

JOSÉ EDUARDO ROSA SCARDUA

**MODELAGEM MULTICAMADA DO BALANÇO HÍDRICO PARA
PLANTIOS DE EUCALIPTO EM DIFERENTES ESTÁGIOS DE
DESENVOLVIMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

S277m
2014

Scardua, José Eduardo Rosa, 1988-

Modelagem multicamada do balanço hídrico para plantios
de eucalipto em diferentes estágios de desenvolvimento :

Modelagem multicamada do balanço hídrico para plantios de
eucalipto / José Eduardo Rosa Scardua. – Viçosa, MG, 2014.

xii, 52f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Aristides Ribeiro.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.44-46.

1. Eucalipto - Cultivo. 2. Balanço hidrológico.
3. Ecofisiologia vegetal. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de
Pós-graduação em Meteorologia Agrícola. II. Título.

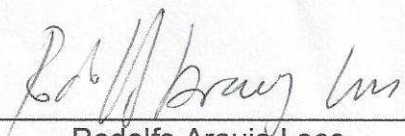
CDD 22. ed. 634.973766

JOSÉ EDUARDO ROSA SCARDUA

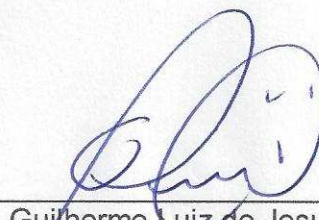
**MODELAGEM MULTICAMADA DO BALANÇO HÍDRICO PARA
PLANTIOS DE EUCALIPTO EM DIFERENTES ESTÁGIOS DE
DESENVOLVIMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

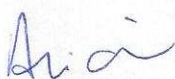
APROVADA: 1 de agosto de 2014.



Rodolfo Araujo Loos
(Co-orientador)



Guilherme Luiz de Jesus



Aristides Ribeiro
(Orientador)

Aos meus pais, Carlos Eduardo e Bernadete.

Aos meus irmãos, Carla e Carlos Henrique.

A minha namorada Bruna.

DEDICO

“Para ter algo que você nunca teve, é preciso fazer algo que você nunca fez”.

Chico Xavier

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa pela formação profissional e oportunidade de aperfeiçoar os meus conhecimentos através deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro junto ao projeto desenvolvido.

À empresa FIBRIA S.A., pela parceria no projeto cedendo o campo experimental e disponibilizando recursos financeiros, técnicos e humanos.

Ao meu orientador Aristides Ribeiro, pela oportunidade, aprendizado, investimento e empenho na conclusão do trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

Aos conselheiros, em especial ao Pesquisador Rodolfo Araujo Loos, pelo apoio e auxílio durante o desenvolvimento do trabalho.

À minha família, por participarem ativamente na formação do meu caráter através da educação, valores e investimentos.

À Bruna por acompanhar de todas as formas a minha jornada, demonstrando sempre cuidado, amor e companheirismo.

Aos novos amigos, Aline Santana, Yhasmin Paiva, Mariana Reis, Aloísio, Luciano, Jorge Luis, Luis Felipe, Vitor, Aninha, Valéria, Mariana Magalhães, Wellian, Moíses...

Aos amigos do programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, em especial a Alixandre, Emanuel, Almir, Jorge Luís e Mariana.

Aos meus companheiros de república, Anderson, Cicero, Danilo, Marcone, Victor, e Walter.

Enfim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

José Eduardo Rosa Scardua, filho de Carlos Eduardo Scardua e Bernadete Santi Scardua, nasceu em 21 de dezembro de 1988, na cidade de Aracruz, Espírito Santo.

Em fevereiro de 2007 iniciou o curso de Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), localizada na cidade de Alegre, graduou-se em fevereiro de 2012.

Em março de 2012, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em nível de mestrado, submetendo-se à defesa de tese em 1 de agosto de 2014.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	VIII
RESUMO	IX
ABSTRACT	XI
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	4
2.1. Descrição da área de estudo.....	4
2.1.1. Disposição do experimento.....	5
2.2. Dados meteorológicos	7
2.3. Dados de área foliar.....	7
2.4. Análise física do solo	8
2.5. Variação do armazenamento de água no solo multicamada	9
2.6. Interceptação de água da chuva pelo Dossel e Serrapilheira	10
2.7. Modelagem da Evapotranspiração.....	14
2.7.1 Plantio jovem	14
2.7.1.1. Transpiração	14
2.7.1.2. Saldo da Radiação	15
2.7.1.3. Resistência Aerodinâmica.....	16
2.7.2 Plantio Intermediário	16
2.8. Estimativa da contribuição das diferentes camadas do solo na transpiração dos plantios	18
2.9. Desempenho estatístico do modelo.....	20
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
3.1. Parametrização da Transpiração.....	22
3.2.1 Parâmetros para interceptação da água da chuva	27
3.3. Calibração do sub modelo de interceptação.....	30
3.3.1. Desempenho estatístico do Modelo de Rutter.....	37
3.4 Transpiração do Dossel e a Contribuição de cada Camada do Perfil do Solo	38
3.5 Modelo de Balanço Hídrico	42
. CONCLUSÃO	44
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
6. ANEXO	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área de estudo	4
Figura 2. Vista do plantio jovem 4 – 22 meses após o plantio.	5
Figura 3. Vista do experimento do plantio intermediário 34 – 52 meses após o plantio.	6
Figura 4. Vista do experimento do plantio adulto 102 -121 meses após o plantio	6
Figura 5 - Vista dos coletores de precipitação interna e escoamento pelo tronco na fase final (F_i).	13
Figura 6 – Variação da altura (A) e IAF (B) para todos os estágios de desenvolvimento do plantio de eucalipto.	23
Figura 7 – Distribuição das raízes finas e médias em percentual por camada.	25
Figura 8 – Percentual acumulado de raízes finas (A) e raízes médias (B) para todos os estágios de desenvolvimento do plantio de eucalipto.	26
Figura 9 – Correlação entre a precipitação interna e a precipitação total.	27
Figura 10 – Correlação entre precipitação total e o escoamento do tronco.	28
Figura 11 – Variação da umidade da serrapilheira para todo estágio de desenvolvimento do plantio de eucalipto no período de estudo. A curva representa o valor da capacidade de retenção da serrapilheira nos diferentes estágios de desenvolvimento.	29
Figura 12 – Total acumulado da interceptação do dossel modelado e observado (A = fase inicial - 4-22 meses, B = fase intermediária - 34-52 meses e C = fase final – 102-121 meses).	33
Figura 13 – Total acumulado da interceptação do tronco modelado e observado observado (A = fase inicial - 4-22 meses, B = fase intermediária - 34-52 meses e C = fase final – 102-121 meses).	35
Figura 14 – Total acumulado da interceptação da serrapilheira modelado e observado (A = fase inicial - 4-22 meses, B = fase intermediária - 34-52 meses e C = fase final – 102-121 meses).	37
Figura 15 - Transpiração (T, em mm/dia) , em camadas do perfil do solo, sob plantio clonal de eucalipto jovem (A), intermediário (B) e adulto (C), na região de Aracruz – ES.	40
Figura 15 – Modelo desenvolvido para interceptação do dossel, tronco e serrapilheira	48
Figura 16 - Modelo desenvolvido para interceptação do dossel, tronco e serrapilheira	49
Figura 17 - Modelo desenvolvido para interceptação do dossel, tronco e serrapilheira	50
Figura 18 - Modelo desenvolvido para interceptação do dossel, tronco e serrapilheira	51
Figura 19 - Modelo desenvolvido para interceptação do dossel, tronco e serrapilheira	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificações dos sensores utilizados das variáveis meteorológicas e umidade do solo no município de Aracruz-ES	7
Tabela 3 – Parametros utilizados nos sub modelos Rutter e tanque	29
Tabela 4 - Totais acumulados de chuva (P), precipitação interna (P_i), água de chuva escoada pelos troncos (S_t), interceptação da água da chuva pelo dossel vegetativo e serrapilheira ($I_{d,s}$), Índice de área foliar (IAF) e suas respectivas porcentagens em relação a P_t , durante o período de estudo, em plantação de eucalipto em diferentes estágios de desenvolvimento (4-22 meses, 34-52 meses e 102-121 meses).....	30
Tabela 5 - Desvio padrão (s), coeficiente de variação (CV) da precipitação interna e escoamento pelo tronco, em plantações de eucalipto com diferentes estágios de desenvolvimento	32
Tabela 6 – Valores do desempenho estatístico do modelo de Rutter.....	37
Tabela 7 - Valores de ponto de murcha permanente (PMP), à tensão de 1500 kPa, capacidade de campo (CC), à tensão de 30 kPa, e capacidade de água disponível (CAD) no solo nos plantios na região de Aracruz – ES em diferentes profundidades.	41

RESUMO

SCARDUA, José Eduardo Rosa, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2014. **Modelagem Multicamada Do Balanço Hídrico Para Plantios De Eucalipto Em Diferentes Estágios De Desenvolvimento** Orientador: Aristides Ribeiro. Coorientador: Rodolfo Araujo Loss.

O gênero *Eucalyptus* tem significativa importância para o agronegócio florestal brasileiro, com participação de cerca de 4% do PIB nacional e uma área plantada superior a 5 milhões de hectares. O Estado do Espírito Santo possui aproximadamente 200 mil hectares plantados, sendo importante avaliar deste uso do solo nos recursos hídricos, aumentando as investigações sobre a ecofisiologia desses plantios. A pesquisa nessa linha ajuda a entender a dinâmica dos fluxos de água em floresta plantada de eucalipto. Desta forma, a modelagem hidrológica que é uma representação matemática do fluxo de água e seus constituintes sobre alguma parte da superfície terrestre, entre os modelos mais simples em hidrologia destaca-se a chamada equação do balanço hídrico. Existem poucos estudos realizados para a estimativa do balanço hídrico para o Brasil fora realizados para idades específicas não contemplando o ciclo total de desenvolvimento da cultura e inexistem estudos com “approach” multicamada. A grande importância do balanço hídrico para a silvicultura melhor planejamento de compactação das áreas, segurança hídrica das bacias hidrográficas, sustentabilidade econômica. Contudo é de suma importância aprofundar os conhecimentos e aprimorar estimativa do balanço hídrico, pelo ajuste de métodos para estimar de forma mais precisa a entrada e a saída de água no sistema solo, planta e atmosfera. O conhecimento da variação do armazenamento de água no solo depende do aprimoramento das medidas em campo de diferentes variáveis do balanço hídrico, como umidade do solo, precipitação, interceptação da água da chuva pelo dossel e serrapilheira, biomassa e resistência da cultura, dentre outras. Com a realização do presente trabalho objetivou investigar os componentes do balanço hídrico multicamada para plantios de eucalipto em todo estágio de desenvolvimento. O experimento foi realizado no município de Aracruz (ES) em povoamentos de *Eucalyptus Grandis* cultivado em espaçamentos 3 x 3 m, em

sítios experimentais com plantios de eucalipto em três diferentes por 18 meses para plantios com idades no início do experimento de 2,5, 9 anos pertencentes à empresa Fibria Celulose S.A. As medidas de campo compreendem medidas meteorológicas, ecofisiológicas e biométricas, servindo, então, para o modelo de Rutter (interceptação do dossel) e Tank (interceptação serrapilheira). Os resultados parciais mostraram que os parâmetros de entrada para o modelo de interceptação do dossel e serrapilheira foram satisfatórios com valores para, capacidade máxima de retenção da água no dossel vegetativo (1,08 mm), para o parâmetro capacidade máxima de retenção da água no tronco (0,112 mm) e o parâmetro capacidade máxima de retenção da água na serrapilheira variando com a fase de desenvolvimento. Os valores acumulados de escoamento pelo tronco (Stemflow) variam de 2 a 3% da precipitação total e os valores de precipitação interna (Throughfall) variam de 70-74% da precipitação total, os menores valores encontrados foram no plantio de 5 anos.

ABSTRACT

SCARDUA, José Eduardo Rosa, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2014. **From modeling layered water balance for planting Eucalyptus in different stages of development** Adviser: Aristides Ribeiro. Co-adviser: Rodolfo Araujo Loss.

The genus Eucalyptus has significant importance for the Brazilian forestry agribusiness, accounting for about 4% of the national GDP and a planted area more than 5 million hectares. The Espírito Santo State has approximately 200 000 hectares planted is important to assess the possible impacts of land use change on water resources, increasing the demand for investigations of possible impacts of these plantations on water resources. This has led companies and the government to invest in research to help understand the dynamics of the flow of water in planted forest of eucalyptus. Thus, the hydrologic modeling can be defined as a mathematical representation of the flow of water and its constituents over some part of the earth's surface, among the simplest models in hydrology stands out the call of the water balance equation. There are few studies to estimate the water balance for Brazil carried out for specific ages not contemplating the full development cycle and culture studies with nonexistent "approach 'multilayer. The great importance of water balance for better forestry planning compression areas, water security, watershed, econômica. Contudo sustainability is paramount to deepen knowledge and improve estimation of water balance, the adjustment methods to estimate more accurately the inlet and outlet water in the soil atmosphere system and plant. Knowledge of the variation of water storage in the soil depends on the improvement of measures in the field of different variables on the water balance, such as soil moisture, precipitation, interception of rainfall by the canopy and litter, biomass and resistance culture, among others. With the completion of this work aims to investigate the water balance components for multilayer eucalyptus plantations at every stage of development. The experiment is being conducted in the municipality of Aracruz (ES) in Eucalyptus grandis grown in 3 x 3 m spacing in experimental sites with eucalyptus forests in three different plantations for 18 months for ages at the beginning of the experiment 2.5 , 9 years belonging to

the company Fibria SA field measurements include weather, ecophysiological and biometric measurements, serving then for the Rutter model (canopy interception) and Tank (litter interception). Partial results showed that the input parameters for the model interceptacao the canopy and litter were satisfactory with values for maximum capacity to hold water in the canopy (1,08 mm), the maximum capacity for retaining water in the parameter trunk (0,112 mm) and the maximum capacity of water retention parameter varies with litter in the development phase. The accumulated values of stemflow (Stemflow) range 2-3% of the total precipitation and throughfall values (Throughfall) range from 70-74% of the total rainfall, the lowest values were found in the planting of five years.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui 6,66 milhões de hectares de cultivos florestais, isto classifica como a segunda maior área florestal do mundo, sendo que os eucalitpocultura totalizam 5,01 milhões de hectares, representando 76,6 % das florestas plantadas. Com grande relevância para o agronegócio brasileiro, os plantios de eucalipto totalizam cerca de 4 % do PIB nacional quando somadas todas as cadeias produtivas em que está envolvida (ABRAF, 2013).

A indústria brasileira de papel e celulose é constituída por aproximadamente 220 empresas que produzem aproximadamente 13,9 milhões de toneladas de celulose e 8,6 milhões de toneladas de papel por ano. Esta produção faz do Brasil o 4º maior produtor de celulose, sendo líder mundial na produção de celulose de fibras curtas e o 9º na produção de papel (BRACELPA, 2013).

