus no aporte de água para o solo.

**Palavras-chave:** pinus, floresta ombrófila mista, demanda hídrica, solo florestal, interceptação foliar, escoamento de tronco.

## **WATER DEMAND IN A PINUS PLANTATION AND A FOREST, IN THE REGION OF TELEMACO BORBA, PR, BRAZIL**

### **ABSTRACT**

This research aimed to study the demand for water in a soil under *Pinus taeda* plantation subjected to four different densities, a clear cut, and a native forest by monitoring the water balance variables. The work was conducted in the Klabin Forest Farm, located in the Telêmaco Borba County, Parana State, southern Brazil, during the year 2009. A split plot design in randomized blocks was used in order to study the relationships between the pine plantation densities, five soil depths, and the four seasons of the year. The DBH and the trees height were measured in order to determine the basal area and the wood volume in each plot. The average crown diameter was also measured to estimate the intercepted precipitation. In the forest only the DBH was measured, to calculate the basal area. The pine plantation treatments (densities) were: T1 - clear-cut; T2 - no trees removed (1666 trees.ha<sup>-1</sup>); T3 – 25% of the trees removed; T4 – 50% of the trees removed; and T5 – 75% of the trees removed. Three pluviometers were installed in each plot to measure the amount of precipitation. The water flow through the tree trunks were measured in two trees in each treatment, except the clear cut. The precipitation and stem flow, as well as the soil moisture at the depths 0 to 0.10 m, 0.10 to 0.20 m, 0.20 to 0.40 m, 0.40 to 0.60m, and 0.60 to 1.0m, were weekly monitored. Undisturbed soil samples were collected in trenches, both in the pine plantation and in the forest, in order to determine the soil density and porosity. Pressures of 0.06; 0.1; 1.0 and 15 atm were applied to the soil samples to determine the micro porosity, field capacity, wilting point, macro porosity, aeration porosity, and available water. The statistics used included the Bartlett's test, the analysis of variance and co-variance, and the Student-Neuman-Keuls' (SNK) test, through the MSTAT software. It should be emphasized that the year 2009 presented a total precipitation well above the historical average for the region, due to the occurrence of the El Niño episode. Results showed that in the pine plantation soil interactions between treatments, depths and seasons were no statistically significant at 5% level. However, soil depths and seasons of the year presented statistical differences. Treatment 1 (clear cut) presented the highest water storage during the year, followed by T3 and T2. Treatments T4 and T5 presented increases in the canopies diameter from 2008 to

2009, in the order of 72.62% and 103.70%, respectively, what may have interfered in the precipitation interception and affected the consumption of water in these treatments. Regarding the forest, the results showed that, except in the first depth, the water storage did not differ statistically at the 5% level of significance. The summer and autumn were statistically similar regarding the water storage. The precipitation interception in the forest was smaller when compared to the pine plantation, and the water stem flow was less important regarding the water input to the soil.

**Keywords:** pine plantation, forest, water demand, water interception, stem flow.

## **1 INTRODUÇÃO**

Conforme dados da ABRAF e da Sociedade Brasileira de Silvicultura, apresentados pela Suzano Papel e Celulose (2006), até o ano de 2005 a indústria florestal brasileira ocupava a 7ª posição mundial em áreas plantadas. Eram 7,1 milhões de ha, divididos em 5,5 milhões de plantio florestal e 1,6 milhões de áreas de preservação, sendo que do total de plantações, 3,3 milhões de ha estavam ocupados por eucalipto, 1,9 milhões de ha por Pinus, restando 0,3 milhões de ha cultivados com outras espécies de interesse econômico como acácia negra, araucária, teca, pópulos e seringueira.

Este setor contribui de forma efetiva para a sustentabilidade econômica do país, pois somente no ano de 2005 participou com 4,5% do Produto Interno Bruto (PIB), arrecadou US\$ 3,41 bilhões, além de gerar US\$ 23 bilhões em valores diversos, exportou o equivalente a US\$ 7,5 bilhões, além de ser responsável pela manutenção de 4,1 milhões de empregos diretos e indiretos, (SUZANO PAPEL E CELULOSE, 2006).

Todavia, mesmo com esses indicadores ambientais, econômicos e sociais, existe uma forte oposição à atividade florestal, tanto no Brasil quanto em várias partes do mundo, como pode ser constatado em Lima (1993), que cita diversas fontes da literatura mundial, com posicionamento crítico quanto ao plantio de florestas, mas pecam pela falta de base em evidências científicas.

O principal foco desta resistência se relaciona ao efeito hidrológico das florestas plantadas, pois se acredita que uma floresta plantada irá demandar maior quantidade de água do que outras espécies. Esta crença encontra reforço na interpretação de trabalhos que apontam para o aumento da produção de água após o corte raso de um plantio florestal, sem levar em consideração o manejo florestal adotado, que consiste em um dos principais agentes que influenciam na quantidade de água em uma microbacia (LIMA, 2006).

Além da preocupação com a disponibilidade de água, cresce também o interesse em outros fatores relacionados com questões ambientais em todos os segmentos sociais, o que tem levado a indústria florestal a uma constante transformação de paradigma quanto a sustentabilidade da atividade, não se restringindo apenas ao campo econômico, mas também social, cultural e ecológico (LIMA, 2006).

Estes interesses se refletem no meio acadêmico, o qual vem apresentando constantemente novos resultados de pesquisas e publicações, que objetivam o uso racional da água e seus custos nas atividades relacionadas com a ocupação do solo e procuram apresentar alternativas que atenuem impactos ambientais e melhorem a eficiência da atividade, além de demonstrarem a importância ecológica que o plantio de floretas apresenta (PUJOL *et al.*, 2006; LIMA e ZAKIA, 2006; BROWN *et al* 2007; BUYTAERT *et al*, 2007; VAN DIJK e KEENAN, 2007; MEDELIN-AZUARA *et al.*, 2009; MODNA *et al.* 2010).

Situações de conflito no uso da água entre interesses econômicos, sociais e ambientais serão cada vez mais comuns, em razão do aumento populacional, que provoca o avanço sobre as áreas preservadas, eleva a demanda de água para abastecimento, entre outros fatores. Assim, o desenvolvimento de estudos que visem o uso racional da água, sem comprometer o equilíbrio ambiental e que favoreçam a expansão da atividade florestal de forma eficiente, serão cada vez mais bem vindos.

Este trabalho, por meio da avaliação de diferentes densidades aplicadas a um plantio *Pinus taeda* L., procurou estabelecer o impacto das árvores sobre o armazenamento da água do solo, monitorando precipitação, interceptação, escoamento pelo tronco e a variação da umidade do solo, em cinco profundidades até um metro, visando contribuir para novas alternativas para o manejo florestal quanto o uso da água. Concomitantemente, a mesma metodologia foi aplicada em uma área com cobertura de floresta nativa, com a finalidade de estabelecer dados comparativos da influência desta sobre a distribuição da precipitação na área e avaliar o conteúdo de água no solo, durante o período de 12 meses.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Determinar as diferenças da demanda de água do solo entre um plantio de *Pinus taeda* L. submetido a quatro densidades populacionais diferentes, um corte raso e uma Floresta Ombrófila Mista (nativa), por meio do monitoramento das variáveis do balanço hídrico (precipitação total, precipitação efetiva, interceptação, evaporação, drenagem e ascensão capilar), na região de Telêmaco Borba, Paraná, Brasil.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Acompanhar a variação sazonal do volume de água nos solos do plantio de *Pinus* submetido a quatro densidades e ao corte raso e da floresta nativa, em cinco profundidades diferentes;
- Determinar a interferência de cada densidade do plantio de *Pinus* e da cobertura florestal na interceptação da água das chuvas e no escoamento de tronco, para estabelecer relações com a variação do armazenamento de água no solo nas quatro estações do ano;
- Avaliar o escoamento de tronco no *Pinus* e na floresta nativa, como fator da precipitação efetiva e sua contribuição na variação da umidade do solo.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As controvérsias sobre o plantio de florestas e o provável déficit de água no solo são citadas em Lull (1964) e Storey *et al.* (1964), que enumeraram alguns fatores que resultavam em perda de água como a interceptação, evaporação e transpiração e também citam que elas promovem a diminuição do escoamento superficial, permitem a formação de agregados no solo, prevenindo a erosão depois de pesadas precipitações.

Obviamente que a atividade florestal como qualquer outra atividade econômica depende da disponibilidade de água, que também deve atender à demanda resultante do crescimento populacional. Quando ocorrem situações conflitantes entre o uso da água para a população e para as atividades econômicas, certamente ambos os lados serão prejudicados, pois são conseqüências um do outro, podendo inviabilizar o progresso de uma determinada região (TUNDIZI, 2000).

Esta situação de conflito foi relatada na Austrália por Van Dijk *et al.* (2007), que afetou a postura de governantes da região, devido à ação de opositores ao plantio florestal, que alegavam que a atividade causava impactos na biodiversidade e na economia de comunidades rurais, o que levou o governo australiano a considerar a possibilidade de criar uma regulamentação ao plantio. Os autores ressaltam o papel da ciência no embasamento técnico de melhorias nas políticas ambientais a serem adotadas.

O conflito entre floresta e uso de água também foi estudado por Serengil *et al.* (2007), que aplicaram o conceito de manejo florestal para o aumento da produção de água, visando o suprimento futuro deste recurso na Turquia, país que possui 26% de sua área coberta por florestas. Eles constataram em uma floresta nativa bem preservada, situada em uma bacia hidrográfica próxima a Istambul, um aumento da produção mensal de água entre 17 e 19 mm, após a redução de 10% da população do carvalho.

Na revisão sobre este assunto, Dijk e Keenan (2007) comentam as

observações de Swank *et al.* (1988)<sup>1</sup> e Hornbeck *et al.* (1993)<sup>2</sup>, que constataram, após desbaste em uma área florestal, a ocorrência temporária de menor consumo de água, devido ao menor número de árvores. Pouco tempo depois, houve aumento na demanda de água, devido ao crescimento das árvores remanescentes, especialmente no que diz respeito ao índice de área foliar, até atingir uma situação de equilíbrio dinâmico entre o uso da água e a disponibilidade da mesma no ambiente.

Constatação semelhante foi apresentada por Herbst *et al.* (2007), ao afirmarem que a taxa da recarga de água por unidade de área no solo sob floresta tende a diminuir após desbastes da floresta devido ao “efeito bordadura”, que aumenta a transpiração, estando este fato dependente da composição das espécies florestais.

No Brasil, Pinto *et al.* (2004) ao caracterizarem o meio físico de uma bacia hidrográfica constataram que a degradação das nascentes pode interferir na disponibilidade hídrica. O desmatamento em áreas de preservação, seguido pelo uso conflitante do solo, são as perturbações apontadas pelos autores que levam à degradação e conseqüentemente ao desequilíbrio na recarga das nascentes e na vazão da bacia hidrográfica como um todo.

Lavouras preparadas com práticas agrícolas convencionais são conhecidas por causar degradações físicas, químicas e biológicas do solo, particularmente quando não são respeitados os limites destinados a áreas de preservação dentro de uma bacia hidrográfica (COGO *et al.*, 2003)

Áreas degradadas de bacias hidrográficas podem ser recuperadas com o plantio de florestas exóticas, conforme relataram Modna *et al.* (2010) em uma área de cerrado junto a uma zona ripária, onde foi plantado *Pinus elliottii* Engelm. Foi constatado pelos autores que nas áreas de pinus não ocorreu inibição da regeneração natural de espécies do cerrado e de mata riparia.

A degradação das nascentes, provocada pelas atividades humanas, consiste em ameaça real à disponibilidade de água. Entretanto, Van Dijk *et al.* (2007) alertam para outra grande ameaça potencial às reservas hídricas, que consiste nas

---

<sup>1</sup> Swank, W. T., Swift JR., L. W., Douglas, J. E., 1988. Streamflow changes associated with forest cutting, species conversions, and natural disturbances. In: Swank, W. T., Crossley, D. A. (Eds.), Forest Hydrology at Coweeta. Ecol. Stud., vol. 66, pp. 297-312.

<sup>2</sup> Hornbeck, J. W., Adams, M. B., Corbett, E. S., Verry, E. S., Lynch, J. A., 1993. Long-term impacts of forest treatments on water yield: a summary for northeastern USA. J. Hydrol. 150, 323-344



mudanças climáticas. Neste caso a atividade humana também é responsabilizada e o plantio de florestas que capturem pela biomassa o gás CO<sub>2</sub> consiste em uma alternativa para mitigar seus efeitos (VAN DIJK e KEENAN, 2007).

O plantio de florestas, como qualquer outra cultura, poderá provocar ou sofrer efeitos de impacto no meio ambiente e o cultivo do eucalipto é um exemplo de muitas controvérsias sobre uso da água. Sobre esta espécie foram publicadas diversas revisões de literatura, além da organização de campanhas contrárias ao seu plantio, devido a alegações de embasamento científico questionável, mas que estavam sendo consideradas sérias nas tomadas de decisões políticas sobre novos plantios (LIMA, 1993).

Almeida *et al.* (2007) apresentaram os resultados de um estudo sobre o eucalipto, em que foi acompanhado praticamente todo o ciclo de produção, em uma área no Espírito Santo. Foi constatado que a absorção da água é feita por raízes que estão no primeiro metro do solo e que apenas 3,13% da precipitação escoam superficialmente, o restante ou é armazenado pelo solo, ou é utilizado pelas árvores ou evapora, sendo que da evapotranspiração total, a transpiração representou 81%. O lençol freático apresentou variação do nível para mais e para menos, porém no final do ciclo foi positiva, sendo que o estágio de desenvolvimento das árvores alterou a altura do lençol freático.

Na verdade, estas discussões transcendem a uma única espécie florestal e englobam todas as modalidades de florestas plantadas em escala industrial, o que levou a ampliação do enfoque do manejo florestal contemporâneo, interligando aspectos básicos da produção com os relacionados com a saúde do solo e da microbacia hidrográfica, à biodiversidade, à ecologia da paisagem, entre outros aspectos (LIMA, 2004c).

Pensando em demanda de água, Hughes e Hannart (2003) apresentam um estudo de modelagem matemática em que se estabelece a “exigência de vazão do rio” (*Instream Flow Requirements*), que é um dos componentes do desenvolvimento de uma política para o manejo de recursos hídricos na África do Sul, com o intuito de conciliar as necessidades humanas de abastecimento doméstico e econômico com as necessidades ecológicas e reduzir conflitos.

Já o estudo desenvolvido por Coram (2006) na Austrália procurou apresentar a taxa ótima de uso coletivo ao longo de uma bacia hidrográfica, observando os

custos para viabilizar a utilização, sem causar conflitos.

Cullen *et al.* (2006) avaliaram os impactos da agricultura na disponibilidade e na qualidade da água na Nova Zelândia em contrapartida às políticas adotadas regionalmente ou por bacia, procurando manter a sustentabilidade econômica e ambiental. Calder (2007) destacou que na elaboração de programas políticos sobre solo e água pelos governos, as florestas se constituem no foco central da discussão, mas a questão é saber se na idealização destes projetos são levadas em consideração as bases científicas nas interações entre floresta e água. Como exemplos ele cita os programas da China, Índia, Japão, Reino Unido Panamá e Costa Rica, com suas contradições e acertos das respectivas políticas com o conhecimento científico.

A África do Sul, por apresentar problemas crônicos com o uso de água, adotou uma legislação que obriga a emissão de licenciamento para novos plantios florestais. Entretanto, devido a sua pobre cobertura vegetal, depende do plantio de florestas exóticas para atender suas demandas por produtos florestais. Essa regulamentação é considerada ineficiente e excessivamente restritiva, pois se aplica somente para a atividade florestal, sendo que outras atividades que também demandam água não foram incluídas (DYE e VERSFELD, 2007).

No consenso científico global, as florestas plantadas influenciam em menor ou maior grau a disponibilidade hídrica do solo das bacias hidrográficas e a vazão dos rios, como citaram Lima (1984), Câmara e Lima (1999), Almeida e Soares (2003), Almeida *et al.* (2007), Buytaert *et al.* (2007), Calder (2007), entre outros.

Observa-se, pelas informações da literatura, que a disponibilidade de água consiste em um fator determinante no conflito entre interesses sociais e econômicos, além de que dados científicos podem elucidar muitas questões ambientais que estão no centro das controvérsias. Sendo assim, uma boa maneira de atenuar este conflito é o de estudar as variáveis do balanço hídrico do solo, com o objetivo de obter informações para a melhoria do manejo florestal frente aos recursos hídricos.

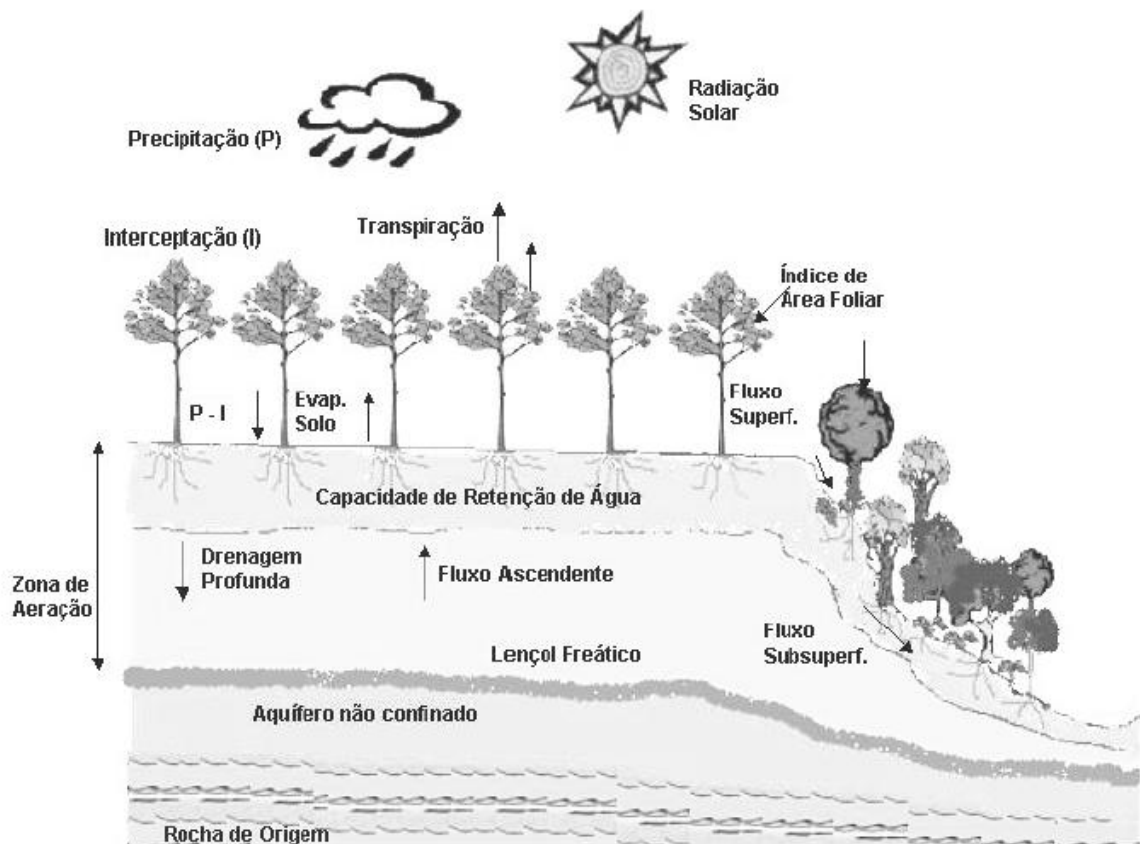
### 3.1 BALANÇO HÍDRICO

A História mostra que a preocupação da humanidade em conhecer as variações da quantia de água disponível em um determinado período de tempo não é recente. Os egípcios já registravam as enchentes do rio Nilo desde o ano de 3.000 A.C. e, na Índia, as medidas pluviométricas datam de 350 A.C. Mas foi na Renascença que

começaram a formar as concepções sobre o ciclo da água e sua relação com os seres vivos, tendo a frente Leonardo da Vinci (PINTO, *et al.*, 1980).

A água sempre foi importante para o desenvolvimento das civilizações antigas, que interferiram no meio natural conforme suas necessidades de água potável (DREW, 1986). Não é somente para o consumo dos seres vivos em geral que a água é importante, mas também para atividades humanas como a produção agropecuária, lazer, transportes e paisagismo. Entretanto, todas estas atividades são influenciadas direta ou indiretamente pelas variáveis do ciclo hidrológico (BRANCO, 1991).

O ciclo hidrológico vem a ser o conjunto de processos que se relacionam com a circulação da água tanto de forma global quanto local e suas variáveis são: precipitação, interceptação, evaporação, transpiração, escoamento superficial, escoamento subsuperficial, infiltração no solo, armazenamento no solo e fluxo da água nos rios (PORTO *et al.*, 1991). A Figura 3.1 apresenta as variáveis que interferem no balanço hídrico.



**Figura 3.1 – Modelo de ciclo hidrológico (Fonte: ALMEIDA e SOARES, 2003)**

Conforme Reichardt e Timm (2004) essas variáveis compõem processos

interdependentes de entrada e saída de água, que muitas vezes ocorrem de forma simultânea, constituindo em fontes de variação da água disponível para um determinado volume de solo em um dado intervalo de tempo, sendo que o conhecimento do somatório destas entradas e saídas é denominado balanço hídrico. Simplificando, o balanço hídrico pode ser definido como a contabilidade de entrada e saída de água no solo (OMETO, 1981).

Villela e Mattos (1975) salientam a necessidade de se considerar a abrangência do balanço hídrico no que diz respeito a regiões hidrológicas que podem ser delimitadas politicamente (fronteiras internacionais ou divisas estaduais e municipais) ou topograficamente (bacia hidrográfica).

Conforme Kobiyama *et al.* (1998), todos estes fenômenos não ocorrem de forma isolada, pois resultam de interações entre processos hidrológicos, geomorfológicos e biológicos, tendo como agentes dinâmicos tanto a água quanto o clima. Cada processo interfere e sofre a interferência dos demais processos interagidos (Figura 3.1) e o balanço hídrico permite obter os valores de água retida ou disponível em cada etapa.

O balanço hídrico pode ser obtido através do desdobramento das variáveis da equação apresentada por Libardi (2005):

$$\Delta h = Q_e + Q_s \quad (3.1)$$

onde  $\Delta h$  é o gradiente da água no solo,  $Q_e$  é a quantidade de água que entra e  $Q_s$  é a quantidade de água que sai.

A variável  $Q_e$  é desdobrada na equação:

$$Q_e = P + I + Re + R'e + AC \quad (3.2)$$

onde  $P$  é a precipitação,  $I$  é a irrigação,  $Re$  é o deflúvio superficial de entrada,  $R'e$  é o deflúvio sub superficial de entrada e  $AC$  é a ascensão capilar.

A outra variável,  $Q_s$ , é representada por:

$$Q_s = D + ET + Rs + R's \quad (3.3)$$

onde  $D$  é a drenagem interna,  $ET$  é a evapotranspiração,  $RS$  é o deflúvio superficial de saída e  $R's$  é o deflúvio sub superficial de saída. Assim, a equação 1 fica:

$$\Delta h = P + I + Re + R'e + AC + D + ET + Rs + R's \quad (3.4)$$

Pela relação apresentada na equação 3.4, Reichardt e Timm (2004) salientam que o balanço hídrico está inserido na lei da conservação das massas e, por sua

vez, está intimamente ligado ao balanço de energia, pois, como citado, as variáveis são dependentes do fornecimento de energia solar. Essa equação foi utilizada como uma ferramenta em trabalhos de campo, como em Câmara e Lima (1999), Castro (2001), Rocha (2004), Cruz *et al.* (2005) e Carvalho (2006), servindo para estimar a quantidade de água presente em um determinado volume de solo e em estudos de outras propriedades físicas.

Especificamente sobre a variável *ET*, ela está condicionada à ação da cobertura vegetal do solo, pois a energia solar incide sobre as folhas, promovendo a abertura dos estômatos, o que permite a difusão do vapor de água acumulado no interior do mesófilo da folha para a atmosfera, promovendo assim a transpiração e a interceptação da água precipitada promove a evaporação (MOLCHANOV, 1963; MEYER *et al.*, 1983).

A utilização desta equação pode ser limitada em razão da complexidade de se obter algumas variáveis da equação, o que acarreta em maior tempo para se obter o balanço hídrico de uma bacia, além de onerar o trabalho. Assim, como alternativa, há a possibilidade do uso de modelos matemáticos de chuva-vazão (TUCCI, 1998). Entretanto, há necessidade de equilibrar a simplicidade do modelo com o grau de precisão requerida para a simulação do protótipo (DOOGE, 1974).

Exemplo disto é o modelo matemático *HYCYMODEL*, desenvolvido por Fukushima (1988) para a área florestal de uma cadeia de montanhas japonesas, que permitiu o cálculo do balanço hídrico apenas com dados de chuva-vazão. Dentre as vantagens em utilizar este método destacou-se o baixo custo.

Ao utilizarem este modelo na região de Guarapuava, Pachechenik e Souza (2005) constataram bons ajustes para períodos curtos (um ano) em uma bacia hidrográfica tendo como uso do solo áreas agrícolas, pastagens, reflorestamentos e floresta nativa. Porém, o desenvolvimento da pesquisa necessitou de inúmeras simulações para calibrar o modelo com os dados.

O uso de modelagem também foi citado por Almeida e Soares (2003), que calcularam o balanço hídrico utilizando um modelo denominado uso da água em plantações de eucalipto (UAPE) e uma versão modificada deste para floresta nativa, denominado FloNa. Os autores obtiveram com estes dois modelos, devidamente calibrados, resultados considerados excelentes na concordância com os valores medidos no campo para a área de estudo.

Ao utilizarem modelagem na avaliação dos impactos florestais sobre uma bacia hidrográfica, Van Dijk *et al.* (2007) encontraram estimativas que seguem o oposto do conhecimento regional e global sobre o uso da água pela vegetação. O menor uso da água em áreas com plantio florestal do que sem o plantio florestal chamou a atenção dos autores, que verificaram pelos modelos utilizados, menor impacto com o aumento da área florestal na bacia avaliada. Os autores acreditam que essa diferença se deve ao fato de que a bacia analisada era em torno de 1000 vezes menor do que a área original em que o modelo foi formatado.

Também baseados em modelagem matemática Brown *et al.* (2007) avaliaram o balanço hídrico na bacia do rio Murrembidge, na Austrália. Foi constatado que o plantio florestal em áreas de maior gradiente de chuva sofreu maior impacto do que em área de menor gradiente na vazão do rio e, o plantio em baixadas, teve maior impacto no que nos topos da bacia. A troca de pastagens por florestas terá seus impactos entre 10 e 20 anos após o plantio e o escalonamento de idades de plantio reduz os impactos sobre a disponibilidade hídrica, comparados às plantações de uma única idade.

Entretanto, a modelagem em plantios florestais não é muito utilizada em regiões tropicais devido a três possíveis razões, citadas por Chappell *et al.* (2007): **a)** falta de uma série de dados hidrológicos temporais; **b)** falta de estrutura numérica delineada que possa ilustrar todos os impactos hidrológicos nas regiões tropicais; **c)** incertezas que surgem com a complexidade de modelos numéricos.

### 3.1.1 Precipitação

Convencionalmente, conforme citaram Hornberger *et al.* (1998), a precipitação é considerada o início do ciclo hidrológico, consistindo no retorno da água da atmosfera para a superfície do solo. A atmosfera saturada por vapor de água, apresenta as condições propícias para a condensação e posterior precipitação.

Sobre a formação da precipitação, Soares e Batista (2004) afirmaram que o excesso de umidade condensada nas nuvens, desencadeia o processo de retorno da água da atmosfera para o solo, que pode ser na forma de chuva (gotas com diâmetro mínimo de 0,5 mm), chuvisco (gotas de água menores que 0,5 mm de diâmetro), granizo (gotas congeladas, com diâmetro entre 2 e 5 mm), saraiva (pedras de gelo ovais, com diâmetro entre 5 e 50 mm) ou neve (que precipita na

forma de flocos).

A precipitação ocorre em três tipos clássicos de chuva, citados por Garcez (1974) e Soares e Batista (2004), que são: convecção (correntes ascendentes aquecidas), orográfica ou de relevo (originam-se pelo movimento ascendente do ar úmido em virtude do relevo da superfície) e ciclônicas ou frontais (ação de frentes frias ou frentes quentes na atmosfera). Os três tipos estão relacionados com o resfriamento da atmosfera saturada de vapor de água com a consequente condensação em forma de nuvens e a ocorrência da precipitação.

Embora haja informações de bases científicas, percebe-se uma mistificação na relação entre a floresta e a origem da precipitação. Um exemplo, mencionado por Lima (1993), é o da afirmação popular de que “não é a chuva que faz a floresta, mas sim o contrário”. Em extensas áreas florestais, como a bacia amazônica, em que há a reciclagem local do vapor de água que entra pela bacia vinda do oceano Atlântico é possível ocorrer esta influência da evaporação local sobre os totais de chuva.

Libardi (2005) afirma, através dos dados do *National Research Council* (1986)<sup>3</sup>, que a maior parte das precipitações se originam a partir da evaporação das águas dos oceanos, que armazenam 96% da água total, contra 4% nos continentes (lagos, rios, água do solo, água subterrânea, capas de gelo e geleiras). Além disso, os dados mostram que a evaporação anual global é em torno de 505 mil km<sup>3</sup>, sendo que 434 mil km<sup>3</sup> (85,9%) são provenientes dos oceanos e 71 mil km<sup>3</sup> (14,1%) dos continentes. Em relação à precipitação, em torno de 78,8% (398 mil km<sup>3</sup>) caem sobre os oceanos e o restante, 21,2% (107 mil km<sup>3</sup>), sobre os continentes.

Atualmente há uma preocupação crescente sobre a disponibilidade de água ao redor do mundo, conforme frisaram Ranzini *et al.* (2004), o que é positivo pois a ação antrópica sobre os recursos hídricos vem provocando impactos consideráveis. Estes autores citaram dados ilustrativos da importância de uma cobertura florestal como a Floresta Atlântica na serra do mar em São Paulo, onde do total precipitado na bacia hidrográfica 18% foram interceptados e 82% atingiram o solo, contribuindo para o escoamento subsuperficial e o escoamento de base.

O escoamento de base vem a ser uma importante variável para manter a perenidade dos rios, pois a água é liberada lentamente do solo, especialmente em

---

<sup>3</sup> NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1986. **Global change in the geosphere biosphere.** Washington D. C., National Academy Press, 91 p.

épocas de estiagem, conforme demonstraram Fukushima (1988), Tucci (1993) e Schwarzbold (2000), ao abordarem os mecanismos que interferem na disponibilidade de água da precipitação.

Pelo estudo de Ranzini *et al.* (2004) a floresta não interfere na formação das precipitações, mas contribui na dinâmica da água das chuvas, pela interceptação foliar, evapotranspiração, escoamento superficial e percolação. Os aspectos físicos do solo como capacidade de infiltração, profundidade e declividade também devem ser levadas em consideração no escoamento, pois acentuam as características de fragilidade ambiental presentes na bacia hidrográfica avaliada, provocando debates sobre qual seria o tamanho mais adequado para uma Área de Preservação Permanente.

Não apenas uma floresta nativa como a Floresta Atlântica é importante para o escoamento de base. Florestas plantadas também contribuem, conforme observaram Lima *et al.* (1996) e Câmara e Lima (1999) em plantios de eucalipto com 50 anos.

Saber qual a quantidade de água que precipitou em uma determinada superfície é importante para fins de balanço hídrico. Garcez (1974) descreve o pluviômetro como recipiente que armazena a água da chuva para posterior medição do volume e o pluviógrafo como o medidor da intensidade da chuva. Além da determinação do quanto choveu por área superficial, estimar a probabilidade da ocorrência da chuva é desejável, uma vez que contribui para as diversas atividades humanas. Utilizando-se de dados de precipitação pluviométrica de períodos relativamente longos, Pachechenik *et al.* (2004) e Gomes *et al.* (2004), aplicaram ferramentas estatísticas simples que deram bons resultados para a modelagem da probabilidade de precipitações, contribuindo para o planejamento de atividades de caráter econômico, bem como para lazer.

A precipitação no contexto do balanço hídrico sofre perdas como a interceptação, a evapotranspiração e o escoamento superficial, que estão condicionadas à combinação de fatores como a intensidade e a distribuição da precipitação total no ano, as variações da temperatura ambiente, da umidade do ar, e da velocidade do vento.



### 3.1.2 Influências da interceptação, escoamento pelo tronco e velocidade do vento

A interceptação consiste na água armazenada pela vegetação, sendo acentuada no início da chuva e decrescendo com o prolongamento da mesma, após saturar folhas, galhos e ramos. Dependendo do tipo e da densidade da vegetação, há significativa influência no balanço hídrico. (WISLER e BRATER 1964; RAUDKIVI, 1979)

Sobre a interceptação Horton<sup>4</sup>, mencionado por Lull (1964), apresenta algumas condições para o fenômeno. A primeira é a interceptação de armazenamento e o segundo é a saturação das folhas e os ramos. No raciocínio de Horton, ao iniciar a chuva, as gotas batem nas folhas e se depositam nas depressões das mesmas e dependendo da intensidade, velocidade do vento e o tamanho das gotas, há a retenção de um certo volume de água. Na capacidade máxima de armazenamento da folha saturada, o volume das gotas aumenta até que o peso destas supera a tensão superficial, ocasionando a queda folha abaixo.

O processo de interceptação, apesar de ser relativamente simples, necessita ser quantificado para determinar sua contribuição no balanço hídrico. Uma forma foi apresentada por Wisler e Brater (1964) pela a equação:

$$x = a + bt \quad (3.6)$$

em que  $x$  é a interceptação total em mm,  $a$  é a capacidade de acumulação por interceptação,  $b$  é a taxa de evaporação e  $t$  é a duração da precipitação em horas. Esta equação é aplicada quando os valores de precipitação excedem a variável  $a$ .