Original da Austrália, o gênero *Eucalyptus* existe em larga escala de variações climáticas, desde regiões desérticas com características semelhantes ao cerrado brasileiro, até região com climática semelhante ao bioma mata atlântica. Somado a essas características climáticas favoráveis à adaptação de eucalipto no Brasil, os tratos silviculturais, melhoramento genético e novas tecnologias empregadas no plantio e na colheita ajudam a entender a adaptação, desenvolvimento e elevada produtividade das espécies desse gênero em solos brasileiros.

O gênero *Eucalyptus* é um dos mais adotados nos programas de reflorestamento no Brasil por possuir características de rápido crescimento e capacidade de tolerar o estresse hídrico (Sacramento Neto, 2001).

Observam-se mudanças no uso do solo com o aumento da demanda por produtos florestais tornando-se uma grande preocupação ambiental e social. Com isso, existe uma demanda crescente por investigações de possíveis impactos desses plantios sob os recursos hídricos. Isso tem levado as empresas e o poder público a investir em estudos científicos que ajudam a entender a dinâmica dos fluxos de água em floresta plantada de eucalipto.

Outro aspecto importante das investigações é a grande dependência da produtividade florestal da disponibilidade hídrica no solo (SOUZA et al., 2006).

Embora existam vários estudos (Sacramento Neto, 2001; Facco, 2004; Silva, 2007; Carneiro et al, 2008), para entender o uso de água por plantios florestais praticamente inexistem trabalhos que contemplem o ciclo completo dos plantios em uma abordagem multicamada.

A modelagem hidrológica pode ser definida como uma representação matemática do fluxo de água e seus constituintes sobre alguma parte da superfície terrestre. Há uma estreita relação entre a modelagem hidrológica, a biológica e a ecológica, pois o transporte de materiais pela água é influenciado por atividades biológicas que podem aumentar ou diminuir a quantidade desses materiais na água (FACCO, 2008).

Portanto, é de suma importância aprofundar os conhecimentos e aprimorar estimativa do balanço hídrico, pelo ajuste de métodos precisos para estimar de forma mais precisa a entrada e a saída de água no sistema solo, planta e atmosfera. O conhecimento da variação do armazenamento de água no solo depende do aprimoramento das medidas em campo de diferentes variáveis do balanço hídrico, como umidade do solo, precipitação, interceptação da água da chuva pelo dossel e serrapilheira, biomassa e resistência da cultura, dentre outras. Assim é possível simular os possíveis impactos da mudança do uso de solo na eficiência de uso de água pela floresta.

O modelo mecanístico proposto por Rutter et al (1971) e melhorado Rutter et al (1975), representa o processo de interceptação sendo um equilíbrio da água da chuva que entra no sistema. O armazenamento e saída na forma de drenagem e evaporação dependem da quantidade de água armazenada no dossel e no tronco durante e após cada evento de chuva.

A precipitação que atinge a superfície das plantas está temporariamente retida, podendo evaporar para atmosfera ou dividir-se em três: escoar pelos ramos e caules (escoamento pelo tronco – Stemflow), chegando até o solo sob forma de gotas e precipitação que não atingiu nenhuma superfície da planta

atingindo o solo diretamente (precipitação livre - Throughfall), juntamente com gotejamento, é muitas vezes referido como interceptada (David et al. 2005).

Existem vários modelos para simular a interceptação da água pelas florestas, dentre eles pode-se destacar o modelo de Rutter, que vem mostrando eficiência na simulação da interceptação da água da chuva em alguns estudos (Gash et al. 1999, Cuartas et al. 2007, Steidle et al. 2012).

Este trabalho tem como objetivo geral investigar a interceptação do dossel e serrapilheira e a transpiração nas diferentes camadas do solo para plantios de eucalipto em todo estágio de desenvolvimento com finalidade de melhorar o entendimento destes componentes do balanço hídrico. Dentre os objetivos específicos:

- Determinar a taxa de interceptação da água da chuva pelo dossel e pela serrapilheira através do modelo de Rutter e tipo tanque em plantios de eucalipto em todo estágio de desenvolvimento;
- Calibrar o modelo de Penman-Monteith para estimativa da evapotranspiração em plantios de eucalipto em todo estágio de desenvolvimento;
- Simular contribuição das diferentes camadas do solo no suprimento de água para o processo de transpiração do eucalipto;
- Simular a variação do armazenamento de água no solo por meio do cálculo do balanço hídrico;

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da área de estudo

O experimento foi conduzido em área de plantio comercial pertencente à empresa Fibria Celulose em povoamentos de *Eucalyptus Grandis* cultivado em espaçamentos 3 x 3 m no município de Aracruz no Estado do Espírito Santo, Brasil com coordenadas geográficas 19° 49' 13" S e 40° 16' 24" W e altitude de 60 m (Figura 1). O clima da região é Aw, segundo a classificação de Koppen com temperatura média anual é de 28 ° C e de precipitação anual médio 1327 mm·ano⁻¹.

O tipo de solo existente na região são originados de sedimentos da Formação Barreiras, Argissolo Amarelo textura média-argilosa (PA1).

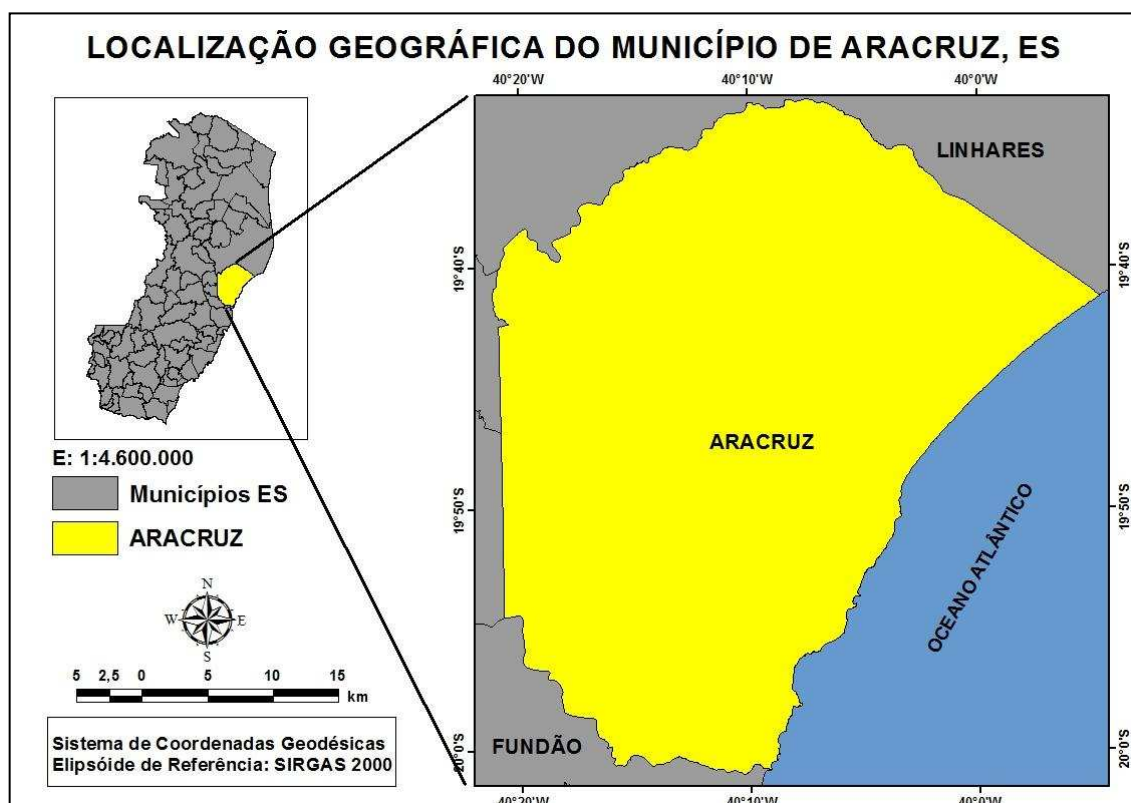


Figura 1 – Área de estudo

2.1.1. Disposição do experimento

O experimento foi conduzido em três parcelas plantio jovem (4 – 22 meses), plantio intermediário (34 -52 meses) e plantio adulto (101 – 121 meses) todas as três parcelas são do mesmo clone 1205, diferenciando apenas por o plantio adulto ser reforma.



Figura 2. Vista do plantio jovem 4 – 22 meses após o plantio.



Figura 3. Vista do experimento do plantio intermediário 34 – 52 meses após o plantio.



Figura 4. Vista do experimento do plantio adulto 102 -121 meses após o plantio

2.2. Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos para o desenvolvimento do trabalho, bem como para alimentação dos modelos foram coletados por sensores instalados em uma torre de 30 metros de altura na Microbacia localizada próxima ao experimentos, identificados e especificados na tabela 1. Sendo esta torre micrometeorológica disposta entre quatro arvores, obedecendo ao espaçamento do plantio.

Foram instalados quatro tubos para leituras com a sonda de capacitância “Diviner”, marca *Sentek*[®] para determinação da umidade do solo, medidas a cada 10 cm, até 1,60 m de profundidade, sendo dois na linha e dois na entrelinha, nos sítios experimentais, na fase jovem, fase intermediária e na fase adulta (F_i , F_{in} , F_f) representando todo seu desenvolvimento.

Foram feitos os cálculos das frequências relativas (frequencia no ar, naágua e no solo) e da umidade volumétrica para cada sitio experimental seguindo as equações propostas no manual do fabricante (Sentek, 1999) para obtenção dos coeficientes de calibração do Diviner.

Tabela 1 – Especificações dos sensores utilizados das variáveis meteorológicas e umidade do solo no município de Aracruz-ES

Sensor	Especificações
Temperatura e umidade do ar	CS215-L33, Campbell Scientific Instruments, Utah, USA
Radiação Líquida 4 componentes	CNR4-L33-PT, Kipp & Zonen B.V., Delf, Netherlands
Pluviômetro	CS700-L33-PT, Campbell Scientific Instruments, Utah, USA
Velocidade e Direção do Vento	WindSonic4-L33, Gill Instruments Ltd., Lymington, UK
Umidade do solo	Diviner 2000, Sentek Pty, Stepney, Australia

2.3. Dados de área foliar

A partir do inventário florestal realizado nas áreas experimentais, identificou-se a altura média e a circunferência à altura do peito (CAP) que fossem representativas, para mensuração em laboratório da largura, comprimento e área foliar, sendo este o método destrutivo utilizado para medição e estimativa do índice de área foliar (IAF). Para isso, dividiu-se a árvore em três terços (inferior, médio e superior), medindo o diâmetro da copa em cada um dos terços. Foi obtido o peso seco de 75 folhas coletadas aleatoriamente ao longo de toda árvore. A partir da área foliar média e do peso seco das 75 folhas, ambos determinados em laboratório, foi possível calcular a área foliar média total de uma árvore, uma vez que também foi calculado o peso seco total de folhas para outra árvore dentro do mesmo sítio experimental. A projeção média da copa sobre o terreno foi calculada a partir dos valores medidos do diâmetro do terço inferior das árvores.

2.4. Análise física do solo

Foi realizada a análise física do solo, para obtenção da capacidade de campo, ponto de murcha permanente e densidade aparente do solo a cada 10 cm de profundidade até 1,70 m para o cálculo da capacidade de água disponível para cada camada.

Foram coletadas amostras indeformadas em trincheiras com 1,70 m de profundidade nos três sítios experimentais. As amostras foram coletadas com anéis volumétricos de 198 cm³, no sentido vertical a cada 10 cm de profundidade até 1,70 m. Após a coleta de cada amostra foi realizada a limpeza externa dos anéis, para retirada do excesso de solo. Em seguida, os anéis foram envolvidos em filme plástico e parafinados, para evitar a evaporação, e transportados para o laboratório. A umidade do solo foi determinada considerando-se a massa do solo úmido obtida por pesagem das amostras logo após a coleta e a massa do solo seco determinada após a secagem, em estufa a 105 °C até massa constante. A umidade do solo a base de volume foi calculada multiplicando-se a densidade do solo pela umidade a base seca do

solo. As análises foram realizadas de acordo com EMBRAPA (1999). A densidade do solo (g cm^{-3}) foi calculada pela relação entre a massa do solo seco (g) e o volume total do solo (cm^3). A densidade das partículas do solo (g cm^{-3}) foi obtida pela relação entre a massa do solo seco (g) e o volume das partículas minerais e orgânicas (cm^3).

2.5. Variação do armazenamento de água no solo multicamada

A estimativa da variação do armazenamento de água no solo na primeira camada é descrita pela equação abaixo:

$$\text{ARM}_i = \text{ARM}_{i-1} + P_i - \text{Id}_{si} - I_{si} - T_i - PP \quad (1)$$

Em que:

ARM_i = armazenamento de água do dia i (mm); ARM_{i-1} = armazenamento de água do dia anterior (mm); P_i = precipitação pluvial total do dia i (mm); Id_{si} = total de água interceptada da chuva pelo dossel do dia i (mm); I_{si} = quantidade de água interceptada pela serapilheira do dia i (mm); T_i = transpiração do dia i (mm); PP = percolação na camada útil do solo onde se encontram as raízes no dia i (mm).

Para o cálculo da percolação na camada útil do solo foi obtida pela seguinte equação:

$$PP_i = 1 - (\text{CC}_i - \theta_i) PC \quad (2)$$

Em que:

PP_i = Percolação profunda da camada j (mm) CC_i = Capacidade de Campo da camada j ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$); e PC = Profundidade das camadas (20 cm).

Para as camadas subsequentes a equação utilizada foi descrita abaixo:

$$ARM_{i,j} = ARM_{i-1,j} + PP_{i,j-1} - PP_{i,j} - T_{i,j} \quad (3)$$

Em que:

$ARM_{i-1,j}$ = Armazenamento de água na primeira camada (mm); $PP_{i,j-1}$ = Percolação profunda da camada anterior (mm); $PP_{i,j}$ = Percolação profunda da camada (mm); T_i = transpiração do dia i (mm).

Para o cálculo da percolação na camada útil do solo foi obtida pela seguinte equação:

$$PP_{i,j} = 1 - (CC_{i,j} - \theta_{i,j}) PC \quad (4)$$

Em que:

$PP_{i,j}$ = Percolação profunda da camada j (mm); $CC_{i,j}$ = Capacidade de Campo da camada j ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$); e PC = Profundidade das camadas (20 cm).

Os componentes (Equações 1, 2, 3 e 4) do balanço hídrico estão detalhados nos subitens apresentados a seguir.

Sabe-se que a quantidade máxima de água retida no solo, contra a força da gravidade, é dada por:

$$CAD_i = (CC - PM) d_a z_i 10 \quad (5)$$

Em que:

CAD = capacidade de água disponível, mm; CC = a capacidade de campo em % de peso; PMP = ponto de murcha permanente, % de peso; d_a = densidade aparente do solo ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$); z_i = profundidade do sistema radicular (m).

2.6. Interceptação de água da chuva pelo Dossel e Serrapilheira

Para estimar a precipitação que realmente contribui para a recarga da água do solo de forma eficaz (Cuartas et al., 2007) foi utilizado o modelo de

Rutter et al., (1975), modelo com uma boa eficiência devido possuir a entrada de água escoada pelo tronco adaptado à condição do plantio de eucalipto. A água que não chega ao solo é dividida em três categorias de acordo com a estrutura que a intercepta: água Interceptada pelo dossel, água Interceptada pelo tronco e água Interceptada pela serrapilheira.

Para modelar a água da chuva interceptada pela serrapilheira, foi usado o modelo do “tipo tanque”. A quantidade interceptada foi dada pela diferença entre o teor de água da serrapilheira e a sua capacidade máxima de retenção de água, adicionada à quantidade de água evaporada no intervalo de tempo considerado (HASHINO et al., 2002).

Foi adotada metodologia proposta Steidle et al., (2012) para modelar a interceptação de chuva pelo dossel e pela serrapilheira, e difere por apresentar a interceptação em toda fase de desenvolvimento da cultura de eucalipto.

Para a quantificação da precipitação pluvial total foi utilizada um pluviômetro existente em uma estação meteorológica automática (EMA) pertencente a empresa. As equações apresentadas abaixo configuram os componentes do processo de interceptação da água da chuva nos plantios de eucalipto.

$$PE = PI - I_d - I_s \quad (6)$$

$$ID = PI - T - S_t \quad (7)$$

Em que:

PE = precipitação pluvial efetiva (mm); PI = precipitação pluvial incidente ou total (mm); I_d = interceptação da água da chuva pelo dossel (mm); I_s = interceptação da água da chuva pela serrapilheira (mm), depositada sobre o solo; T = precipitação interna (mm); e S_t = escoamento da água da chuva pelos troncos (mm).

Para quantificar a água pluvial que goteja das folhas e galhos (precipitação interna) nos plantios, foram instalados 30 coletores divididos em

três áreas experimentais representando cada fase de desenvolvimento F_i , F_{in} , F_f . Os coletores foram distribuídos, dentro do plantio, em uma área circular de $521,5 \text{ m}^2$. Esta área foi dividida por 8 diagonais com 10 m de extensão cada, a partir do centro do círculo. As diagonais foram subdivididas em 20 partes, devidamente demarcadas, correspondendo aos pontos de instalação dos coletores, ou seja, a área circular possuía 160 pontos de amostragem para coleta de água da chuva. Diferenças observadas em Sacramento Neto (2001), nas interceptações entre os plantios devem estar relacionada com a arquitetura do dossel, tendo maior eficiência na retenção de água no plantio na F_i , pois os plantios na F_f apresenta copa somente no terço mais alto das árvores, com muitos espaços abertos.

A cada evento de precipitação pluviométrica foi realizado o rodízio dos coletores para um novo posicionamento, determinado, aleatoriamente, por meio de sorteio. Este critério foi utilizado para obter melhor distribuição da amostragem reduzindo o erro padrão da estimativa (Lloyd e Marques Filho 1988, Bryant et al., 2005).

A coleta de água foi realizada nas primeiras horas da manhã, sempre que foi verificado evento de chuva no dia anterior.



Figura 5 - Vista dos coletores de precipitação interna e escoamento pelo tronco na fase final (F_i).

A quantidade de água interceptada foi obtida pela diferença entre precipitação pluvial total média, medida na estação meteorológica automática (EMA), e a soma da precipitação interna média com a quantidade média de água escoada pelos troncos.

Para avaliar a quantidade da água escoada pelos troncos, foram selecionadas dez árvores de diâmetro médio, em cada fase de desenvolvimento, nas quais foram confeccionados os coletores, que foram moldados, em forma de calhas, em espiral, em torno dos troncos, utilizando-se uma ‘espuma’ à base de poliuretano (BALIEIRO, 1999). A água, recolhida nestas calhas, foi conduzida por mangueiras e armazenada em galões. A quantidade de água foi medida sempre nas primeiras horas do dia posterior a um evento de chuva.

Para determinar a capacidade máxima de retenção da água pela serrapilheira (CRL) foi realizado o seguinte procedimento, no final da tarde: foi saturado o solo e coberto com um plástico para evitar a evaporação. Na manhã seguinte, foram retiradas as amostras de serrapilheira (após o excesso de água ter escoado por ação da gravidade). As amostras foram armazenadas em saco

plástico e fechadas hermeticamente. Em seguida foram pesadas. Após este procedimento as amostras foram levadas para estufa e foram secas a 65°C por 72 horas, foram pesadas novamente para obter o peso seco. Pela diferença dos pesos observados, obtém-se a quantidade de água na serrapilheira. Foi realizado este procedimento antes de iniciar as leituras e depois a cada 3 meses no período do experimento, utilizando um gabarito com dimensões de 0,5 x 0,5 m

Para determinar a variação do armazenamento da água na serrapilheira, realizou-se a cada semana o mesmo procedimento descrito anteriormente, sem necessidade do molhamento prévio, todavia mantendo o horário da coleta até no máximo 9 horas da manhã nos 3 sítios experimentais com 3 repetições cada.

2.7. Modelagem da Evapotranspiração

2.7.1 Plantio jovem

2.7.1.1. Transpiração

A estimativa da transpiração para plantios jovens não pode ser realizado utilizando o conceito de Bigleaf proposto por Penman-Monteith pois as árvores apresentam cobertura parcial do solo. Adotou-se portanto uma abordagem diferente como apresentado a seguir:

$$\lambda E = \frac{\Delta \cdot R_{nf} + \eta \rho c_p \frac{D_a}{r_a}}{\Delta + \eta \gamma \left(j + \frac{r_f}{r_a} \right)} \quad (8)$$

Em que:

Δ = declividade da curva de pressão de vapor, (kPa·°C⁻¹); R_{nf} = saldo de radiação nas folhas, (W·m⁻²), γ = coeficiente psicrométrico, (kPa·°C⁻¹); r_f = resistência estomática, (s·m⁻¹), r_a = resistência aerodinâmica, (s·m⁻¹); j depende

da espécie da folha, sendo $j = 1$ para folhas anfiestomáticas (estômatos nas duas faces da folha) e $j = 2$ para folhas hipoestomáticas (estômatos apenas na face inferior da folha); η = fator originário do desenvolvimento teórico da equação ao adotar-se aproximação de que a relação entre as resistências da camada limite ao transporte de vapor d'água e ao de calor sensível é próxima da unidade, ou seja, $\eta = 0,93$, ρ = densidade absoluta do ar ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$), C_p = calor específico do ar seco ($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$) .

2.7.1.2. Saldo da Radiação

O saldo de radiação no dossel vegetativo em plantios esparsos pode ser obtido pela equação a seguir, proposta e validada por Riou et al. (1989):

$$R_{nf} = \frac{R_n R_{ga}}{R_g (1 - r)} \quad (9)$$

Em que:

R_{nf} = saldo de radiação nas folhas, ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$); R_{ga} = radiação interceptada pelo dossel, ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$); R_n = irradiância solar global medida, ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$); R_g = radiação global ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$); e r é o albedo.

A radiação interceptada pelo dossel foi calculada como sendo a diferença entre a irradiância solar global que atinge o dossel e a porção desta radiação que atinge o solo, sendo esta última descrita pela lei de Beer-Bouguer-Lambert:

$$R_{ga} = R_g - R_g \left(1 - e^{-KIAF} \right) \quad (10)$$

Em que:

K = coeficiente de extinção, 0,40; e IAF = índice de área foliar, $\text{m}^2\cdot\text{m}^{-2}$.

2.7.1.3. Resistência Aerodinâmica

Em plantios esparsos a caracterização do comprimento da rugosidade e o deslocamento do plano zero, utilizados para o cálculo da resistência aerodinâmica, fica prejudicada pela dificuldade de desenvolvimento da camada limite característica nesta situação, devido uma porcentagem das folhas estarem mais expostas ao vento do que outras.

Nestas condições a resistência aerodinâmica pode ser estimada através da equação desenvolvida por Landsberg e Powell (1973) em trabalhos com árvores isoladas, ou seja,

$$r_a = 58 p^{0,56} \left(\frac{d'}{u} \right)^{0,5} \quad (11)$$

Em que:

p = medida da razão da área foliar total da árvore e a área da folhagem projetada num plano vertical (m); u = velocidade do vento, ($m \cdot s^{-1}$); d' = dimensão característica das folhas (m).

O valor de d' é admitido por alguns autores como sendo a largura ou o comprimento das folhas, neste trabalho foi adotado d' como sendo a raiz quadrada da área foliar.

2.7.2 Plantio Intermediário

Com o desenvolvimento das árvores inicia-se o sombreamento dos galhos e folhas inferiores induzindo a senescência desta parcela do dossel vegetativo. Com o fechamento do dossel é possível adotar a teoria do bigleaf proposto por Montheith (1958).

Para a estimativa da evapotranspiração foi utilizado o modelo Penman-Monteith (1965), o qual inclui os componentes aerodinâmicos e os do balanço de energia.

$$LE = \frac{\Delta(R_n - S) + \rho_a C_p (e_s - e_a) / r_a}{\Delta + \gamma(1 + r_c / r_a)} \quad (12)$$

Em que:

E = transpiração do dossel (mm·d⁻¹); L = fluxo de calor latente de evaporação (MJ·m²·s⁻¹); Δ = declividade da curva de pressão de saturação de vapor (kPa·°C⁻¹); Rn = saldo de radiação (MJ·m²·s⁻¹); S = fluxo de calor no solo (MJ·m²·s⁻¹); ρa = densidade absoluta do ar (kg·m⁻³); γ = coeficiente psicrométrico (kPa·°C⁻¹); Cp = calor específico do ar seco (MJ·kg⁻¹·°C⁻¹); (es - ea) = déficit de pressão de vapor (kPa); ra = resistência aerodinâmica (s·m⁻¹); rc = resistência do dossel da planta (s·m⁻¹).

Os dados meteorológicos necessários aos cálculos do saldo de radiação, es, ea, Cp, ρa e Δ, foram obtidos de uma estação meteorológica automática, instalada a 1 km de distância da sítios experimental, a qual obtém dados horários.

Para obter a resistência aerodinâmica (ra), foi utilizada a equação descrita por Brutsant, citado por (ALLEN et al., 1991)

$$r_a = \frac{\ln \left[\frac{z_m - d}{z_{om}} \right] \ln \left[\frac{z_h - d}{z_{oh}} \right]}{k^2 U_z} \quad (13)$$

Em que:

zm = altura em que foi medida a velocidade do vento (m); d = deslocamento do plano zero do perfil do vento (m); z_{om} = parâmetro de rugosidade para momentum (m); k = constante de von Karman (0,41); U_z = velocidade do vento medida à altura z_m (s·m⁻¹); z_h = altura da medida da umidade do ar, z_{oh} = parâmetro de rugosidade para calor sensível e vapor d'água (m).

A resistência estomática foi estimada a partir do modelo desenvolvido por CARNEIRO et al., (2008), neste modelo a r_a é modelada em função da

temperatura, do déficit de pressão de vapor do ar e da irradiância solar global a cada hora.

$$r_e = 1694,6 * ((DPV * Tar) / R_g)^{1,0568} \quad (14)$$

Em que:

DPV = déficit de pressão de vapor; Tar = temperatura do ar; R_g = radiação global.

Uma vez que as principais variáveis meteorológicas que exercem o controle estomático são déficit de pressão de vapor, temperatura do ar e irradiância solar global.

2.8. Estimativa da contribuição das diferentes camadas do solo na transpiração dos plantios

Foi realizada a biomassa de três árvores medianas por idade. A parte aérea foi pesada (tronco, galhos, folhas, casca) para quantificar a sua massa. As raízes foram quantificadas por amostragem pelo método da escavação. Este método consiste na escavação de um quarto da área de solo de uma árvore até a profundidade onde se encontra o sistema radicular, considerando uma distribuição uniforme das raízes (Leles et al., 2001). As raízes foram separadas do solo, retirado na escavação, por meio de catação e quantificadas por diâmetros, fina (ϕ inferior a 2 mm), média (ϕ superior a 2 e inferior a 5 mm) e grossa (ϕ superior a 5 mm) para diferentes camadas do solo (0- 20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100, 100-120, 120-140 cm de profundidade).

A distribuição percentual de biomassa de raízes finas e médias foi estimada para as diferentes camadas de solo. Para conhecer a contribuição de cada camada de solo na transpiração foi levado em consideração um fator de ponderação baseado na distribuição percentual de raízes finas e médias e o armazenamento de água por camada. Isso se justifica uma vez que, por unidade de massa, a superfície específica de raízes finas é, aproximadamente,

nove vezes maior que as raízes médias. Assim, a contribuição das diferentes camadas na transpiração, em uma primeira aproximação, foi estimada com base no fator de ponderação, da seguinte forma (SACRAMENTO NETO, 2001):

$$T_{i,j} = ET_i Kt_{i,j} \quad (15)$$

Em que:

$T_{i,j}$ = evapotranspiração no dia i , na camada de solo j ; ET = evapotranspiração total no dia i ; e $Kt_{i,j}$ = fator de ponderação no dia i , na camada j ;

Sendo:

$$Kt_{i,j} = \frac{Kr_j}{\sum_{j=1}^n Kr_j} \frac{Ks_{i,j}}{\sum_{j=1}^n Ks_{i,j}} \quad (16)$$

Em que:

Kr_j = coeficiente de contribuição das raízes na camada j ; $Ks_{i,j}$ = coeficiente de contribuição do solo no dia i , na camada j .

$$Kr_j = \frac{(0,9 prf_j)}{100} + \frac{(0,1 prm_j)}{100} \quad (17)$$

Em que:

prf_j = percentual de raízes finas na camada j ; e prm_j = percentual de raízes média na camada j .

$$Ks_{i,j} = \frac{(\theta_{i,j} - \theta_{PMP_j})}{(\theta_{CC_j} - \theta_{PMP_j})} \quad (18)$$

Em que:

$\theta_{i,j}$ = umidade do solo no dia i , na camada j ; $\theta_{PMP j}$ = umidade do ponto de murcha permanente na camada j ; $\theta_{CC j}$ = umidade da capacidade de campo na camada j ;

2.9. Desempenho estatístico do modelo

O desempenho do modelo de Rutter foi verificado por meio das seguintes medidas estatísticas: coeficiente de determinação (R^2), raiz do erro quadrático médio (RMSE), o erro absoluto médio (MAE), o viés médio (MBE) e o índice de concordância de Willmott (d) (WILLMOTT, 1982). O coeficiente de determinação (R^2) descreve a proporção da variância total dos dados observados que pode ser explicada pelo modelo. Os valores de R^2 variam de zero a um, sendo que quanto mais próximo de um melhor o ajuste. Porém, essa estatística não é muito adequada para medir desempenho de modelos, pois ela é altamente sensível a valores espúrios (outliers). Entretanto, o R^2 foi incluído nas análises realizadas no presente estudo para permitir comparações com resultados encontrados na literatura que utilizam esse coeficiente.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O}) * (P_i - \bar{P})}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})}$$

(19)

Os coeficientes de determinação são calculados por RMSE, MAE e MBE são medidas de erros usados para representar as diferenças médias entre os valores preditos pelo modelo (P) e os valores observados (O). O RMSE fornece uma informação em relação à dispersão dos dados, ou seja, o grau de espalhamento obtido na correção entre os valores preditos e observados. O MAE é menos sensível a valores extremos. O MBE informa o quanto os valores preditos superestimam ou subestimam os valores observados. O RMSE, o MAE e o MBE são calculados, respectivamente, por:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O)^2}{n}} \quad (20)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |P_i - O|}{n} \quad (21)$$

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n P_i - O}{n} \quad (22)$$

O índice de concordância de Willmott (d) mede o grau em que os valores preditos (P) se aproximam dos observados (O). Este índice varia de zero a um, sendo que, zero nenhuma concordância e um, concordância perfeita. O índice (d) é dado por:

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - O| + |O_i - O|)^2} \quad (23)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente os modelos de estimativa da contribuição das diferentes coamadas do solo no total transpirado pelas árvores e da interceptação da água da chuva pelo dossel vegetativo e serrapilheira foram parametrizados.