Já Lima (1976), utilizou a equação abaixo para determinar as perdas por interceptação:

$$I = PT - (PI - Et) \quad (3.7)$$

onde  $I$  é a perda por interceptação,  $PT$  é a precipitação total,  $Et$  é o escoamento de tronco e  $PI$  é a precipitação interna. A relação  $(PI - Et)$  também é denominada de precipitação efetiva ( $PE$ ).

Outra equação, apresentada por Raudkivi (1979), é uma regressão linear simples que relaciona a taxa de precipitação  $P_o$  com a taxa de precipitação por gotejamento (*through-fall*)  $P_g$  para uma dada condição de vegetação, o que resultou em:

$$P_g = aP_o - b, \text{ devido a evaporação, } a < 1 \quad (3.8)$$

<sup>4</sup> Horton, R. E.: Rainfall interception, U. S. Monthly Weather Rev., vol. 47, pp 603 – 623, 1919.

conseqüentemente, considerando a variação do armazenamento e a evaporação a taxa de precipitação pode ser determinada pela relação:

$$P_o = P_g + \Delta s + E \quad (3.9)$$

sendo  $\Delta s$  a mudança do armazenamento e  $E$  a evaporação no período. Além destas relações, o autor apresenta uma equação para calcular as perdas por interceptação ( $I$ ):

$$I = P_o - P_g - S_f \quad (3.10)$$

onde  $S_f$  corresponde ao escoamento por galhos e troncos. De uma maneira geral, as equações matemáticas apresentadas neste item são semelhantes, o que demonstra uma lógica na forma como o processo é entendido e quantificado.

Segundo Molchanov (1963) a quantidade de água interceptada pode ser determinada por pluviômetros, porém seria necessário grande número destes aparelhos. O autor destaca ainda que no interior do povoamento florestal a velocidade do vento é menor do que no campo aberto, o que favorece a maior quantidade de água coletada por estes pluviômetros, associado ainda ao gotejamento da água interceptada pelas folhas.

Herbst *et al.* (2007), analisando o efeito da bordadura, constataram que o gotejamento em linhas imediatamente ao lado dela tiveram maior interceptação do que no centro da floresta, sendo que este fato foi acentuado na face em que sopra o vento, causando um efeito de sombreamento.

Apesar da importância da interceptação da água da chuva, Lima e Nicolielo (1983) ressaltam que este processo foi freqüentemente ignorado em estudos hidrológicos e, quando muito, era tratado como componente isolado do ciclo hidrológico.

Uma área florestal apresenta maior interceptação do que uma área de agricultura ou de pastagens. Assim, tanto o reflorestamento quanto o desmatamento podem provocar alterações significativas no regime de água do solo. Ao se retirar uma cobertura florestal, haverá em curto prazo menor perda de água pela evapotranspiração, mas o escoamento superficial irá aumentar, aumentando a vazão do corpo hídrico próximo (DREW, 1986).

Raudkivi (1979) relatou que a perda por interceptação em uma floresta nativa de região úmida, pode chegar até a 250 mm ano<sup>-1</sup>, mas logo após a retirada de toda a cobertura florestal foi observado um acréscimo de 346 mm no escoamento

superficial, para uma precipitação média anual de 1304 mm. Observações neste sentido foram constatadas por Vital *et al.* (1999) no Vale do Paraíba, em um reflorestamento de *Eucalyptus saligna*, que teve diminuição gradativa do deflúvio na microbacia após 7 anos do plantio e o aumento do mesmo no primeiro ano após o corte raso. Já em um plantio de *Pinus taeda*, Oki (2002) constatou o aumento da vazão nas bacias estudadas na região de Arapoti, estado do Paraná.

A quantia que uma floresta pode interceptar está relacionada com a intensidade da chuva e com a espécie plantada. Alguns autores citaram que o *Pinus taeda* podem interceptar de 9% a 14% da precipitação total (LULL, 1964; WISLER e BRATER, 1964), sendo que estes valores variaram conforme o total precipitado em cada caso. Já Brandy e Buckman (1979) citaram que os valores interceptados por florestas de coníferas podem variar entre 30 e 50% da precipitação anual, ressaltando que o clima tem um importante papel nestes valores.

Considera-se que perdas por interceptação em florestas folhosas, como eucalipto, são menores do que em florestas de coníferas, pois se atribui a elas menor retenção de água no dossel e, conseqüentemente, apresentam menor taxa de evaporação do que florestas com acículas (VAN DIJK e KEENAN, 2007). Mas Herbst *et al.* (2007) afirmam que há uma grande variação entre os dados de campo e o uso da água pela floresta, que não pode ser bem explicado.

Com a continuidade da precipitação e a conseqüente saturação devido à interceptação, há o escoamento de tronco, que vem a ser a parte da chuva que alcança o solo por meio do escoamento pelo fuste, conforme relataram Molchanov (1963), Lull (1964), Wisler e Brater (1964) e Lima (1976).

Para Molchanov (1963), o total de água que pode escoar pelo tronco durante a precipitação vai variar em função das características do tronco da espécie (rugoso ou liso), intensidade da chuva, formato da ramificação, se a espécie é folhosa ou conífera, entre outros. Os valores escoados apresentados por este autor apresentaram uma grande variação, ficando entre 0,6% a 11% do total da precipitação, para condições européias.

No Brasil, Lima (1976) avaliou o escoamento com *Eucalyptus saligna* e com *Pinus caribaea* e constatou que o escoamento iniciou em precipitações a partir de 4 mm. Para precipitação máxima (60-70 mm), o escoamento atingiu 2,9 mm e 1,2 mm respectivamente para eucalipto e Pinus. De maneira geral, o escoamento de tronco no eucalipto foi maior do que no Pinus.

Geiger (1961) baseado nos dados levantados por Freise (1936)<sup>5</sup>, mencionou que nas florestas primárias subtropicais do Brasil, a perda por evaporação devido a interceptação pelas copas representou 20% e a perda por evaporação em partes das cascas e trocos ocos, foi de 18%, não especificando qual foi o total precipitado durante o estudo.

Posteriormente, Lima e Nicolielo (1983) apresentaram os resultados obtidos no monitoramento da precipitação em uma área da Floresta Atlântica no estado de São Paulo, onde foram interceptados 350 mm, de uma precipitação total de 1300 mm, ou seja 27% do que precipitou.

Almeida e Soares (2003) citam o estudo de Uburana (1996)<sup>6</sup>, que avaliou a interceptação da chuva na Floresta Amazônica e encontrou, para uma precipitação de 3500 mm, o valor médio de 429 mm interceptado, ou seja 12,25% do total da chuva no período avaliado. Ao monitorarem também uma área de Floresta Atlântica, no estado do Espírito Santo, Almeida e Soares (2003) constataram valores próximos aos observados por Lima e Nicolielo (1983), neste caso a precipitação foi de 1379 mm e a interceptação foi de 330,96 mm (24%). A acentuada diferença nos valores entre a Floresta Amazônica e a Floresta Atlântica, foi atribuída por Almeida e Soares (2003) ao fato de que a elevada intensidade de precipitação registrada na Floresta Amazônica provocou a menor interceptação.

### 3.1.3 Dinâmica da água do solo no balanço hídrico

Para Ferris (1964), a condição da água do solo está intimamente ligada à geologia do terreno, que regula o movimento hídrico no perfil. Este movimento depende da porosidade do solo, propriedade que define o grau de interstícios contidos no solo e permitem a circulação da água infiltrada no seu interior. Este solo apresenta características herdadas da rocha de origem, que pode ter tido formação sedimentar, metamórfica ou magmática.

Nesta linha, Rezende *et al.* (1988) constataram que a razão para a ocorrência de cobertura vegetal exuberante em solos arenosos, secos e com altas taxas de evapotranspiração, era a presença de areias finas em determinadas profundidades, que contribuíam para a maior retenção de água. Este fato está ligado às

---

<sup>5</sup> FREISE, F. Das Binnenklima von Urwäldern im subtropischen Brasilien. \* Peterm. Mitt 82, 301-304, 346-348, 1936.

<sup>6</sup> UBURANA, V. N. Observation and modelling of rainfall interception at two experimental site in Amazonia. In: GASH, J. H. C. *et al.* (Ed.) **Amazonian Deforestation and Climate**. West Sussex, U. K.: John Willey & Sons, 1996. p. 151-162.

características físicas do solo, resultantes da formação geológica do terreno e que interfere nas relações hídricas presentes neste local.

Baseado nas características geológicas, Briggs (1897)<sup>7</sup>, citado por Luque (1981), foi pioneiro em elaborar uma classificação para a água do solo segundo a sua natureza. O primeiro conceito é o da água gravitacional – a que não seria retida pelo solo e sim drenada pela ação da gravidade; o segundo conceito é o da água capilar – seria retida pelo solo devido à força de tensão superficial, formando películas contínuas em torno das partículas terrosas e espaços capilares; e o terceiro conceito é o da água higroscópica – a que seria fixada por adsorção na superfície dos colóides, movimentando-se apenas no estado de vapor.

Estes conceitos ainda são utilizados atualmente, porém outro conceito é empregado, que é o do potencial total da água, conforme explicado por Kiehl (1979) e Reichardt e Timm (2004), que definem a água como um sistema em estudo, inserida em um meio (matriz do solo e os gases do ar do solo) com o qual mantém relações energéticas. Pelo conceito do potencial total define-se o estado de energia da água e a tendência do seu movimento no solo, bem como o seu estado de equilíbrio em cada ponto do perfil.

Classicamente o solo é dividido em três fases físicas – sólido, líquido e gasoso. A fase sólida é composta por areia, silte e argila; a fase líquida, pela umidade e a solução do solo; e a fase gasosa pela porosidade de aeração. Em função desta porosidade, esta fase tem importante relação com a dinâmica da água, pois nela estão contidos os gases como CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> e vapor de água, além das raízes. São nos poros do solo que ocorrem as trocas gasosas com a atmosfera, vitais para a sobrevivência das plantas e os movimentos da água no interior do solo (PREVEDELLO, 1996).

Esses movimentos, conforme salientou Cruciani (1986), são guiados pelo gradiente potencial do movimento e são determinados pela equação de Darcy, que permite obter o fluxo linear da água na coluna do solo. Porém, se o interesse for direcionado para a variação da umidade no perfil em função do tempo, aplica-se a equação da continuidade. Esta equação é a tradução analítica da lei de conservação de massas que, combinada com a equação de Darcy, leva à equação de Richards, que descreve o fluxo bi ou tridimensional que ocorre na drenagem ou infiltração no subsolo.

---

<sup>7</sup> BRIGGS, L. J. – 1897 – The mechanics of soil moisture. U. S. Dept. Bur. Soil Bol. 10.

Assim, a dinâmica da água no solo envolve as relações de massa-área-volume, que são obtidas pelas variáveis massa específica das partículas ou dos sólidos do solo ( $\rho_p$ ); massa específica do solo seco ( $\rho_{ss}$ ); massa específica do solo úmido ( $\rho_{su}$ ); umidade com base na massa seca U (umidade gravimétrica); umidade com base no volume  $\theta$  (umidade volumétrica); porosidade total ( $\alpha$ ) e de aeração ( $\alpha_{ar}$ ) e por fim, armazenamento de água pelo solo ( $\bar{Z}$ )(REICHARDT e TIMM, 2004).

O armazenamento ou o conteúdo de água do solo, conforme Gardner (1986), pode ser medido de forma direta ou indireta, sendo o gravimétrico o método direto mais comum, pois consiste em secar amostras em estufa. Os métodos indiretos consistem na determinação da condutividade e capacidade elétrica e atenuação de nêutrons.

Os métodos indiretos são muito comuns, conforme citações de Kirkham (1964) e Wisler e Brater (1964) que relatam a utilização dos blocos porosos de absorção, compostos por resistência elétrica (com gesso, ou com nylon, ou com fibras de vidro) e a sonda de nêutrons. O uso de tensiômetro é citado por Kiehl (1979), Luque (1981), Cruciani (1986) e Prevedello (1996). Mais recentemente, cita-se o método da reflectometria de microondas ou reflectometria de domínio do tempo (TDR), para estimar o conteúdo de água do solo (REICHARDT e TIMM, 2004 e LIBARDI, 2005).

O uso da sonda de nêutrons é citado por Cruz (2003) e por Rocha (2004), que monitoraram o armazenamento de água num Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com citros. Apesar das vantagens que este método apresenta na facilidade em monitorar o conteúdo de água a qualquer hora, Lal e Shukla (2004) lembram que no mesmo foram identificadas desvantagens como custo ainda elevado da sonda, que necessita de manutenção especializada, problemas com a calibração, além do grande risco para a saúde do usuário.

Quanto ao uso do TDR, o mesmo foi citado por Coletti (2000) e Castro (2001) na avaliação de um Latossolo Vermelho e por Souza (2002) no dimensionamento e manejo da irrigação por gotejamento. Comparada com a sonda de nêutrons, Lal e Shukla (2004) apontam que esta técnica tem vantagens como a ausência de riscos para a saúde devido a radioatividade, porém a calibração é mais trabalhosa. O elevado custo do emissor/ detector de pulsos, além das alterações nos resultados, provocadas pelos óxidos de ferros presentes na maioria dos solos brasileiros, é um

fator limitante ao uso desta técnica (REICHARDT e TIMM, 2004).

Além das alterações pelo óxido de ferro, a variabilidade espacial decorrente da calibração efetuada externamente à área experimental também pode trazer erros na determinação da umidade, conforme relatam Teixeira *et al* (2005), que adotaram o método gravimétrico, que embora seja um método destrutivo, é considerado padrão para determinar a umidade volumétrica do solo a fim de diminuir os erros devido à variabilidade espacial. Assim, como padrão, o método gravimétrico serve muito bem para determinar a umidade volumétrica na obtenção do balanço hídrico do solo.

As demais variáveis são determinadas por amostragens de solo, mas é preciso estar atento para evitar erros na coleta de amostras, conforme relataram Peterson e Calvin (1986). Esses erros podem ser de amostragem, que ocorrem entre as unidades de populações, de seleção, devido à tendência em selecionar unidades de população com poucas ou grandes probabilidades e de medida, que aparece devido à falta de observações nos valores por unidade ou por falta de método.

Para determinar as variáveis relacionadas com a densidade ou massa específica, Blake e Hartge (1986) citam, entre outros métodos clássicos, o da pesagem de amostra úmida do solo, obtida por um torrão escavado, com volume determinado, ou utilizando-se de cilindro amostrador ou anel volumétrico (amostras indeformadas), inserido por pressão no solo. Esta amostra é seca em estufa a 105°C, da qual se obtém o peso da matéria seca. Obtida a massa específica do solo, é possível transformar o valor da umidade gravimétrica em umidade volumétrica. O método do anel volumétrico é utilizado, segundo Kiehl (1979), desde 1914 quando Kopeck o idealizou.

A coleta com anel volumétrico é comumente utilizada na pesquisa da dinâmica da água no solo, como citaram Coletti (2000), Castro (2001), Medeiros (2002), Araújo *et al.* (2004), Rocha (2004) e Silva (2004), e apresenta resultados confiáveis na caracterização das variáveis físicas do solo. Um outro tipo de sistema, denominado de conjunto de trado de Uhland, que utiliza um trado, anel volumétrico, peso para impacto e placa para cortar o excesso de solo nas bordas do anel, também é largamente utilizado e apresenta apenas diferença na coleta das amostras devido a sua composição, mas os resultados são igualmente confiáveis, conforme citam Lins e Silva, (1994), Maia (1999), Guimarães (2000), Carvalho

(2002), Melo Filho (2002), Cruz (2003) e Carvalho (2006).

A porosidade total pode ser obtida por meio da densidade do solo e das partículas, conforme citam Danielson e Sutherland (1986). Outros métodos para se obter a porosidade total são apresentados por Kiehl (1979): o método do anel volumétrico, no qual se pesa uma amostra saturada com água fervida que é seca em estufa a 110 °C para nova pesagem (peso matéria seca); o método experimental que também utiliza o anel volumétrico; e o método do picnômetro de ar.

Outra variável do estudo da dinâmica da água no solo é a condutividade hidráulica, que na equação de Darcy-Buckingham é o coeficiente de proporcionalidade  $K$  e depende das propriedades do fluido e do material poroso. O símbolo  $K_0$  é utilizado para representar a condutividade hidráulica de um solo saturado, ou infiltração básica. Esse é o valor máximo de  $K$  e decresce rapidamente com o decréscimo da umidade (ou potencial matricial  $h$ ), bem como com a redução da umidade volumétrica ( $\theta$ ), pois  $K$  é uma função de  $\theta$ , ou  $K = K(\theta)$  (REICHARDT e TIMM, 2004).

De acordo com Libardi e Melo (2005), a condutividade hidráulica apresenta alto índice de variabilidade entre solos em condições de saturação e solos não saturados, o que pode levar a erros com significativa ordem de grandeza quando da utilização e extrapolação de valores médios, resultantes de observações experimentais de campo em estudos da dinâmica da água no solo.

Para medir a condutividade hidráulica Libardi (2005) cita métodos diretos (campo e laboratório) e indiretos (cálculos teóricos). Em laboratório podem ser utilizadas amostras deformadas e indeformadas e no campo, para solo saturado, o uso do permeâmetro de carga constante ou por meio de tradagem (solos homogêneos). Um exemplo do uso deste método está em Maia (1999) e Guimarães (2000).

Para solo não saturado pode ser empregado o método do perfil instantâneo, quando o lençol freático está bem profundo ou ausente. O uso do método do perfil instantâneo na medição da condutividade hidráulica é citado por Castro (2001), Melo Filho (2002), Cruz et al (2005), Libardi e Melo (2005) e Teixeira *et al.* (2005).

Para Prevedello (1996) a medição da condutividade hidráulica saturada em laboratório tem pouca relação com as obtidas nas condições de campo. Mas, quando há dificuldade de estimar parâmetros hidráulicos confiáveis nas condições de campo, o autor recomenda utilizar outros meios de mensuração mais fáceis,



como a curva de retenção da água no solo, por meio de derivações analíticas da mesma.

Por ser a condutividade hidráulica dependente das propriedades do fluido e do material poroso e é também uma função da umidade volumétrica [ $K = K(\theta)$ ], a sugestão de se adotar outros métodos permitem a obtenção de valores mais confiáveis em solos que apresentavam o fenômeno de hidrorepelência (BUCZKO *et al.*, 2006).

A respeito disto Lannoy *et al.* (2006) lembram que as relações hidrológicas nas camadas sub-superficiais são muito complexas, devido à influência da pressão atmosférica nos primeiros 10 cm. Já nas camadas mais profundas, em função da estrutura granular do solo, a drenagem é mais eficiente, retendo menor conteúdo de umidade, como observado nos solos arenosos.

Com a finalidade de entender o consumo de água do solo por espécies florestais, Lima *et al.* (1990) compararam o consumo de água em plantações de *Eucalyptus grandis*, *Pinus caribea var. hondurensis* e a vegetação do cerrado, por meio do método do balanço hídrico do solo, no vale do Jequitinhonha, sendo que um dos objetivos foi o de obter informações sobre a troca da cobertura do cerrado original pela cultura do Pinus. Os autores constataram que o consumo de água do Pinus foi um pouco maior do que a do cerrado (215 mm anuais a mais de água), sendo considerado normal para as condições vigentes. A espécie *Pinus taeda* apresenta altas taxas de transpiração com abundância de água, porém, em condições de stress, conserva ou reduz as taxas, o que sugere um mecanismo adaptativo (TRINIDAD *et al.*, 2002).

Entre os fatores que podem afetar a disponibilidade hídrica em um reflorestamento cita-se a influência do espaçamento adotado, que de acordo com Leite *et al.* (2006) altera a tendência de crescimento em altura, área basal, diâmetro quadrático e volume, que são variáveis relacionadas com a atividade fisiológica da planta e, conseqüentemente, com o consumo de água do solo, bem como atuam sobre a interceptação da chuva.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi instalado na empresa Klabin Florestal, próximo da vila denominada Lagoa, Fazenda Monte Alegre, município de Telêmaco Borba, estado do Paraná, cuja sede está localizada na latitude  $24^{\circ}13'19''$  S e longitude  $50^{\circ}32'33''$  W. Foram escolhidas duas áreas: uma de plantio de *Pinus taeda* e a outra de floresta nativa em fase avançada de regeneração. A Figura 4.1 apresenta a localização da área do pinus e da floresta nativa.

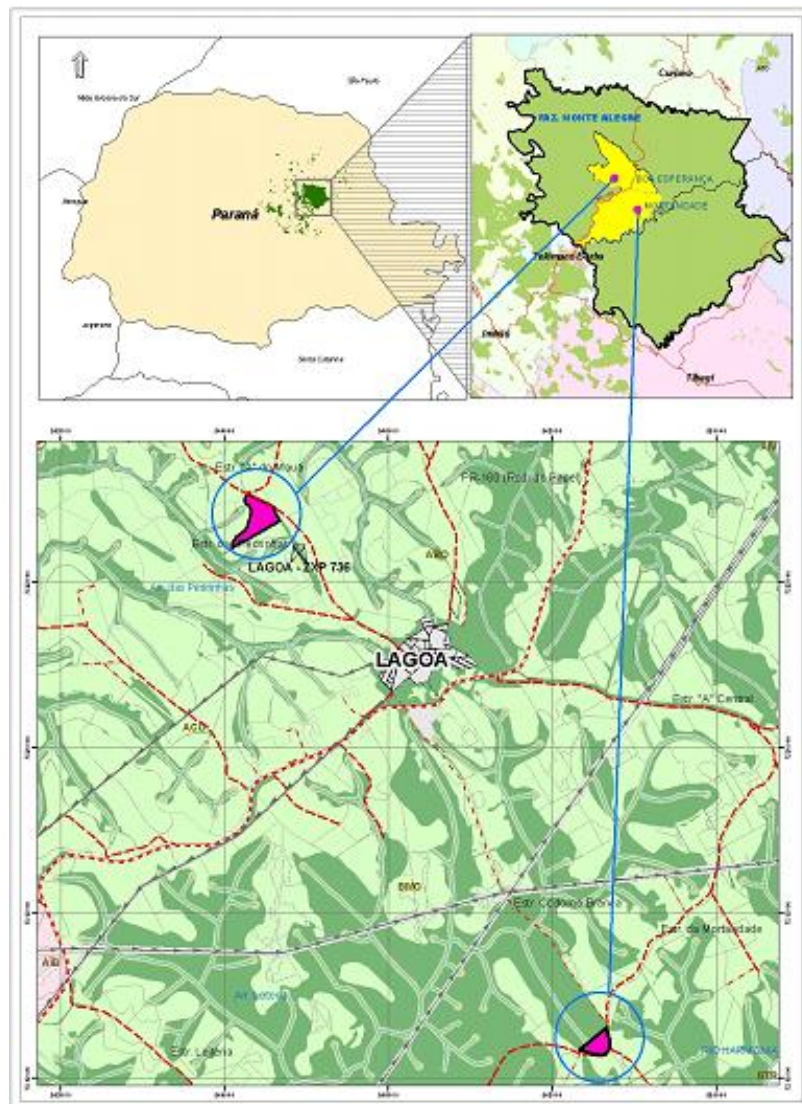


Figura 4.1 – Localização da área do pinus (porção superior no mapa) e da área da floresta nativa (porção inferior no mapa).

A área de pinus escolhida foi a do talhão ABO-I3A, após pré-seleção em um mapa gerado no *software* Arcview, em escala 1:25000, no Sistema de Projeção Elipsóide SAD 69, e posterior vistoria ao local. O talhão escolhido apresentava idade de 6 anos (plantio 2001), espaçamento de 3x2 (1667 árvores/ha), área de 12,50 ha, com alta taxa de sobrevivência. A área basal encontrada antes do início dos desbastes das árvores era de 28,92 m<sup>2</sup> e a altura média 10,35m. A floresta nativa escolhida faz parte da reserva legal denominada BMO, localizada na Região Florestal Mortandade.

O solo na área do pinus foi classificado como Latossolo Vermelho A moderado, textura argilosa, relevo suave ondulado e o da área de floresta nativa como Latossolo Vermelho-Amarelo textura média leve/argila, relevo suave ondulado, conforme a metodologia adotada pela Embrapa (1999).

## 4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 4.2.1 Implantação da área experimental

#### 4.2.1.1 Área do Pinus

O experimento na área de Pinus foi conduzido em 3,34 ha do total do talhão e adotou-se o delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram estudados três fatores: densidades (cinco), profundidades (cinco) e estações do ano (quatro),. A combinação das densidades e estações do ano foram aplicadas nas parcelas e as profundidades às sub-parcelas, caracterizando um arranjo em parcelas sub-divididas.

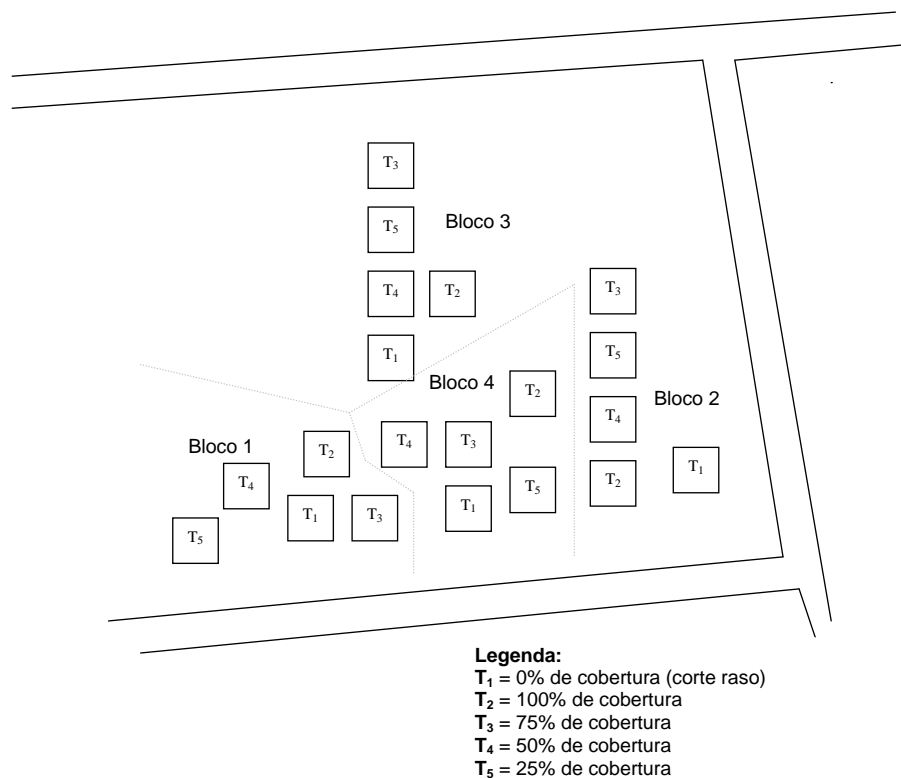
TABELA 4.1: Descrição dos tratamentos dos blocos.

TRATAMENTO	DESCRIÇÃO
Tratamento T <sub>1</sub>	0% de cobertura (corte raso)
Tratamento T <sub>2</sub>	100% de cobertura
Tratamento T <sub>3</sub>	75% de cobertura
Tratamento T <sub>4</sub>	50% de cobertura
Tratamento T <sub>5</sub>	25% de cobertura

Os blocos foram distribuídos de forma aleatória no talhão e as linhas de plantio usadas como critério de distância e separação das vias de acesso, bem como entre os blocos e os tratamentos. Por este critério, a distância mínima das vias foi de cinco linhas de plantio e entre os blocos e os tratamentos, de quatro linhas, visando desta forma eliminar influências internas e externas nas áreas

experimentais, tais como vento, insolação, infiltração de água e movimentação de veículos e pessoas.

A composição dos tratamentos foi baseada no número de 256 árvores viáveis em cada um deles. O arranjo foi baseado em 16 linhas de árvores por 16 colunas de árvores, com espaçamento padrão de 2,0 x 3,0 m (1.667 árvores/ha), sujeito a variações do momento do plantio, que provocaram pequenas diferenças na área de cada tratamento, conforme pode ser observado na Tabela 4.2. A área de cada tratamento foi medida utilizando-se uma trena de fibra plástica de 50 m, considerando como limite o quadrado formado no meio das entrelinhas. A Figura 4.2 apresenta a distribuição dos blocos e dos tratamentos após sorteio.



**FIGURA 4.2: Croqui da localização dos blocos e tratamentos no interior da área experimental.**

#### 4.2.1.1.1 Inventário da área de pinus

Após a delimitação dos blocos e dos tratamentos foi realizada a desrama das árvores que compunham a área experimental, a uma altura aproximada de 2 m, eliminando-se principalmente galhos secos no interior da área e facilitando as medições das circunferências (CAP) e das alturas das árvores.

Essas medições foram realizadas em janeiro de 2008, em todas as árvores dos blocos. A circunferência a altura do peito foi medida com fita de nylon e a altura com o uso de um clinômetro Suunto, de fabricação finlandesa. O padrão para a leitura com este equipamento é de manter uma distância de 15 m da árvore para efetuar a leitura, porém, em função do estágio de desenvolvimento do plantio foi necessário alterar este padrão para 7,5 m da árvore e dividir as leituras por 2.

As medições seguiram metodologia adotada pela empresa e as árvores foram numeradas em ordem crescente lado a lado até a última coluna do tratamento. A Tabela 4.2 mostra os valores do inventário das árvores retiradas e remanescentes.

TABELA 4.2: Área individual ( $m^2$ ) das parcelas e o volume ( $m^3$ ) dos desbastes da madeira com casca.

Blocos	Tratamento	Área $m^2$	Volume total $m^3$	Volume retirado $m^3$	Volume remanescente $m^3$
<b>Bloco 1</b>	T <sub>1</sub>	1674,70	15,40	15,40	0,00
	T <sub>2</sub>	1680,70	14,73	0,00	14,73
	T <sub>3</sub>	1656,20	12,26	3,11	9,15
	T <sub>4</sub>	1662,30	17,70	8,98	8,72
	T <sub>5</sub>	1624,00	17,52	13,24	4,28
<b>Bloco 2</b>	T <sub>1</sub>	1640,00	16,95	16,95	0,00
	T <sub>2</sub>	1697,00	20,12	0,00	20,12
	T <sub>3</sub>	1702,10	19,23	4,73	14,50
	T <sub>4</sub>	1696,00	18,91	9,56	9,35
	T <sub>5</sub>	1685,70	19,04	14,41	4,63
<b>Bloco 3</b>	T <sub>1</sub>	1659,00	20,41	20,41	0,00
	T <sub>2</sub>	1684,60	20,85	0,00	20,85
	T <sub>3</sub>	1661,90	20,96	4,61	16,35
	T <sub>4</sub>	1669,50	24,86	12,8	12,06
	T <sub>5</sub>	1670,00	21,11	15,73	5,38
<b>Bloco 4</b>	T <sub>1</sub>	1660,00	17,14	17,14	0,00
	T <sub>2</sub>	1652,10	19,10	0,00	19,10
	T <sub>3</sub>	1692,30	17,86	4,44	13,42
	T <sub>4</sub>	1684,00	16,54	7,97	8,57
	T <sub>5</sub>	1678,30	21,40	16,30	5,10

Os valores apresentados na Tabela 4.2 resultam da medição da circunferência e altura, que foram registrados em um coletor de dados marca Psion



Teklogix, fabricado no Canadá, acoplável em um microcomputador, para a transferência dos dados registrados. A partir dos valores de CAP e da altura total foram identificadas as árvores dominantes em cada tratamento, para servirem de base durante todo o período de avaliação do experimento.

#### 4.2.1.1.2 Retirada das árvores

A retirada das árvores, conforme apresentado na Tabela 4.1, seguiu o seguinte roteiro:

- Início do corte em março de 2008 e término em maio de 2008 (Figura 4.3);
- O desbaste foi realizado com motoserras, evitando-se a compactação do solo por máquinas;
- Abertura de ramais nas bordaduras de alguns tratamentos para permitir o arraste das árvores do interior da parcela por meio de um trator com guincho (Figura 4.3);



**FIGURA 4.3 – Retirada das árvores por meio de trator com guincho.**



- Retirada de todas as árvores nos tratamentos  $T_1$  (Figura 4.4) e manutenção de todas elas nos tratamentos  $T_2$  (Figura 4.5)

- Nos tratamentos  $T_3$ , de cada 04 linhas de 16 árvores, retirou-se sistematicamente a quarta linha, resultando em 25% de desbaste (Figura 4.6);

- No tratamento  $T_4$  as linhas foram retiradas alternadamente, ou seja, 50% de desbaste (Figura 4.7);

- No tratamento  $T_5$  retiraram-se linhas alternadas e, dentro delas, árvores alternadas, para se obter o percentual de 75% de desbaste (Figura 4.8).

As árvores retiradas nestes desbastes foram recortadas e empilhadas na beira da estrada. Ao final desta etapa foi delimitada a área útil de cada parcela com estacas de madeira, onde foram efetuadas as atividades de coleta de solo e monitoramento das precipitações. Esta área compreendeu 100 árvores (10 árvores/coluna e 10 árvores/linhas), incluindo-se as que foram derrubadas.



**FIGURA 4.4 – Tratamento  $T_1$ , após a retirada das árvores.**





**FIGURA 4.5 – Visualização do Tratamento T<sub>2</sub>.**



**FIGURA 4.6 – Visualização do Tratamento T<sub>3</sub>.**





**FIGURA 4.7 – Visualização do Tratamento T<sub>4</sub>.**



**FIGURA 4.8 – Visualização do Tratamento T<sub>5</sub>.**

#### 4.2.1.2 Área da Floresta Nativa

A escolha da área de floresta nativa foi feita seguindo os seguintes critérios: não ser floresta de mata ciliar, apresentar relevo suave ondulado e distância inferior a 10 km da área do pinus. Foram instaladas 4 parcelas (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> e P<sub>4</sub>) com área de 625 m<sup>2</sup> cada uma e demarcadas com estacas de madeira e delimitadas com fita plástica zebraada. Nesta área foi medido o CAP das árvores acima de 30 cm, utilizando-se uma trena de plástico, para determinar a circunferência média e obter-se as áreas basais que foram 33, 32,22, 24,03 e 28,26 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup> para P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> e P<sub>4</sub> respectivamente. A tabela 4.3 relaciona as principais espécies catalogadas no campo pelo nome comum, com as respectivas famílias e nomes científicos, conforme Lorenzi (2002).