3.1. Parametrização da Transpiração

Foram ajustados modelos matemáticos para estimar a variação da altura, IAF e a partição da biomassa de raízes finas e raízes médias nas diferentes camadas do solo ao longo do ciclo de desenvolvimento do plantio de eucalipto.

Os modelos de Rutter e tipo tanque proposto por Steidle et al., (2012), foram parametrizados para as diferentes fases de desenvolvimento do eucalipto.

Parâmetros físicos do solo foram levantados no perfil do solo para determinar o volume de controle.

A figura 6 A apresenta os dados de IAF utilizado para obtenção da resistência da superfície vegetada a partir da resistência estomática.

Maiores valores de IAF foi observado no estágio final de desenvolvimento do plantio de eucalipto.

Reis et al., (2013) observou valor de IAF $4,65 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ em plantios de 19 meses no mesmo município, sendo superior ao encontrado neste trabalho ($2,3 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$) para mesma idade. Para o estágio intermediário de desenvolvimento foi observado um valor médio de $3,5 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$.

Varifica-se ainda uma maior variabilidade na fase intermediária e final de desenvolvimento devido à heterogeneidade dos plantios. Com 10 anos de idade as árvores atense uma altura superior a 25 metros.

O incremento do IAF tem um comportamento exponencial nas idades mais jovens até atingir um ponto máximo em que se estabiliza com o aumento da idade, conforme apresentado por Almeida e Soares (2003). Estes autores encontraram um valor máximo de 3,5 de IAF entre 3 e 4 anos de plantio de E.

grandis no Espírito Santo (Brasil). Beadle e Turnbull (1992) concluíram a partir de diversos estudos avaliando o IAF máximo em plantios de eucalipto na Austrália, que este se estabiliza entre os valores de 4 e 6.

A transpiração, processo fisiológico em que ocorrem as trocas gasosas da planta, depende substancialmente da disponibilidade de água, que em última instância controla a condutância estomática visto que o potencial de água na folha reflete uma condição de equilíbrio entre a folha e o solo (Soares et al., 1997).

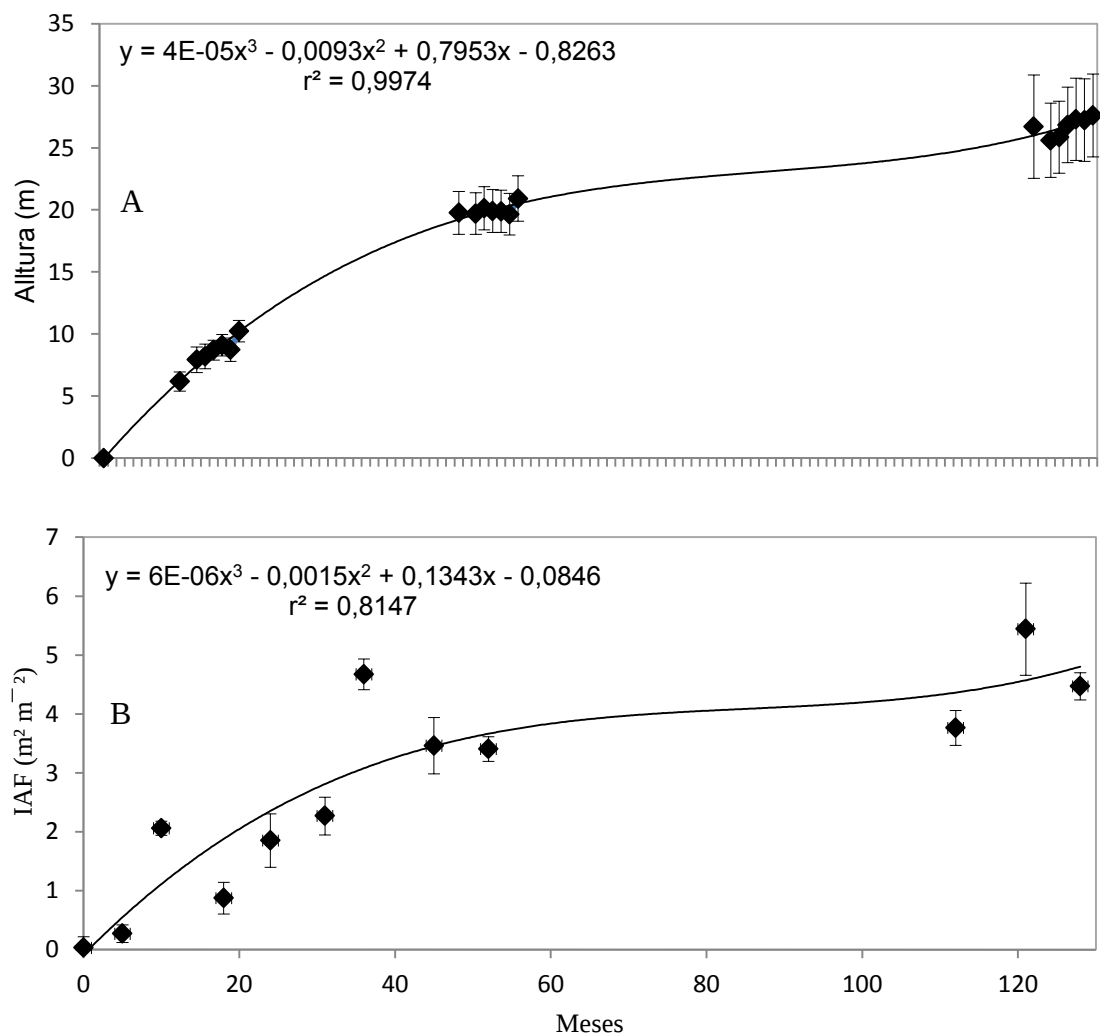


Figura 6 – Variação da altura (A) e IAF (B) para todos os estágios de desenvolvimento do plantio de eucalipto.

A Figura 7 A e B apresenta a distribuição das raízes finas e médias por cada camada de solo, 0 a 140 cm.

A importância de conhecer a distribuição das raízes por camada seria para o cálculo da estimativa da transpiração multicamada, esta distribuição foi utilizada no fator de ponderação ($K_{t,j}$).

A camada do solo entre 0 a 20 cm apresentam mais de 70% das raízes finas e mais de 45% das raízes médias para todas as idades de plantio.

Verifica-se que as quantidades de raízes finas variam pouco para as camadas mais profundas.

Uma média geral de 5% de contribuição da biomassa total das raízes finas contribuem. A média dessas camadas é de cerca de 5% variando na mesma ordem de grandeza ao redor deste valor.

Para as raízes médias a variação percentual entre as profundidades foram menores quando comparadas com as raízes finas. A densidade aparente elevada do solo nas camadas inferiores dificultando o desenvolvimento das raízes finas nas camadas mais profundas.

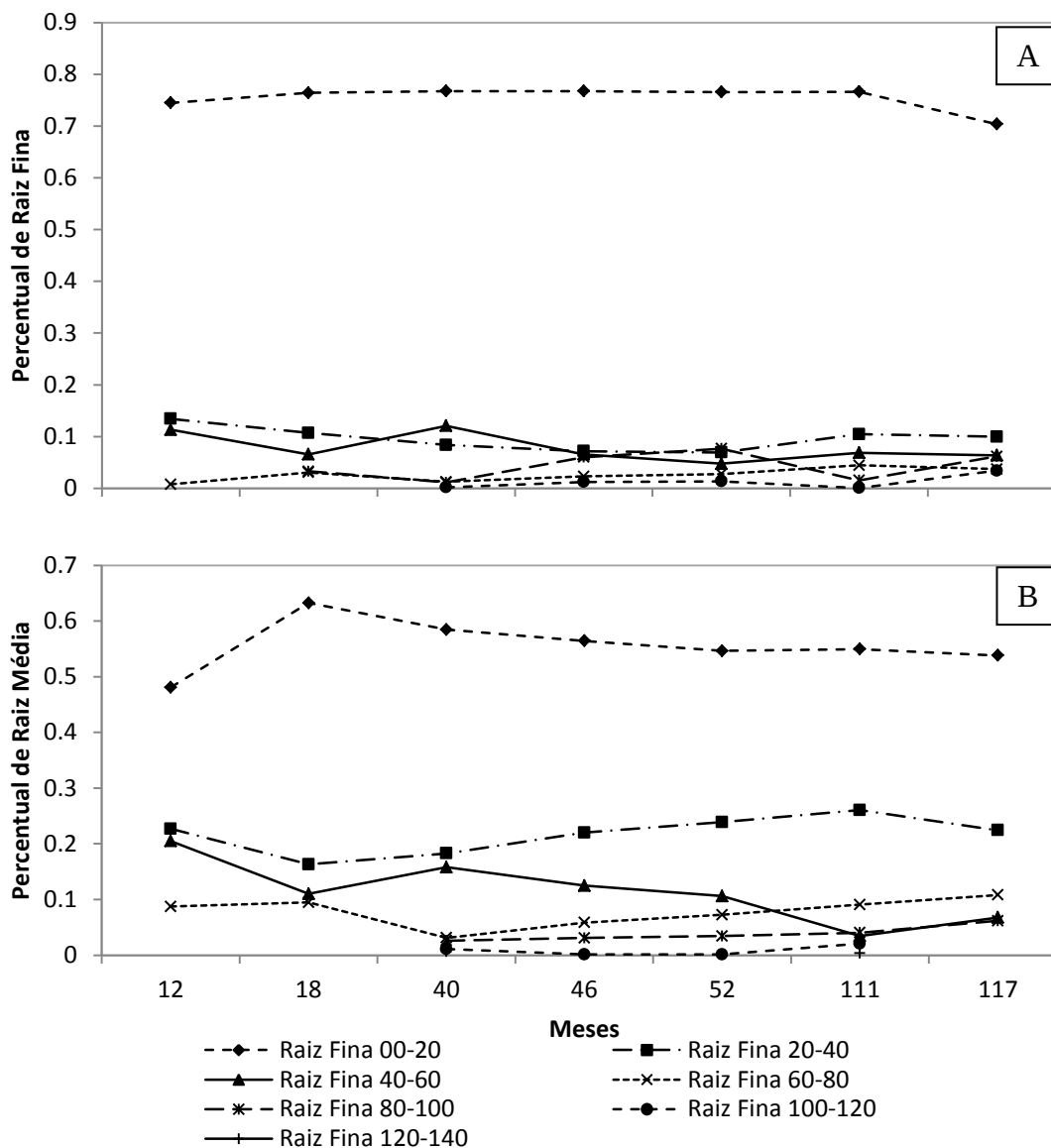


Figura 7 – Distribuição das raízes finas e médias em percentual por camada.

Neves (2000) cita que a razão da superfície da raiz fina/média é de 9:1, o que indica que a absorção é mais eficiente pelas raízes finas. É sabido que as raízes finas desempenham um importante papel na captura de água e nutrientes e, em condições de solos mais secos, tendem a ter maior incremento da biomassa e a exploração de maior volume de solo em camadas inferiores (Gonçalves & Mello 2000).

As raízes finas representam nas camadas superiores até 40 cm de profundidade de 80% a 90% do seu peso seco para todos os estágios de

desenvolvimento do eucalipto (Figura 5, A). Observou-se também que para a fase inicial de desenvolvimento sua ocorrência se dá até a profundidade 60 cm.

Para as raízes médias houve ocorrência nas três primeiras camadas totalizando um valor de 80% a 90% do seu peso total. Houve ocorrência de raízes média na fase intermediária de desenvolvimento do eucalipto, já para a fase final de desenvolvimento não houve ocorrência, diferente da distribuição das raízes fina.

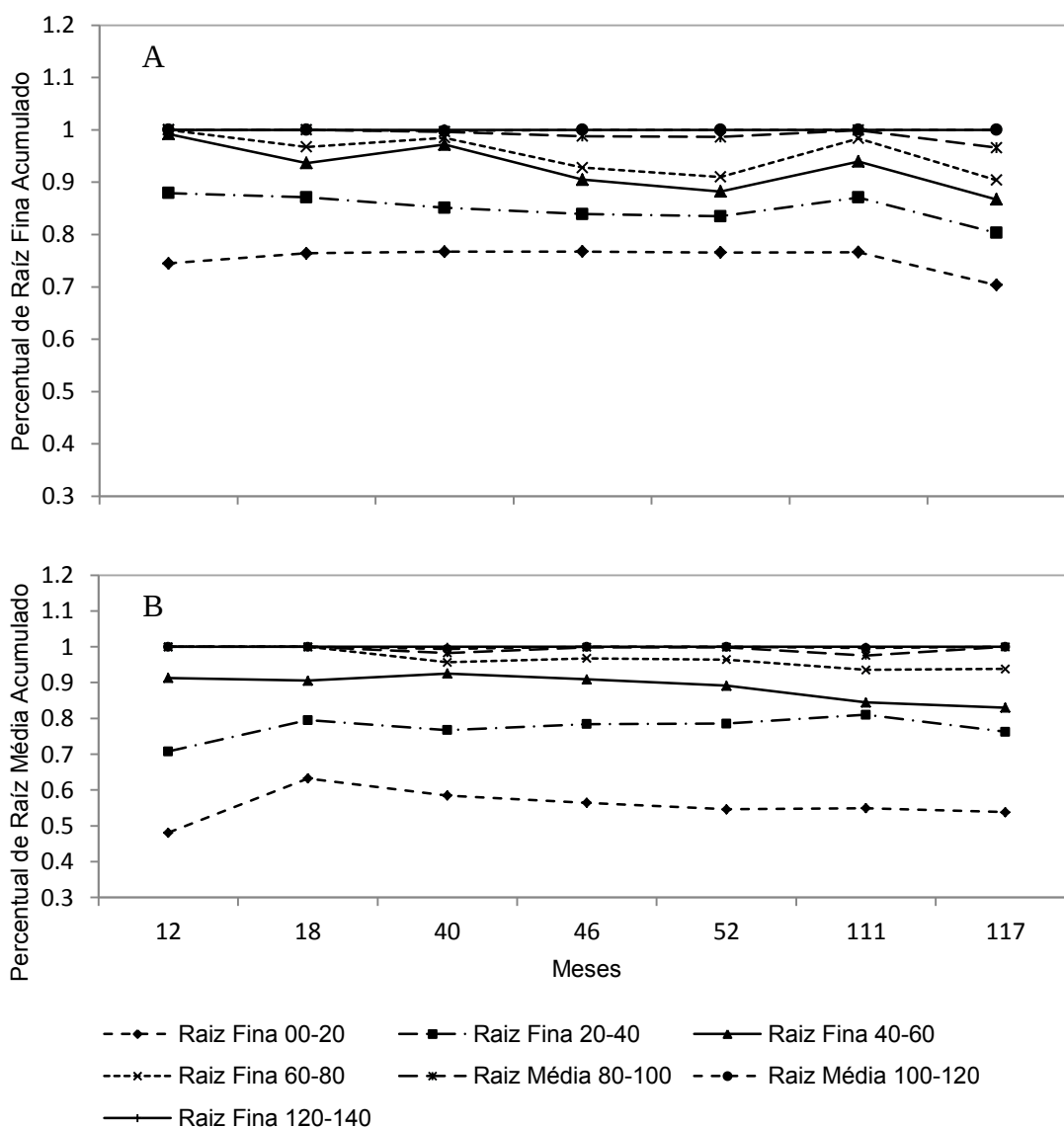


Figura 8 – Percentual acumulado de raízes finas (A) e raízes médias (B) para todos os estágios de desenvolvimento do plantio de eucalipto.

3.2.1 Parâmetros para interceptação da água da chuva

A metodologia utilizada para calcular a capacidade do armazenamento do dossel foi a mesma utilizada por Ubarana (1996), com base em uma adaptação do método proposto por Leyton et al. (1967).

A capacidade de armazenamento do dossel e valores de coeficiente de escoamento pelo tronco foram estimados como a interceptação negativa e o coeficiente angular da regressão linear. Este tratamento é subjetivo tanto no reconhecimento de inflexão que corresponde ao ponto de saturação da copa, e ajuste do invólucro superior para o ponto de dispersão, mas não é de difícil utilização, se os pontos são suficientemente numerosos.

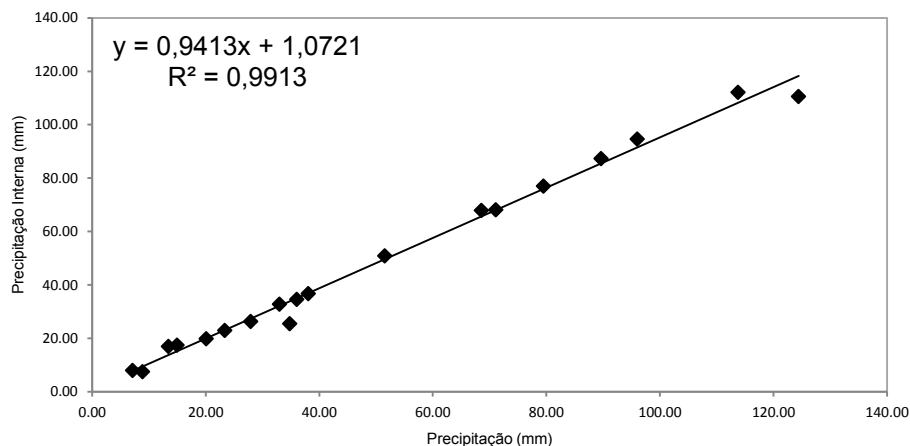


Figura 9 – Correlação entre a precipitação interna e a precipitação total.

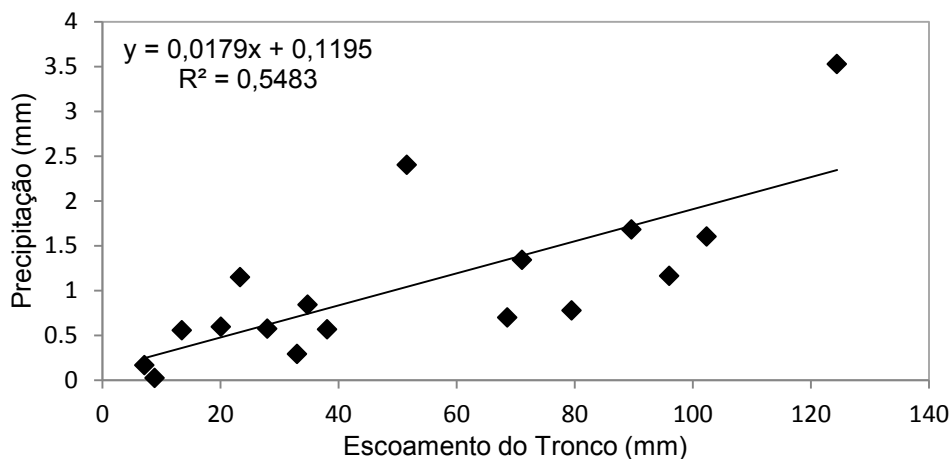


Figura 10 – Correlação entre precipitação total e o escoamento do tronco.

É apresentado na figura 7 a variação da capacidade máxima de retenção de água na serrapilheira ao longo do período de estudo em 3 diferentes plantios. Nota-se que existe um aumento de CRM com o passar do tempo maior a capacidade máxima de retenção de água na serrapilheira. Isso está associado ao maior acúmulo de folhas e galhos.

A capacidade de retenção máxima de água pela serrapilheira (CRM) (Figura 8) durante a fase inicial de desenvolvimento do eucalipto obteve valores crescentes até 1,5 mm. No geral, o teor de água na serrapilheira esteve abaixo da sua capacidade de retenção máxima. Nos casos acima da curva indicam pontos de saturação. Este excesso foi drenado ou infiltrado no solo, e ocorreram no período mais chuvoso.

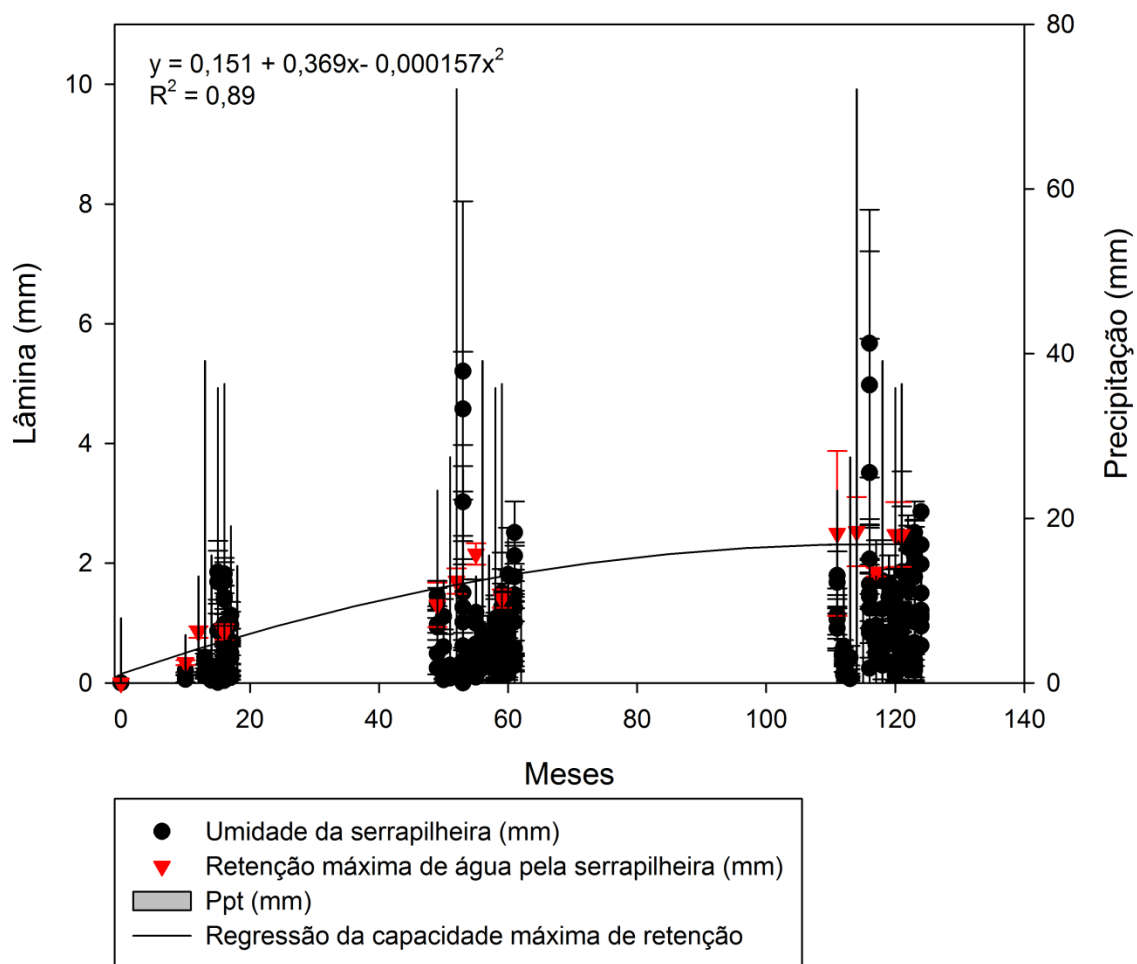


Figura 11 – Variação da umidade da serrapilheira para todo estágio de desenvolvimento do plantio de eucalipto no período de estudo. A curva representa o valor da capacidade de retenção da serrapilheira nos diferentes estágios de desenvolvimento.

Tabela 3 – Parametros utilizados nos sub modelos Rutter e tanque

Parâmetros	Modelo	Valor
Armazenamento do dossel	Rutter	1,07 mm
Armazenamento do tronco	Rutter	0,11 mm
Armazenamento da serrapilheira	Tanque	1,5 mm
Coeficiente de precipitação livre	Rutter	0,76
Coeficiente de partição do tronco	Rutter	0,027
Evaporação serrapilheira	Tanque	0,05

Os valores estimados dos parâmetros anteriormente exigido pelo sub modelos de interceptação do dossel e serrapilheira para plantios de eucalipto contemplando toda a fase de desenvolvimento são apresentados na Tabela 3, bem como os respectivos coeficientes de correlação das regressões lineares a partir do qual foram obtidos os parâmetros.

Os sub modelos desenvolvidos estão em Anexo.

3.3. Calibração do sub modelo de interceptação

A Tabela 4 apresenta as partições da chuva pela interceptação. A diferença observada nas interceptações entre os plantios parece estar relacionada com a arquitetura do dossel. Isso se justifica uma vez que, o plantio 4-22 meses, embora não cubra totalmente o solo, apresenta sobreposição dos galhos que se estendem por todo o tronco. Esse fato deve conferir maior eficiência na retenção de água no plantio 34-52 meses e 102-121 meses, pois apresentam copa somente no terço mais alto das árvores, com muitos espaços abertos.

Tabela 4 - Totais acumulados de chuva (P), precipitação interna (P_i), água de chuva escoada pelos troncos (S_t), interceptação da água da chuva pelo dossel vegetativo e serrapilheira ($I_{d,s}$), Índice de área foliar (IAF) e suas respectivas porcentagens em relação a P_t , durante o período de estudo, em plantação de eucalipto em diferentes estágios de desenvolvimento (4-22 meses, 34-52 meses e 102-121 meses)

Idade (meses)	P_t (mm)	P_i (mm)	P_i (%)	S_t (mm)	S_t (%)	$I_{d,s}$ (mm)	$I_{d,s}$ (%)	IAF
4-22	1513,60	1279,43	84,52	20,52	1,30	213,56	14,10	1,81
34-52	1566,00	1299,46	82,95	17,28	1,10	240,70	15,37	3,82
102-121	1566,00	1328,59	84,83	27,67	1,70	210,89	13,46	4,53
Média	1548,53	1302,31	84,10	21,82	1,36	221,71	14,31	3,38

Conforme a Tabela 4 grande parte da precipitação total passou pela copa, que apresentou um valor acumulado total de 1302 mm, ou seja 84,10% da precipitação total. O total acumulado do escoamento pelo tronco foi de 21,82

mm para a fase final de desenvolvimento, correspondendo a 1,36% da precipitação total. O valor acumulado médio da interceptação do dossel corresponde a 14% da precipitação total durante o período de experimento. Valores semelhantes foram encontrados em Steidle et al., (2012) onde foi observado um valor de 11% da precipitação total interceptada pelo dossel.

Apesar de várias diferenças entre florestas nativas e plantações de eucalipto, a interceptação do dossel obtida neste estudo foi comparável à de florestas nativas. Ubarana (1996) observou-se valores de totais acumulados para a interceptação da copa de 12 e 13% da precipitação bruta para a Reserva Jaru em Rondônia e Vale do Rio Doce Reserva no Estado Pará.

A metodologia utilizada para medir a precipitação interna (P_i) (Tabela 5), em plantios de eucalipto em diferentes estágios de desenvolvimento (4-22 meses, 34-52 meses e 102-121 meses), mostrou-se eficaz por apresentar um coeficiente de variação (CV) em torno de 15,00%. Este valor pode ser considerado adequado para dados obtidos em experimentos de campo. Outros trabalhos apresentam CV variando de 5,00% a 23,80% em plantios de 12 e 24 meses (Sacramento Neto, 2001). Em sítios experimentais da Amazônia apresentam um valor de CV 6,00 % (Ubarana, 1996).

A variação nas frações entre os diferentes estágios de desenvolvimento é melhor explicada pela arquitetura da copa em plantios mais velhos que direciona o gotejamento para pontos definidos (Sacramento Neto, 2001). Grande variabilidade neste trabalho foi vista em outros trabalhos semelhantes (LLOYD e MAQUES, 1988; RUTTER et al. 1971). No caso particular deste estudo, a alta frequência temporal de coleta e alta rotatividade no posicionamento dos coletores empregados, podem ter contribuído para minimizar os efeitos da variação na precipitação interna nos sítios experimentais.