TABELA 4.3 – Relação das principais espécies catalogadas na floresta nativa.

Família	Nome científico	Nome comum
Annonaceae	<i>Rollinia</i> sp	Araticum
Bignoniaceae	<i>Jacaranda</i> sp	Caroba
Caesalpiniaceae	<i>Holocalyx balansae</i> Micheli	Alecrim do campo
Euphorbiaceae	<i>Alchornea iricurana</i> Casar <i>Croton floribundus</i> Spreng.	Tapia Capixingui
Fabaceae	<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> Hassl. <i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel <i>Myrocarpus frondosus</i> Allemao	Rabo-de-bugio Sapuva Óleo-pardo
Flacourtiaceae	<i>Casearia sylvestris</i> SW.	Guaçatonga
Lauracea	<i>Nectandra</i> sp e <i>Ocotea</i> sp <i>Persea pyrifolia</i> Nees & Mart. ex. Nees	Canelas Maçaranduba
Meliaceae	<i>Cabrela canjerana</i> (Vell.) Mart. <i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Canjerana Cedro
Mimosaceae	<i>Albizia</i> sp.	Angico-branco
Myrtaceae	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O. Berg. <i>Eugenia involucrata</i> DC. <i>Myrcia selloi</i> (Spreng.) N. Silveira	Guabiroba Cerejeira Cambuí
Proteaceae	<i>Roupala brasiliensis</i> Klotzsch	Carne-de-vaca
Rosaceae	<i>Prunus sellowii</i> Koehne	Pessegueiro-bravo



#### 4.2.2 Instalação dos pluviômetros e mangueiras

Os procedimentos operacionais para a instalação destes aparelhos consistiram basicamente em:

- Determinar o diâmetro da projeção da copa de 15 árvores escolhidas aleatoriamente, com uma fita de nylon, por meio de duas leituras cruzadas por árvore, calculando-se a média das mesmas, dentro da área útil de cada tratamento. Esta operação foi realizada em junho de 2008 e repetida em novembro de 2009, neste caso com a finalidade de observar o incremento do diâmetro médio das copas de acordo com os desbastes utilizados;

- Nova medição do CAP em todas as árvores presentes na área útil;

- Divisão da área útil em 04 quadrantes (I; II; III; IV), para sortear o local onde seriam instalados os pluviômetros. Escolheram-se árvores que apresentavam valores médios de CAP, com intervalo de 0,01 acima ou abaixo do valor médio;

- Instalaram-se 02 pluviômetros em cada tratamento a 0,50 m das árvores, a uma altura de 1,30 m do solo, para coletar a precipitação incidente e um terceiro pluviômetro no ponto médio entre linhas, para a precipitação (Figura 4.9);



**FIGURA 4.9 – Disposição dos pluviômetros nos tratamentos do Pinus.**

- Nos tratamentos de corte raso ( $T_1$ ), os pluviômetros foram instalados no centro, formando um triângulo equilátero, conforme foi apresentado na Figura 4.4.

- Preparo da árvore para a instalação das mangueiras: o tronco foi raspado com a lâmina de uma faca para diminuir a rugosidade e a mangueira instalada ao redor do tronco e fixada com braçadeiras metálicas para, posteriormente, aplicar uma camada de espuma expansiva de PVC. Na sua extremidade inferior foram instalados galões de plástico de 20 l. para armazenar a água escoada (Figura 4.10);



**FIGURA 4.10 – Conjunto mangueira e galão de 20 l para escoamento pelo tronco.**

- Após a espuma secar, as mangueiras foram cortadas longitudinalmente, formando um canal de escoamento para coleta de água e aplicado silicone entre a mangueira e o tronco, para assegurar a vedação (Figura 4.11);

Na floresta nativa, os procedimentos foram os seguintes:

- Medição do CAP das árvores com circunferência maior ou igual a 0,30 m em cada repetição. Obteve-se a média da circunferência, que possibilitou a escolha das árvores para instalar as mangueiras de coleta da água escoada pelo tronco.



- Repetiu-se o procedimento da área do pinus para o preparo dos troncos das árvores que foram instaladas as mangueiras;



**FIGURA 4.11 – Corte longitudinal na mangueira para escoamento de água pelo tronco.**

- Instalação de 03 pluviômetros aleatoriamente, em cada parcela, evitando clareiras e áreas cobertas por uma única árvore.

Foram instalados 72 pluviômetros de acrílico (60 no plantio de pinus e 12 na floresta nativa), com capacidade de 40 mm, da marca Incotherm, além de aproximadamente 62 metros de mangueira plástica, em 40 árvores, para coletar o escoamento do tronco em árvores da floresta nativa e do plantio de Pinus. Os pluviômetros foram posteriormente calibrados, utilizando-se um fator de correção calculado para corrigir a leitura da chuva.



**FIGURA 4.12 – Foto do pluviômetro na floresta nativa**

#### 4.2.3 Registro da umidade gravimétrica (U) do solo e da precipitação

A determinação da capacidade de armazenamento da água no solo, pela umidade gravimétrica, e da água da chuva coletada pelos pluviômetros e escoada pelos troncos, foi realizada semanalmente, entre os dias 08 de janeiro e 30 de dezembro de 2009:

- Durante a coleta das amostras de solos, os valores da precipitação dos pluviômetros no pinus e na floresta nativa eram simultaneamente registrados, bem como a quantidade de água armazenada nos dois galões do escoamento pelo tronco, utilizando balde com capacidade de 10 l, que foi graduado no laboratório de solos da Klabin e uma proveta de acrílico, com capacidade de 1 l;

- Em cada tratamento foram selecionados dois pontos para a coleta, um entre as árvores e outro nas entrelinhas;

- Nos tratamentos de corte raso ( $T_1$ ) de cada bloco e na floresta nativa os pontos de coleta eram escolhidos aleatoriamente.

- Antes de iniciar a coleta era retirada a serapilheira e a matéria orgânica presentes no local da amostragem;

- Retirada das amostras com trado holandês, até a profundidade de um metro, subdividida em cinco profundidades: 0,00 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m; 0,40 a 0,60 m; e 0,60 a 1,00m;

- A amostra de cada ponto de coleta era colocada em recipientes identificados conforme a profundidade e misturadas manualmente, para se obter amostras compostas;

- As amostras eram transferidas para sacos plásticos, com identificação das profundidades e dos tratamentos e a data. Estas embalagens eram fechadas, amarrando a boca do saco plástico, e encaminhadas ao laboratório para a sequência da atividade;

- No laboratório, as amostras eram homogeneizadas para evitar que a umidade condensada no saco plástico fosse perdida. Em bandejas de alumínio eram pesadas duas amostras de 100 g de solo, cada uma da amostra original (amostra “a” e amostra “b”) para determinação do peso do solo úmido.

- Estas amostras foram secas em estufa, à temperatura de 105 °C por 24 horas (até peso constante), para obtenção do peso do solo seco. Todos os valores de peso do solo úmido e seco foram computados em planilhas de papel e depois inseridos em planilha eletrônica. A umidade gravimétrica (U) foi determinada aplicando-se a seguinte formula:

$$U = \frac{m_u - m_s}{m_s} \quad (4.1)$$

onde  $m_u$  é a massa do solo úmido e  $m_s$  é a massa seca da amostra.

#### 4.2.3.1 Tratamento dos dados de escoamento de tronco e interceptação vegetal

A água escoada pelo tronco foi registrada em litros e transformada em altura de chuva em mm aplicando a fórmula indicada por Soares e Batista (2004), considerando o volume de água coletada pelo reservatório a variável  $V$  e a superfície coletora ( $A$ ) que é a área resultante do diâmetro médio da copa.

O total de água interceptada foi determinado por meio dos valores das coletas das chuvas nos pluviômetros do tratamento  $T_1$  (corte raso), subtraído pela somatória dos valores de chuva coletados nos pluviômetros dos tratamentos  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  e  $T_5$  e dos respectivos valores de escoamento de tronco, transformados em mm.

#### 4.2.4 Classificação e coleta do solo para análises físicas

A classificação do solo foi realizada conforme Embrapa (1999) e a coleta de amostras indeformadas para as variáveis físicas do solo (densidade, curva de retenção de água, condutividade hidráulica, porosidade total e micro porosidade) foi feita conforme os procedimentos da Embrapa (1979). Para tanto foram escavadas 3 trincheiras, duas na área do pinus e uma na floresta nativa, com 1,8 m de profundidade, 1,5 m de largura e 3 m de comprimento (Figura 4.13).



**FIGURA 4.13 – Foto do perfil de solo onde foram coletadas amostras indeformadas de solo**

As amostras indeformadas foram coletadas utilizando o método do anel volumétrico (cilindro de Uhland), com volume conhecido de 49,88 cm<sup>3</sup>, fornecidos pela Klabin, nas profundidades de 0-10; 10-20; 20-40; 40-60; 60-80 e 80-100 cm, com três repetições em cada profundidade. Estas coletas ocorreram em outubro de 2009.

As amostras foram encaminhadas para análises no laboratório de física dos solos do Centro Nacional de Pesquisas Florestais da Embrapa, no município de Colombo, onde ficaram armazenadas em refrigerador, à temperatura abaixo de 08 °C, até o dia 04 de janeiro, quando foram iniciados os procedimentos metodológicos



conforme Embrapa (1979), primeiro pesando as amostras para logo em seguida serem saturadas em água por 04 dias. Durante este período determinou-se a condutividade hidráulica pelo método do permeâmetro de carga constante modificado.

No quinto dia as amostras foram novamente pesadas (peso saturado) e transferidas para o conjunto de extratores de água do solo, composto por um compressor de ar com capacidade de pressão de 1000 psi e duas painéis denominadas de “câmara de Reichardtts”, uma com capacidade de 5 atm e outra com capacidade de 20 atm, de marca *Soil Moisture*.

Primeiro as amostras foram colocadas na câmara de 5 atm, sobre placas cerâmicas porosas, com capacidade de suportar 1 atm e submetidas à pressão de 0,06 atm. Após dois dias elevou-se a pressão sobre as amostras para 0,1 atm, por 24 h e na seqüência a pressão foi elevada para 1 atm, também por 24 horas. Após este período as amostras foram transferidas para a câmara de 20 atm e submetidas à pressão de 15 atm, também por 24 horas.

Em cada alteração na pressão, as amostras eram retiradas do equipamento para pesagem. Ao encerrar o procedimento em 15 atm, com a respectiva pesagem, as amostras foram colocadas em estufa a 105 °C, por 48 horas, para se obter o peso do solo seco.

Após estes procedimentos as amostras de solo foram descartadas, para ser obtido o peso e o volume dos anéis volumétricos e, assim, completar os cálculos da determinação da porosidade total (umidade de saturação), microporosidade, capacidade de campo e do ponto de murcha permanente.

Pela diferença entre a umidade de saturação (porosidade total) e a microporosidade obteve-se a macroporosidade e a entre a umidade de saturação e a capacidade de campo, obteve-se a porosidade de aeração. E pela diferença entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente obteve-se a água disponível do solo. As densidades do solo de cada profundidade foram obtidas dividindo-se o peso do solo seco médio das amostras pelo volume do anel.

Os valores de densidade foram multiplicados pelos valores de umidade gravimétrica (U) obtidos nas coletas semanais de cada profundidade estudada, obtendo-se a umidade volumétrica ( $\theta$ ).

Devido ao número de amostras analisadas e a capacidade dos equipamentos,

estas foram divididas em dois lotes, um de 30 e outro de 24 anéis, sendo que a conclusão desta etapa foi no dia 25 de janeiro de 2010.

Para a classificação dos solos amostras foram coletadas para análises químicas e de textura de cada uma das profundidades avaliadas nas trincheiras e enviadas ao Laboratório de solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

#### 4.2.5 Controle de pragas e plantas invasoras e manutenção dos equipamentos

Durante o período de coleta de amostras de solo e do registro das precipitações foi necessário fazer o controle do ataque de formigas (evitando interferências no IAF e na interceptação) e do crescimento do sub-bosque (alterando a interceptação e evapotranspiração).

O controle de formigas foi por meio de iscas e ocorreu no mês de fevereiro; uma segunda aplicação somente ocorreria caso fosse detectado um novo ataque. O controle do sub-bosque foi feito entre os meses de janeiro e março, utilizando o herbicida *Scout*. As aplicações ocorreram nos tratamentos que sofreram desbastes das árvores.

Tanto no plantio do pinus quanto na floresta nativa foram utilizados como suporte dos pluviômetros estacas de eucalipto. Quanto às mangueiras para a coleta da água escoada pelos troncos, semanalmente eram revisadas, averiguando danos em função das intempéries (sol, chuva, calor e frio) ou do crescimento em diâmetro das árvores. Quando identificada alguma mangueira fechada ou com problemas de vedação adotava-se ação corretiva para manter o duto aberto e, se necessária, a aplicação de silicone.

### 4.3 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

Os dados coletados referentes ao volume de água no solo sob o pinus e sob a floresta nativa foram agrupados em planilha eletrônica Excel e organizados conforme o respectivo bloco, tratamento, profundidade e estação de coleta para, posteriormente, serem transferidos para um *software* estatístico denominado MSTAT, no qual realizou-se:

- Análise de variância (ANOVA 1) e teste de Bartlett;
- Cálculo da análise de variância e covariância para parcelas subdivididas, pela opção Factor, gerando tabela das médias, com as interações entre os fatores (tratamentos, profundidades e estação) e a

tabela da análise de variância com graus de liberdade, soma dos quadrados, quadrado médio do erro e a probabilidade;

- Aplicação do teste de comparação de médias Student - Neuman - Keuls (SNK), para as interações que apresentaram valores significativos na análise de variância fatorial;

Os dados foram analisados em três etapas:

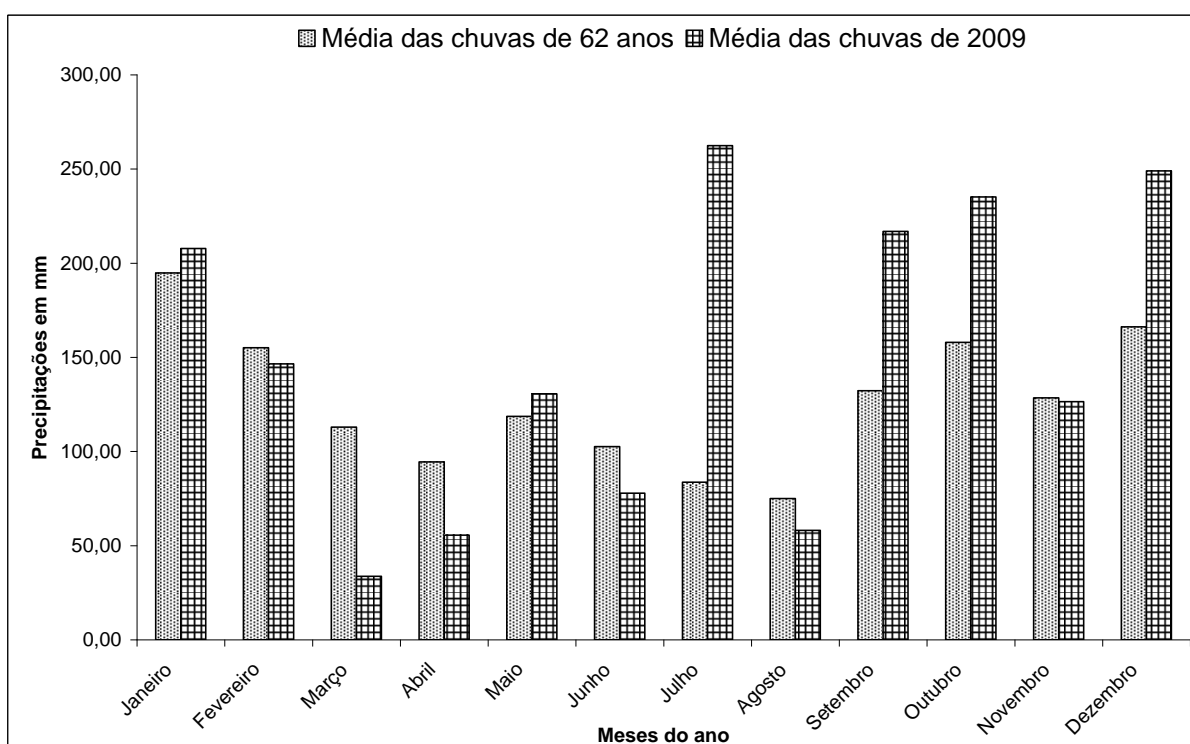
- A primeira analisou, isoladamente, a estrutura fatorial dos dados obtidos do solo sob o pinus;
- Na segunda foram agrupados os dados do pinus e da floresta nativa, para a análise de variância e de covariância. Posteriormente, aplicou-se o teste de contrastes ortogonais entre as médias dos tratamentos do pinus e da floresta nativa;
- A terceira analisou isoladamente a estrutura fatorial dos dados obtidos do solo sob a floresta nativa, com a aplicação do teste SNK, para determinar as interações significativas entre as interações de profundidades e estações do ano

O teste de contrastes ortogonais foi realizado em planilha Excel, com a finalidade de comparar as médias obtidas entre os tratamentos do solo sob pinus com o tratamento do solo sob a floresta nativa.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.

### 5.1 DADOS METEOROLÓGICOS DE 2009

O ano de 2009 foi atípico em relação à média histórica da precipitação na região de Telêmaco Borba. As Figuras 5.1 e 5.2 apresentam as comparações da média mensal de precipitação de 62 anos registrados pela Klabin com a média mensal no ano de 2009 e a variação da precipitação nas estações do ano.



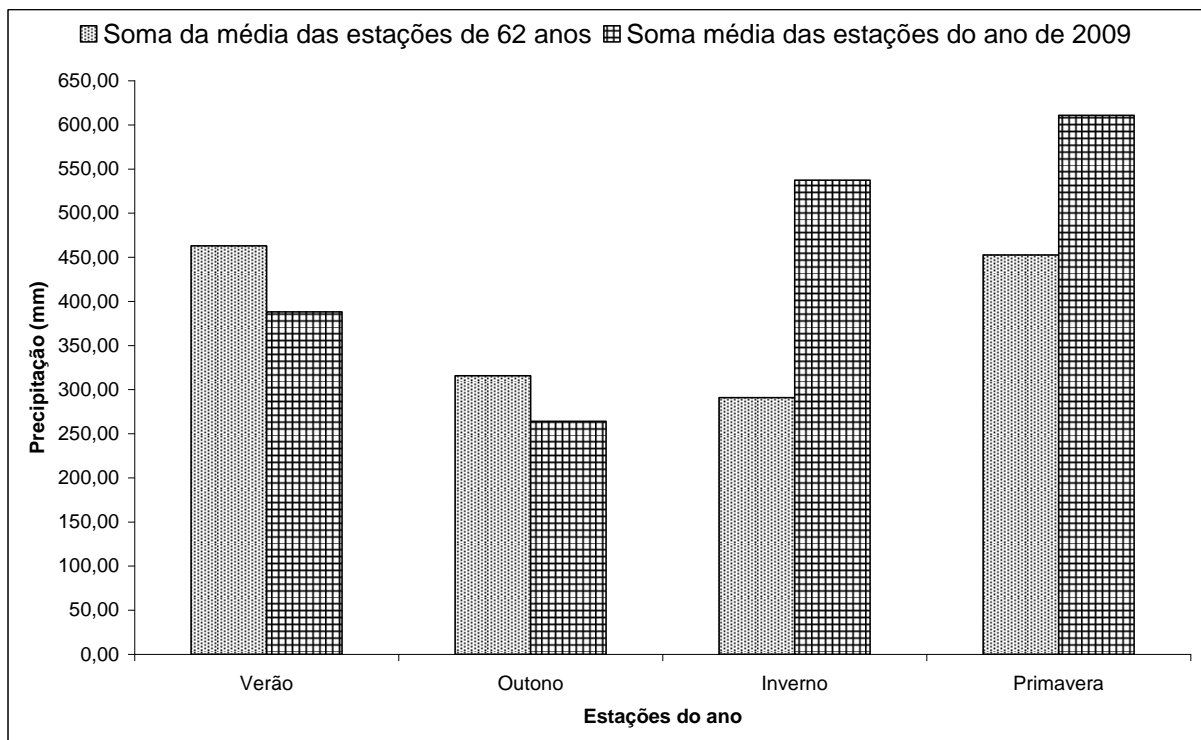
**Figura 5.1: Comparação entre a média histórica mensal de 62 anos com o ano de 2009**

Conforme mostra a Figura 5.1, janeiro é historicamente o mês mais chuvoso, e embora no ano de 2009 tenha ficado acima da média, foram observados outros quatro meses mais chuvosos de que janeiro naquele ano – julho, setembro, outubro e dezembro. A precipitação total do ano de 2009 (1800 mm) também apresentou

valor acima da média histórica observada na estação meteorológica (1531 mm).

Observa-se que no primeiro semestre apenas os meses de janeiro e maio apresentaram valores de precipitação acima da média. No segundo semestre, somente os meses de agosto e novembro apresentaram valores abaixo da média, enquanto os demais meses ficaram muito acima da média.

Na Figura 5.2 observa-se que historicamente o inverno compreende a estação mais seca do ano nesta região. Entretanto, em 2009, esta estação apresentou-se mais chuvosa do que o esperado, praticamente o dobro da média histórica. A primavera também teve precipitação acima da média histórica, mas comparada ao inverno, a diferença não foi tão grande. O verão e o outono apresentaram índices de precipitação menores do que a média histórica.



**Figura 5.2: Comparação entre a média das estações de 62 anos com o ano de 2009**

## 5.2 VARIÁVEIS FÍSICAS DO SOLO DO PINUS

Os resultados das variáveis físicas do solo da área com pinus são apresentados na Tabela 5.1. São valores médios obtidos a partir da coleta de

amostras indeformadas em dois perfis abertos dentro da área experimental.

TABELA 5.1. Resultados das análises físicas do solo sob pinus.

Área	Profundidade (cm)	Densidade do solo ( $\rho$ ) (g.cm <sup>-3</sup> )	Umidade saturada (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> ) ( $\alpha$ )	Pressão (atm)				Macro porosidade (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	Porosidade de aeração ( $\alpha_a$ ) (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	Água disponível (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )
				0,06	0,1	1	15			
Pinus	0 a 10	1,102	0,598	0,395	0,356	0,293	0,275	0,202	0,241	0,081
	10 a 20	1,211	0,541	0,403	0,365	0,309	0,291	0,138	0,176	0,074
	20 a 40	1,216	0,537	0,395	0,366	0,301	0,283	0,142	0,172	0,083
	40 a 60	1,236	0,542	0,462	0,384	0,290	0,277	0,080	0,159	0,106
	60 a 100	1,139	0,568	0,439	0,374	0,277	0,260	0,128	0,193	0,114

Por estes resultados observa-se que as densidades do solo para as cinco profundidades avaliadas estão dentro da faixa mencionada por Reichardt & Timm (2004) para solos de textura fina (argilosos), que varia entre 0,900 a 1,600 g.cm<sup>-3</sup>. Também foi observada tendência de aumento da densidade do solo conforme a profundidade, exceto na camada entre 60 e 100 cm.

A coluna da umidade saturada, multiplicada por 100, corresponde aos valores da porosidade total ( $\alpha$ ) que são inversamente proporcionais à densidade ( $\rho$ ), ou seja, o aumento de  $\rho$  ocasiona a diminuição de  $\alpha$ , que representa os espaços disponíveis para a presença de gases e líquidos no solo. Conforme Kiehl (1979), o valor ideal de  $\alpha$  deve ser de 50% do volume do solo composto pela fração sólida e neste caso ela variou entre 53,70 a 59,80%, considerando-se portanto adequada. A porosidade de aeração ( $\alpha_a$ ) variou entre 15,9 a 24,1%, sendo que o ideal não deve ser inferior a 10 - 15% (PREVEDELLO,1996).

Os valores da pressão da coluna de 0,06 atm correspondem a variável da microporosidade, que por sua vez está vinculada a retenção de água no solo, pois relaciona-se com o potencial matricial ( $\Psi_m$ ) em que atuam forças capilares e de adsorção, diminuindo a energia potencial da água, que fica retida nos micro poros(REICHARDT e TIMM, 2004). Os resultados da coluna de 0,06 atm variaram de 39,5 a 46,2%, o que significa que este solo apresenta um sistema de micro canais que evitam sua rápida drenagem entre eventos de precipitações.

A coluna da pressão de 0,1 atm corresponde à capacidade de campo, que embora questionada por Reichardt & Timm (2004) é uma variável física muito utilizada no estudo das características do solo, pois serve como um referencial na

capacidade de armazenamento de água no perfil do solo. Os valores de capacidade de campo não foram atingidos no verão e no outono de 2009, respectivamente. Porém, no inverno, foram observados valores médios próximos e iguais à capacidade de campo nos tratamentos  $T_1$  e  $T_2$ , nas profundidades entre 10 a 20 cm e entre 20 a 40 cm. Na primavera também foram observados valores próximos nos tratamentos  $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$  e iguais ou superiores nas profundidades entre 20 a 40 cm, 40 a 60 cm e 60 a 100 cm.

A coluna de pressão de 15 atm corresponde aos valores da variável ponto de murcha permanente, que está relacionada com a condição de indisponibilidade de água no solo para as plantas, podendo provocar redução no desenvolvimento destas. Este nível crítico não foi atingido durante o verão, inverno e primavera. Entretanto, no outono, nos tratamentos  $T_4$  e  $T_5$ , foi observada a ocorrência de valores abaixo do ponto de murcha determinado para este solo nas camadas mais superficiais, sem ter contudo afetado as árvores. A ocorrência desta condição está relacionada com o menor índice pluviométrico nesta estação e também com o efeito que os desbastes de diferentes intensidades podem ter provocado sobre a umidade do solo.

As Figuras 5.3, 5.4, 5.5 e 5.6 apresentam as variações descritas da umidade do solo, representados na forma de tensão de água em kPa, em cada estação do ano. A representação por tensão, além de ilustrar as variáveis aplicadas sobre as amostras, foi mais adequada na apresentação das diferenças ocorridas entre os tratamentos, possibilitando visualizar a proximidade da condição de tensão de água no solo nos tratamentos  $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$  comparados aos tratamentos  $T_4$  e  $T_5$ .

Os resultados, mostrados nas Figuras 5.3 a 5.6, representados pelas curvas de tensão, indicam a tendência de maior disponibilidade de água no solo nos tratamentos  $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$ , caracterizando uma situação de equilíbrio entre crescimento vegetativo e demanda hídrica. Nos tratamentos  $T_4$  e  $T_5$  as curvas de tensão mostraram que, para os primeiros 50 cm de profundidade, ocorreu menor disponibilidade hídrica no solo. Esta diferença pode ser explicada pelo crescimento dos diâmetros das copas das plantas nestes dois tratamentos, que provavelmente foi estimulado pelos desbastes, aumentando a produção de biomassa, com a consequente redução do volume de água armazenada no solo.

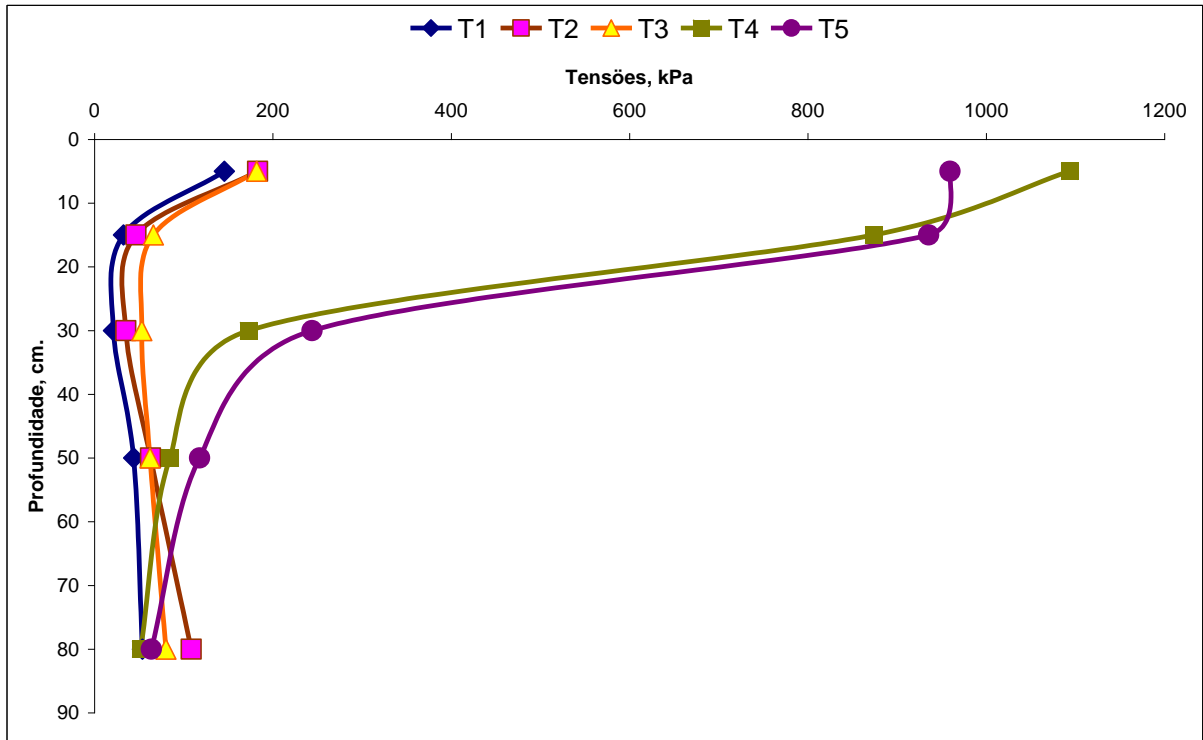


Figura 5.3: Tensão média da água do solo sob Pinus, kPa, em cinco profundidades, verão de 2009.