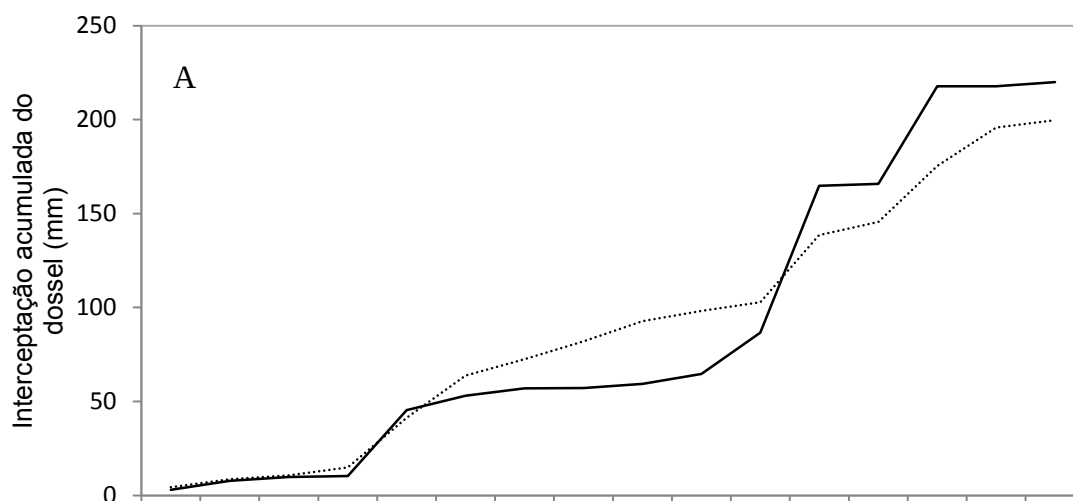
Já para o escoamento pelo tronco os valores de CV variam de 42,90% a 51,00% (Tabela 5). Outros trabalhos apresentam CV variando de 5,60% a 3,60% em plantios de 12 e 24 meses (Sacramento Neto, 2001). Em sítios

experimentais da Amazônia apresentam um valor de CV variando de 23,81% a 40% (Ubarana,1996).

Essa grande variação pode ser explicada pela difícil mensuração e manutenção das calhas e dos galões.

Tabela 5 - Desvio padrão (s), coeficiente de variação (CV) da precipitação interna e escoamento pelo tronco, em plantações de eucalipto com diferentes estágios de desenvolvimento

Idade (meses)	Precipitação Interna		Escoamento pelo Tronco	
	s (mm)	CV (%)	s (mm)	CV (%)
4-22	±7,45	14,10	±0,38	42,30
34-52	±5,51	16,20	±0,40	49,40
102-121	±5,22	15,50	±0,62	51,00



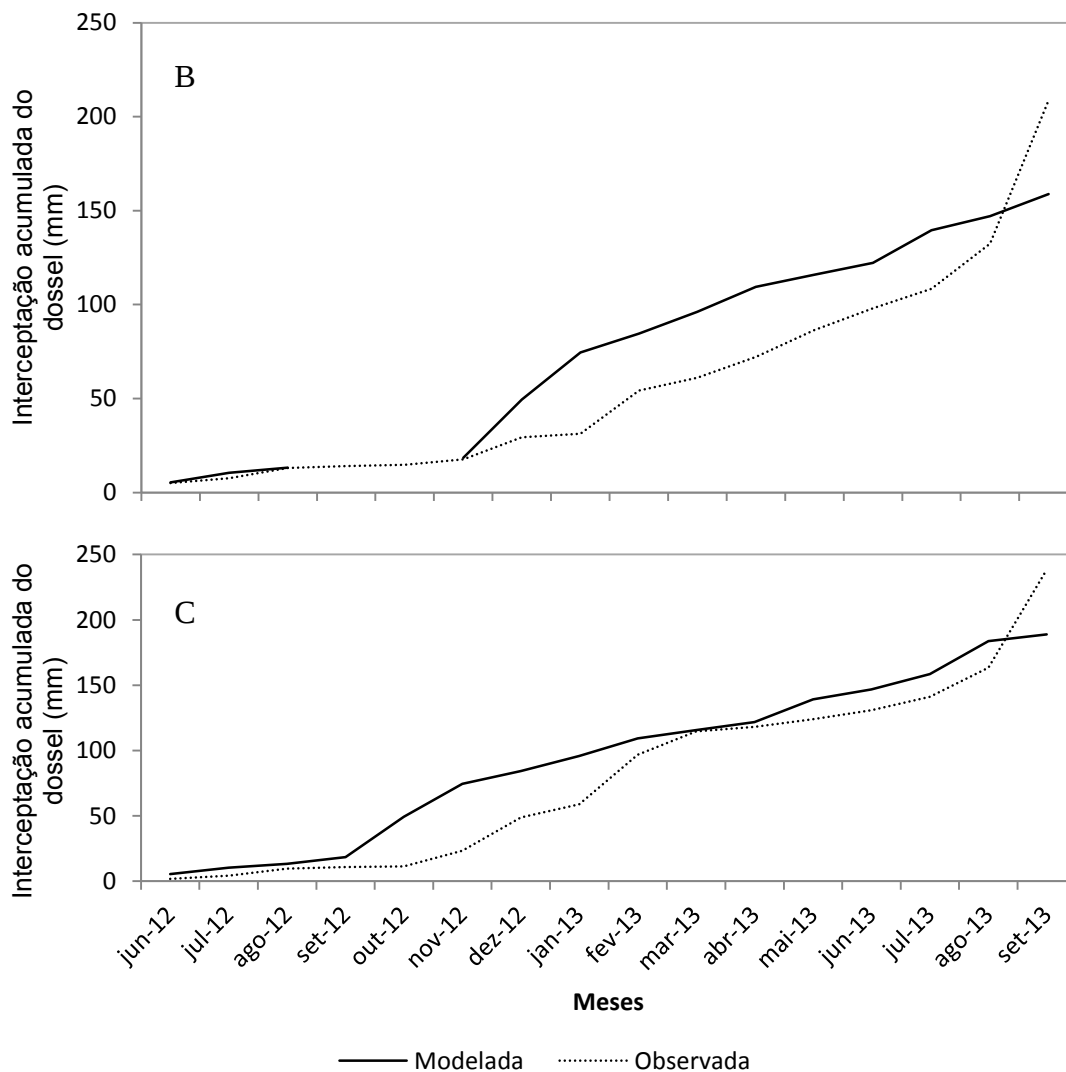
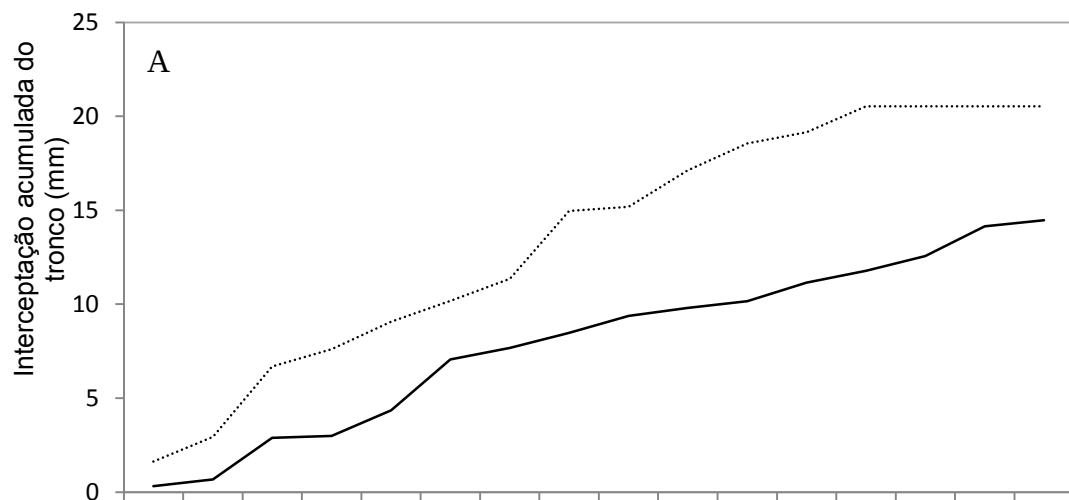


Figura 12 – Total acumulado da interceptação do dossel modelado e observado (A = fase inicial - 4-22 meses, B = fase intermediária - 34-52 meses e C = fase final - 102-121 meses).

O total acumulado de valores observados e estimados pelo modelo de Rutter para interceptação do dossel em uma plantação de eucalipto são mostrados na Figura 9. O modelo de Rutter obteve boas aproximações da interceptação do dossel em comparação com os valores observados, o valor máximo da diferença da interceptação do dossel acumulada para os três diferentes estágios de desenvolvimento foi de 55 mm, o que representa uma diferença relativa máxima de 26%.

A fase inicial de desenvolvimento obteve o maior valor de interceptação do dossel modelado aproximadamente 14% da precipitação total, 204 mm (Figura 9, A). Para as demais fases de desenvolvimento obteve valores

acumulados muito próximos no final do período de estudo. A maior amplitude da diferença do valor modelado para o valor observado (Figura 9, B), foi vista durante o período de dezembro/12 a junho/13.



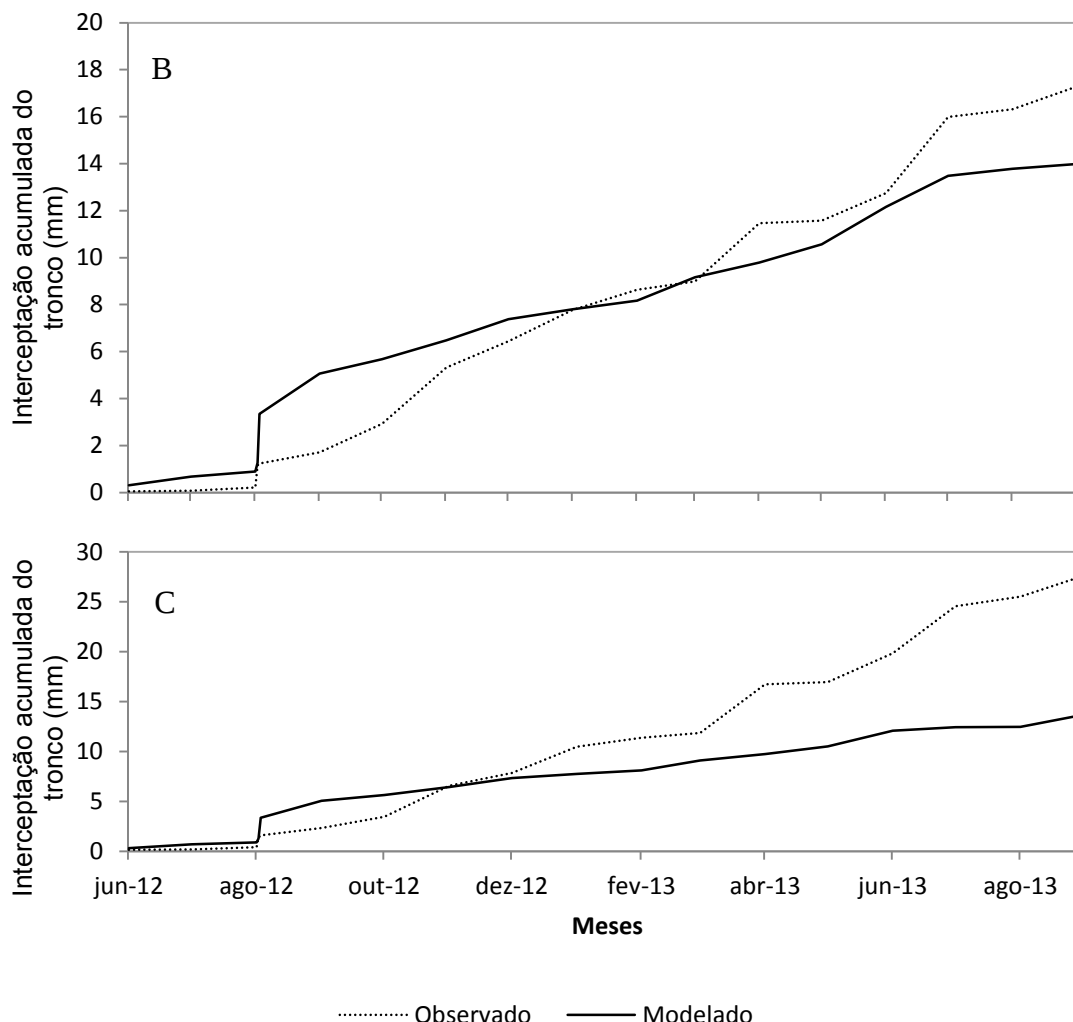


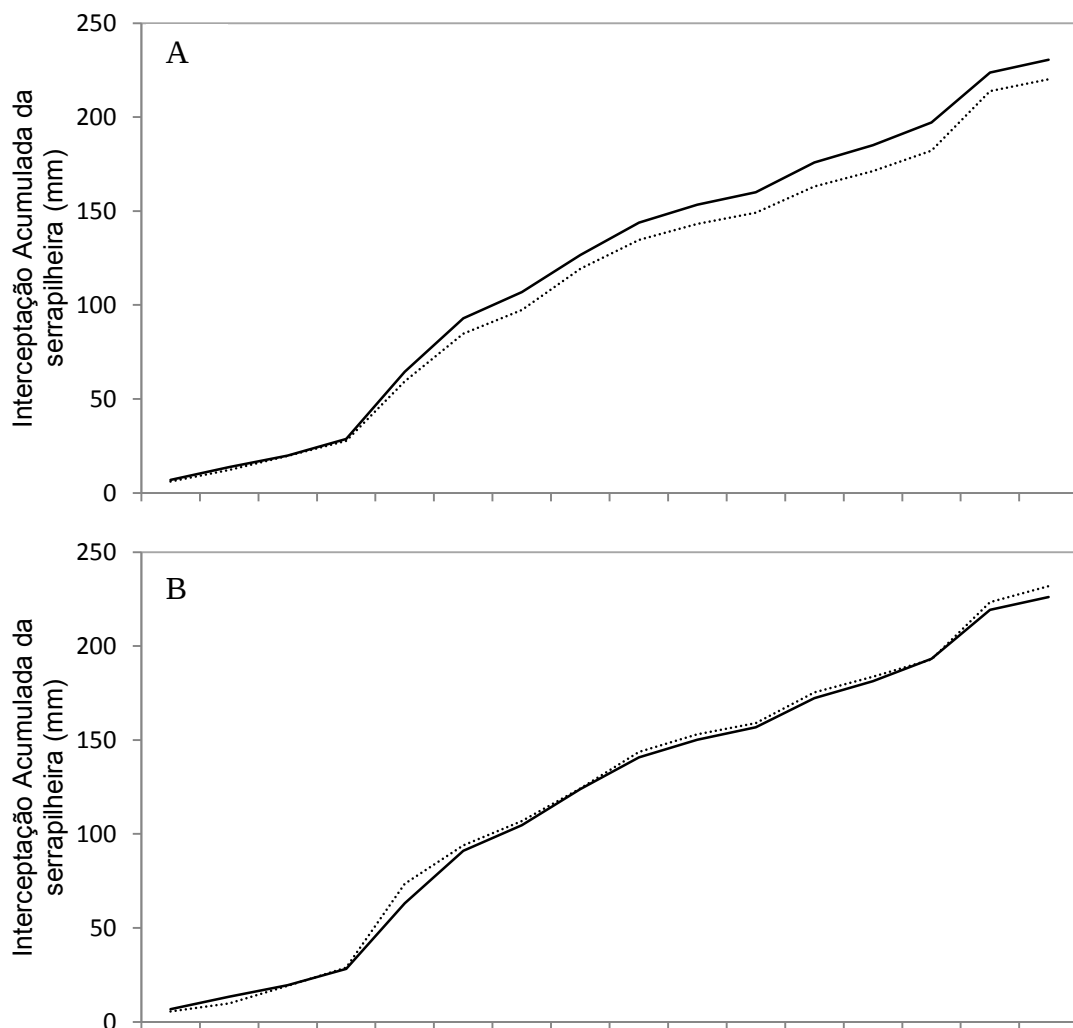
Figura 13 – Total acumulado da interceptação do tronco modelado e observado observado (A = fase inicial - 4-22 meses, B = fase intermediária - 34-52 meses e C = fase final – 102-121 meses).