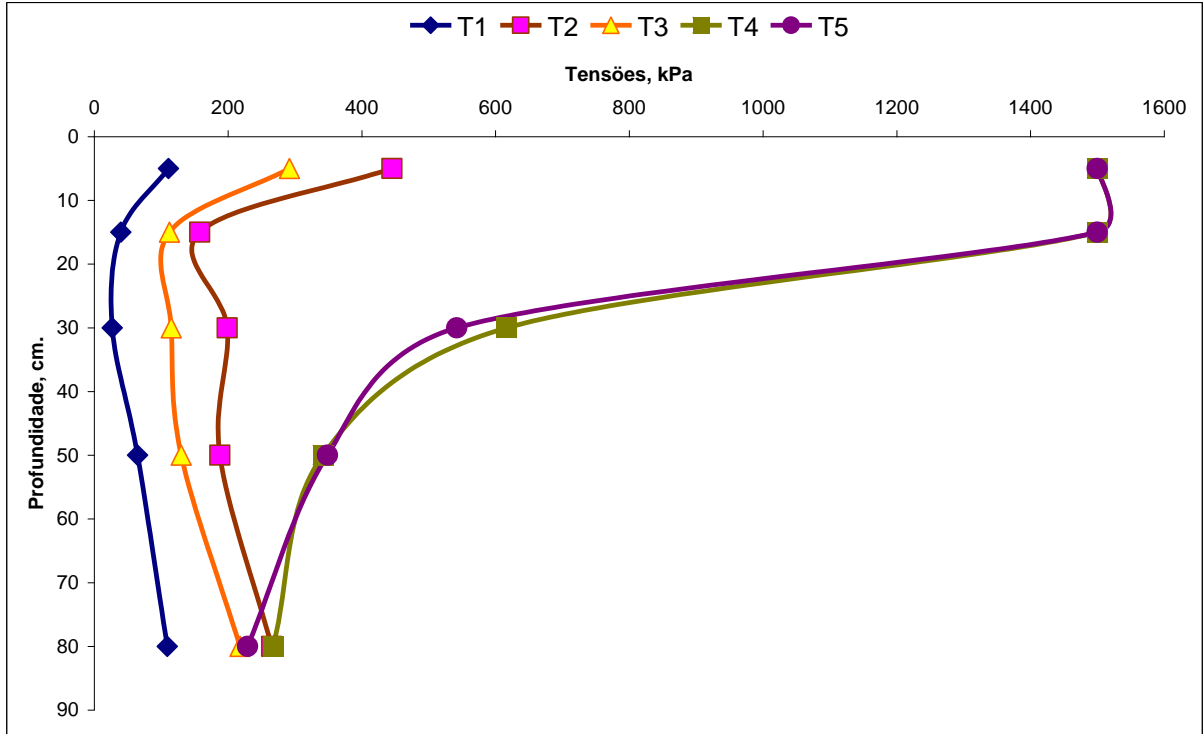
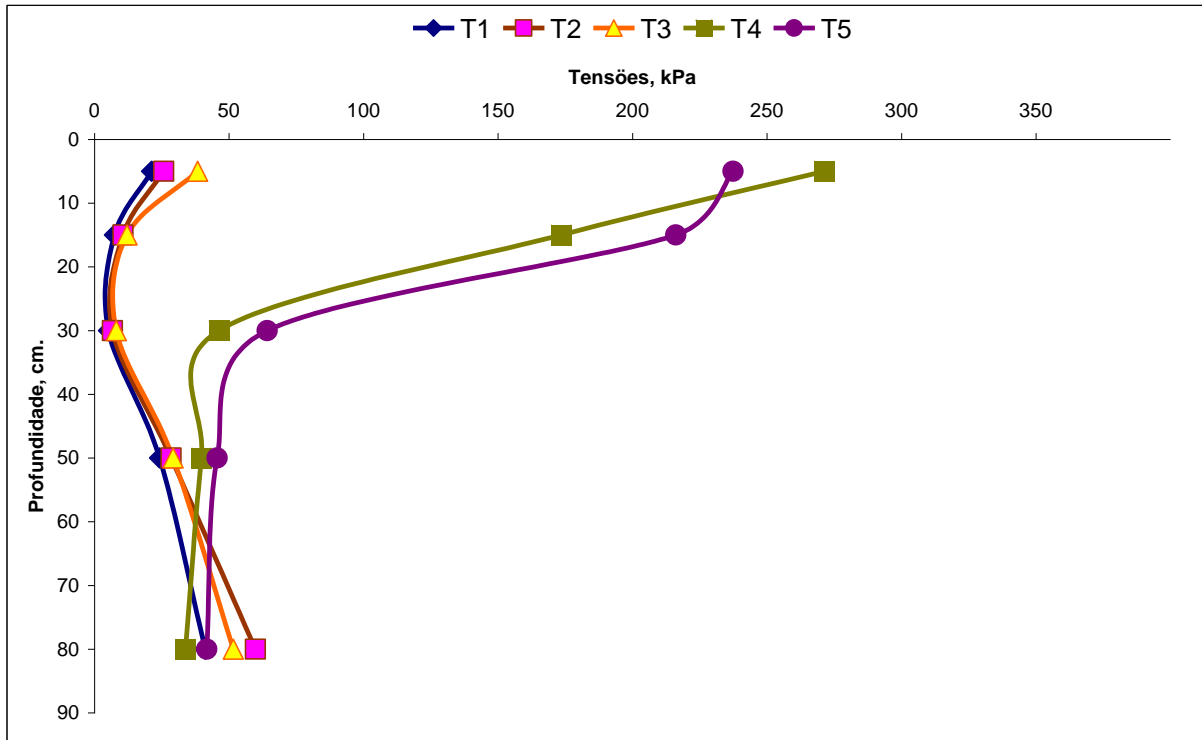
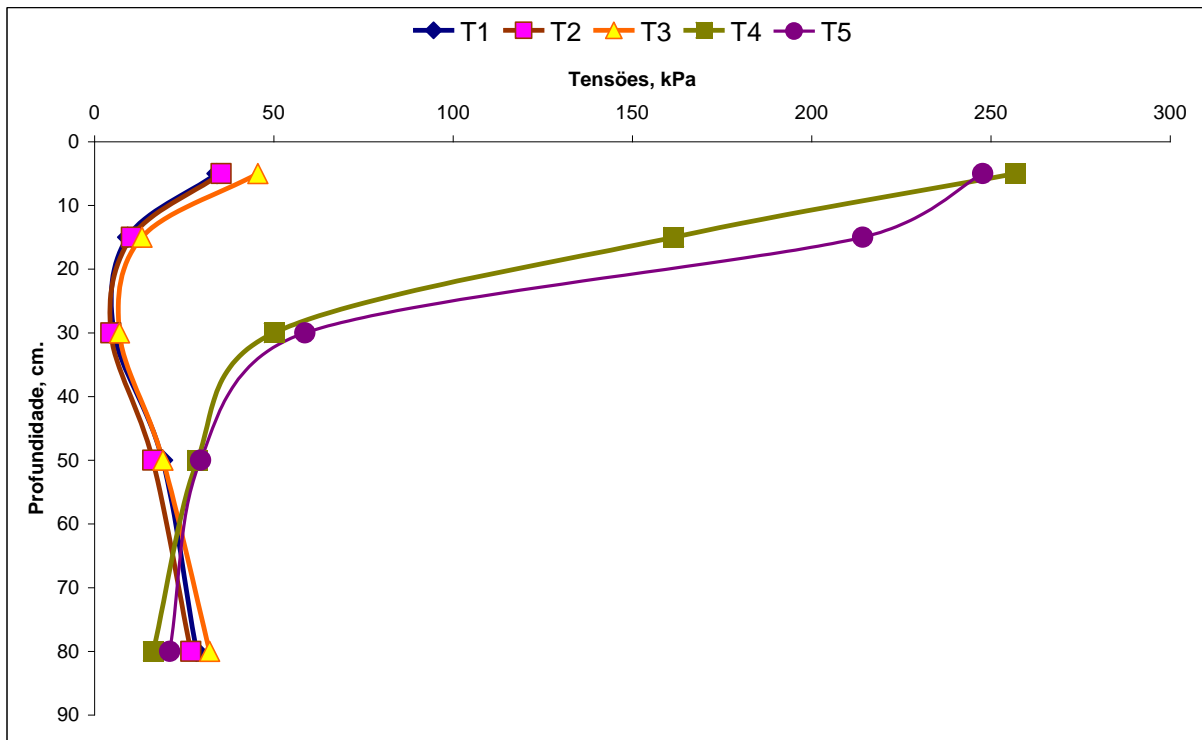


Figura 5.4: Tensão média da água do solo sob Pinus, kPa, em cinco profundidades, outono de 2009.





**Figura 5.5: Tensão média da água do solo sob Pinus, kPa, em cinco profundidades, inverno de 2009**



**Figura 5.6: Tensão média da água do solo sob Pinus, kPa, em cinco profundidades, primavera de 2009**

### 5.3 CONTEÚDO DE ÁGUA NO SOLO SOB PINUS

Na Tabela 5.2 são apresentados os resultados da análise de variância do armazenamento de água do solo sob pinus nos cinco tratamentos (fator A) e nas cinco profundidades de coleta (fator B), durante as quatro estações do ano de 2009 (fator C).

TABELA 5.2. Análise de variância dos dados referentes ao conteúdo de água do solo.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Somas dos Quadrados	Quadrados Médios	Valor F	Probabilidade
Bloco	3	0,048	0,016	2,7434 <sup>n.s.</sup>	0,0893
Fator A	4	0,028	0,007	1,2254 <sup>n.s.</sup>	0,3315
Erro (a)	12	0,070	0,006		
Fator B	4	0,140	0,035	26,6322**	0,0000
Interação AB	16	0,004	0,000	0,1857 <sup>n.s.</sup>	
Erro	60	0,079	0,001		
Fator C	3	0,172	0,057	42,7465**	0,0000
Interação AC	12	0,010	0,001	0,6294 <sup>n.s.</sup>	
Interação BC	12	0,010	0,001	0,6493 <sup>n.s.</sup>	
Interação ABC	48	0,04	0,000	0,0597 <sup>n.s.</sup>	
Erro	225	0,302	0,001		
Total	399	0,868			

<sup>n.s.</sup> = Não significativo

\*\* significativo a 1% de probabilidade

Pode-se observar na Tabela 5.2 que as interações entre tratamentos, profundidades e estações do ano (interação ABC) não foram estatisticamente significativas ( $p > 0,05$ ), o que indica que elas são independentes entre si com relação à variação do conteúdo de água no solo. De forma isolada, os fatores B (profundidade) e C (estações do ano), apresentaram diferenças estatísticas significantes ( $p < 0,05$ ).

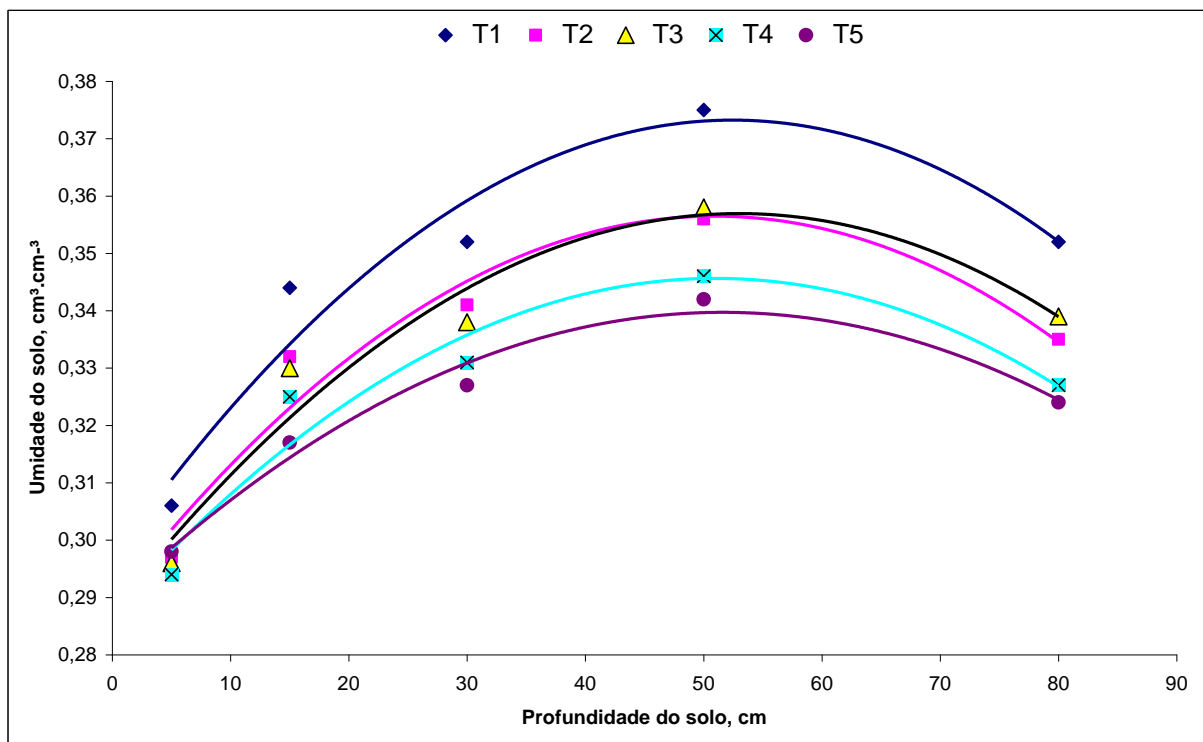
#### 5.3.1 Variação do conteúdo de água em função da profundidade nos tratamentos

As médias do conteúdo de água do solo, referentes ao fator profundidade, são apresentadas na Tabela 5.3, onde se observa que a profundidade 4 foi superior e estatisticamente diferente das demais profundidades avaliadas. As profundidades 2, 3 e 5 não diferiram entre si e foram superiores à profundidade 1, ao nível de 5% de significância.

TABELA 5.3 Conteúdo médio de água do solo no fator profundidade.

Fator B (Profundidade)	Conteúdo médio de água do solo $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$
Profundidade 1 (0 a 10 cm)	0,2982 C
Profundidade 2 (10 a 20 cm)	0,3297 B
Profundidade 3 (20 a 40 cm)	0,3379 B
Profundidade 4 (40 a 60 cm)	0,3556 A
Profundidade 5 (60 a 100 cm)	0,3353 B

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de SNK ao de 5% de significância.



**Figura 5.7: Conteúdo médio de água nas profundidades entre 0 e 100 cm, nos tratamentos T1 a T5**

O gráfico da Figura 5.7 relaciona as diferenças entre os tratamentos conforme a variação do volume de água nas profundidades avaliadas no solo apresentados na Tabela 5.3, durante o ano de 2009. Observa-se que a partir da faixa de profundidade 1 (0 a 10 cm) até a profundidade 4 (40 a 60 cm) ela é ascendente passando a descendente na profundidade 5 (60 a 100 cm).

A diferença observada entre a profundidade 1 e a 4, pode ser explicada pelos resultados da avaliação das variáveis físicas. Os valores de microporosidade do solo na profundidade 4 foram maiores e os de macroporosidade e porosidade de aeração menores, quando comparados com as demais profundidades. Desta forma há menor

velocidade de percolação da água, aumentando o tempo de retenção.

A respeito do menor volume de água armazenada durante o ano na profundidade 1, tanto a macroporosidade quanto a porosidade de aeração tiveram participação no processo, pois os valores foram maiores para esta profundidade. A maior facilidade de evaporação da água do solo, em razão da superficialidade e a presença de grande concentração de raízes finas também contribuíram para a perda de água nesta profundidade.

Nas demais profundidades a variação da umidade entre os tratamentos durante o ano pode ter sido influenciada pelos desbastes aplicados. Em relação ao maior volume de água armazenado observado no tratamento T<sub>1</sub>, constatou-se a concordância com o que foi observado por Brandy e Buckman (1979), Raudkivi (1979), Lima (1984), Drew (1986), Buytaert *et al.* (2007), Calder (2007), Dye e Versfeld (2007) e Van Dijk *et al.* (2007), entre outros.

Entretanto, observou-se que, ao contrário do consenso popular, em que se acredita que o menor número de árvores por área promova maior disponibilidade de água no solo, verificou-se em todas as profundidades dos tratamentos T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>, maior disponibilidade de água do que nos tratamentos T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub>. Resultados similares fora relatados por Van Dijk e Keenan (2007), ao citarem Swank *et al.* (1988) e Hornbeck *et al.* (1993), que constataram decréscimo no aporte de água ao solo após aplicação de desbastes em uma floresta, o que, segundo os autores, promoveu crescimento nas árvores remanescentes, especialmente com relação ao IAF, relacionado com a maior disponibilidade de luz e espaço entre as árvores. Os mesmos autores relataram que logo após o desbaste ocorreu um aumento na disponibilidade da água, porém temporário e, na sequência, a diminuição desta disponibilidade, até que fosse alcançado equilíbrio entre crescimento do IAF e a demanda de água. Similarmente, Herbst *et al.* (2007) observaram a mesma tendência de decréscimo na taxa de recarga de água por unidade de área de solo após serem efetuados desbastes em áreas florestais, devido ao “efeito bordadura”, que aumentou a transpiração para as árvores remanescentes.

Pelo que foi relatado por Van Dijk e Keenan (2007) é provável que possa ter ocorrido um maior aporte de água no solo dos tratamentos T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub> imediatamente após o final dos desbastes, mas este não foi identificado em razão do espaço de tempo entre o final dos desbastes e o início das coletas, que foi de oito meses.

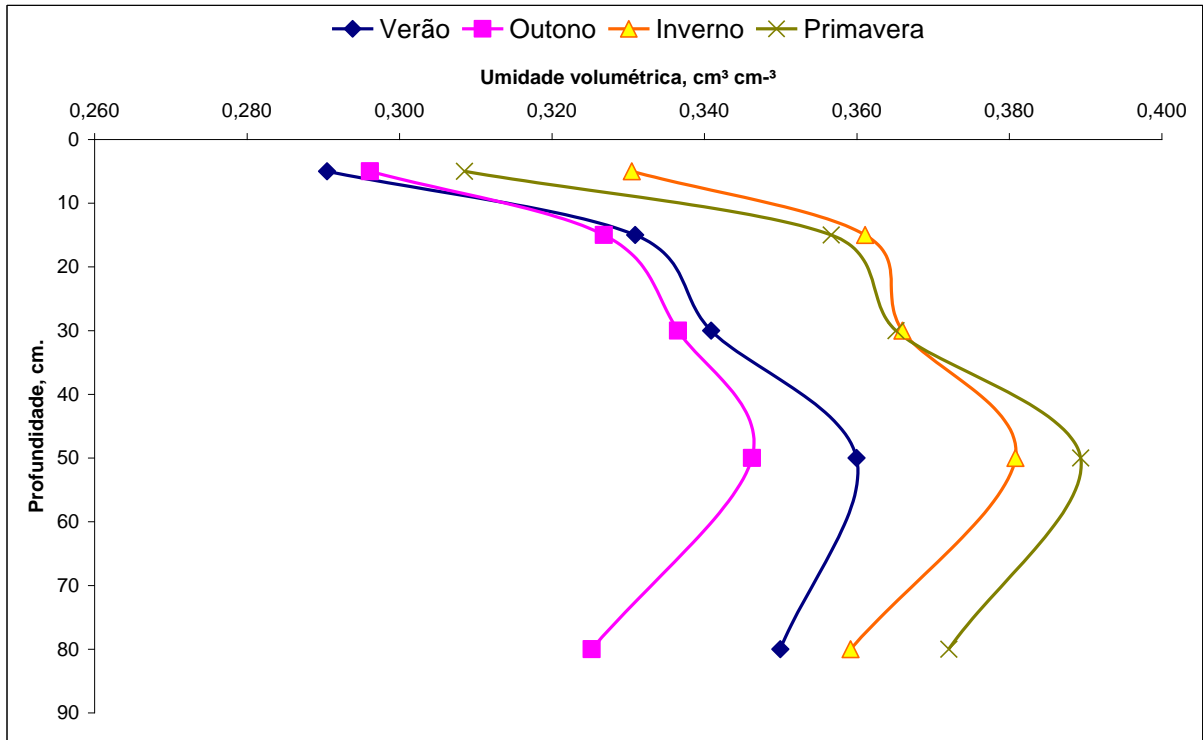
Nas Figuras 5.8 a 5.12 são apresentados os gráficos referentes à variação do armazenamento de água no solo, nas 05 profundidades avaliadas dos tratamentos, no ano de 2009.

As Figuras 5.8 (tratamento  $T_1$ ) e 5.9 (tratamento  $T_2$ ) mostram que no verão, ambos tratamentos tiveram, na profundidade 1, valores muito próximos de água no solo, porém no outono, nesta mesma profundidade, o corte raso armazenou mais água do que o talhão padrão ( $T_2$ ). Aqui é importante fazer uma ressalva sobre a chuva nestas duas estações; no verão de 2009 choveu abaixo da média histórica de 62 anos, mas ainda assim, teve índice pluviométrico maior do que no outono.

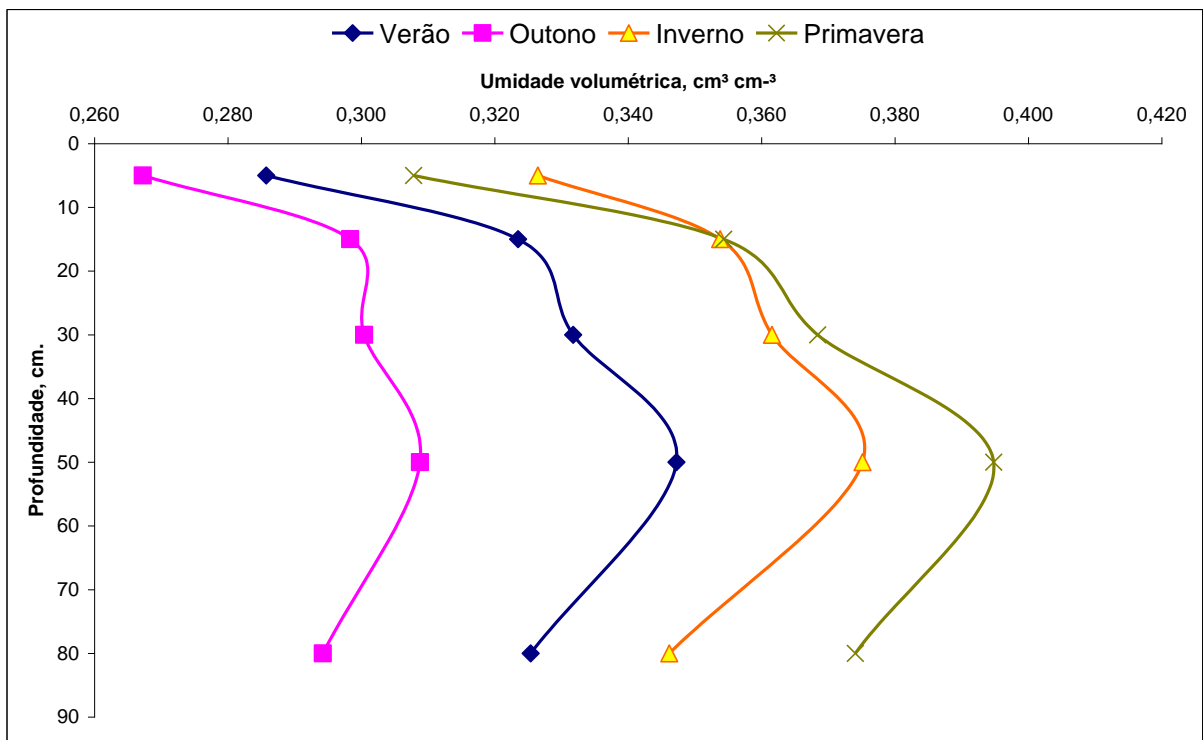
A Figura 5.8 também mostra que no corte raso ocorreu uma diferença entre a umidade volumétrica das estações mais secas (verão e outono) e as estações mais úmidas (inverno e primavera). A Figura 5.9 mostra, para o talhão padrão, que as curvas de umidade volumétrica do verão e do outono apresentaram-se distantes entre si e entre as curvas do inverno e da primavera. Esses resultados concordam com as citações de Molchanov (1963), Brandy e Buckman (1979), Lima (1984), Drew (1986), Lima (2006), Buytaert *et al.* (2007), Calder (2007), Dye e Versfeld (2007) e Van Dijk *et al.* (2007) entre outros.

A comparação entre as curvas do corte raso (Figura 5.8) e o tratamento  $T_3$  (Figura 5.10) apresenta as mesmas características observadas entre o corte raso e  $T_2$ . Entre  $T_2$  e  $T_3$ , as curvas de umidade volumétrica são praticamente idênticas, o que permite observar que o desbaste aplicado em  $T_3$  (25% desbastado) não apresentou diferença com a tendência observada em  $T_2$ .

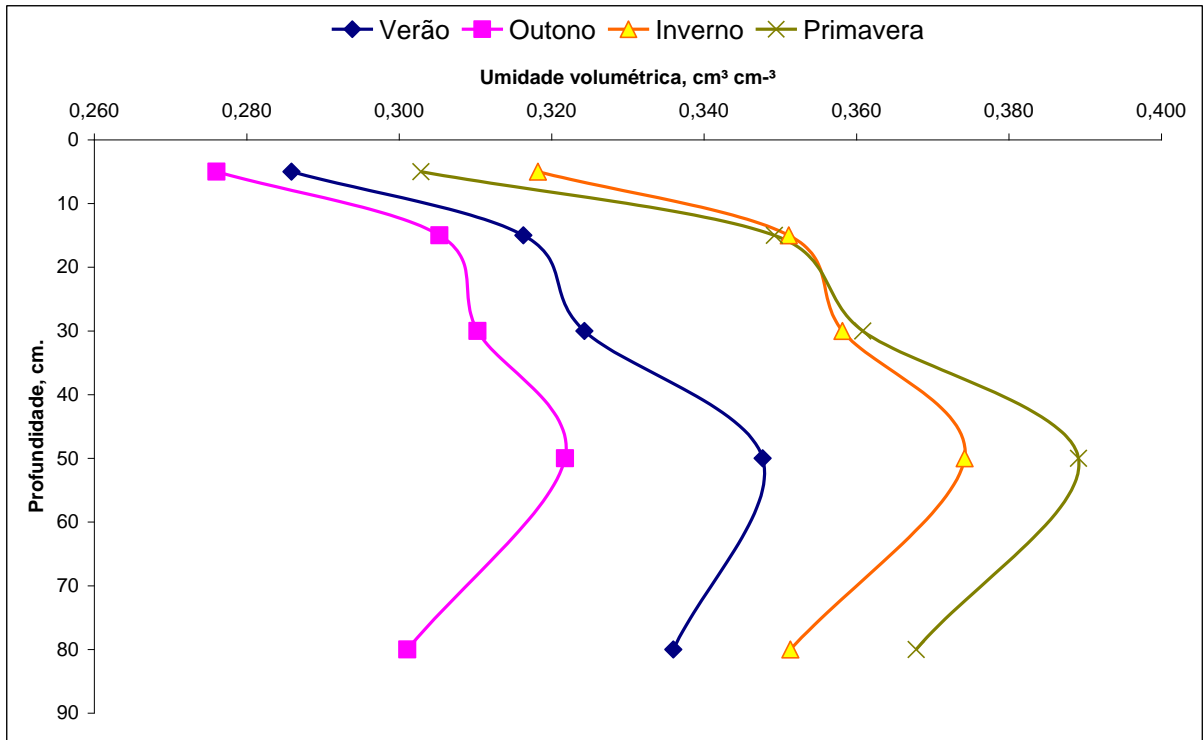
Comparando a Figura 5.11 (tratamento  $T_4$ ) com a Figura 5.8 constata-se pelas curvas que o armazenamento de água no perfil do solo no tratamento  $T_4$  foi menor do que no corte raso. Ao comparar com as Figuras 5.9 ( $T_2$ ) e 5.10 ( $T_3$ ), percebe-se que na profundidade entre 0 a 10 cm, o conteúdo de água armazenada foi maior no tratamento  $T_4$ , entretanto o armazenamento nas demais profundidades seguiu a tendência de diminuir em  $T_4$  frente aos tratamentos  $T_2$  e  $T_3$ . A mesma tendência foi observada pelas curvas do armazenamento de água apresentadas na Figura 5.12, quando analisada comparativamente com as curvas do armazenamento de água no perfil do solo das Figuras 5.8 a 5.10, concordando com o citado por Van Dijk e Keenan (2007) e Herbst *et al.* (2007) sobre os efeitos iniciais dos desbastes na água do solo.



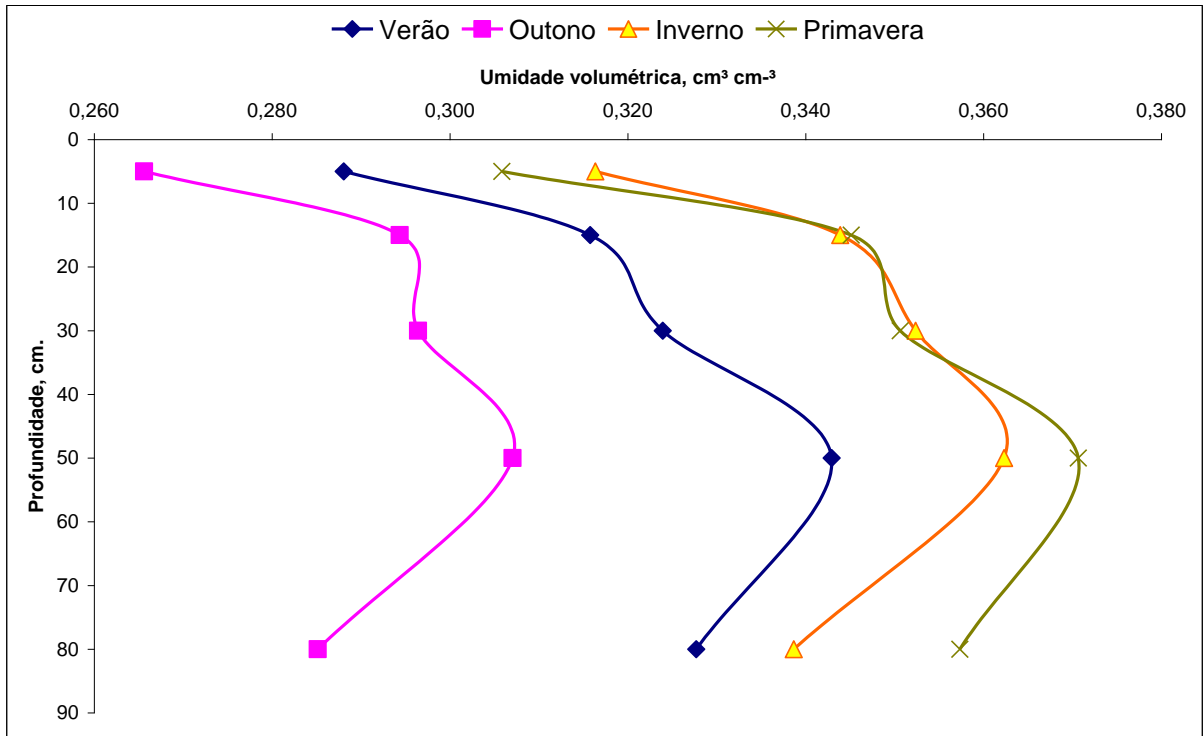
**Figura 5.8** Variação da umidade do solo no tratamento T<sub>1</sub>, nas 05 profundidades avaliadas no ano de 2009



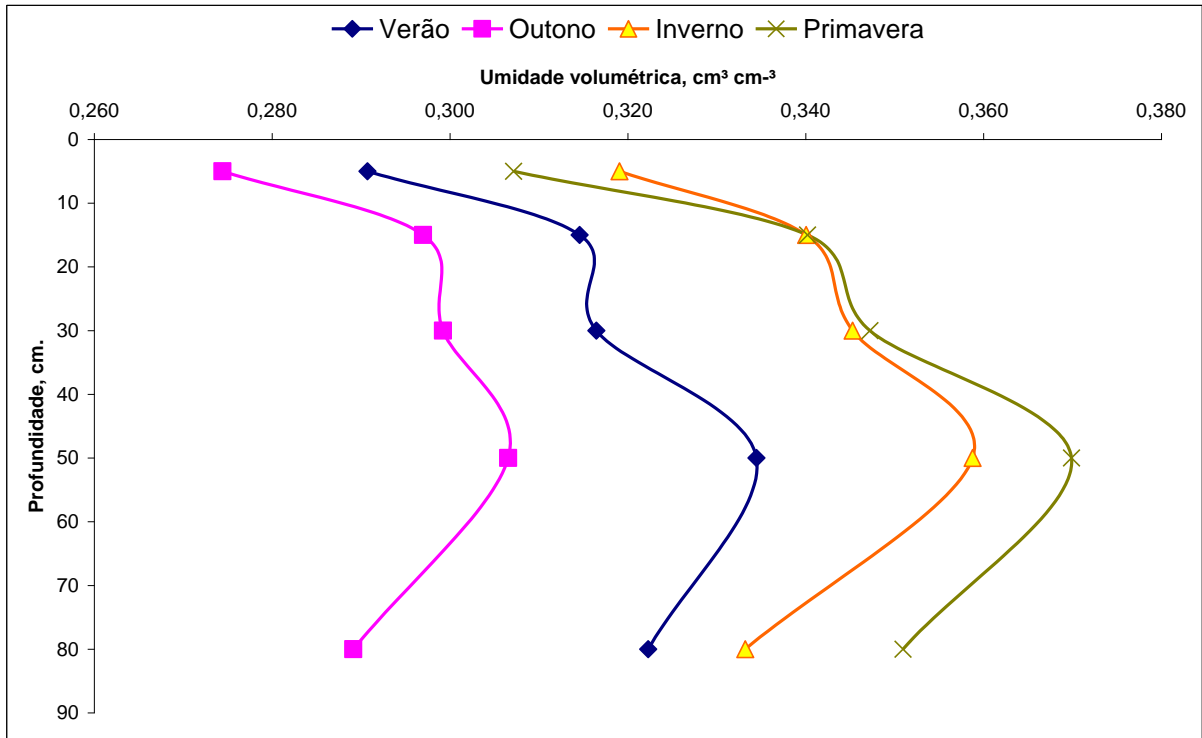
**Figura 5.9:** Variação da umidade do solo no tratamento T<sub>2</sub>, nas 05 profundidades avaliadas no ano de 2009



**Figura 5.10: Variação da umidade do solo no tratamento T<sub>3</sub>, nas 05 profundidades avaliadas no ano de 2009**



**Figura 5.11: Variação da umidade do solo no tratamento T<sub>4</sub>, nas 05 profundidades avaliadas no ano de 2009**



**Figura 5.12: Variação da umidade do solo no tratamento T<sub>5</sub>, nas 05 profundidades avaliadas no ano de 2009**

Pelas informações apresentadas nas Figuras 5.7, 5.8 a 5.12, o tratamento T<sub>1</sub>, corte raso, apresentou o maior volume de água armazenado. Destaca-se também que as diferenças de armazenamento de água ocorridas individualmente nos tratamentos conforme a estação do ano se devem à elevada precipitação que ocorreu no inverno e primavera, interferindo nos resultados conforme mostraram os gráficos. Observou-se que os tratamentos com 100 e 75 % de vegetação não apresentaram menor volume de água no solo.

### 5.3.2 Variação do conteúdo de água em função das estações do ano de 2009.

As médias do armazenamento de água do solo, referentes às estações do ano, são apresentadas na Tabela 5.4 e na Figura 5.13. Pode-se observar na Tabela 5.4 que a maior quantia de água armazenada foi na primavera, que não apresentou diferença estatística com o inverno. O verão e o outono, embora diferentes estatisticamente entre si, apresentaram valores muito próximos. Pela Tabela 5.4, pode-se observar que no ano de 2009 não ocorreram grandes variações no conteúdo de umidade do solo, mas foram detectadas diferenças estatisticamente significativas entre as estações.

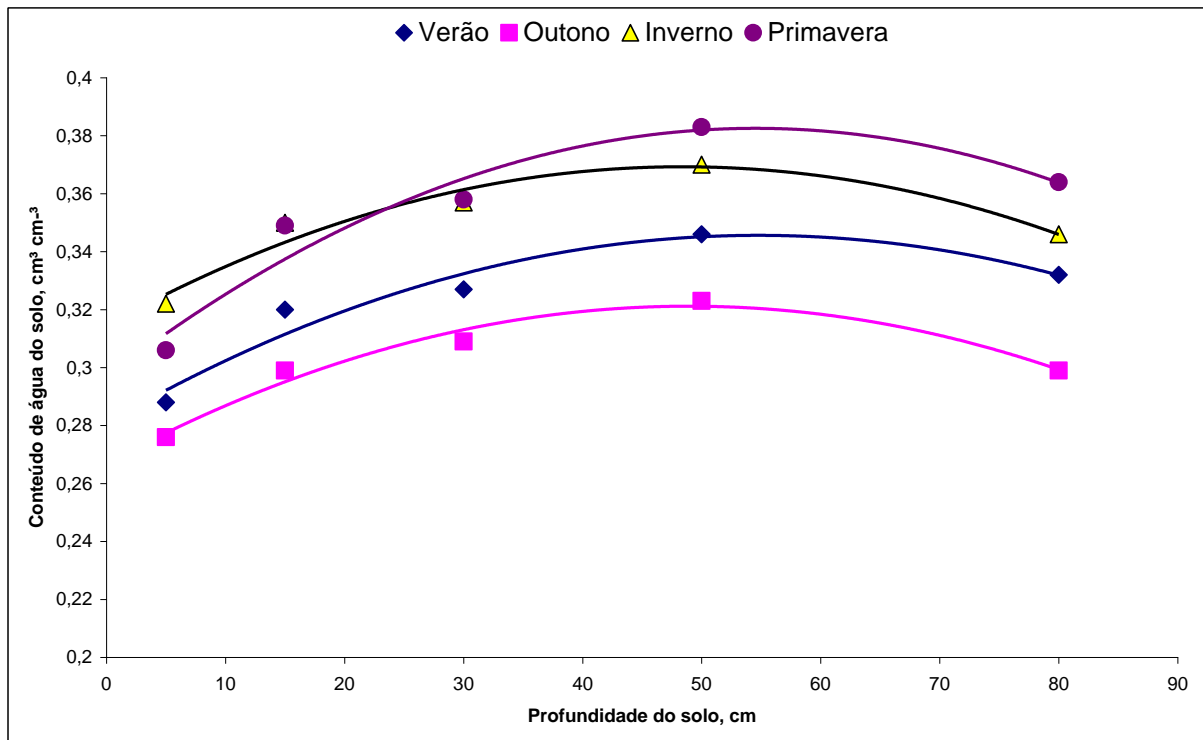


TABELA 5.4. Conteúdo médio de água do solo no fator estação do ano.