A interceptação acumulada do tronco em diferentes estágios de desenvolvimento (Figura 10) no geral subestima os valores. Para a fase inicial (Figura 10, A) o modelo subestima desde o início do experimento, iniciando com uma diferença 2,1 mm. Chegando a máxima diferença no final do experimento 8,7 mm. Essas diferenças podem ser explicadas pela arquitetura do dossel, que neste período inicial encontra-se com muitos galhos, folhas e cascas. Tornando-se difícil a mensuração e manutenção do escoamento pelo tronco, devido à obstrução das canaletas.

Na figura 10 (B,C), observou valores semelhantes para interceptação do tronco acumulada modelada 13mm, correspondente a 0,8% da precipitação

total. Diferindo apenas na interceptação do tronco acumulada observada onde o plantio em sua fase final de desenvolvimento obteve valores superiores aproximadamente 25mm comparado aos 17mm da fase intermediária de desenvolvimento.

Observa-se também em dezembro/12 a interseção dos valores observados com os valores modelados. Após esta data os valores observados foram superiores.



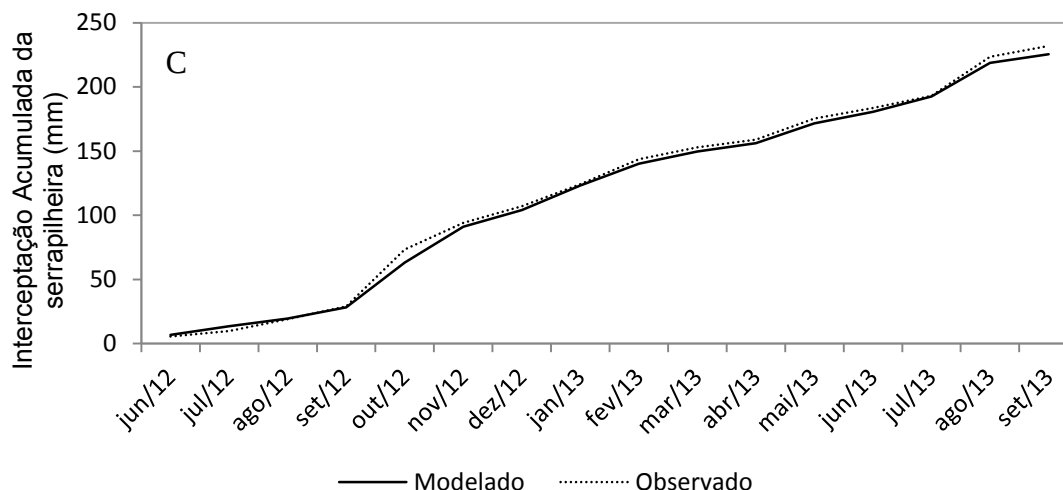


Figura 14 – Total acumulado da interceptação da serrapilheira modelado e observado (A = fase inicial - 4-22 meses, B = fase intermediária - 34-52 meses e C = fase final – 102-121 meses).

A interceptação da serrapilheira (Figura 11) obteve o melhor resultado comparado o modelado e o observado. Os valores acumulados e mensurados não tiveram grandes diferenças.

Os valores totais acumulados da interceptação da serrapilheira 226mm, correspondente a 14% da precipitação total. Valores diferentes foram encontrados em Steidle et al., (2012) 2,4% da precipitação total.

O plantio na fase inicial de desenvolvimento o modelo obteve uma leve tendência (Figura 10, A) de superestimação a partir de setembro/2012 mantendo-se até o final do período de estudo.

3.3.1. Desempenho estatístico do Modelo de Rutter

Tabela 6 – Valores do desempenho estatístico do modelo de Rutter

Plantios		r^2	RSME	MBE	MAE	d
Jovem	Dossel	0,96	14,12	4,03	10,74	0,99
	Tronco	0,95	7,45	-6,99	6,99	0,71
	Serrapilheira	0,94	9,12	7,85	10,74	0,99
Intermediário	Dossel	0,85	31,7	18,17	24,17	0,94
	Tronco	0,97	1,35	-0,23	1,04	0,98
	Serrapilheira	0,88	3,73	-2,17	20,26	0,99
Adulto	Dossel	0,87	21,37	7,91	17,42	0,97
	Tronco	0,94	5,75	-3,35	9,35	0,83
	Serrapilheira	0,88	10,73	-6,07	19,59	0,99

Na análise de todo o conjunto de dados observados e modelados da interceptação do dossel, observa-se que o modelo de Rutter apresentou um bom ajuste aos dados observados, não evidenciando tendência de superestimativa ou subestimativa, boa precisão. Observa-se que o seu menor valor foi no plantio intermediário com $r^2=0,85$, explicando 85% da variabilidade dos dados observados em experimentos de campo conforme a Tabela 6. Nesta análise, o coeficiente linear da equação foi desprezado por não ser estatisticamente significativo ao nível de 5%.

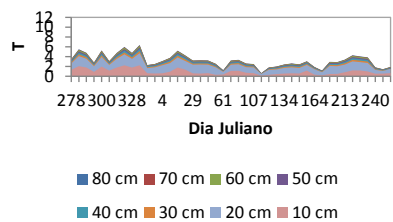
Observou-se valores negativos de MBE para todos os plantios (jovem, intermediário e adulto) na interceptação do tronco indicando uma tendência a subestimação.

Os valores de índice de concordância de Willmot variaram 0,94 a 0,99 para interceptação do dossel, indicando uma excelente concordância entre os dados estimados e os dados observados. Para a interceptação do tronco os valores variam entre 0,71 a 0,98, indicando uma boa concordância dos dados observados e estimados. A interceptação da serrapilheira obteve um valor próximo a unidade indicando uma excelente concordância dos dados estimados e observado.

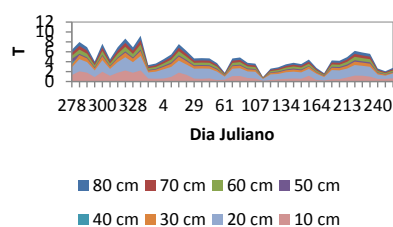
3.4 Transpiração do Dossel e a Contribuição de cada Camada do Perfil do Solo

A Figura 15 A, B e C mostram, para os plantios estudados as variações da transpiração total diária estimada pelo modelador de Penman – Monteith para as diferentes camadas do solo. Verifica-se uma maior transpiração no plantio adulto em relação aos demais plantios, sendo que os totais máximos diários chegam próximo 9,5 mm (Figura 15 A). No plantio intermediário os valores máximos ficam próximo a 9 mm (Figura 15 B). Os menores valores de transpiração, para todos os plantios estudados foram verificados no período de 104 a 164 dia juliano (nos meses de abril e maio).

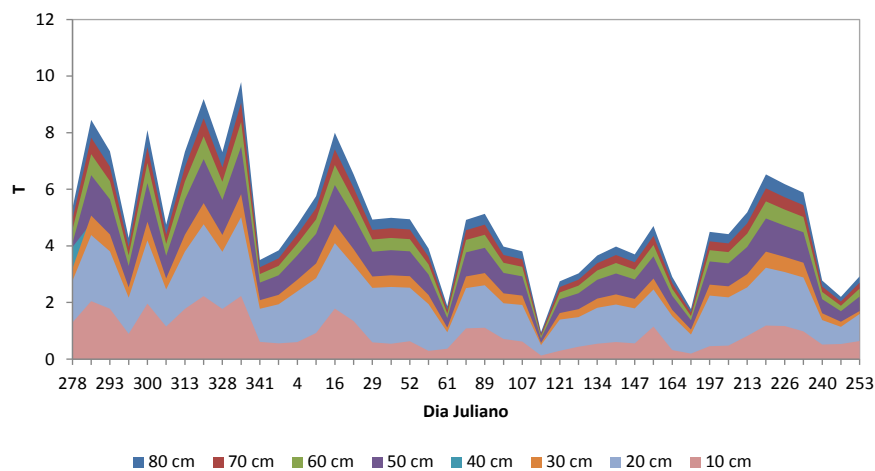
A contribuição da camada superficial (0 a 20 cm) na transpiração foi maior na plantio adulto (Figura 15 C) , sendo este fato explicado pela maior concentração de raízes, de maneira geral, e maior porcentagem de raízes finas encontradas nesta camada em relação aos outros plantios.



A



B



C

Figura 15 - Transpiração (T, em mm/dia) , em camadas do perfil do solo, sob plantio clonal de eucalipto jovem (A), intermediário (B) e adulto (C), na região de Aracruz – ES.

Tabela 7 - Valores de ponto de murcha permanente (PMP), à tensão de 1500 kPa, capacidade de campo (CC), à tensão de 30 kPa, e capacidade de água disponível (CAD) no solo nos plantios na região de Aracruz – ES em diferentes profundidades.

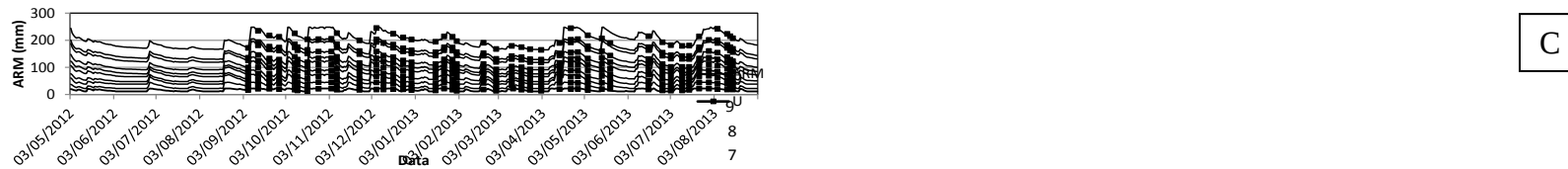
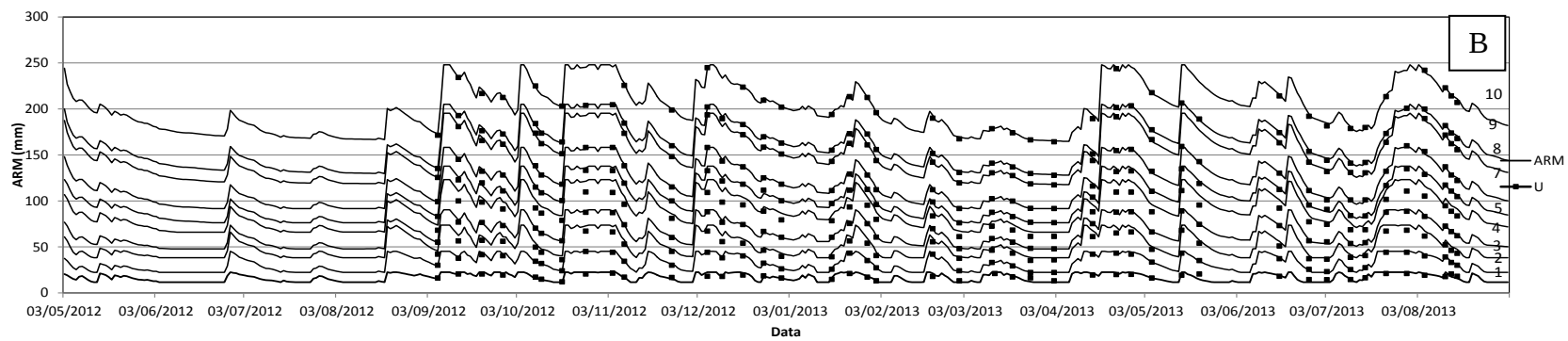
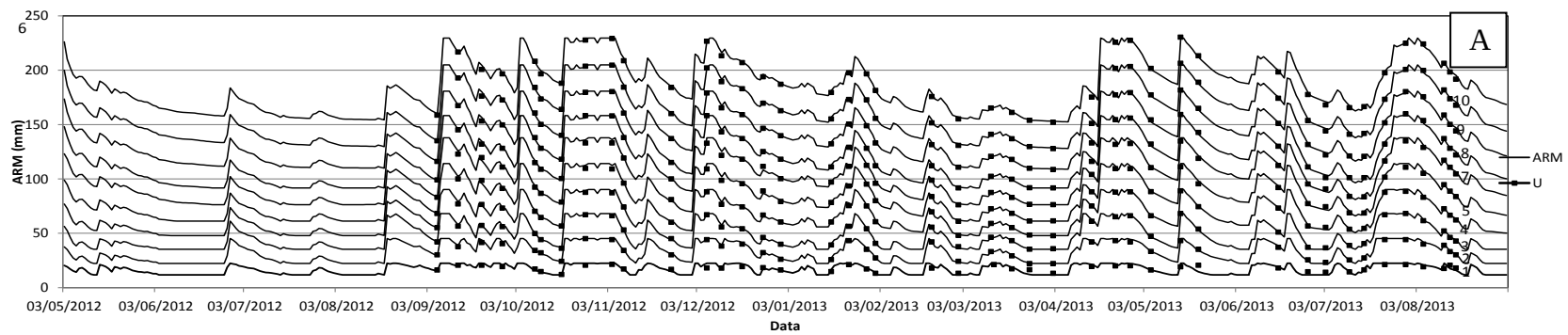
Idade	Profundidade do solo	PMP	CC	CAD
Jovem/Intermediário	0-10 cm	6,88	12,78	8,91
	10-20 cm	7,04	13,05	10,25
	20-30 cm	8,90	17,61	15,42
	30-40 cm	10,13	22,90	22,70
	40-50 cm	11,75	22,43	20,70
	50-60 cm	13,00	24,21	21,47
	60-70 cm	14,75	24,78	18,71
	70-80 cm	15,24	27,75	21,74
	80-90 cm	15,62	28,46	25,03
	90-100 cm	15,74	29,88	22,43
	100-110 cm	15,55	30,03	28,63
	110-120 cm	14,88	31,38	27,80
	120-130 cm	17,12	31,46	23,36
	130-140 cm	20,01	34,36	26,55
	0-10 cm	11,65	20,39	12,45
Adulto	10-20 cm	10,67	17,15	10,07
	20-30 cm	13,04	18,82	9,39
	30-40 cm	12,44	20,50	15,49
	40-50 cm	13,34	22,07	16,84
	50-60 cm	15,12	24,15	14,88
	60-70 cm	15,35	25,02	15,29
	70-80 cm	15,50	25,62	17,78
	80-90 cm	15,62	26,46	20,42
	90-100 cm	14,87	26,15	21,67
	100-110 cm	17,06	28,89	20,47
	110-120 cm	17,69	30,74	23,38
	120-130 cm	18,01	32,52	27,09
	130-140 cm	18,59	33,13	26,93

3.5 Modelo de Balanço Hídrico

A Figuras 16 A, B e C apresentam os valores estimados e observados do balanço hídrico para todos os plantios (jovem, intermediário e adulto) e por camada de perfil do solo.