Fator C (Estação do ano)	Conteúdo médio de água do solo $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$
Primavera	0.3522 A
Inverno	0.3489 A
Verão	0.3229 B
Outono	0.3013 C

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de SNK ao de 5% de significância.

A Figura 5.13 apresenta o gráfico com as curvas de tendência do conteúdo médio de água para cada profundidade em cada estação do ano no solo de todos os tratamentos com pinus.



**Figura 5.13: Conteúdo médio de água nas profundidades entre 0 e 100 cm, nas 4 estações do ano**

Na Figura 5.13 são observadas as mesmas tendências da Figura 5.7, em relação às profundidades, para cada estação do ano. Essa tendência pode ser explicada pelo regime de chuvas registrado no ano de 2009.

#### 5.4 EFEITOS DOS DESBASTES SOBRE A ÁGUA NO SOLO

Neste item discute-se o efeito que os desbastes de cada tratamento exerceram sobre a quantia de água no solo, em função do incremento de volume que as árvores obtiveram entre os anos de 2008 e 2009. Na Tabela 5.5 são

apresentados os valores percentuais do incremento de volume total nos tratamentos e o ganho médio em volume por indivíduo, durante o período de avaliação.

TABELA 5.5. Valores em percentagem do ganho de volume entre os anos de 2008 e 2009.

	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>
% Volume Total	56,64	57,40	52,79	107,69
% Volume Médio	58,19	88,46	70,00	99,90

Comparando os valores apresentados na Tabela 5.5, entre o volume medido em janeiro de 2008 (antes da retirada da madeira) e o volume obtido das árvores remanescentes dos tratamentos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub>, em novembro de 2009, percebe-se que durante o intervalo entre as medições, nas áreas em que foram aplicados os desbastes, ocorreram incrementos na média do volume individual, para T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub>. Embora T<sub>4</sub> tenha tido incremento menor que T<sub>3</sub>, há a necessidade de outras medições para averiguar se esta diferença permaneceu ou ocorreu a compensação no volume.

Os gráficos das Figuras 5.14 a 5.18 mostram a tendência de incremento do volume, em razão dos desbastes aplicados em cada tratamento, nos anos de 2008 e 2009.

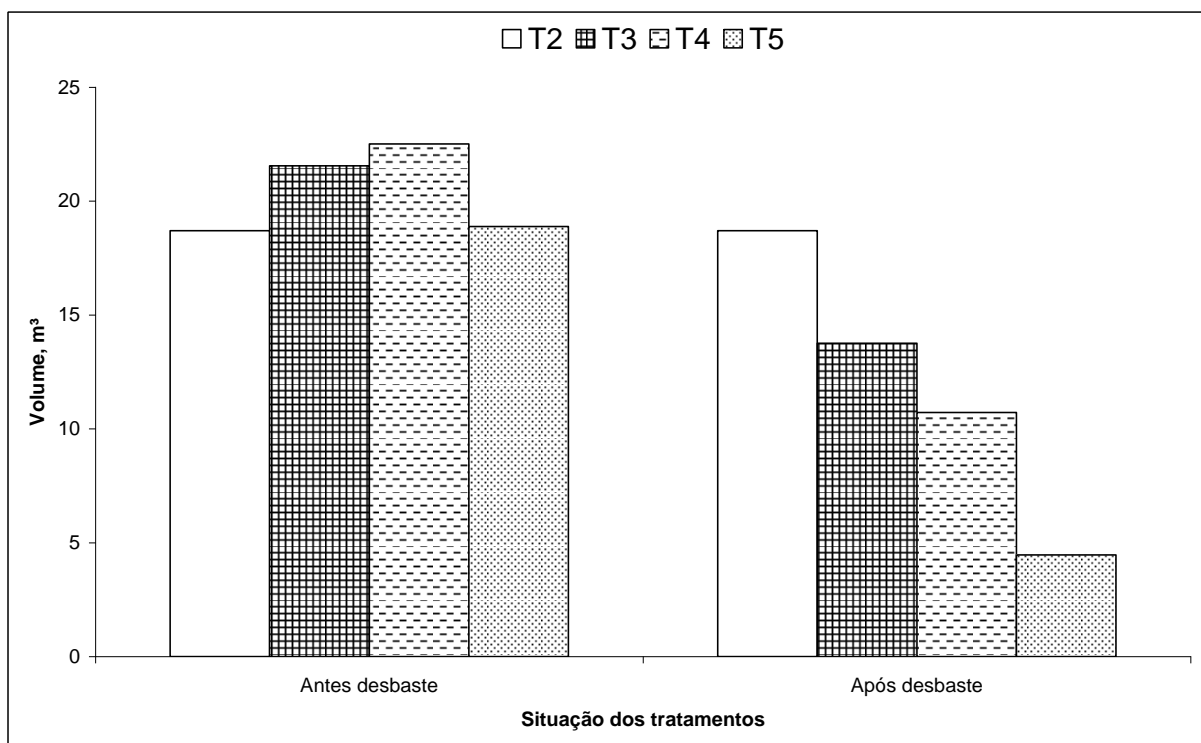
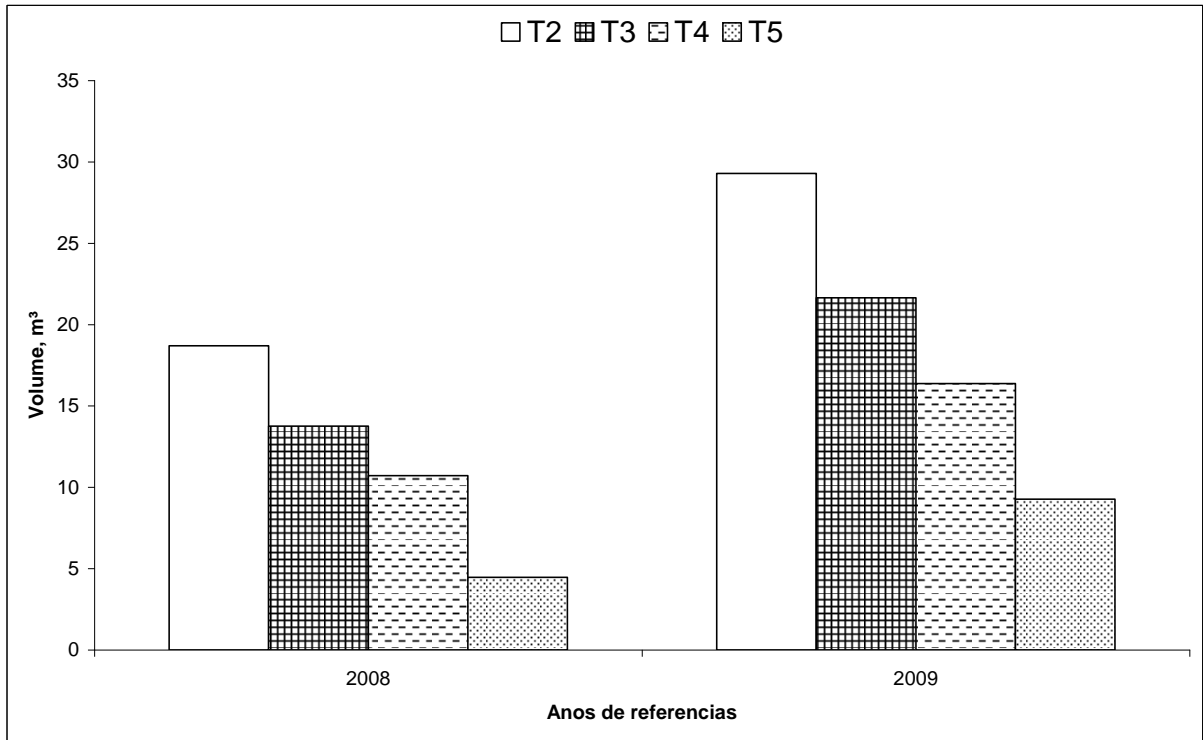
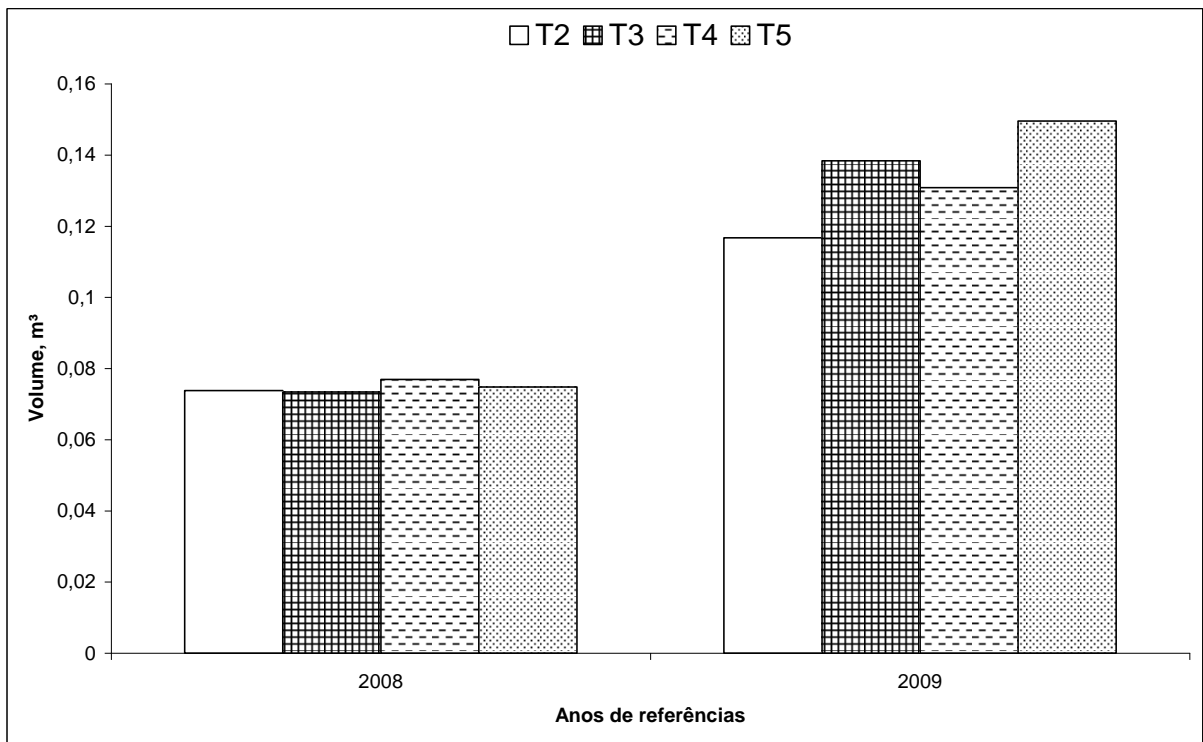


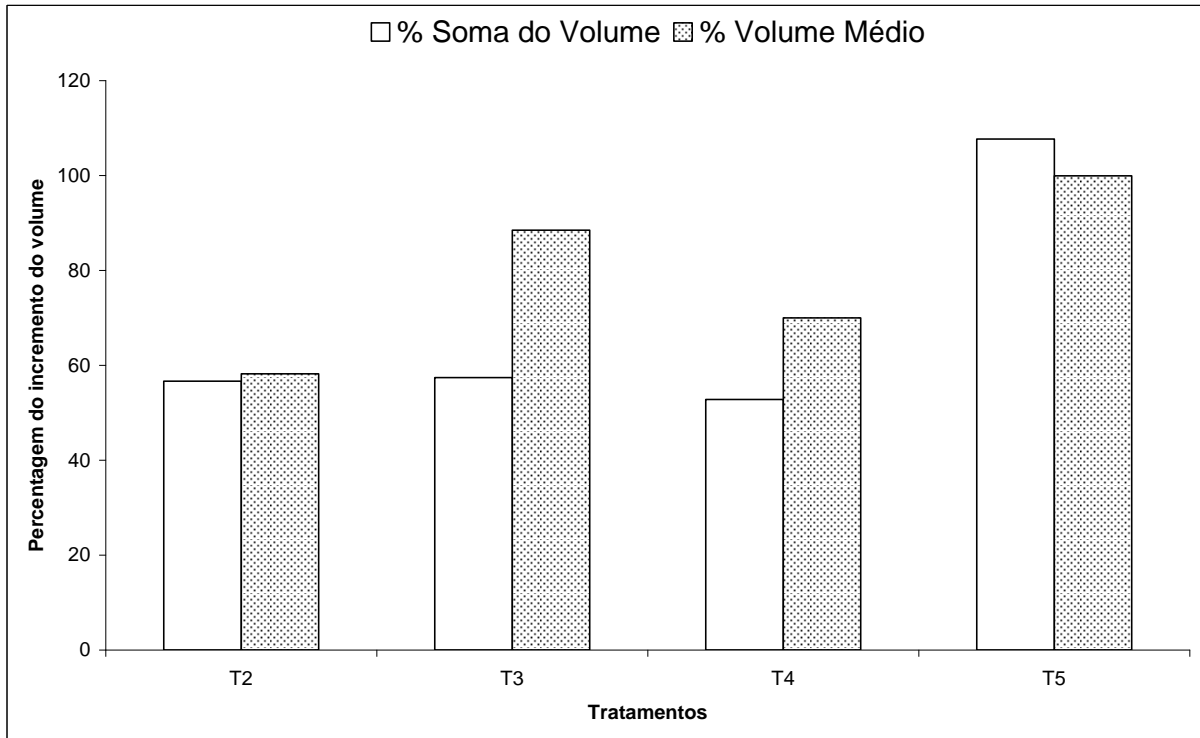
Figura 5.14: Volume de madeira em m<sup>3</sup>, no ano de 2008, antes e após os desbastes



**Figura 5.15: Incremento de volume de madeira em  $m^3$ , entre os anos de 2008 e 2009**



**Figura 5.16: Incremento médio de volume em  $m^3$ , entre os anos de 2008 e 2009**



**Figura 5.17: Comparação do incremento da soma e do volume médio, em m<sup>3</sup>, entre 2008 e 2009**

Pelos gráficos das Figuras 5.16 e 5.17 é possível observar o quanto ficaram distintas as áreas desbastas (T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub>) da área padrão (T<sub>2</sub>) em relação ao crescimento médio de volume por indivíduo.

Considerando-se então como padrão o valor do crescimento apresentado pelo tratamento T<sub>2</sub>, devido à manutenção do espaçamento praticado pela Klabin, os valores totais do volume e da média dos indivíduos servem como testemunhas frente aos demais tratamentos, em relação ao volume de água armazenado no solo.

Na análise do tratamento T<sub>3</sub>, do qual foram retiradas 25% das árvores, se observou que ele teve o segundo maior crescimento, tanto no volume total quanto na média individual. Porém, o volume de água armazenada no solo, durante o período avaliado, foi praticamente igual ao constatado em T<sub>2</sub> e maior do que em T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub>.

Os resultados apresentados nos tratamentos T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> demonstram a maior eficiência das árvores nestas duas densidades no uso da água, ou então que a condição a que foram submetidos estes tratamentos pode estar refletindo uma situação de equilíbrio entre o crescimento vegetativo e a demanda por água.

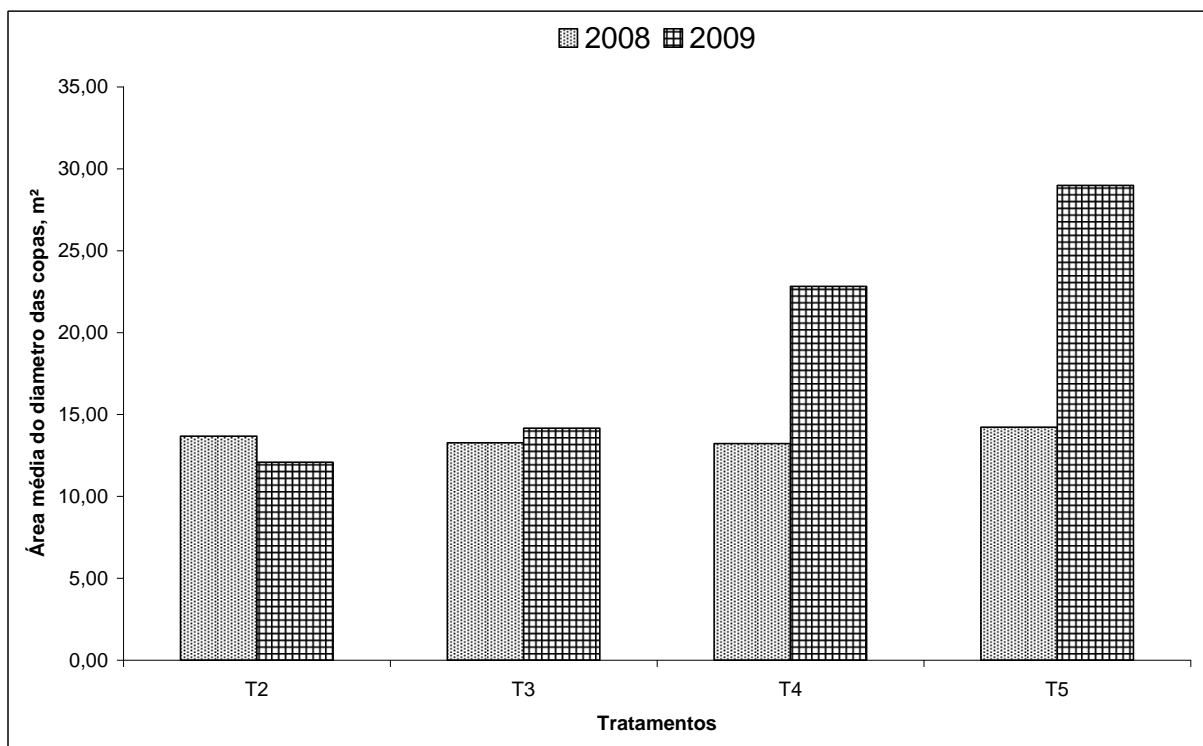
O tratamento T<sub>4</sub>, que teve 50% das árvores retiradas, apresentou um

crescimento de volume total menor do que os demais e foi superior somente ao T<sub>2</sub> no crescimento médio individual; entretanto, o volume de água no perfil do solo foi semelhante ao T<sub>5</sub>, ambos com menor volume do que T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>. Este fato confirma parcialmente o que foi observado por Leite *et al.* (2006), que constataram para o *Pinus taeda* maior crescimento em volume por ha nos maiores espaçamentos, embora T<sub>4</sub> não tenha apresentado esta mesma tendência, mas o tratamento T<sub>5</sub> teve os maiores resultados de crescimento em volume, tanto no total quanto na média individual.

## 5.5 EFEITO DOS DESBASTES SOBRE A ÁREA DA COPA, ESCOAMENTO DE TRONCO E INTERCEPTAÇÃO DA CHUVA

### 5.5.1 Efeitos sobre a área da copa

As diferenças causadas em função dos efeitos dos desbastes nos tratamentos sobre a área da copa podem ser visualizadas na Figura 5.18.



**Figura 5.18: Área média, em m<sup>2</sup>, do diâmetro das copas das árvores, entre os anos de 2008 e 2009**

Analisando-se os resultados ilustrados na Figura 5.18 observa-se que o tratamento padrão T<sub>2</sub> apresentou diminuição nas dimensões de copa, resultando em uma perda de 11,60% da área. Isto se deve ao fato da pressão ocasionada pela

concorrência entre as árvores do tratamento. No tratamento T<sub>3</sub>, que teve desbaste de 25% das árvores, ocorreu um ganho de área de 6,70%, pois houve diminuição na concorrência entre as árvores por espaço. Quando se retiraram 50% das árvores (tratamento T<sub>4</sub>) o incremento foi significativo, pois atingiu 72,62% mas foi menor que o tratamento T<sub>5</sub> com 25% das árvores, que apresentou 103,70% de incremento na área da copa. Esta tendência está de acordo com o observado por Leite *et al.* (2006).

Estes valores podem ser comparados com o percentual de incremento médio do volume onde o T<sub>2</sub>, apesar de ter apresentado uma redução das áreas das copas, teve um incremento médio de 58,19% do seu volume, que foi a menor percentagem observada entre os quatro tratamentos. Nos demais tratamentos a tendência da área de copa foi idêntica à do volume e, com maior área de copa, maior o índice de área foliar e conseqüentemente maior eficiência fotossintética, resultando em maior biomassa.

Com relação ao armazenamento de umidade, percebeu-se maior volume de água no perfil do solo nos tratamentos T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> e menor em T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub>, ou seja, nos tratamentos em que ocorreu o maior incremento em volume e área de copa, o volume de água no perfil do solo foi menor e os tratamentos em que os desbastes foram nulos ou de 25%, o volume de água no solo foi maior.

Uma última observação sobre os tratamentos T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub> diz respeito ao acentuado crescimento dos galhos com o aumento dos diâmetros das copas, o que não é interessante para a produção de celulose, pois o crescimento em altura não é afetado pelo desbaste, além de que este aumento dos galhos gera maior volume de resíduos no campo após o corte raso. Para a produção de biomassa esses tratamentos provavelmente possam ser mais interessantes.

#### 5.5.2 Escoamento pelo tronco

Os resultados das médias de precipitação e o volume de água escoada pelo tronco das árvores por tratamento são apresentados nas Tabelas 5.6 e Tabela 5.7. A transformação dos valores do escoamento médio de tronco, de litros para milímetros, foi feita por meio da fórmula sugerida por Soares & Batista (2004), para ajustar pluviômetros, mas que se mostrou adequada para a situação, uma vez que foi determinada a área da circunferência das copas das árvores, conforme descrito na metodologia.

Conforme comentado anteriormente o ano de 2009, devido à influência do episódio El Niño (SIMEPAR 2009) apresentou um volume de chuvas acima da média histórica para a região no inverno e na primavera. Em diversos eventos de precipitação durante o ano ocorreu o extravasamento dos coletores para a captação da água escoada. Assim, foi possível apenas trabalhar com dados em que o volume coletado foi inferior a 20 litros, que era a capacidade nominal do recipiente.

TABELA 5.6 Precipitação total, em mm, por estação, nos tratamentos com pinus em 2009.

Tratamento	Precipitação média nas estações em mm				Total
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	
T <sub>1</sub>	469	234	484	613	1800
T <sub>2</sub>	387	205	432	492	1517
T <sub>3</sub>	426	204	442	508	1580
T <sub>4</sub>	409	204	449	540	1602
T <sub>5</sub>	395	209	433	514	1550

TABELA 5.7 Escoamento médio pelo tronco, em mm, na área experimental do pinus.

Tratamentos	Escoamento médio de tronco em mm				Total
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	
T <sub>2</sub>	8	6	6	4	24
T <sub>3</sub>	7	5	5	3	20
T <sub>4</sub>	5	4	4	3	16
T <sub>5</sub>	4	3	4	3	14

A Tabela 5.8 resulta da relação percentual entre os registros de água coletada pelos pluviômetros de T<sub>1</sub> (Tabela 5.6) pelos valores de escoamento de tronco (Tabela 5.7), resultando no percentual de chuva que escoou pelo tronco em cada tratamento. Os resultados da Tabela 5.8 mostram que o menor valor foi o de 0,46%, dentro dos tratamentos T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub>, na primavera. O maior valor foi de 2,45%, observado no tratamento T<sub>2</sub>, no outono. Pode-se afirmar que estes valores médios seguiram parcialmente a tendência observada por Molchanov (1963), nas condições europeias, onde o escoamento de tronco variou entre 0,6 e 11% do total precipitado. Foi também compatível com o observado por Lima (1976) onde em uma precipitação máxima entre 60 e 70 mm o escoamento pelo tronco foi de 1,2 mm no pinus.

TABELA 5.8. Percentual do escoamento pelo tronco em relação a precipitação média no pinus em 2009.

Tratamento	Percentual de escoamento pelo tronco (%)			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
T <sub>2</sub>	1,71	2,56	1,24	0,65
T <sub>3</sub>	1,49	2,13	1,03	0,49
T <sub>4</sub>	1,07	1,71	0,83	0,49
T <sub>5</sub>	0,85	1,28	0,83	0,49

Embora os valores da Tabela 5.8 tenham sido por meio de observações semanais, eles foram prejudicados pelo excesso de chuva, que em 29 semanas do ano de 2009, extrapolou a capacidade do coletor. Apesar disso, pode-se afirmar que a participação do escoamento pelo tronco no retorno da água para o solo é importante, pois há uma tendência do pinus em direcionar a água da precipitação para a base do tronco, o que contribui com a manutenção da umidade no solo junto à árvore, favorecendo a captação de água pelas raízes e também evita perdas de água da chuva pelo escoamento superficial. Pelo tronco a água atinge o solo de forma lenta e com menos impacto do que o gotejamento pelas acículas e, em função da rede de canais abertos no perfil do solo pelo sistema radicular, melhora a infiltração e permite o armazenamento de água em camadas mais profundas.

### 5.5.3 Efeitos sobre a interceptação da chuva

Os valores totais da interceptação da precipitação e o percentual interceptado na área do pinus para o ano de 2009 são apresentados na Tabela 5.9. Analisando esta tabela, observa-se uma distinção entre os tratamentos, evidenciando a influência dos desbastes na interceptação da chuva, basicamente devido a três fatores: número de plantas, volume e diâmetro de copa. Pelas características utilizadas na sua determinação, a variação do volume não aparenta interferir na interceptação da precipitação, pois são avaliadas a circunferência na altura do peito e a altura da árvore. O número de árvores presentes na área, bem como o aumento do diâmetro de copa, influenciaram diretamente a interceptação. Aliada a estas duas variações, o próprio evento da chuva, no que diz respeito à quantidade e a intensidade é fator determinante na interceptação.



TABELA 5.9 Interceptação total da precipitação em mm e em percentagem, no pinus em 2009.

Tratamentos	Total da precipitação interceptada em mm e em percentagem (%)									
	Verão		Outono		Inverno		Primavera		Total	
	Mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
T2	82	17,48	29	12,39	52	10,74	121	19,74	284	15,78
T3	43	9,17	30	12,82	42	8,68	105	17,13	220	12,22
T4	60	12,79	30	12,82	35	7,23	73	11,91	198	11,00
T5	74	15,78	25	10,68	51	10,54	99	16,15	249	13,83

Observando o tratamento T<sub>2</sub>, que não sofreu desbaste, percebe-se que ele apresentou o maior volume de chuva interceptada, porém, neste tratamento, constatou-se a diminuição do diâmetro de copa, que na média foi de 11,60%, entre os anos 2008 e 2009. Parece evidente que o número de árvores presentes na área interferiu diretamente na quantidade de água interceptada.

O tratamento que teve a segunda maior média de chuva interceptada foi o T<sub>5</sub>, sendo que neste ocorreu o maior desbaste (75%), no qual constatou-se um aumento gradual e contínuo do diâmetro de copa, que foi de 103,70% comparado com o diâmetro de copa medido em 2008 e foi o maior entre os tratamentos. Apesar de ter o menor número de árvores, o fato do diâmetro de copa ter apresentado um significativo incremento foi a razão pela qual se constatarem valores de interceptação mais elevados do que em T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub>.

No tratamento T<sub>3</sub>, o que influenciou a interceptação foi o número de árvores presentes no tratamento, pois foram desbastados 25%. O aumento do diâmetro de copa observado (6,70%), aparentemente contribuiu pouco para a interceptação. No tratamento T<sub>4</sub>, com desbaste de 50% das árvores, a interceptação foi influenciada pelo aumento significativo do diâmetro de copa (72,62%).

No geral, esses resultados mostram que o tratamento T<sub>3</sub> pode ser considerado mais eficiente no uso da água do solo, pois ele apresentou armazenamento de água maior do que os tratamentos T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub> e foi similar aos tratamentos T<sub>2</sub> e T<sub>1</sub>. Quanto à interceptação, constatou-se que ela foi menor no tratamento T<sub>3</sub> quando comparada com os tratamentos T<sub>2</sub> e T<sub>5</sub>, porém nos tratamentos T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> ocorreu um comportamento de equilíbrio em relação à produção de biomassa e consumo de água, ao contrário do que foi observado nos tratamentos

T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub> onde, devido a maior incidência de luz, resultante do maior espaçamento, havia uma condição de desequilíbrio entre o consumo de água e a produção de biomassa. Esta situação de equilíbrio e desequilíbrio entre os tratamentos, associada ao número de pluviômetros utilizados, pode ter provocado a variabilidade observada na Tabela 5.9. Talvez, se fossem instalados mais pluviômetros, esta variabilidade poderia ser reduzida, permitindo melhor entendimento das diferenças observadas na interceptação entre os tratamentos.

## 5.6 VARIÁVEIS FÍSICAS DO SOLO DA MATA NATIVA

Os resultados das variáveis físicas do solo sob a floresta nativa são apresentados na Tabela 5.10. São valores médios obtidos a partir da coleta de amostras indeformadas em um perfil aberto na área experimental. Os valores apresentados nesta tabela foram comparados com os da Tabela 5.1, onde se constataram diferenças nas variáveis físicas entre os solos que resultaram nas distintas tendências observadas no armazenamento de água durante o ano de 2009, em todas as profundidades.

TABELA 5.10 Resultados das análises físicas do solo sob floresta nativa.

Área	Profundidade (cm)	Densidade do solo ( $\rho$ ) (g.cm <sup>-3</sup> )	Umidade saturada (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> ) ( $\alpha$ )	Pressão, atm				Macro porosidade (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	Porosidade de aeração ( $\alpha_a$ ) (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	Água disponível (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )
				0,06	0,1	1	15			
Nativa	0 a 10	1,033	0,625	0,231	0,221	0,182	0,163	0,394	0,404	0,058
	10 a 20	1,190	0,572	0,265	0,260	0,234	0,220	0,307	0,313	0,040
	20 a 40	1,243	0,521	0,261	0,250	0,206	0,188	0,260	0,270	0,063
	40 a 60	1,322	0,498	0,238	0,220	0,177	0,144	0,259	0,277	0,076
	60 a 100	1,425	0,463	0,302	0,248	0,178	0,152	0,162	0,216	0,096

Comparando as características físicas entre a Tabela 5.1 do solo sob Pinus e a Tabela 5.10, referente ao solo sob floresta nativa, observam-se diferenças entre as variáveis físicas destes solos. Sobre a densidade do solo, constatou-se que das cinco profundidades avaliadas, quatro ficaram abaixo da faixa mencionada por Reichardt & Timm (2004), que para solos de textura grossa (arenosos), varia entre 1,400 a 1,800 kg.m<sup>-3</sup>.

Comparando a densidade nos dois solos, a da floresta nativa foi menor nas duas primeiras profundidades, o que demonstra que este solo estava bem

conservado e sem compactação, conforme mencionam Kiehl (1979), Prevedello (1996) e Reichardt & Timm (2004), o que é esperado para um solo com cobertura florestal. Da mesma forma, o solo sob o pinus também apresentou valores de densidade compatíveis com o estado de conservação para solos de textura fina. Em ambos os solos foi observada a tendência de aumento da densidade com o aumento da profundidade entre 0 a 100 cm.

A respeito da porosidade total ( $\alpha$ ) determinada para o solo do pinus e solo da nativa, os valores encontrados foram compatíveis com a densidade encontrada em cada um deles, pois a porosidade é inversamente proporcional à densidade, ou seja, quanto maior for a densidade e logicamente a compactação do solo, menor será a porosidade total. Para o solo do pinus o valor de  $\alpha$  ficou entre 53,7 e 59,8% e no solo com floresta nativa ela ficou entre 46,3 e 62,5%, dentro do que foi preconizado por Kiehl (1979). Foi observado no pinus a tendência de diminuição de  $\alpha$  nas camadas entre 0 e 40 cm e o aumento desta até os 100 cm e na floresta nativa  $\alpha$  teve a tendência decrescente desde a superfície até a camada mais profunda de 100 cm.

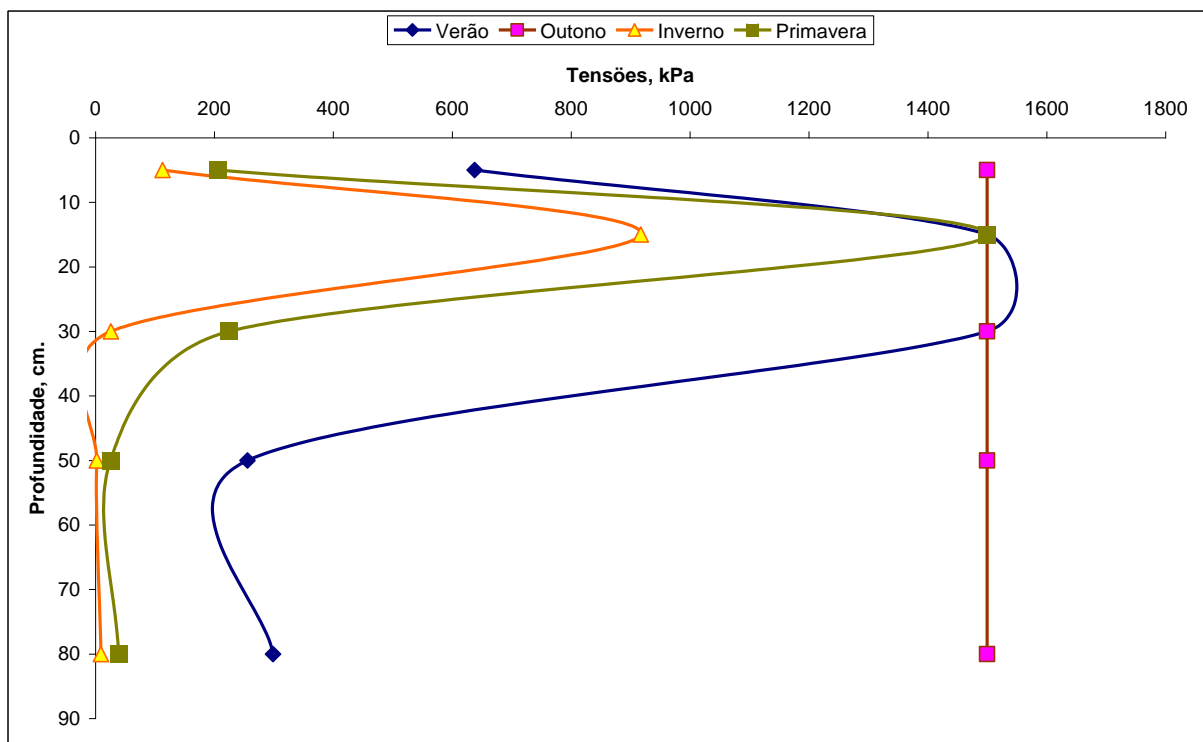
As variáveis microporosidade e macroporosidade além de serem inversamente proporcionais, relacionam-se com a textura do solo. Segundo Kiehl (1979) e Reichardt & Timm (2004), solos de textura fina, como o do pinus, apresentam a tendência de ter valores de microporosidade maior do que macroporosidade e solos de textura mais grossa, como o da floresta nativa, apresentam tendência contrária, ou seja, o valor de microporosidade será menor do que o de macroporosidade, o que foi mostrado nas Tabelas 5.1 e 5.10.

Devido os valores de microporosidade e de capacidade de campo, apresentados na Tabela 5.10, terem sido menores do que aos da Tabela 5.1, a relação destes com os valores de  $\alpha$  resultou em maior valor de macroporosidade e porosidade de aeração ( $\alpha_a$ ). Os valores do ponto de murcha permanente foram alcançados em menor volume de água do solo sob a floresta nativa do que no solo sob o pinus. Como o valor de capacidade de campo observado ficou próximo do ponto de murcha, o volume de água disponível na floresta nativa foi menor.

A condição observada na microporosidade do solo da floresta nativa afetou o volume de água armazenado, pois variou entre 23,10 a 30,20% do volume de poros,

ou seja, a capacidade de reter água pelo solo sob a nativa foi menor quando comparado ao solo sob o pinus.

Assim, ao se analisar a Figura 5.19, verifica-se que a capacidade de campo apresentada na Tabela 5.10 foi superada na estação inverno, nas profundidades entre 40 a 60 cm e 60 a 100 cm. Com relação aos valores do ponto de murcha permanente, no verão e no outono constatou-se déficit hídrico e durante o inverno e a primavera não foi observada esta condição.



**Figura 5.19: Tensão média da água do solo sob nativa, kPa, em cinco profundidades, no ano de 2009.**

## 5.7 CONTEÚDO DE ÁGUA NO SOLO SOB A FLORESTA NATIVA

Antes da análise individual do conteúdo de água da floresta nativa foi analisada a combinação dos tratamentos do solo sob pinus com o tratamento do solo sob a floresta. Em função da diferença nos valores de retenção de água constatados entre os solos em que se encontravam o pinus e a nativa, observou-se elevado nível de significância ao se realizar a análise de contrastes ortogonais.

Procurou-se então, por meio de uma análise de covariância dos dados,

diminuir o erro e ajustar as médias para refazer os contrastes, adicionando a variável textura dos solos. Entretanto, não foi possível o ajuste das médias dependentes (umidade volumétrica do solo), permanecendo elevado o nível de significância na análise dos contrastes ortogonais.

Assim, são apresentados na Tabela 5.11 os resultados da análise de variância do solo sob a floresta nativa, nas cinco profundidades (fator A) e nas quatro estações do ano de 2009 (fator B)

TABELA 5.11. Análise de variância dos dados referentes ao conteúdo de água do solo na floresta nativa.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Somas dos Quadrados	Quadrados Médios	Valor F	Probabilidade
Repetição	3	0,006	0,002	21,1024**	0,0000
Fator A	4	0,011	0,003	27,7968**	0,0000
Erro (a)	12	0,001	0,000		
Fator B	3	0,147	0,049	487,0884**	0,0000
Interação AB	12	0,007	0,001	5,9613**	0,0000
Erro	45	0,005	0,000		
Total	79	0,177			

\*\* significativo a 1% de probabilidade

Observa-se pela Tabela 5.11 que os fatores A e B e a interação entre eles foram estatisticamente significativas ( $p < 0,01$ ), o que indica a dependência entre elas com relação à variação do conteúdo de água no solo.

#### 5.7.1 Variação do conteúdo de água em função da profundidade e da estação do ano.

Após a análise de variância ter resultado em dependência entre os fatores A e B, respectivamente profundidade do solo e estação do ano, foi elaborada a Tabela 5.12, onde são apresentados os resultados da comparação das médias, pelo teste de SNK, das profundidades em cada estação do ano.

TABELA 5.12 Conteúdo médio de água do solo no fator profundidade em cada estação do ano.

Fator A (Profundidade)	Conteúdo médio de água do solo $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ nas estações do ano			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Profundidade 1 (0 a 10 cm)	0,169 B a	0,108 C a	0,190 A e	0,183 AB c
Profundidade 2 (10 a 20 cm)	0,174 C a	0,122 D a	0,221 A d	0,204 B b
Profundidade 3 (20 a 40 cm)	0,175 C a	0,121 D a	0,236 A c	0,207 B b
Profundidade 4 (40 a 60 cm)	0,170 C a	0,114 D a	0,248 A b	0,208 B b
Profundidade 5 (60 a 100 cm)	0,177 C a	0,122 D a	0,265 A a	0,228 B b

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de SNK, ao nível de 5% de significância.

Analisando a Tabela 5.12 em cada profundidade, observam-se as seguintes situações:

- A profundidade 1 apresentou menor volume de água em todas as estações;
- Somente no inverno todas as profundidades foram estatisticamente iguais;
- O inverno também apresentou maior armazenamento de água no solo quando comparado com as demais estações;
- A profundidade 1 foi estatisticamente diferente das demais profundidades em todas as estações;
- Apenas as estações verão e outono foram estatisticamente semelhantes entre si; as estações inverno e primavera foram estatisticamente diferentes;
- A profundidade 5 foi superior no armazenamento de água quando comparada com as demais em todas as estações do ano.

O maior volume de água armazenada na profundidade 5 em todas as estações do ano se deve ao seu maior teor de argila. Na profundidade 1 o teor de argila foi de 14%, caindo para 12% nas demais profundidades e na profundidade 5 atingiu 20%. Isto se reflete no valor de microporosidade verificado pela Tabela 5.10 que foi superior às demais profundidades. A Figura 5.20 ilustra a tendência discutida nos dados da Tabela 5.12, com os valores médios das profundidades em todas as estações e a Figura 5.21 mostra a variação do armazenamento médio de água no perfil do solo, que permite visualizar a diferença do outono, a estação mais seca deste ano, com as demais estações.

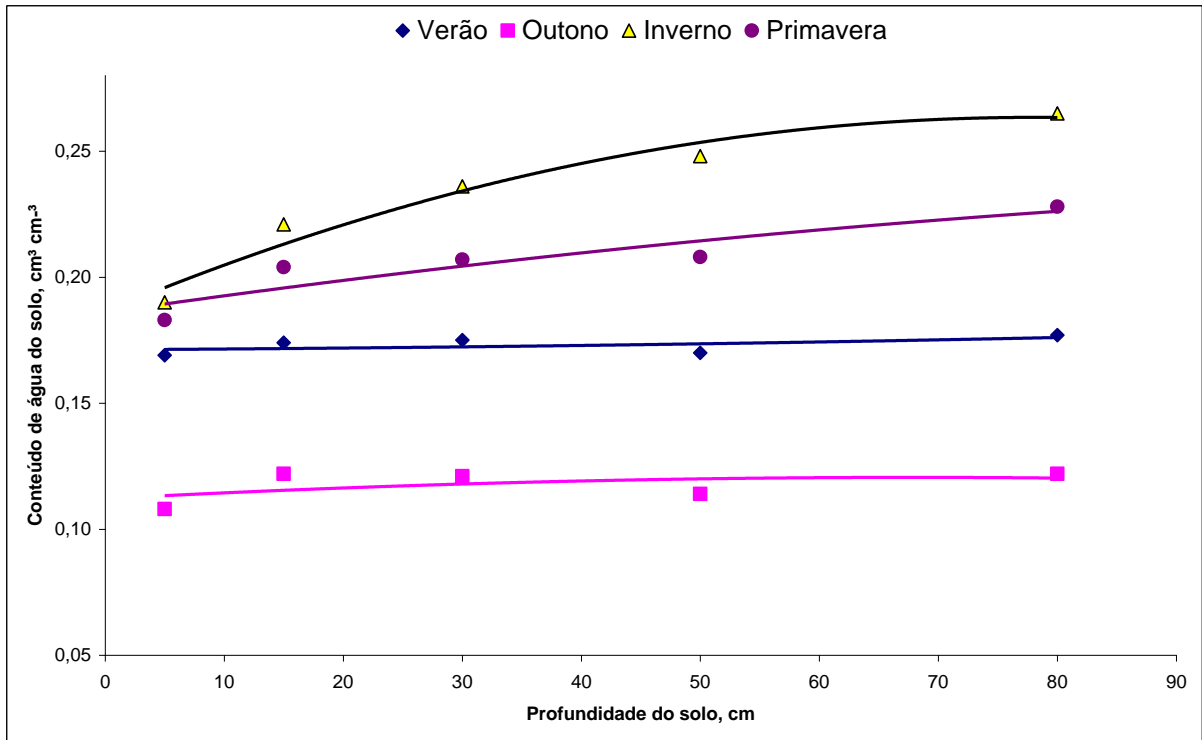


Figura 5.20: Volume médio de água no solo da floresta nativa, em  $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ , nas estações do ano de 2009

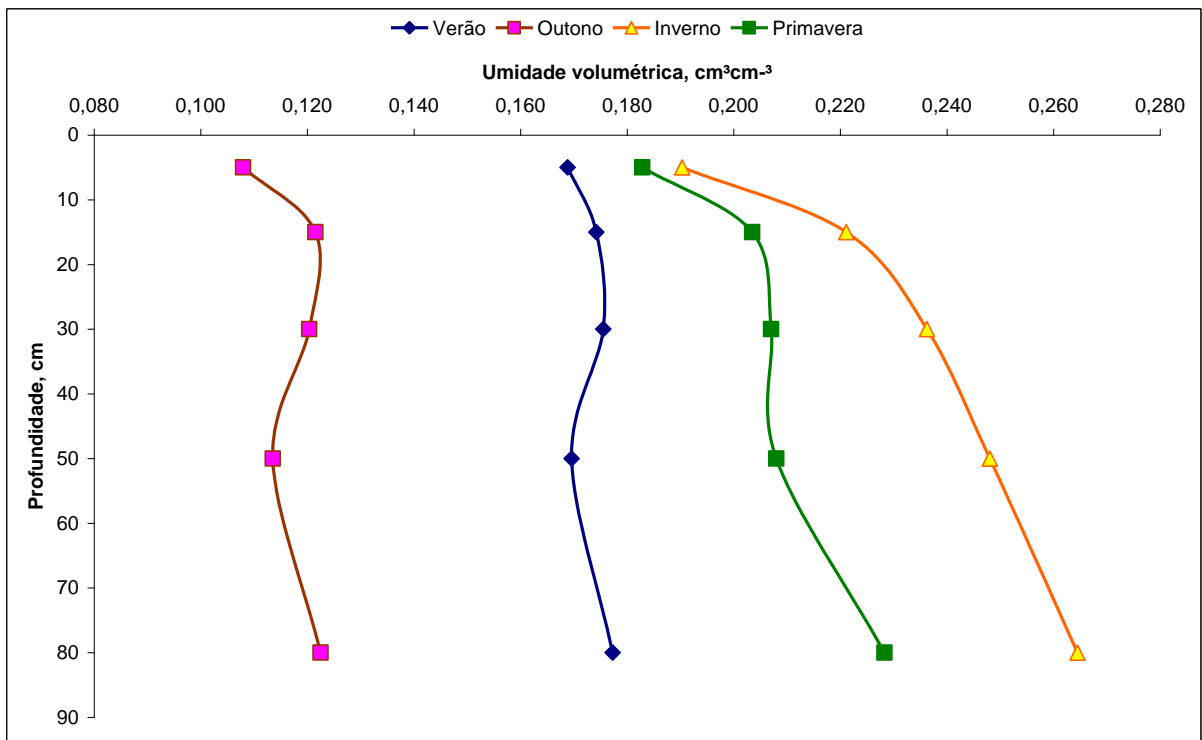


Figura 5.21: Volume médio de água no solo da floresta nativa, em  $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ , nas cinco profundidades no ano de 2009.

### 5.7.2 Influencia da distribuição e da arquitetura vegetal sobre interceptação da chuva e escoamento de tronco

A distribuição e a arquitetura vegetal da floresta nativa influenciaram diretamente na interceptação da chuva e no escoamento de tronco, deixando evidente que a distribuição da água seria diferente da área de plantio de pinus. Além destas diferenças, também se observou a área basal entre o plantio convencional de pinus e a nativa, considerando que esta variável diz respeito ao número de árvores presentes em cada uma das situações e as prováveis interferências sobre a interceptação e escoamento pelo tronco.

#### 5.7.2.1 Distribuição espacial das árvores

O padrão heterogêneo de distribuição espacial das árvores na floresta nativa confere a ela uma conformação de dossel com acentuada interferência entre as árvores, que se sobrepõem entre si, formando uma superfície praticamente única sem deixar áreas de solo expostas, diferente do que ocorre no plantio de pinus. Esta condição, aliada à diversidade de espécies presentes e aos diferentes estágios de sucessão vegetal, garante à floresta nativa uma situação distinta do pinus quanto a interceptação da chuva e a distribuição da mesma dentro do ambiente.

#### 5.7.2.2 Diferenças de arquitetura arbórea da floresta nativa e do plantio de pinus

Quanto à arquitetura, o pinus, por ser uma conífera, apresenta uma conformação em que o contato entre elas não é favorecido e a interferência de árvore para árvore é pequena. A projeção dos galhos em relação ao fuste se apresenta em diagonal e voltados para cima, formando um funil que direciona a água coletada pelas acículas e galhos para o tronco. A forma das folhas também difere da floresta nativa e, em função disto, apresenta tendência de maior índice de área foliar, ou seja, maior superfície de contato.

Devido às condições mencionadas anteriormente sobre a floresta nativa, a arquitetura das árvores é também heterogênea, mas se observou nela um padrão comum a todas as árvores, que é o da projeção dos galhos em relação ao fuste. Diferentemente do pinus, ela é perpendicular ao tronco e paralela ao solo. Esta condição permite que haja maior contato entre as árvores e redistribuição mais uniforme da água sobre o solo.



### 5.7.2.3 Consequências sobre a interceptação da precipitação e escoamento de tronco

As diferenças na distribuição e arquitetura da vegetação entre plantio de pinus e floresta nativa resultaram em consequências sobre a interceptação da precipitação. O pinus, que apresenta distribuição homogênea das árvores aliada ao tipo de folhas, intercepta maior volume de chuva do que a floresta nativa, a qual apresenta menor índice de área foliar. Os dados da Tabela 5.13, comparam os valores entre a precipitação no tratamento T<sub>1</sub> (corte raso) em relação aos tratamentos sob o pinus e a floresta nativa, evidenciando a diferença entre a interceptação na floresta nativa e no plantio padrão do pinus (T<sub>2</sub>).

TABELA 5.13. Precipitação total, em mm, nos tratamentos do pinus e na floresta nativa.

Tratamento	Precipitação em mm				Total
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	
T <sub>1</sub>	469	234	484	613	1800
T <sub>2</sub>	387	205	432	492	1517
T <sub>3</sub>	426	204	442	508	1580
T <sub>4</sub>	409	204	449	540	1602
T <sub>5</sub>	395	209	433	514	1550
Nativa	455	194	429	541	1615

TABELA 5.14. Percentual de chuva coletada nos tratamentos do pinus e na floresta nativa, comparada ao tratamento T<sub>1</sub>.

Tratamentos	Percentual (%) de chuva em relação a T1				
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Total %
T <sub>2</sub>	82,53	87,59	89,24	80,37	84,26
T <sub>3</sub>	90,73	87,42	91,26	82,97	87,80
T <sub>4</sub>	87,23	87,16	92,67	88,19	89,01
T <sub>5</sub>	84,06	89,27	89,43	83,92	86,13
Nativa	96,93	82,96	88,59	88,26	89,92

Os valores das Tabelas 5.13 e 5.14 mostram que na floresta nativa a precipitação interna total foi maior do que as observadas nos tratamentos da área do pinus. A comparação dos valores entre a floresta nativa e os tratamentos T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>, que apresentavam maior densidade entre os tratamentos do pinus demonstraram que a interceptação foi maior nestes, confirmando o que foi discutido em relação à arquitetura e distribuição das árvores.

Quando se analisa a precipitação por estação, a floresta nativa interceptou mais chuva no outono e no inverno, mas as diferenças na precipitação interna ficaram próximas em ambas as estações. Quando se compara com os tratamentos, o tratamento T<sub>4</sub> foi o que apresentou os valores mais próximos de precipitação interna da floresta nativa. Entretanto a densidade deste tratamento era de apenas 50% das árvores enquanto a floresta foi mantida intacta. Alias, o tratamento T<sub>4</sub> foi o tratamento da área do Pinus que apresentou a menor interceptação da chuva, o que era esperado em função do número de árvores mas o tratamento T<sub>5</sub>, que tinha a menor densidade, não seguiu esta tendência. Este fato pode estar associado ao maior crescimento do diâmetro da copa e do aumento de acículas, em razão do próprio desbaste.

A Tabela 5.15 apresenta os valores em mm de água escoada pelo tronco nos tratamentos do pinus e na nativa, sendo que todos os valores foram transformados em água escoada pelo tronco em mm.ha<sup>-1</sup>, baseados nos dados de precipitação do tratamento T<sub>1</sub>.

TABELA 5.15 Água total escoada pelo tronco, em relação à precipitação total ha<sup>-1</sup>.

Tratamento	Total de água escoado pelo tronco em mm				Total
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	
T <sub>2</sub>	104278	73903	77366	49353	304899
T <sub>3</sub>	99186	61804	71656	40516	273163
T <sub>4</sub>	92683	67423	73104	50465	283674
T <sub>5</sub>	92043	63130	79821	60490	295484
Nativa	14219	3986	17892	22281	58378

A Tabela 5.16 apresenta os dados percentuais da água escoada pelo tronco, baseada nos dados da Tabela 5.16 em relação à precipitação no tratamento T<sub>1</sub>.

TABELA 5.16. Percentual de água escoada pelo tronco, em relação à precipitação total ha<sup>-1</sup>.

Tratamento	Percentual de água escoada pelo tronco				Total
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	
T <sub>2</sub>	2,22	3,16	1,60	0,81	1,33
T <sub>3</sub>	2,11	2,64	1,48	0,66	1,52
T <sub>4</sub>	1,98	2,88	1,51	0,82	1,58
T <sub>5</sub>	1,96	2,70	1,65	0,99	1,64
Nativa	0,78	0,44	0,95	0,93	0,83

Conforme mostra a Tabela 5.16, o volume coletado no escoamento de tronco na floresta nativa foi menor do que nos tratamentos do pinus. Este fato está intimamente ligado à diferente arquitetura entre as árvores do pinus e as da floresta nativa. Conforme já mencionado, a posição dos galhos do pinus forma um coletor de água que favorece o escoamento pelo tronco para o solo, direcionando para as raízes, mostrando a eficiência da espécie em aproveitar a água das chuvas. Nas árvores da floresta nativa a inserção perpendicular dos galhos ao tronco gera maior contato entre os galhos das árvores em diversas alturas, aumentando a transferência de água entre elas, promovendo o gotejamento pelas folhas, redistribuindo a chuva e reduzindo o escoamento pelo tronco.

Com os valores da precipitação total ( $PT$ ), que correspondem ao tratamento  $T_1$ , da precipitação efetiva ( $PE$ ), que correspondem à diferença entre a precipitação interna ( $PI$ ) e escoamento de tronco ( $Et$ ) da floresta nativa e também do pinus, aplicou-se a fórmula citada por Lima (1976) para se obter as perdas por interceptação em ambas as áreas (Tabela 5.17).

TABELA 5.17. Perda de água por interceptação no pinus e na floresta nativa.

Tratamentos	Total da precipitação interceptada em mm e em percentagem (%)									
	Verão		Outono		Inverno		Primavera		Total	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
T2	86	18,00	32	13,00	55	11,00	122	20,00	295	16,00
T3	47	10,00	32	14,00	45	9,00	106	17,00	230	13,00
T4	64	14,00	21	14,00	38	8,00	74	12,00	208	12,00
T5	78	17,00	27	12,00	54	11,00	101	16,00	260	14,00
Nativa	18	1,00	41	2,00	60	3,00	77	4,00	196	11,00

Os cálculos dos valores das perdas por interceptação, apresentados na Tabela 5.17, foram feitos relacionando o escoamento pelo tronco com a área média de cada tratamento do pinus e das parcelas da floresta nativa, projetados para a área de um hectare. Os valores das perdas no pinus foram similares aos valores discutidos na Tabela 5.9, que foi obtida a partir da relação com a área do diâmetro de copa. Em ambas as tabelas foram utilizados os dados de precipitação do tratamento  $T_1$ .

Os valores apresentados na Tabela 5.17 mostram que a floresta nativa teve menor perda por interceptação durante o ano. O tratamento  $T_4$  foi o que apresentou

os valores totais mais próximos aos da floresta nativa, sendo que somente no verão este tratamento teve a maior perda por interceptação do que a floresta nativa. Nas demais estações, a floresta nativa foi a que teve os menores valores de perda por interceptação. Entretanto, salienta-se que os valores de perdas por interceptação no pinus sofreram a influência do excesso de chuvas que ocorreu durante o ano de 2009 e que provocou o extravasamento dos galões de coleta da água escoada pelo tronco.

## 6 CONCLUSÕES

As informações obtidas e analisadas neste trabalho permitem concluir que:

- A diferença de textura dos solos avaliados não permitiu comparar a demanda de água entre os tratamentos do pinus e a floresta nativa;
- No solo sob o Pinus não houve diferenças estatísticas nas interações entre tratamentos, profundidades e estações do ano; diferenças significativas foram observadas, de forma isolada, entre as profundidades e entre as estações do ano de 2009;
- A profundidade que apresentou o maior volume de água armazenada no solo foi entre 40 e 60 cm para todos os tratamentos sob o pinus e a que apresentou os menores valores foi a compreendida entre 0 a 10 cm;
- No solo sob a floresta nativa, a profundidade que apresentou o maior índice de armazenamento de água foi a compreendida entre 60 e 100 cm, principalmente nas estações inverno e primavera;
- Apesar das diferenças físicas entre os dois solos, em ambas as áreas se verificaram semelhanças no perfil quanto à variação do volume de água armazenada, principalmente no outono e no verão, em todas as profundidades;
- O volume de água disponível no solo da floresta nativa foi menor do que no solo sob o pinus;
- O tratamento corte raso foi superior aos demais quanto ao volume de água armazenada em todas as profundidades e estações do ano;
- Os tratamentos T<sub>2</sub> (100% do plantio) e T<sub>3</sub> (75% do plantio) foram superiores aos tratamentos T<sub>4</sub> (50% do plantio) e T<sub>5</sub> (25% do plantio) quanto ao armazenamento de água no solo em todas as profundidades e estações do ano;
- Foi observada a ocorrência do ponto de murcha permanente, no outono, nas duas primeiras profundidades dos tratamentos T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub> no pinus e em todas as profundidades na floresta nativa;
- Os tratamentos T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub> apresentaram maior crescimento em biomassa, em função do elevado crescimento em diâmetro de copa e no incremento do volume médio e total;

- Os desbastes sobre o plantio de pinus levaram a um aumento temporário na demanda de água no solo, em função da maior atividade de crescimento dos indivíduos;
- O escoamento de tronco foi mais importante para o aporte de água no solo na área do pinus do que na área da floresta nativa.
- Os resultados de armazenamento de água obtidos para o solo do pinus mostraram, nas condições avaliadas, que a melhor densidade foi a de 75% do plantio padrão;

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

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

ALMEIDA, A. C. de; SOARES, J. V. Comparação entre uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e floresta ombrófila densa (Mata Atlântica) na costa leste do Brasil. **Rev. Árvore**. [online]. mar./abr. 2003, vol.27, no.2 [citado 29 Março 2005], p.159-170. Disponível na World Wide Web:

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622003000200006&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622003000200006&lng=pt&nrm=iso). ISSN 0100-6762.

ALMEIDA, A. C. de; SOARES, J. V.; LANDSBERG, J. J.; REZENDE, G. D. Growth and water balance of *Eucalyptus grandis* hybrid plantations in Brazil during a rotation for pulp production. **Forest Ecology and Management**. n. 251, p. 10-21, 2007. disponível em:

[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=MIimg&\\_imagekey=B6T6X-4P8R7HB-1-R&\\_cdi=5042&\\_user=687303&\\_pii=S037811270700463X&\\_origin=browse&\\_zone=slt\\_list\\_item&\\_coverDate=10%2F30%2F2007&\\_sk=997489998&\\_wchp=dGLbVzb-zSkzV&\\_md5=aa6356ef77e03a64d797dabfa8c8b95f&\\_ie=/sdarticle.pdf](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6T6X-4P8R7HB-1-R&_cdi=5042&_user=687303&_pii=S037811270700463X&_origin=browse&_zone=slt_list_item&_coverDate=10%2F30%2F2007&_sk=997489998&_wchp=dGLbVzb-zSkzV&_md5=aa6356ef77e03a64d797dabfa8c8b95f&_ie=/sdarticle.pdf). Acessado em 11/09/2010.

ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 28:337-348, 2004. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v28n2/20216.pdf>. Acessado em 25/01/2008.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V.; ROCHA, P. A. B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de mata atlântica em uma microbacia experimental em Cunha – São Paulo. **Revista Árvore**. Viçosa – MG. v. 27, n. 2, p.257-262, 2003. Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622003000200006&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622003000200006&lng=pt&nrm=iso). Acessado em 29/03/2005.

BLAKE, G.R. e HARTGE, K. H. Bulk Density. In.: KLUTE, A. **Methods of Soil Analysis (Part I). Physical and mineralogical methods**. Second edition. Number 9 (Part 1) in the series Agronomy. American Society of Agronomy, Inc. Soil Society of America, Inc. Publisher Madison, Wisconsin USA, 1986.

BRANCO, S. M. A água e o homem. In: BRANCO, S. M. *et al.* **Hidrologia ambiental**. São Paulo, Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991, p. 03-26.

BRANDY, N. C.; BUCKMAN, H. O. **Natureza e propriedade dos solos**. Tradução Antônio B. Neiva Figueiredo Filho. 5ª edição. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1979.

BROWN, A. E.; PODGER, G. M.; DAVIDSON; DOWLING, T. I.; ZHANG, L. Predicting impact of plantation forestry on water users at local and regional scales an example for the murrumbidgee river basin, Australia. n 251, p. 82-93, 2007.

Disponível em:

[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=MIimg&\\_imagekey=B6T6X-4PNF2N9-1-N&\\_cdi=5042&\\_user=687303&\\_pii=S0378112707004690&\\_origin=browse&\\_zone=rsIt\\_list\\_item&\\_coverDate=10%2F30%2F2007&\\_sk=997489998&\\_wchp=dGLbVzb-zSkzV&\\_md5=25219fb4532de0fe1802478caaabfb3f&\\_ie=/sdarticle.pdf](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6T6X-4PNF2N9-1-N&_cdi=5042&_user=687303&_pii=S0378112707004690&_origin=browse&_zone=rsIt_list_item&_coverDate=10%2F30%2F2007&_sk=997489998&_wchp=dGLbVzb-zSkzV&_md5=25219fb4532de0fe1802478caaabfb3f&_ie=/sdarticle.pdf). Acessado em 11/09/2010.

BUCZKO, U.; BENS, O.; HÜTTL, R.F. Water infiltration and hydrophobicity in forest soils of a pin-beech transformation chronosequence. **Journal of Hydrology**.

Amsterdan, n. 331, p. 383-395, 2006. Disponível em

[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=PublicationURLe\\_tockey=%23TOC%235811%232007%23996679998%23639778%23FLA%23e\\_cdi=5811e\\_pubType=Jevie\\_w=ce\\_auth=ye\\_acct=C000037779e\\_version=1e\\_urlVersion=0e\\_userid=687303emd5=e41ddf8b61f38d3fdd9b24de64b265b0](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=PublicationURLe_tockey=%23TOC%235811%232007%23996679998%23639778%23FLA%23e_cdi=5811e_pubType=Jevie_w=ce_auth=ye_acct=C000037779e_version=1e_urlVersion=0e_userid=687303emd5=e41ddf8b61f38d3fdd9b24de64b265b0). Acessado em 09/02/2007.

CALDER, I. R. Forest and water – Ensuring forest benefits outweigh water costs.

**Forest Ecology and Management**. n 251, p. 110-120, 2007. Disponível em:

[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=MIimg&\\_imagekey=B6T6X-4PKG5VY-1-7&\\_cdi=5042&\\_user=687303&\\_pii=S0378112707004719&\\_origin=browse&\\_zone=rsIt\\_list\\_item&\\_coverDate=10%2F30%2F2007&\\_sk=997489998&\\_wchp=dGLbVzb-zSkzV&\\_md5=32a292fad788947dc49a05236506ea7e&\\_ie=/sdarticle.pdf](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6T6X-4PKG5VY-1-7&_cdi=5042&_user=687303&_pii=S0378112707004719&_origin=browse&_zone=rsIt_list_item&_coverDate=10%2F30%2F2007&_sk=997489998&_wchp=dGLbVzb-zSkzV&_md5=32a292fad788947dc49a05236506ea7e&_ie=/sdarticle.pdf). Acessado em 11/09/2010.

CÂMARA, C. D.; LIMA, W. P. Corte raso de uma plantação de *Eucalyptus saligna* de 50 anos: impactos sobre o balanço hídrico e qualidade da água em uma microbacia experimental. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, n. 56, p. 41-58, 1999. Disponível em:

<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr56/cap03.pdf>, acessado em 19/05/2007.

CARVALHO, D. F.; CRUZ, E. S.; SILVA, W. A.; SOUZA, W. J.; SOBRINHO, T. A. Demanda hídrica do milho de cultivo de inverno no Estado do Rio de Janeiro.

**Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 112-118, 2006. <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n1/v10v1a17.pdf>, acessado em 16/02/2007.

CARVALHO, L. A. **Condutividade hidráulica do solo no campo: as simplificações do método do perfil instantâneo**. Piracicaba, 2002. 86 f.

Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

Disponível em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-11102001-180056/>, acessado em 21/03/07.

CARVALHO, L. A. **Distribuição espacial dos parâmetros da equação da**

**condutividade hidráulica em função da umidade do solo**. Piracicaba, 2006. 179 f.

Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Disponível

em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-11102001-180056/>, consultada em 21/03/07.



CASTRO, L. G. **Dinâmica da água em terraços de infiltração**. Piracicaba, 2001. 104 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Disponível em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-11102001-180056/> consultada em 21/03/07

CHAPPELL, N. A.; TYCH, W.; BONELL, M. Development of the *forSIM* model to quantify positive and negative hydrological impacts of tropical reforestation. **Forest Ecology and Management**. n. 251, p. 52-64, 2007. Disponível em: [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=MIimg&\\_imagekey=B6T6X-4PBG1G8-2-9&\\_cdi=5042&\\_user=687303&\\_pii=S0378112707004677&\\_origin=browse&\\_zone=rs-It\\_list\\_item&\\_coverDate=10%2F30%2F2007&\\_sk=997489998&\\_wchp=dGLbVzb-zSkzV&\\_md5=861a26876214dd0a38327f3511f5a697&\\_ie=/sdarticle.pdf](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6T6X-4PBG1G8-2-9&_cdi=5042&_user=687303&_pii=S0378112707004677&_origin=browse&_zone=rs-It_list_item&_coverDate=10%2F30%2F2007&_sk=997489998&_wchp=dGLbVzb-zSkzV&_md5=861a26876214dd0a38327f3511f5a697&_ie=/sdarticle.pdf). Acessado em 11/09/2010.

COGO, N. P.; LEVIN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por método de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Campinas, v. 27, p. 743-753, 2003.

COLETTI, C. **Caracterização da irrigação de uma cultura citrícola com a utilização do TDR**. Campinas, 2000. 100 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas. Disponível em <http://libdigi.unicamp.br/document/?view=vtls000206253> consultado em 29/03/07.

CORAM, A. The optimal allocation of water along a system of rivers: a continuous model with sequential bidding. **The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, n.50, pp. 313 – 326, 2006. Disponível em <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/118633876/PDFSTART>. Consultado em 23/05/2009.

CRUZ, A. C. R. **Consumo de água por cultura de citros cultivada em latossolo vermelho amarelo**. Piracicaba, 2003. 93 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Disponível em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-11102001-180056/> consultada em 21/03/07.

CRUZ, A. C. R.; LIBARDI, P. L.; CARVALHO, L. A.; ROCHA, G. C. Balanço de água no volume de solo explorado pelo sistema radicular de uma planta de citrus. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. v. 29, p. 1-10, 2005.

CULLEN, R.; HUGHEY, K.; KERR, G. New Zealand freshwater management and agricultural impacts. **The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, n.50, pp. 327 – 346, 2006. Disponível em <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/118633865/PDFSTART>. Consultado em 23/05/2009.

DANIELSON, R. E. e SUTHERLAND, P. L.. Porosity. In.: KLUTE, A. **Methods of Soil Analysis (Part I). Physical and mineralogical methods**. Second edition.

Number 9 (Part 1) in the series Agronomy. American Society of Agronomy, Inc. Soil Society of America, Inc. Publisher Madison, Wisconsin USA, 1986.

DYE, P; VERSFELD, D. Managing the hydrological impacts of South African plantation forests: an overview. **Forest Ecology and Management**. n 251, p 121-128, 2007. Disponível em:  
[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=MIimg&\\_imagekey=B6T6X-4P83D4N-6-3&\\_cdi=5042&\\_user=687303&\\_pii=S0378112707004720&\\_origin=browse&\\_zone=rsIt\\_list\\_item&\\_coverDate=10%2F30%2F2007&\\_sk=997489998&\\_wchp=dGLbVzb-zSkzV&\\_md5=fbcd2ccf59e02b92e03c54c9bfff79&\\_ie=/sdarticle.pdf](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6T6X-4P83D4N-6-3&_cdi=5042&_user=687303&_pii=S0378112707004720&_origin=browse&_zone=rsIt_list_item&_coverDate=10%2F30%2F2007&_sk=997489998&_wchp=dGLbVzb-zSkzV&_md5=fbcd2ccf59e02b92e03c54c9bfff79&_ie=/sdarticle.pdf). Acessado em 11/09/2010

DÖLL, P.; KASPAR, F.; LEHNER, B. A global hydrological model for deriving water availability indicators: model tuning and validation. **Journal of Hydrology**. Amsterdam, n. 270, p. 105-134, 2003. Disponível em  
[www.elsevier.com/locate/jhydrol](http://www.elsevier.com/locate/jhydrol). Acessado em 08/01/2003.

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

DOOGE, J. C. I. **Mathematical models for surface water hydrology**. Problems and methods of Rainfall – Runoff Modelling. Editado por Ciriani *et al.*, John Wiley and Sons, London: 71 – 108, 1974, 423 p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, SNLCS, 1979.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. – Brasília : Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 1999, 412 p.

FUKUSHIMA, Yoshihiro. A model of river flow forecasting for a small forested mountain catchment. **Hydrological Processes**. v. 2, p 167-185, 1988.

GARCEZ, L. N. **Hidrologia**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1974. 249 p.  
 GARCEZ, L. N. e ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1988. 291 p.

GARDNER, W. Water content. In.: KLUTE, A. **Methods of Soil Analysis (Part I). Physical and mineralogical methods**. Second edition. Number 9 (Part 1) in the series Agronomy. American Society of Agronomy, Inc. Soil Society of America, Inc. Publisher Madison, Wisconsin USA, 1986.

GEIGER, R. **Manual de microclimatologia – o clima da camada de ar junto ao solo**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961, 556 p.

GOMES, S.; SOUZA, J. L. M.; MELO, M. .C; PACHECHENIK, P. E.; Programa para estimar a probabilidade de ocorrência de chuva mensal. In.: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 33., São Pedro, 2004. **Anais...** – Campinas: Universidade Estadual de Campinas, SP

GUIMARÃES, E. C. **Variabilidade espacial de atributos de um latossolo vermelho escuro textura argilosa da região do cerrado, submetido ao plantio direto e ao plantio convencional**. Campinas, 2000. 112 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas. Disponível em <http://libdigi.unicamp.br/document/?view=vtls000219823> consultado em 29/03/2007.

HERBST, M; ROBERTS, J. M; ROSIER, P. T. W.; TAYLOR, M. E; GOWING, D. J. Edge effects and forest water use: a field study in a mixed deciduos woodland. *Forest Ecology and Management*. nº 250, p. 176-186, 2007.

HOLDRIDGE, L. R. **Ecología baseada en zonas de vida**. IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas). San José, Costa Rica. 1978 216 p.

HORNBERGER, G. M.; RAFFENSPERGER, J. P.; WIBERG, P. L.; ESHLEMAN, K. N. **Elements of physical hydrology**. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1998. 302 p.

HUGHES, D. A., HANNART, P. A. A desktop model used to provide an initial estimate of the ecological instream flow requirements of river in South Africa. **Journal of Hydrology**. Amsterdam, n. 270, p. 167-181, 2003. Disponível em [www.elsevier.com/locate/jhydrol](http://www.elsevier.com/locate/jhydrol). Acessado em 08/01/2003.

KOBYAMA, M.; GENZ, F.; MENDIONDO, E. M. Geo-Bio-Hidrologia. In: FÓRUM GEO – BIO – HIDROLOGIA: ESTUDO EM VERTENTES E MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS, 1, 1998, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1998, p. 1-25.

KOSUGI, Y.; KATSUYAMA, M. Evapotranspiration over a Japanese cypress forest. II. Comparasion of the eddy covariance and water budget methods. **Journal of Hydrology**. Amsterdam, n. 334, p. 305-3 11, 2007. [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=PublicationURL&\\_tockey=%23TOC%235811%232007%23996679998%23639778%23FLA%23e\\_cdi=5811e\\_pubType=Jeviw=ce\\_auth=ye\\_acct=C000037779e\\_version=1e\\_urlVersion=0e\\_userid=687303emd5=e41ddf8b61f38d3fdd9b24de64b265b0](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=PublicationURL&_tockey=%23TOC%235811%232007%23996679998%23639778%23FLA%23e_cdi=5811e_pubType=Jeviw=ce_auth=ye_acct=C000037779e_version=1e_urlVersion=0e_userid=687303emd5=e41ddf8b61f38d3fdd9b24de64b265b0) acessado em (09/02/07)

LAL, R.; SHUKLA, M. K. **Principles of soil physics**. New York: Marecel Dekker, Inc., 2004. 716 p.

LANNOY, G. J. M.; VERHOEST, N. E. C.; HOUSER, P. R.; GISH, T. J.; MEIRVENNE, M. Van. Spatial and temporal characteristics of soil moisture in an intensively monitored agricultural field (OPE). **Journal of Hydrology**. Amsterdam, n. 331, p. 719-730, 2006. Disponível em: [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=PublicationURL&\\_tockey=%23TOC%235811%232007%23996679998%23639778%23FLA%23e\\_cdi=5811e\\_pubType=Jeviw=ce\\_auth=ye\\_acct=C000037779e\\_version=1e\\_urlVersion=0e\\_userid=687303emd5=e41ddf8b61f38d3fdd9b24de64b265b0](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=PublicationURL&_tockey=%23TOC%235811%232007%23996679998%23639778%23FLA%23e_cdi=5811e_pubType=Jeviw=ce_auth=ye_acct=C000037779e_version=1e_urlVersion=0e_userid=687303emd5=e41ddf8b61f38d3fdd9b24de64b265b0). Acessado em 09/02/2007

LEITE, H. G.; NOGUEIRA, G. S.; MOREIRA, A. M. Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamentos de *Pinus taeda* L. L. **Revista Árvore**, Viçosa

– MG, v. 30, n.4, p. 603-612, 2006. Disponível em:  
<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n4/31681.pdf>. Acessado em 29/06/2010.

LIBARDI, P. L. Dinâmica da água do solo. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

LIBARDI, P.L. e MELO FILHO, J.F. Estabilidade temporal de medidas do teor e do potencial mátrico da água no solo em uma transecção. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, n. 29, p. 497-506, 2005.

LIMA, W. P. Interceptação da chuva em povoamentos de eucalipto e de pinheiro. **IPEF**. Piracicaba, n. 13, p. 75-90, 1976. Disponível em:  
<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr13/cap03.pdf>, acessado em 25/01/2008.

LIMA, W. P. e NICOLIELO, N. Precipitação efetiva e interceptação em florestas de pinheiros tropicais e em reserva de cerrado. **IPEF**. Piracicaba, nº 24, p. 43-46, 1983. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr24/cap04.pdf>, acessado em 25/01/2008.

LIMA, W. P. The hydrology of eucalypt forest in Australia - A review. **IPEF**. Piracicaba, nº 28, p. 11-32, 1984. Disponível em:  
<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr28/.pdf>. Acessado em 25/01/2008.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B; LIBARDI; P. L.; SOUZA FILHO, A. P. Comparative evapotranspiration of eucalyptus, pine and natural “cerrado” vegetation measure by the soil water balance method. **IPEF Internacional**, Piracicaba, n. 1, p. 5-11, 1990. Disponível em <http://www.ipef.br/publicacoes/internacional/nr01/cap01.pdf>, consultado em 03/04/07.

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2º ed., 1993.

LIMA, W. P.; MOREIRA, R. M.; SCARDUA, F. P.; MASETTO, A. V. The hydrology of a small catchment covered with 50-year old eucalyptus plantation in the Itatinga forest experimental station, State of São Paulo. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, n. 50, p. 11-19, 1996. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr50/cap1.pdf>, acessado em 19/07/2007.

LIMA, W. P. Efeitos hidrológicos do manejo de florestas plantadas. In.: LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. (organizadores). **As florestas plantadas e a água – implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento**. São Carlos: RiMa, 2006, p 9-28, 226 p (a).

LINS E SILVA, M. L. **Influência da densidade e do teor de água do solo no índice de cone de um latossolo vermelho escuro**. Campinas, 1994. 110 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Disponível em <http://libdigi.unicamp.br/document/?view=vtls000086911>, consultado em 29/03/07.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**, vol 1 e 2. 4º ed., Nova Odessa, São Paulo : Instituto Plantarum, 2002.

LULL, H. W. Ecological and silvicultural aspects. In: CHOW, V. T. **Handbook of applied hydrology. A compendium of water-resources technology**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1964.

LUQUE, J. A. **Hidrologia agrícola aplicada**. Buenos Aires: Editorial Hemisferio Sur, 1º edición, 1981.

MAIA, J. C. de S. **Determinação de esquemas de amostragem para avaliação de propriedades físicas do solo sob diferentes sistemas de preparo**. Campinas, 1999. 172 f. tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas. Disponível em <http://libdigi.unicamp.br/document/?view=vtls000186862> consultado em 29/03/07.

MEDEIROS, G. A. de. **Influencia do manejo de um latossolo vermelho sobre a eficiência do uso da água e da produção do feijoeiro irrigado**. Campinas, 2002. 201 f. tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas. Disponível em <http://libdigi.unicamp.br/document/?view=vtls000255918> consultado em 29/03/07.

MEDELLIN-AZUARA, J.; HOWITT, R. E.; WALLER-BARRERA, C.; MENDOZA-ESPINOSA, L. G.; TAYLOR, J. E. A calibrated agricultural water demand model for three regions in northern Baja California. **Agrociencia**, v. 43, n. 2, febrero-marzo, 2009. disponível em: <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2009/feb-mar/art-1.pdf>. Acessado em 18/06/2009.

MELO FILHO, J. F. **Variabilidade dos parâmetros da equação da condutividade hidráulica em função da umidade de um latossolo sob condições de campo**. Piracicaba, 2001. 145 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Disponível em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-11102001-180056/> consultada em 21/03/07.

MENDONÇA, J. C.; SOUZA, E. F.; BERNARDO, S.; DIAS, G. P.; GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referencia (ET<sub>o</sub>) na região norte Fluminense, R. J. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 07, n. 2, p. 275-279, 2003. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v7n2/v721a15.pdf> consultado em 28/04/2005.

MODNA, D.; DURIGAN, G.; VITAL, M. V. C. *Pinus elliottii* Engelm como facilitadora de regeneração natural da mata ciliar em região de cerrado, Assis, SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 85, p. 73-83, mar. 2010. Disponível em <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr85/cap07.pdf>. Acessado em 01/07/2010.

MOLCHANOV, A. A. **Hidrologia florestal**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 1963. 419 p.

MONTOYA OLIVER, J. M. **El Eucalipto**. Bilbao: Editora Mundi-Prensa Libros S. A., 125 p., 1995.

OKI, V. K. **Impactos da colheita de *Pinus taeda* L. sobre o balanço hídrico, a qualidade da água e a ciclagem de nutrientes em microbacias**. Piracicaba, 2002, 71 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.



Disponível em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11142/tde-16082002-150417/publico/viviana.pdf> acessado em 29/03/2005.

OMETO, J. C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 440 p., 1981.

PACHECHENIK, P. E.; SOUZA, J. L. M.; GOMES, S. Estudo da precipitação provável na bacia do Rio das Pedras – PR, utilizando cinco distribuições de probabilidade. In.: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 33., São Pedro, 2004. **Anais...** – Campinas: Universidade Estadual de Campinas, SP

PACHECHENIK, P. E.; SOUZA, J. L. M. Estudo do processo chuva-vazão na bacia do rio das Pedras, Guarapuava, Estado do Paraná, com o modelo HCYMODEL. **Acta Sci. Agron.** Maringa, v. 27, n. 4, p. 677-686, Oct/Dec., 2005.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PETERSON, R.G. e CALVIN, L. D. Sampling. In.: KLUTE, A. **Methods of Soil Analysis (Part I). Physical and mineralogical methods**. Second edition. Number 9 (Part 1) in the series Agronomy. American Society of Agronomy, Inc. Soil Society of America, Inc. Publisher Madison, Wisconsin USA, 1986.

PINTO, L. V. A.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FERREIRA, E. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Scientia Forestales**. Piracicaba, nº 65, p. 197-206, 2004. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr65/cap19.pdf>, acessado em 25/01/2008

PINTO, N. L. S.; *et al.* **Hidrologia básica**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1980. 278 p.

PUJOL, J.; RAGGI, M.; VIAGGI, D. The potential impact of markets for irrigation water in Italy and Spain: a comparison of two study areas. **The Australian Journal of Agricultural and Resources Economics**, 50, pp 361-380. Disponível em: <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/118633871/PDFSTART> . Acessado em 23/05/2009.

PREVEDELLO, C. L.; LOYOLA, J. M. T. Modelagem numérica para o processo da evaporação da água no solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Campinas, v. 29, n. 5, p. 669-675, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v29n5/27878.pdf>, acessado em 25/01/2008.

PREVEDELLO, C. L. **Física do solo com problemas resolvidos**. Curitiba, Sociedade autônoma de estudos avançados em Física do Solo, 1996. 446 p.

RAUDKIVI, A. J. **Hydrology – an advanced introduction to hydrological process and modeling**. London: Pergamon Press, 1ª edição, 1979.

RANZINI, M.; RIGHETTO, A. M.; LIMA, W. P.; GUANDIQUE, M. E. G.; ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. Processos hidrológicos de uma microbacia com Mata Atlântica, na região da Serra do Mar, SP. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, n. 66, p. 108-119,

2004. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr66/cap11.pdf>, acessado em 19/05/2007.

REICHARDT, K. TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri, SP: Manole, 2004. 478 p.

REZENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Brasília: Ministério da Educação; Lavras: ESAL; Piracicaba: POTAFOS, 1988, 81 p.

ROCHA, G. C. **Estabilidade temporal da distribuição espacial da armazenagem, do gradiente de potencial total e do potencial mátrico de água, em um solo cultivado com citros**. Piracicaba, 2004. 117f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Disponível em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-11102001-180056/> consultada em 21/03/07

SCHWARZBOLD, A. O que é um rio. **Revista Ciencia e Ambiente**. Santa Maria, v. 21, n. 21, p. 57-68, julho/dezembro 2000.

SERENGIL, Y.; GÖKBULAK, F.; ÖZHAN, S.; HYZAL, A.; ŞENGÖNÜL, K.; BALÇ, A. N.; ÖZYUVACI, N. Hydrological impacts of a slight thinning treatment in a deciduous forest ecosystem in Turkey. **Journal of Hydrology**. Amsterdam, n. 333, p. 569-577, 2007. Disponível em: [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=PublicationURL&\\_tokey=%23TOC%235811%232007%23996679998%23639778%23FLA%23e\\_cdi=5811e\\_pubType=Jevie\\_w=ce\\_auth=ye\\_acct=C000037779e\\_version=1e\\_urlVersion=0e\\_userid=687303emd5=e41ddf8b61f38d3fdd9b24de64b265b0](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=PublicationURL&_tokey=%23TOC%235811%232007%23996679998%23639778%23FLA%23e_cdi=5811e_pubType=Jevie_w=ce_auth=ye_acct=C000037779e_version=1e_urlVersion=0e_userid=687303emd5=e41ddf8b61f38d3fdd9b24de64b265b0). Acessado em 09/02/2007.

SILVA, F. A. M. **Parametrização e modelagem do balanço hídrico em sistema de plantio direto no cerrado brasileiro**. Campinas, 2004. 218 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas. Disponível em <http://libdigi.unicamp.br/document/?view=vtls000319326> consultado em 29/03/07.

SILVA, W. da; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A. da; CARDOSO, A.; A. Índice de consumo e eficiência do uso da água em Pinus, submetido a diferentes teores de água em convivência com a braquiária. **Revista Floresta**. Curitiba, v. 34, n. 3, p. 325-355, set/dez 2004.

SILVEIRA, A. L. L. da. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M.; et al. **Hidrologia - Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH: EDUSP, 1993, p. 35-51. 943 p.

INSTITUTO METEOROLOGICO SIMEPAR. **Previsão climática para o inverno/2009**. Disponível em: [http://www.simepar.br/tempo/clima/aviso\\_inverno2009.htm](http://www.simepar.br/tempo/clima/aviso_inverno2009.htm). Acessado em 11/09/2010.

\_\_\_\_\_. **Previsão climática para a primavera/2009**. Disponível em: [http://www.simepar.br/tempo/clima/aviso\\_primavera2009.htm](http://www.simepar.br/tempo/clima/aviso_primavera2009.htm). Acessado em 11/09/2010.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Meteorologia e climatologia florestal**. Curitiba – editor, 2004, 165 p.

SOUZA, C. F. **A utilização da reflectometria no domínio do tempo (TDR) na modelagem do bulbo molhado do solo irrigado por gotejamento**. Campinas, 2002. 124 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas. Disponível em <http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000266935> consultado em 29/03/2007.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and Procedures of STATISTICS: with special reference to biological sciences**. McGRAW-HILL Book Company, Inc. New York, 1960, 480 p.

STOREY, H. C.; HOBBA, R. L.; ROSA, J. M. Hydrology of forest land and rangeland. In: CHOW, V. T. **Handbook of applied hydrology. A compendium of water-resources technology**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1964.

SUZANO – PAPEL E CELULOSE. **Eucaliptocultura e preservação ambiental**. São Paulo: Unidade de Negócio Florestal, 1<sup>o</sup> edição. Junho de 2006. 40 p.

TEIXEIRA, C. F. A.; MORAES, S. O.; SIMONETE, M. A. Desempenho do tensiômetro, TDR e sonda de nêutrons na determinação da umidade e condutividade hidráulica do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Campinas, v. 29, p. 161-168, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n4/a01v27n4.pdf>, acessado em 12/04/2007.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, New York, v. 38, n. 1, p. 55-94 1948.

TRINIDAD, T. M.; HERNÁNDEZ, J. V.; OROZCO, A. M.; UPTON, J. L. Respuesta al déficit hídrico en *Pinus leiophylla*: consumo de agua y crecimiento en plántulas de diferentes poblaciones. **Agrociencia**, v. 36, n. 3, mayo-junio, 2002. disponível em <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2002/may-jun/art-10.pdf>, acessado em 18/02/2008.

TUCCI, C. E. M. e BELTRAME, L. F. S. Evaporação e evapotranspiração. In: TUCCI, C. E. M.; *et al.* **Hidrologia - Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH: EDUSP, 1993, p. 253-287. 943 p.

\_\_\_\_\_ **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 1998. 669 p.

TUNDIZI, J. G. Limnologia e Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos. **Revista Ciência e Ambiente**. Santa Maria. n. 21, pp. 9-20. julho / dezembro, 2000.

VAN DIJK, A. I. J. M.; HAIRSINE, P. B.; ARANCIBIA, J. P.; DOWLING, T. I. Reforestation, water availability and stream salinity: a multi-scale analysis in the Murray-Darling Basin, Australia. **Forest Ecology and Management**. n. 251, p. 94-109, 2007. Disponível em: [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=MIimg&\\_imagekey=B6T6X-4PB75D2-1-N&\\_cdi=5042&\\_user=687303&\\_pii=S0378112707004707&\\_origin=browse&\\_zone=rsIt\\_list\\_item&\\_coverDate=10%2F30%2F2007&\\_sk=997489998&\\_wchp=dGLbVzb-](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6T6X-4PB75D2-1-N&_cdi=5042&_user=687303&_pii=S0378112707004707&_origin=browse&_zone=rsIt_list_item&_coverDate=10%2F30%2F2007&_sk=997489998&_wchp=dGLbVzb-)



[zSkzV&md5=24b632187e455c0a2382643fffe0422a&ie=/sdarticle.pdf](#). Acessado em 11/10/2010

VAN DIJK, A. I. J. M.; KEENAN, R. J. Planted forests and water in perspective. **Forest Ecology and Management**. n. 251, p. 1-9, 2007. Disponível em: [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=MIimg&\\_imagekey=B6T6X-4P8H893-1-1&\\_cdi=5042&\\_user=687303&\\_pii=S0378112707004628&\\_origin=browse&\\_zone=rsIt\\_list\\_item&\\_coverDate=10%2F30%2F2007&\\_sk=997489998&\\_wchp=dGLzVzz-zSkzk&md5=9ad4f4fea501b1f1b0b2705153a6d155&ie=/sdarticle.pdf](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6T6X-4P8H893-1-1&_cdi=5042&_user=687303&_pii=S0378112707004628&_origin=browse&_zone=rsIt_list_item&_coverDate=10%2F30%2F2007&_sk=997489998&_wchp=dGLzVzz-zSkzk&md5=9ad4f4fea501b1f1b0b2705153a6d155&ie=/sdarticle.pdf). Acessado em 11/10/2010

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

VITAL, A. R. T.; LIMA, W. P.; CAMARGO, F. R. A. Efeitos do corte de raso de plantação de *Eucalyptus* sobre o balanço hídrico, qualidade da água e as perdas de solo e de nutrientes em uma microbacia do Vale do Paraíba, SP. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, n. 55, p. 5-16, 1999. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr55/cap1.pdf>, acessado em 19/07/2007

WISLER, C. O.; BRATER, E. F. Hidrologia. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico Editora, tradução: Leonino Júnior, 1964.

# **ANEXOS**

Anexo 1 – Umidade volumétrica ( $\theta$ ) média, tensões (kPa) e desvio padrão dos tratamentos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> e Nativa

Tratamento	Profundidade	VERÃO			OUTONO			INVERNO			PRIMAVERA		
		$\theta$ Média	Tensão kPa	Desvio Padrão	$\theta$ Média	Tensão kPa	Desvio Padrão	$\theta$ Média	Tensão kPa	Desvio Padrão	$\theta$ Média	Tensão kPa	Desvio Padrão
T1	0 – 10	0,290	145,670	0,018	0,296	111,055	0,036	0,330	21,320	0,030	0,321	34,236	0,018
	10 – 20	0,331	32,455	0,015	0,327	39,625	0,028	0,361	7,504	0,024	0,357	9,311	0,016
	20 – 40	0,341	21,245	0,014	0,337	27,028	0,033	0,366	5,314	0,020	0,365	5,569	0,012
	40 – 60	0,360	43,928	0,013	0,346	64,846	0,031	0,381	24,298	0,024	0,389	19,055	0,015
	60 -- 100	0,350	53,726	0,012	0,325	109,158	0,030	0,359	41,266	0,022	0,372	28,531	0,014
T2	0 - 10	0,286	182,985	0,023	0,267	445,409	0,032	0,326	25,828	0,029	0,320	35,391	0,022
	10 -- 20	0,324	46,513	0,028	0,298	157,983	0,034	0,354	10,689	0,025	0,354	10,414	0,018
	20 -- 40	0,332	35,195	0,029	0,300	198,858	0,036	0,362	6,784	0,022	0,368	4,645	0,014
	40 -- 60	0,347	63,052	0,029	0,309	187,965	0,037	0,375	28,536	0,029	0,395	16,322	0,016
	60 -- 100	0,325	108,642	0,026	0,294	265,387	0,033	0,346	59,910	0,028	0,374	26,946	0,015
T3	0 - 10	0,286	181,929	0,020	0,276	292,013	0,039	0,318	38,449	0,024	0,315	45,651	0,022
	10 -- 20	0,316	65,967	0,026	0,305	112,595	0,039	0,351	12,175	0,022	0,349	13,335	0,017
	20 -- 40	0,324	53,085	0,024	0,310	115,327	0,038	0,358	8,182	0,024	0,361	7,066	0,015
	40 -- 60	0,348	62,270	0,025	0,322	129,964	0,036	0,374	29,322	0,027	0,389	19,177	0,018
	60 -- 100	0,336	80,213	0,024	0,301	218,098	0,032	0,351	51,668	0,027	0,368	32,203	0,017

Tratamento	Profundidade	VERÃO			OUTONO			INVERNO			PRIMAVERA		
		$\theta$ Média	Tensão kPa	Desvio Padrão	$\theta$ Média	Tensão kPa	Desvio Padrão	$\theta$ Média	Tensão kPa	Desvio Padrão	$\theta$ Média	Tensão kPa	Desvio Padrão
T4	0 - 10	0,288	1093,730	0,020	0,266	1500,000	0,035	0,316	271,336	0,020	0,317	256,942	0,026
	10 -- 20	0,316	873,721	0,020	0,294	1500,000	0,040	0,344	173,604	0,020	0,345	161,689	0,021
	20 -- 40	0,324	172,714	0,016	0,296	617,110	0,037	0,352	46,332	0,018	0,351	50,171	0,019
	40 -- 60	0,343	84,734	0,015	0,307	342,214	0,035	0,362	39,831	0,018	0,371	28,780	0,018
	60 -- 100	0,328	51,740	0,015	0,285	267,466	0,034	0,339	33,886	0,019	0,357	16,477	0,015
T5	0 - 10	0,291	959,402	0,022	0,274	1500,000	0,039	0,319	237,467	0,025	0,318	247,803	0,026
	10 -- 20	0,315	935,526	0,021	0,297	1500,000	0,040	0,340	216,203	0,020	0,340	214,364	0,020
	20 -- 40	0,316	244,123	0,015	0,299	542,115	0,040	0,345	64,281	0,017	0,347	58,758	0,020
	40 -- 60	0,334	117,963	0,020	0,307	348,825	0,041	0,359	45,700	0,018	0,370	29,665	0,017
	60 -- 100	0,322	63,739	0,015	0,289	229,276	0,038	0,333	41,829	0,015	0,351	21,077	0,015
Nativa	0 - 10	0,169	637,634	0,040	0,108	1500,000	0,024	0,190	112,740	0,064	0,183	205,774	0,035
	10 -- 20	0,174	1500,000	0,026	0,122	1500,000	0,025	0,221	917,248	0,073	0,203	1500,000	0,044
	20 -- 40	0,176	1500,000	0,024	0,120	1500,000	0,021	0,236	25,777	0,075	0,207	224,700	0,051
	40 -- 60	0,170	255,826	0,019	0,114	1500,000	0,022	0,248	2,261	0,081	0,208	25,269	0,060
	60 -- 100	0,177	298,500	0,017	0,122	1500,000	0,016	0,264	9,238	0,092	0,228	39,128	0,063

Anexo 2 – Equações do conteúdo médio de água, nas profundidades entre 0 e 100 cm, nos tratamentos T<sub>1</sub> a T<sub>5</sub>.

Tratamento	Equação
T <sub>1</sub>	$y = -3E-05x^2 + 0,0029x + 0,2966$ $R^2 = 0,9314$
T <sub>2</sub>	$y = -3E-05x^2 + 0,0026x + 0,2893$ $R^2 = 0,9359$
T <sub>3</sub>	$y = -2E-05x^2 + 0,0026x + 0,2876$ $R^2 = 0,9376$
T <sub>4</sub>	$y = -2E-05x^2 + 0,0023x + 0,2874$ $R^2 = 0,9228$
T <sub>5</sub>	$y = -2E-05x^2 + 0,002x + 0,2893$ $R^2 = 0,9727$

Anexo 3 – Equações do conteúdo médio de água, nas profundidades entre 0 e 100 cm, nas quatro estações do ano.

Estação	Equação
Verão	$y = -2E-05x^2 + 0,0024x + 0,2809$ $R^2 = 0,9357$
Outono	$y = -2E-05x^2 + 0,0022x + 0,2669$ $R^2 = 0,9684$
Inverno	$y = -2E-05x^2 + 0,0023x + 0,3145$ $R^2 = 0,9386$
Primavera	$y = -3E-05x^2 + 0,0032x + 0,2967$ $R^2 = 0,9329$

Anexo 4 – Equações do volume médio de água no solo da floresta nativa, nas profundidades entre 0 e 100 cm, nas estações do ano de 2009.

Estação	Equação
Verão	$y = 4E-07x^2 + 2E-05x + 0,1712$ $R^2 = 0,3157$
Outono	$y = -2E-06x^2 + 0,0002x + 0,1121$ $R^2 = 0,2309$
Inverno	$y = -1E-05x^2 + 0,002x + 0,1863$ $R^2 = 0,9591$
Primavera	$y = -2E-06x^2 + 0,0007x + 0,186$ $R^2 = 0,8427$

Anexo 5 – Médias semanais das coletas do verão ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ) dos tratamentos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> e Nativa

Tratamento	Profundidade	VERÃO												
		23/12	30/12	08/01	15/01	22/01	29/01	05/02	12/02	19/02	26/02	05/03	11/03	18/03
T1	0 – 10	0,299	0,313	0,258	0,300	0,291	0,297	0,289	0,289	0,286	0,297	0,296	0,311	0,250
	10 – 20	0,347	0,361	0,320	0,337	0,318	0,344	0,320	0,339	0,332	0,326	0,317	0,337	0,305
	20 – 40	0,354	0,366	0,343	0,354	0,332	0,351	0,338	0,337	0,345	0,330	0,325	0,344	0,313
	40 – 60	0,372	0,380	0,366	0,353	0,357	0,373	0,359	0,353	0,373	0,359	0,334	0,357	0,344
	60 – 100	0,358	0,372	0,354	0,359	0,347	0,358	0,339	0,336	0,361	0,338	0,353	0,342	0,335
T2	0 – 10	0,288	0,311	0,282	0,297	0,282	0,317	0,289	0,288	0,307	0,290	0,248	0,282	0,233
	10 – 20	0,334	0,350	0,329	0,340	0,332	0,353	0,328	0,315	0,341	0,338	0,267	0,315	0,265
	20 – 40	0,351	0,362	0,333	0,350	0,347	0,341	0,328	0,315	0,373	0,338	0,284	0,314	0,275
	40 – 60	0,374	0,386	0,331	0,359	0,365	0,359	0,327	0,330	0,392	0,354	0,323	0,325	0,291
	60 – 100	0,351	0,365	0,300	0,307	0,332	0,336	0,302	0,312	0,357	0,355	0,312	0,318	0,283
T3	0 – 10	0,277	0,306	0,277	0,270	0,323	0,290	0,288	0,306	0,296	0,290	0,254	0,289	0,254
	10 – 20	0,311	0,350	0,312	0,308	0,351	0,320	0,337	0,334	0,336	0,313	0,276	0,295	0,269
	20 – 40	0,334	0,363	0,328	0,321	0,352	0,338	0,321	0,323	0,341	0,329	0,295	0,293	0,280
	40 – 60	0,368	0,390	0,344	0,338	0,362	0,363	0,337	0,331	0,374	0,362	0,333	0,320	0,298
	60 – 100	0,356	0,374	0,315	0,313	0,321	0,340	0,325	0,326	0,355	0,378	0,328	0,339	0,295



Tratamento	Profundidade	VERÃO												
		23/12	30/12	08/01	15/01	22/01	29/01	05/02	12/02	19/02	26/02	05/03	11/03	18/03
T4	0 – 10	0,286	0,313	0,271	0,288	0,292	0,323	0,297	0,300	0,301	0,286	0,261	0,279	0,247
	10 – 20	0,310	0,345	0,303	0,319	0,319	0,340	0,333	0,329	0,322	0,310	0,276	0,313	0,287
	20 – 40	0,329	0,339	0,313	0,324	0,355	0,340	0,321	0,325	0,329	0,322	0,298	0,321	0,296
	40 – 60	0,359	0,363	0,324	0,348	0,349	0,355	0,335	0,344	0,358	0,345	0,320	0,340	0,317
	60 – 100	0,343	0,344	0,297	0,326	0,339	0,330	0,320	0,328	0,351	0,330	0,311	0,332	0,310
T5	0 – 10	0,280	0,328	0,280	0,296	0,273	0,310	0,303	0,294	0,307	0,286	0,241	0,308	0,274
	10 – 20	0,302	0,335	0,312	0,319	0,300	0,342	0,331	0,327	0,323	0,317	0,265	0,323	0,292
	20 – 40	0,320	0,334	0,318	0,319	0,310	0,335	0,330	0,319	0,322	0,316	0,282	0,316	0,293
	40 – 60	0,337	0,359	0,340	0,337	0,336	0,350	0,345	0,331	0,353	0,338	0,280	0,330	0,310
	60 – 100	0,324	0,345	0,325	0,318	0,323	0,331	0,321	0,317	0,347	0,327	0,299	0,315	0,297
Nativa	0 – 10	0,121	0,164	0,157	0,162	0,179	0,203	0,188	0,256	0,202	0,188	0,120	0,137	0,119
	10 – 20	0,144	0,178	0,174	0,167	0,188	0,208	0,193	0,192	0,195	0,199	0,153	0,158	0,115
	20 – 40	0,145	0,178	0,188	0,177	0,192	0,186	0,189	0,191	0,196	0,203	0,162	0,156	0,120
	40 – 60	0,144	0,183	0,182	0,170	0,182	0,181	0,169	0,184	0,188	0,184	0,160	0,149	0,129
	60 – 100	0,156	0,188	0,175	0,176	0,188	0,163	0,170	0,199	0,198	0,203	0,180	0,160	0,149

Anexo 6 – Médias semanais das coletas do outono ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) dos tratamentos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> e Nativa

Tratamento	Profundidade	OUTONO												
		26/04	01/04	08/04	15/04	22/04	30/04	06/05	13/05	20/05	27/05	03/06	11/06	17/06
T1	0 – 10	0,273	0,284	0,316	0,294	0,342	0,258	0,280	0,227	0,276	0,308	0,305	0,358	0,329
	10 – 20	0,307	0,312	0,353	0,323	0,349	0,304	0,310	0,269	0,318	0,336	0,343	0,357	0,369
	20 – 40	0,326	0,319	0,361	0,326	0,389	0,324	0,310	0,262	0,321	0,340	0,351	0,371	0,375
	40 – 60	0,343	0,341	0,358	0,329	0,358	0,349	0,318	0,268	0,339	0,358	0,360	0,388	0,391
	60 – 100	0,332	0,328	0,330	0,304	0,342	0,340	0,295	0,248	0,320	0,329	0,332	0,359	0,370
T2	0 – 10	0,241	0,247	0,259	0,254	0,269	0,239	0,279	0,225	0,233	0,298	0,301	0,294	0,334
	10 – 20	0,268	0,289	0,280	0,269	0,328	0,275	0,302	0,252	0,264	0,323	0,329	0,335	0,364
	20 – 40	0,276	0,278	0,270	0,273	0,321	0,287	0,307	0,250	0,268	0,342	0,337	0,330	0,366
	40 – 60	0,293	0,284	0,271	0,271	0,330	0,295	0,311	0,263	0,279	0,351	0,356	0,343	0,368
	60 – 100	0,286	0,284	0,267	0,250	0,298	0,283	0,292	0,258	0,264	0,364	0,325	0,313	0,340
T3	0 – 10	0,235	0,274	0,258	0,255	0,265	0,248	0,296	0,223	0,239	0,311	0,321	0,312	0,350
	10 – 20	0,273	0,295	0,288	0,282	0,292	0,270	0,326	0,253	0,268	0,337	0,354	0,354	0,376
	20 – 40	0,282	0,292	0,303	0,275	0,289	0,278	0,338	0,264	0,281	0,343	0,350	0,357	0,382
	40 – 60	0,304	0,310	0,316	0,273	0,288	0,309	0,353	0,277	0,298	0,357	0,345	0,365	0,389
	60 – 100	0,298	0,290	0,316	0,251	0,270	0,302	0,305	0,259	0,276	0,319	0,326	0,338	0,364

Tratamento	Profundidade	OUTONO												
		26/04	01/04	08/04	15/04	22/04	30/04	06/05	13/05	20/05	27/05	03/06	11/06	17/06
T4	0 – 10	0,233	0,247	0,262	0,263	0,253	0,227	0,292	0,216	0,240	0,276	0,297	0,333	0,314
	10 – 20	0,262	0,284	0,286	0,288	0,264	0,262	0,323	0,237	0,264	0,300	0,327	0,361	0,369
	20 – 40	0,274	0,283	0,281	0,288	0,271	0,292	0,329	0,239	0,256	0,297	0,330	0,362	0,352
	40 – 60	0,294	0,302	0,282	0,292	0,295	0,283	0,331	0,242	0,286	0,309	0,344	0,367	0,363
	60 – 100	0,295	0,297	0,257	0,272	0,259	0,287	0,304	0,221	0,242	0,291	0,320	0,329	0,333
T5	0 – 10	0,234	0,274	0,298	0,247	0,242	0,236	0,297	0,213	0,263	0,286	0,334	0,317	0,328
	10 – 20	0,260	0,309	0,328	0,269	0,259	0,266	0,323	0,236	0,269	0,299	0,340	0,346	0,358
	20 – 40	0,271	0,307	0,324	0,267	0,257	0,277	0,342	0,233	0,270	0,297	0,342	0,347	0,356
	40 – 60	0,300	0,313	0,332	0,270	0,263	0,290	0,330	0,234	0,273	0,300	0,353	0,357	0,370
	60 – 100	0,295	0,301	0,310	0,248	0,249	0,290	0,315	0,214	0,257	0,279	0,333	0,330	0,337
Nativa	0 – 10	0,093	0,116	0,105	0,089	0,095	0,087	0,105	0,109	0,095	0,103	0,093	0,168	0,144
	10 – 20	0,098	0,125	0,120	0,105	0,107	0,096	0,121	0,123	0,105	0,130	0,107	0,178	0,165
	20 – 40	0,102	0,116	0,123	0,108	0,104	0,096	0,122	0,121	0,099	0,136	0,115	0,164	0,159
	40 – 60	0,101	0,098	0,130	0,114	0,111	0,087	0,081	0,127	0,086	0,123	0,126	0,141	0,150
	60 – 100	0,119	0,130	0,141	0,123	0,112	0,103	0,099	0,131	0,095	0,135	0,134	0,131	0,139

Anexo 7 – Médias semanais das coletas do inverno ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) dos tratamentos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> e Nativa

Tratamento	Profundidade	INVERNO												
		25/06	01/07	09/07	16/07	23/07	29/07	06/08	12/08	19/08	26/08	02/09	09/09	16/09
T1	0 – 10	0,366	0,323	0,332	0,319	0,389	0,365	0,317	0,323	0,314	0,323	0,305	0,274	0,347
	10 – 20	0,385	0,361	0,378	0,354	0,400	0,382	0,343	0,354	0,348	0,352	0,348	0,308	0,385
	20 – 40	0,395	0,367	0,374	0,360	0,396	0,393	0,351	0,360	0,353	0,360	0,345	0,331	0,372
	40 – 60	0,404	0,377	0,391	0,385	0,417	0,425	0,361	0,365	0,372	0,361	0,350	0,355	0,387
	60 – 100	0,371	0,356	0,365	0,371	0,387	0,400	0,340	0,342	0,356	0,331	0,344	0,330	0,376
T2	0 – 10	0,318	0,334	0,320	0,313	0,353	0,405	0,308	0,339	0,326	0,309	0,307	0,285	0,327
	10 – 20	0,336	0,369	0,354	0,359	0,387	0,391	0,338	0,379	0,360	0,325	0,313	0,324	0,362
	20 – 40	0,353	0,366	0,367	0,365	0,389	0,404	0,354	0,378	0,361	0,332	0,316	0,352	0,363
	40 – 60	0,348	0,379	0,389	0,396	0,386	0,431	0,369	0,395	0,376	0,341	0,317	0,368	0,383
	60 – 100	0,312	0,333	0,350	0,374	0,359	0,404	0,341	0,370	0,339	0,315	0,302	0,343	0,357
T3	0 – 10	0,349	0,321	0,311	0,318	0,355	0,329	0,330	0,328	0,309	0,298	0,272	0,285	0,332
	10 – 20	0,356	0,345	0,363	0,359	0,383	0,375	0,349	0,362	0,347	0,328	0,302	0,327	0,368
	20 – 40	0,362	0,346	0,370	0,372	0,394	0,382	0,353	0,375	0,360	0,323	0,306	0,345	0,368
	40 – 60	0,369	0,352	0,388	0,399	0,412	0,416	0,369	0,396	0,360	0,337	0,326	0,365	0,377
	60 – 100	0,334	0,323	0,361	0,383	0,375	0,390	0,345	0,374	0,348	0,306	0,313	0,345	0,370

Tratamento	Profundidade	INVERNO												
		25/06	01/07	09/07	16/07	23/07	29/07	06/08	12/08	19/08	26/08	02/09	09/09	16/09
T4	0 – 10	0,320	0,317	0,310	0,315	0,335	0,329	0,311	0,346	0,328	0,326	0,265	0,298	0,314
	10 – 20	0,350	0,342	0,340	0,347	0,366	0,355	0,339	0,378	0,348	0,338	0,291	0,333	0,344
	20 – 40	0,342	0,348	0,365	0,360	0,378	0,364	0,350	0,377	0,347	0,350	0,311	0,349	0,340
	40 – 60	0,348	0,354	0,387	0,376	0,378	0,386	0,363	0,376	0,351	0,357	0,328	0,367	0,339
	60 – 100	0,320	0,319	0,360	0,366	0,357	0,367	0,338	0,345	0,327	0,326	0,312	0,342	0,325
T5	0 – 10	0,342	0,296	0,305	0,323	0,337	0,366	0,326	0,331	0,328	0,305	0,275	0,284	0,329
	10 – 20	0,351	0,321	0,332	0,347	0,354	0,364	0,356	0,361	0,336	0,342	0,296	0,314	0,346
	20 – 40	0,347	0,324	0,343	0,352	0,355	0,374	0,355	0,364	0,330	0,342	0,306	0,345	0,350
	40 – 60	0,358	0,336	0,366	0,380	0,356	0,395	0,366	0,370	0,347	0,349	0,326	0,354	0,360
	60 – 100	0,323	0,312	0,347	0,362	0,330	0,346	0,344	0,342	0,328	0,325	0,305	0,331	0,336
Nativa	0 – 10	0,135	0,128	0,137	0,119	0,123	0,305	0,195	0,284	0,250	0,249	0,167	0,187	0,194
	10 – 20	0,170	0,145	0,166	0,141	0,137	0,355	0,229	0,326	0,286	0,290	0,192	0,210	0,227
	20 – 40	0,173	0,151	0,175	0,166	0,147	0,369	0,240	0,345	0,303	0,298	0,208	0,240	0,256
	40 – 60	0,171	0,160	0,168	0,179	0,161	0,394	0,253	0,358	0,322	0,319	0,213	0,263	0,265
	60 – 100	0,176	0,172	0,164	0,175	0,172	0,429	0,272	0,390	0,350	0,343	0,233	0,284	0,278

Anexo 8 – Médias semanais das coletas da primavera ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ) dos tratamentos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> e Nativa



Tratamento	Profundidade	PRIMAVERA												
		23/09	30/09	08/10	14/10	21/10	28/10	04/11	11/11	19/11	26/11	03/12	09/12	16/12
T1	0 – 10	0,317	0,303	0,335	0,351	0,329	0,305	0,296	0,327	0,308	0,309	0,340	0,341	0,307
	10 – 20	0,344	0,345	0,374	0,365	0,385	0,352	0,343	0,363	0,346	0,349	0,364	0,376	0,328
	20 – 40	0,346	0,358	0,387	0,367	0,379	0,356	0,354	0,374	0,358	0,360	0,366	0,384	0,357
	40 – 60	0,370	0,374	0,417	0,390	0,408	0,390	0,379	0,404	0,381	0,380	0,394	0,403	0,371
	60 – 100	0,348	0,356	0,401	0,376	0,389	0,373	0,365	0,384	0,369	0,365	0,374	0,371	0,366
T2	0 – 10	0,322	0,316	0,340	0,336	0,332	0,344	0,259	0,322	0,313	0,299	0,321	0,329	0,325
	10 – 20	0,359	0,349	0,361	0,365	0,370	0,361	0,306	0,367	0,340	0,340	0,354	0,363	0,369
	20 – 40	0,361	0,369	0,382	0,372	0,384	0,370	0,333	0,382	0,360	0,350	0,373	0,375	0,380
	40 – 60	0,376	0,383	0,413	0,403	0,415	0,405	0,367	0,409	0,381	0,375	0,403	0,401	0,401
	60 – 100	0,344	0,360	0,382	0,382	0,400	0,383	0,358	0,375	0,371	0,364	0,380	0,371	0,391
T3	0 – 10	0,320	0,323	0,339	0,324	0,339	0,315	0,268	0,317	0,286	0,286	0,338	0,327	0,309
	10 – 20	0,346	0,353	0,359	0,354	0,361	0,349	0,309	0,363	0,339	0,325	0,368	0,368	0,347
	20 – 40	0,351	0,359	0,374	0,363	0,381	0,361	0,333	0,377	0,341	0,342	0,372	0,370	0,367
	40 – 60	0,361	0,391	0,406	0,395	0,413	0,390	0,357	0,417	0,376	0,374	0,394	0,389	0,395
	60 – 100	0,326	0,374	0,381	0,379	0,393	0,368	0,351	0,355	0,362	0,364	0,377	0,364	0,386

Tratamento	Profundidade	PRIMAVERA												
		23/09	30/09	08/10	14/10	21/10	28/10	04/11	11/11	19/11	26/11	03/12	09/12	16/12
T4	0 – 10	0,314	0,293	0,315	0,318	0,355	0,336	0,271	0,320	0,282	0,309	0,350	0,353	0,312
	10 – 20	0,343	0,321	0,361	0,342	0,367	0,343	0,296	0,353	0,337	0,344	0,365	0,376	0,338
	20 – 40	0,362	0,322	0,367	0,349	0,367	0,352	0,313	0,366	0,335	0,339	0,357	0,381	0,348
	40 – 60	0,372	0,342	0,392	0,372	0,377	0,378	0,349	0,392	0,347	0,355	0,380	0,399	0,365
	60 – 100	0,349	0,326	0,380	0,363	0,377	0,362	0,340	0,363	0,348	0,345	0,361	0,374	0,358
T5	0 – 10	0,328	0,302	0,330	0,303	0,338	0,317	0,273	0,344	0,282	0,323	0,346	0,361	0,292
	10 – 20	0,368	0,323	0,363	0,334	0,359	0,343	0,299	0,348	0,318	0,342	0,350	0,351	0,325
	20 – 40	0,375	0,335	0,379	0,351	0,377	0,353	0,311	0,347	0,326	0,339	0,339	0,347	0,336
	40 – 60	0,382	0,356	0,408	0,379	0,392	0,373	0,342	0,372	0,357	0,355	0,362	0,366	0,364
	60 – 100	0,351	0,333	0,386	0,361	0,369	0,352	0,334	0,351	0,339	0,339	0,347	0,344	0,355
Nativa	0 – 10	0,262	0,228	0,170	0,167	0,182	0,174	0,114	0,198	0,165	0,179	0,183	0,184	0,170
	10 – 20	0,306	0,268	0,198	0,185	0,193	0,190	0,131	0,224	0,183	0,170	0,198	0,210	0,189
	20 – 40	0,331	0,293	0,190	0,186	0,198	0,197	0,136	0,219	0,186	0,172	0,192	0,201	0,190
	40 – 60	0,350	0,322	0,175	0,191	0,198	0,203	0,144	0,208	0,192	0,162	0,190	0,193	0,176
	60 – 100	0,377	0,346	0,181	0,212	0,216	0,217	0,165	0,223	0,205	0,173	0,207	0,224	0,221

## ANEXO 9 – Precipitação média (mm), coletada semanalmente no verão

Tratamento	VERÃO												
	23/12	30/12	8/1	15/1	21/1	29/1	4/2	12/2	20/2	25/2	5/3	11/3	18/3
T1	25	56	80	52	49	27	34	22	76	14	5	20	8
T2	23	43	80	39	38	16	27	15	66	11	5	15	10
T3	23	46	79	44	46	22	30	18	78	10	6	14	9
T4	24	50	79	43	41	18	26	16	73	11	4	16	9
T5	23	47	72	43	39	18	24	16	72	14	3	17	8
Nativa	11	48	81	39	46	29	34	37	79	33	3	11	2

## ANEXO 10 – Precipitação média (mm), coletada semanalmente no outono

Tratamento	OUTONO												
	26/3	1/4	8/4	15/4	22/4	29/4	6/5	13/5	20/5	27/5	3/6	11/6	17/6
T1	0	16	25	0	10	4	16	25	10	80	11	24	13
T2	0	15	22	0	8	3	14	23	12	67	9	21	11
T3	0	15	22	0	8	3	14	21	10	70	8	23	12
T4	0	14	22	0	9	3	14	23	9	70	8	19	12
T5	0	16	23	0	10	4	14	24	9	69	8	20	11
Nativa	0	8	20	0	0	0	31	21	13	58	10	20	13

## ANEXO 11 – Precipitação média (mm), coletada no inverno

Tratamento	INVERNO												
	25/6	1/7	9/7	16/7	23/7	30/7	5/8	12/8	19/8	26/8	2/9	9/9	16/9
T1	30	18	32	90	39	84	7	0	26	26	0	86	48
T2	24	15	29	82	33	72	6	0	20	21	0	90	40
T3	27	16	28	84	34	74	5	0	20	20	0	92	43
T4	25	15	27	89	34	74	6	0	21	22	0	92	44
T5	25	15	27	86	33	73	5	0	21	20	0	90	40
Nativa	31	22	33	76	45	55	6	0	26	27	0	80	27

## ANEXO 12 – Precipitação média (mm), coletada na primavera

Tratamento	PRIMAVERA												
	23/9	30/9	8/10	14/10	21/10	28/10	4/11	11/11	19/11	26/11	3/12	9/12	16/12
T1	79	4	59	35	100	42	0	78	30	19	71	40	57
T2	63	2	45	27	93	37	0	59	23	16	55	28	45
T3	63	2	48	27	93	37	0	60	26	16	59	28	48
T4	68	3	49	32	91	38	0	65	29	16	64	32	53
T5	65	2	45	27	95	37	0	62	28	15	59	32	48
Nativa	56	2	37	33	88	33	0	79	45	23	56	38	49

Anexo 13 – Volume de água escoada pelo tronco em litros, coletada entre os meses de janeiro e dezembro de 2009.

TRATAMENTO	GALÃO	JANEIRO																			
		8/1/2009					15/1/2009					21/1/2009					29/1/2009				
		B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa
T2	G1	21	21	21	21	0,74	21	19,4	21	21	0	21	21	21	21	2,88	21	21	14,7	13,2	1,21
	G2	11,2	14,6	17,1	18,7	0,41	10,9	13,2	15,3	20+	0	21	21	21	21	0,89	10,6	9,71	10,5	9,4	0,31
T3	G1	21	18	17,7	15,6	2	14,9	18,3	14,3	12,7	0	21	21	21	21	3,8	13,1	9,33	10,3	7,41	0,23
	G2	15,2	21	17,4	16,3	0,65	16,1	21	17,6	14,3	0	21	21	21	21	3,25	6,41	11,4	9,81	7,92	0,31
T4	G1	16,2	21	21	11,4	0,83	13,5	18,3	21	16	0	21	21	21	21	10,3	6	21	14,9	5,6	2,39
	G2	21	13,7	21	21	0,37	21	11,1	21	16,1	0	21	21	21	21	1,41	12,9	9,3	21	12,5	0,41
T5	G1	12,3	21	21	9,95	0,75	SL	21	21	9	0	21	21	21	21	1,17	11,9	21	19,5	5,86	0,22
	G2	21	21	21	4,81	0,21	14,9	0	21	10,1	0	21	21	21	15,5	0,51	4,47	20,4	16,8	4,25	0,32

TRATAMENTO	GALÃO	FEVEREIRO																			
		4/2/2009					12/2/2009					20/2/2009					25/2/2009				
		B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa
T2	G1	21	21	21	21	1,31	18,2	16,4	13,5	11,6	0,49	21	21	21	21	16,2	10,1	9,41	12,5	7,28	1
	G2	14,2	18	18,7	18,3	0,43	9,37	7,75	8,1	8,25	1,98	21	21	21	21	2,6	3,54	6,77	6,78	6,34	1,1
T3	G1	21	15,2	15,9	15,8	1,34	13,6	8,73	7	7,47	0,8	21	21	21	21	13,4	9,22	5,37	5,14	3,87	0,54
	G2	12,6	21	17,4	15,8	0,4	5,59	11,8	8,32	8	0,73	21	21	21	21	3,9	4,14	8,19	6,36	4,12	< 0,100
T4	G1	13,4	21	21	10,2	2,68	7,5	18,5	12,9	6,41	1,61	21	21	21	21	18,6	4,6	15	7,21	2,32	1,84
	G2	21	17,1	21	21	0,8	15	6,48	20,8	8,16	0,89	21	21	21	21	2,24	6,74	5,24	12,6	7,53	0,42
T5	G1	10,5	21	21	10,2	0,49	4	13,6	17	5,45	0,62	21	21	21	21	6	2,59	7,48	7,84	2,23	0,47
	G2	21	21	21	13,7	0,43	13,1	17,3	17,2	6,17	0,21	21	21	21	21	1,55	3,98	12,5	10,8	4,62	0,28

TRATAMENTO	GALÃO	MARÇO																			
		5/3/2009					11/3/2009					18/3/2009					26/3/2009				
		B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa
T2	G1	6,77	5,5	3,3	3,51	0	18,2	19,6	17,3	8,9	0,1	13,3	9,4	4,1	4,5	0,01	0	0	0	0	0
	G2	2,95	2,65	2,82	2,97	0	5,7	11,2	10	13,5	0,1	3	4,6	8,8	6,65	0	0	0	0	0	0
T3	G1	4,48	1,33	2,78	2,64	0	13,7	14,8	7,85	7,8	0,15	3,1	6	5,45	4,8	0	0	0	0	0	0
	G2	1,53	3	2,26	1,85	0	5	7,9	9,15	8,4	0,05	3,25	9,9	4,7	4,4	0	0	0	0	0	0
T4	G1	2,47	5,41	3,26	1	0	13,5	20,5	11,5	4,4	0,16	3,7	16,1	6,7	2,1	0,01	0	0	0	0	0
	G2	3,69	1,69	6,56	1,98	100	6,3	6,8	18,7	10	0,11	6,7	4,25	7,35	5,5	0	0	0	0	0	0
T5	G1	1,48	2,89	2,45	1,75	0	12,8	10,1	10	4,4	0,05	4,2	6,65	10,5	4	0	0	0	0	0	0
	G2	2,72	3,5	4,55	1,74	0	4,5	20,7	18,6	5,8	0,04	2,9	14,3	7,9	2,5	0,01	0	0	0	0	0

TRATAMENTO	GALÃO	ABRIL																								
		1/4/2009					8/4/2009					15/4/2009					22/4/2009					29/4/2009				
		B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa
T2	G1	13	10	7	11	0	18	17	12	15	0	0	0	0	0	0	5	4	6	5	0	1	1	1	1	0
	G2	5	7	7	7	0	7	9	18	16	0	0	0	0	0	0	2	4	5	5	0	0	1	1	1	0
T3	G1	6	7	7	6	0	12	10	11	11	0	0	0	0	0	0	4	2	3	3	0	0	0	1	0	0
	G2	9	6	4	6	0	8	18	9	12	0	0	0	0	0	0	3	3	2	3	0	0	1	0	0	0
T4	G1	9	11	7	7	0	7	18	13	8	0	0	0	0	0	0	2	6	3	3	0	0	1	1	0	0
	G2	3	6	14	7	0	16	8	20	7	0	0	0	0	0	0	4	2	6	3	0	0	1	0	0	0
T5	G1	7	8	15	4	0	6	7	21	5	0	0	0	0	0	0	2	1	7	3	0	0	1	1	0	0
	G2	5	13	10	4	0	8	20	6	8	0	0	0	0	0	0	2	7	6	1	0	0	1	1	0	0

TRATAMENTO	GALÃO	MAIO																			
		6/5/2009					13/5/2009					20/5/2009					27/5/2009				
		B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa
T2	G1	11	8,2	4,7	5,6	1,05	21	21	15,3	21	0,86	8	4,2	4	3	0,16	21	21	21	21	2,65
	G2	4,2	7	7,3	7,8	0,66	8,6	17,5	19,5	15,3	0,23	3,65	5	4,9	5,4	0,15	21	21	21	21	1,22
T3	G1	4,7	8	6	4,9	0,49	13,8	21	13,5	13,6	0,22	2,9	3,45	4,3	3,5	0,11	21	21	21	21	2,38
	G2	4,1	5,6	6,3	4,7	0,61	18,6	14,4	15,4	118	0,49	4,6	4	3,8	3,7	0,1	21	21	21	21	2,45
T4	G1	3,2	4,4	7	5,3	0,65	11,3	12,4	21	12,2	0,86	3,5	7,4	11,2	5	0,23	21	21	21	21	2,58
	G2	6,7	9,2	12,8	4	0,5	18,7	21	21	10,2	0,65	4,7	3,8	5	4,7	0,19	21	21	21	21	1,2
T5	G1	KO	3,8	132	3,15	0,22	12,2	9	21	5,6	0,2	6,3	6	6,8	2,55	0,05	21	21	21	21	1,47
	G2	5,4	10,5	8,7	4,6	0,49	13,4	21	21	10,8	0,15	7,1	8,15	6	4,3	0,08	21	21	21	21	1,55

TRATAMENTO	GALÃO	JUNHO																			
		3/6/2009					11/6/2009					17/6/2009					25/6/2009				
		B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa
T2	G1	3,4	3,5	2	2,7	0,05	18,3	14	7,2	6,2	0,39	8,2	7,8	5,1	4,6	0,19	21	16	16,3	18,6	1,36
	G2	4	2,8	3,2	3,1	0,1	9,2	10,2	13,5	13	0,41	3,7	5,7	6,4	6,3	0,26	12,3	10,5	11,9	10,8	0,61
T3	G1	2,6	2	1,8	2,4	0,05	6,8	9	8,8	9,5	0,2	3,6	6	4,8	5	0,15	7,6	10,2	11,3	11	0,74
	G2	1,6	2,8	2	2,8	0,03	11,5	9,3	7,9	9,6	0,08	4,9	5	4,5	5,6	0,1	15,8	10,6	12,2	12,3	0,69
T4	G1	2	3,6	5	3	0,06	7,6	11,3	21	9	0,57	7	7,5	10,7	5,2	0,29	11	19	21+	11	1
	G2	3,5	2,2	2	2	0,1	14	14	15	10,2	0,43	4	5,9	5,9	5	0,16	16,5	15,3	16	13,1	0,29
T5	G1	4,8	3	4	1,5	0,06	17	9,7	21	6,1	0,29	8,3	5,8	12	5	0,23	21	21	21	9,4	0,53
	G2	1,4	4,5	3,6	1,9	0,1	12,3	17,4	12,5	8	0,24	6	9,2	5,8	3	0,09	16,6	7,7	19	7,7	0,43

TRATAMENTO	GALÃO	JULHO																								
		1/7/2009					9/7/2009					16/7/2009					23/7/2009					29/7/2009				
		B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa
T2	G1	11	9	5	5	1	21	18	9	9	1	21	21	21	21	9	21	21	21	21	3	21	21	21	21	5
	G2	6	6	8	8	0	12	9	17	18	1	21	21	21	21	2	14	15	15	15	1	21	21	21	21	1
T3	G1	6	5	6	6	1	14	12	21	11	1	21	21	21	21	10	21	18	18	21	1	21	21	21	21	3
	G2	4	6	5	5	1	9	11	16	10	1	21	21	21	21	5	19	15	12	15	1	21	21	21	21	4
T4	G1	5	8	14	5	1	11	18	10	11	1	21	21	21	21	5	21	21	21	13	2	21	21	21	21	3
	G2	8	8	7	6	0	12	14	21	12	0	21	21	21	21	2	14	21	21	17	1	21	21	21	21	1
T5	G1	8	3	15	4	0	8	0	21	8	1	21	21	21	21	4	18	21	21	9	1	21	21	21	21	2
	G2	10	10	10	5	0	11	21	18	10	1	21	21	21	21	3	21	21	21	16	1	21	21	21	21	3

TRATAMENTO	GALÃO	AGOSTO																			
		5/8/2009					12/8/2009					19/8/2009					26/8/2009				
		B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa
T2	G1	4	4,2	2	1,6	0,1	0	0	0	0	0	20	18	21	12	0,94	21	21	21	19,2	0,97
	G2	1,9	1,95	2,7	3	0	0	0	0	0	0	9	9,7	11,3	18,4	0,65	7,9	12,3	12,7	15,4	0,63
T3	G1	1,25	1,8	1,5	2,3	0	0	0	0	0	0	10,3	11	8,2	13,2	0,61	17,7	14,6	11,2	11,3	1,05
	G2	3	2,2	1	2	0	0	0	0	0	0	17,2	13,2	10	10,6	0,5	12,4	13,7	10,8	12,4	0,46
T4	G1	2,15	3,1	5	2	0	0	0	0	0	0	14	17,8	21	10,5	1,48	9,4	17,9	21	9,73	0,88
	G2	3,1	3	2,7	1,9	0	0	0	0	0	0	9,3	14,1	18,1	8,7	0,64	16,9	14,1	18,6	11,8	0,31
T5	G1	3,3	2,8	4,5	1	0	0	0	0	0	0	15,6	21	17,9	7,15	0,56	17,8	21	13,5	6	0,78
	G2	2,85	5	4	2,2	0	0	0	0	0	0	12,9	19,6	15	10,2	0,05	11,2	18,2	14,8	10,5	0,49



TRATAMENTO	GALÃO	SETEMBRO																								
		2/9/2009					9/9/2009					16/9/2009					23/9/2009					30/9/2009				
		B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa
T2	G1	0	0	0	0	0	21	21	21	21	10	21	21	21	21	2	21	21	21	21	4	1	1	0	0	0
	G2	0	0	0	0	0	21	21	21	21	2	21	21	21	21	1	21	21	21	21	1	0	0	0	0	0
T3	G1	0	0	0	0	0	21	21	21	21	16	21	21	21	21	4	21	21	21	21	2	0	1	0	0	0
	G2	0	0	0	0	0	21	21	21	21	7	21	21	21	21	1	21	21	21	21	2	1	0	0	0	0
T4	G1	0	0	0	0	0	21	21	21	21	7	21	21	21	21	2	21	21	21	21	2	0	1	0	0	0
	G2	0	0	0	0	0	21	21	21	21	1	21	21	21	21	0	21	21	21	21	1	1	1	0	0	0
T5	G1	0	0	0	0	0	21	21	21	21	4	21	11	1,8*	18	1	21	2	21	21	1	0	0	0	0	0
	G2	0	0	0	0	0	21	21	21	21	3	10	21	21	20	2	21	21	21	21	1	0	1	0	0	0

TRATAMENTO	GALÃO	OUTUBRO																			
		8/10/2009					14/10/2009					21/10/2009					28/10/2009				
		B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	Nativa
T2	G1	21	21	21	21	2,25	21	21	21	21	1,35	21	21	21	21	13,8	21	21	21	21	1,08
	G2	21	21	21	21	1	11,6	13	21	21	0,51	21	21	21	21	3,85	19,6	19,7	21	21	0,57
T3	G1	21	21	21	21	1,5	21	21	14,9	20+	0,95	21	21	21	21	10,5	21	21	17,8	21	0,65
	G2	21	21	21	21	1,05	21	21	19,9	17,8	1,39	21	21	21	21	9,1	21	21	21	21	0,71
T4	G1	21	21	21	21	2,1	21	21	21	19,1	1,38	21	21	21	21	9,9	21	21	21	21	0,99
	G2	21	21	21	11,2	1,1	18,2	15	21	11,8	0,84	21	21	21	21	3	21	21	21	21	0,52
T5	G1	21	16,6	21	15,8	0,6	21	21	21	12	0,58	21	21	21	21	3,23	21	21	21	15,1	0,36
	G2	21	21	21	18	0,56	14,7	21	21	18,3	0,45	21	21	21	21	6,2	19	21	21	18	0,35

TRATAMENTO	GALÃO	NOVEMBRO																			
		4/11/2009					11/11/2009					19/11/2009					26/11/2009				
		B1	B2	B3	B4	Nativa	B1	B2	B3	B4	NATIVA	B1	B2	B3	B4	NATIVA	B1	B2	B3	B4	NATIVA
T2	G1	0	0	0	0	0	21	21	21	21	0,21	21	21	18,5	21	1,72	18,6	19	6,5	12	0,61
	G2	0	0	0	0	0	21	21	21	21	2,25	12	17,3	20+	21	0,85	5,2	7,3	12,2	11	0,24
T3	G1	0	0	0	0	0	21	21	21	21	4,32	21	21	13,8	18,3	1,46	8,55	9,6	4,9	9,5	0,1
	G2	0	0	0	0	0	21	21	21	21	4,47	21	21	19,1	21	0,96	11	10,5	7,9	8,2	0,31
T4	G1	0	0	0	0	0	21	21	21	21	3,05	16,1	18,1	21	21	4,33	9,2	7,1	10,9	9	0,45
	G2	0	0	0	0	0	21	21	21	18,3	1,96	21	12,3	17	8,8	1,22	10	7,9	15,4	5,95	0,35
T5	G1	0	0	0	0	0	21	21	21	12,4	2,27	13,7	12,9	21	2,1	0,92	9	5	18,5	4,1	0,13
	G2	0	0	0	0	0	21	21	21	17,2	2,46	7,8	21	21	11	0,66	6,45	15,8	9,25	5	0,12

TRATAMENTO	GALÃO	DEZEMBRO																							
		3/12/2009					9/12/2009					16/12/2009					23/12/2009					30/12/2009			
		B1	B2	B3	B4	NATIVA	B1	B2	B3	B4	NATIVA	B1	B2	B3	B4	NATIVA	B1	B2	B3	B4	NATIVA	B2	B3	B4	NATIVA
T2	G1	21	21	21	21	1	21	21	10	21	3	21	21	21	21	1	21	21	10	21	0	21	21	21	2
	G2	21	21	21	21	1	12	13	17	16	1	21	21	21	21	1	10	12	21	21	s/l	21	21	21	1
T3	G1	21	21	21	21	2	21	15	7	15	1	21	21	21	21	3	21	21	10	13	1	21	21	21	1
	G2	21	21	21	21	1	21	14	6	20	1	21	21	21	21	2	21	17	10	18	s/l	21	21	21	1
T4	G1	21	21	21	21	1	21	21	21	12	1	21	21	21	21	1	13	21	21	11	0	21	21	21	1
	G2	21	21	21	21	1	21	11	12	8	1	21	21	21	21	1	20	11	12	9	0	21	21	21	1
T5	G1	21	21	21	9	1	15	21	8	5	1	21	21	21	14	1	9	12	12	5	0	21	12	4	1
	G2	18	21	21	14	1	9	11	15	2	1	21	21	21	4	1	6	21	17	2	0	21	21	2	1