Esses valores mostraram boa semelhança, conforme indicado pelos valores de r^2 e coeficiente angular (Figuras 16 A, B e C), embora fossem mais altos para o plantio adulto., cujos coeficientes de determinação chegaram a 0,98 e coeficientes angulares das retas próximos a 1. Neves (2000), utilizando metodologia semelhante, verificou ajustes semelhantes, para eucalipto “urograndis” adulto, para região de Aracruz, Espírito Santo.

O ajuste do modelo para o plantio jovem, embora menor que o encontrado para os demais plantios, foi razoável, apresentando coeficientes de determinação próximos a 0,93.



. CONCLUSÃO

- **A fase jovem interceptou maior volume de água, consequência de sua diferença na arquitetura do dossel.**
- **A contribuição da interceptação da serrapilheira foi na ordem de 14% da precipitação total, deve-se contabilizar no balanço hídrico.**
- **O modelo tipo tanque para Interceptação da serrapilheira obteve um bom desempenho.**
- **O modelo Rutter subestimou o valores da interceptação do dossel e tronco para plantios de eucalipto em diferentes estágios de desenvolvimento.**
- **No estágio inicial de crescimento do eucalipto, a camada de solo compreendida entre 0 e 40 cm tem a maior contribuição na transferência de água do solo para a atmosfera via raízes.**
- **O modelo de balanço hídrico, adotado nesse trabalho, mostrou bom desempenho devido à satisfatória concordância entre a umidade do solo por ele estimado e a umidade medida.**

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF, **Anuário estatístico da ABRAF 2011 ano base 2010**. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, Brasília, 2011.

BALIEIRO, L.C. **Nutrientes na água de chuva e na biomassa na monocultura e consórcio de *Acácia mangium* Willd., *Pseudosemanea guachapele* Dugand e *Euclyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. Vicosa-MG: UFV, 1999. 99p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.

BRACELPA. **Dados do setor**. Associação Brasileira de Celulose e Papel. Disponível em: <http://www.bracelpa.org.br/bra2/sites/default/files/estatisticas/booklet.pdf>. Acessado em: 06 de Jun. 2013.

BRYANT, M.L.; S. BHAT.; J.M. JACOBS. Measurements and modeling of throughfall variability for five forest communities in the southeastern US. **Journal of Hydrology**. 312:95–108, 2005.

COELHO, G.B.; **Análise e simulação do processo de transformação de chuva em vazão com suporte de sistema de informações geográficas (sig)**. Recife, 2006. 93p. Dissertação de mestrado no curso de pós-graduação Ciências Geodésicas e tecnologias da geoinformação. Universidade Federal de Pernambuco, 2006.

CARNEIRO, R.L de C.; RIBEIRO, A.; HUAMANC, C.A.M.; LEITE, F.P.; SEDIYAMA, G.C.; BASTOS, N.F. Consumo de água em plantios de eucalipto: parte 1 determinação da condutância estomática em tratamentos irrigado e não-irrigado. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.1, p.1-10, 2008.

CASTRO, F. S. **Zoneamento agroclimáticos para a cultura do Pinus no estado do Espírito Santo**. Alegre, 2008. 101b f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo, 2008.

CUARTAS, L.A.; J. TOMASELLA.; A.D. NOBRE.; M.G. HODNETT.; M.J. WATERLOO.; J.C. M'UNERA. Interception waterpartitioning dynamics for a pristine rainforest in Central Amazonia: Marked differences between normal and dry years. **Agric. For. Meteorol.** 145:69–83, 2007.

FACCO, A. G. **Modelagem e simulação geoespacial da variação dos componentes do balanço hídrico para plantios de eucalipto em áreas de relevo ondulado na bacia do rio doce.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, 89 p., 2004.

FACCO, A. G. **Modelagem do balanço hídrico em microbacia hidrográfica com plantio de eucalipto.** Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, 107 p., 2008.

GONÇALVES J.L.M., Mello, S.L.M. (2000) O sistema radicular das árvores. In: Gonçalves, J.L.M., Benedetti, V. (eds.) *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 221-267.

HASHINO, M.; YAO H.; YOSHIDA H. Studies and evaluations on interception processes during rainfall based on a tank model. **Journal of Hydrology**, v.255, 1-11 p., 2002.

LANDSBERG, J.J. & POWELL, D.B.B. Surface exchange characteristics of leaves subject to mutual interference. *Agricultural and Forest Meteorology*, n. 13, p. 169-184, 1973.

LELES, P.S.S.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; MORAIS, E.J. Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pelita* sob diferentes espaçamentos na região dos cerrados, MG. **Scientia Forestalis**, n.59, p.77-87, jun. 2001.

LEYTON, I., E.R.C. REYNOLDS, AND F.B. THOMPSON. 1967. Rain- fall interception in forest and moorland. P. 163–178 in Inter- national symposium on forest hydrology, Sopper, W.E., and H.W. Lull (eds.). Pergamon, Oxford, UK.

LLOYD, C.R.; A.O. MARQUES FILHO. Spatial variability of throughfall and stemflow measurements in Amazonian rainforest. **Agric. For. Meteorol.** 42:63–73, 1988.

RIOU, O.; VALANGOGNE, C.; PIERI, P. Un modèle simple d'interception du rayonnement solaire par la vigne – vérification expérimentale. *Agronomie*, n. 9, p. 441-450, 1989

RUTTER, A.J.; A.J. MORTON.; P.C. ROBINS. A predictive model of rainfall interception in forests, II. Generalization of the model and comparison with observations in some coniferous and hardwood stands. **J. Appl. Ecol.** 12:367–380, 1975.

SACRAMENTO NETO, O. B.. **Balanço hídrico em plantios jovens de eucalipto na região de Belo Oriente, MG.** Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, out. 2001.

SANDS, P.J.; LANDSBERG, J.J. **Parameterisation of 3-PG for plantation grown Eucalyptus globulus.** *Forest Ecology and Management* , 163:273- 292, 2002.

SILVA, W. C. M.; **Modelagem dos balanços de água e energia e simulação do desenvolvimento do eucalipto na Bacia do Rio Doce-MG.** Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, 122p, 2007.

SOUZA, M. J. H. de; RIBEIRO, A.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P.; MINUZZI, R. B.. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da bacia do rio doce. **Revista Arvore**, Viçosa-MG, v.30, n.3, p.399 – 410, 2006.

STEIDLE, A. J; RIBEIRO, A.; LOPES, D. C. de.; SACRAMENTO NETO, O. B.; SOUZA, W. G.; SANTANA, M. O.; Simulation of Rainfall Interception of Canopy and Litter in Eucalyptus Plantation in Tropical Climate. **Forest Science** **58(1)**, 2012

UBARANA, V.N. 1996. Observations and modeling of rainfall in- terception at two experimental sites in Amazonia. P. 151–162 in Amazonian deforestation and climate, Gash, J.H.C., C.A. Nobre, J.M. Roberts, and R.L. Victoria (eds.). Institute of Hydrology, Brazil.

WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin of the American Meteorological Society**, Lancaster, v. 63, n.11, p. 1309 – 1313, 1982

6. ANEXO

The image shows a software application window titled "Interceptação de Serrapilheira e do Dossel". The window has a standard Windows-style title bar with minimize, maximize, and close buttons. Below the title bar is a tabbed interface with five tabs: "Início", "Parâmetros", "Processar", "Resultados", and "Sobre". The "Parâmetros" tab is currently selected. The main area of the window contains three input fields, each with a corresponding button to its right:

- The first input field is labeled "Arquivo de Entrada (CSV):" and has a button labeled "Escolher Arquivo" below it.
- The second input field is labeled "Diretório de Resultados:" and has a button labeled "Escolher Diretório" below it.
- The third input field is labeled "Arquivo de Resultados (CSV):" and has a button labeled "Carregar Resultados" to its right.

At the bottom right of the window, there is a button labeled "Sair".

Figura 15 – Modelo desenvolvido para interceptação do dossel, tronco e serrapilheira

Intercepção de Serrapilheira e do Dossel

Início Parâmetros Processar Resultados Sobre

Defina abaixo os parâmetros.

Lat: Latitude (dec)	-19,3067
Lon: Longitude (dec)	-42,3794
Alb: Albedo (dec)	0,23
Alt: Altitude (m)	366
Anem: Altura do Anemometro (m)	20
HC: Altura da Cultura (m)	4,625
IAF: Índice de Area Foliar (adm)	3,695
pql: % Queda Livre (dec)	0,76
pt: % Escorrimento pelo Tronco (dec)	0,036
Sc: Armazenamento do Dossel (mm)	1,07
St: Armazenamento do Tronco (mm)	1,5
Ss: Armazenamento da Serrapilheira (mm)	0,2
xt: % Evaporacao do Tronco (dec)	0,1
kext: Coeficiente de Extinção (dec)	0,41

Arquivo: params.json Salvar Carregar Restaurar padrões

Sair

Figura 16 - Modelo desenvolvido para intercepção do dossel, tronco e serrapilheira

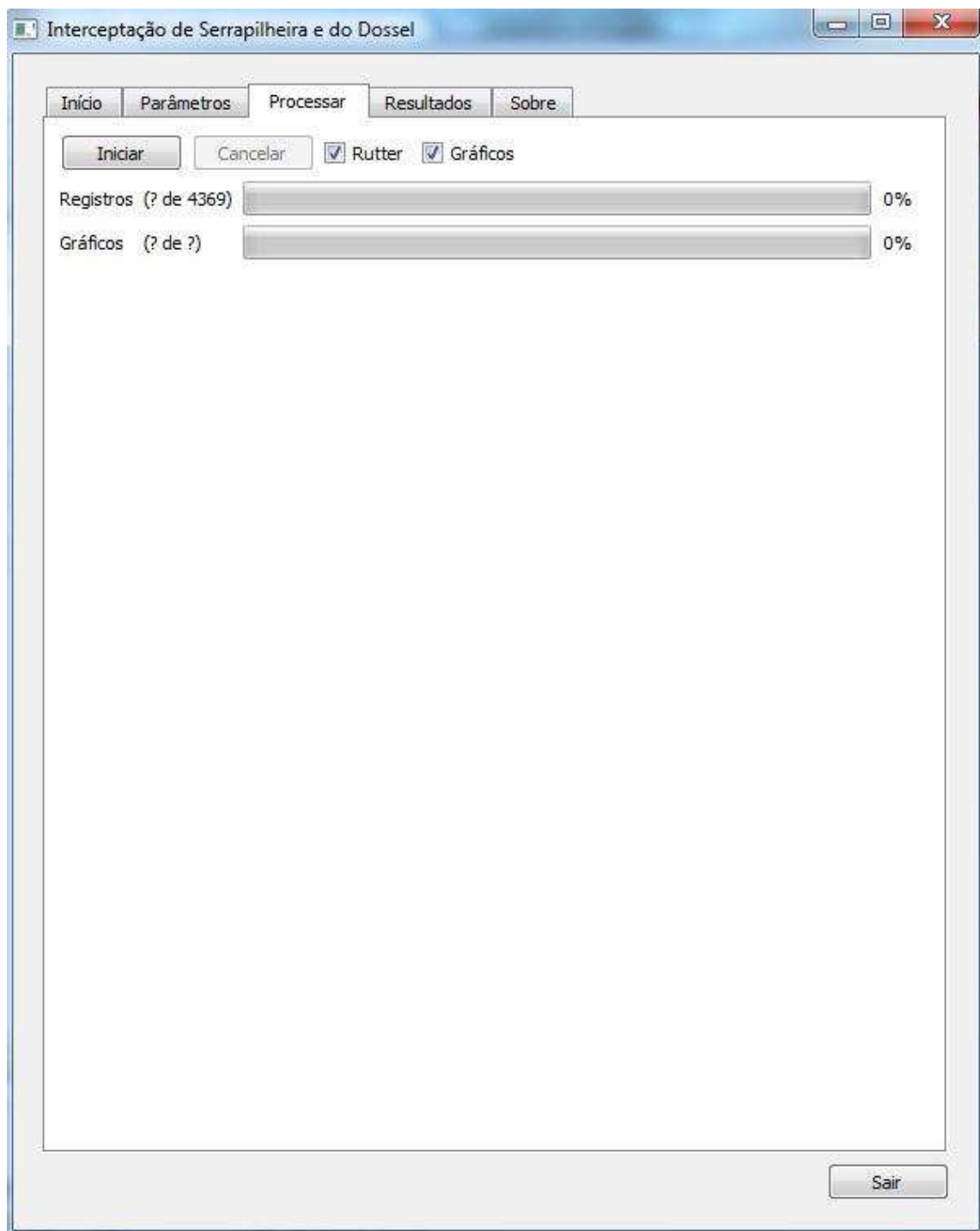


Figura 17 - Modelo desenvolvido para interceptação do dossel, tronco e serrapilheira

Intercepção de Serrapilheira e do Dossel

Início Parâmetros Processar Resultados Sobre

Último Resultado

	Ano	Jul	hora	Ewp	PP1
1	2000	275	1	0.018977652	0
2	2000	275	2	0.018835481	0
3	2000	275	3	0.020482546	0
4	2000	275	4	0.019112697	0
5	2000	275	5	0.012049793	0
6	2000	275	6	0.011664247	0
7	2000	275	7	0.050284801	0
8	2000	275	8	0.19667903	0
9	2000	275	9	0.35234243	0
10	2000	275	10	0.43398834	0
11	2000	275	11	0.37167955	0
12	2000	275	12	0.47129539	0
13	2000	275	13	0.58098567	0
14	2000	275	14	0.57107657	0
15	2000	275	15	0.49641690	0
16	2000	275	16	0.47816941	0
17	2000	275	17	0.22412525	0
18	2000	275	18	0.18288110	0
19	2000	275	19	0.067907361	0
20	2000	275	20	0.050606534	0
21	2000	275	21	0.027392245	0
22	2000	275	22	0.028598122	0
23	2000	275	23	0.018582493	0
24	2000	275	0	0.021558033	0
25	2000	276	1	0.018365474	0
26	2000	276	2	0.018883668	0
27	2000	276	3	0.019475806	0
28	2000	276	4	0.018079799	0
29	2000	276	5	0.010769326	0
30	2000	276	6	0.012696024	0
31	2000	276	7	0.033923732	0
32	2000	276	8	0.12881480	0
33	2000	276	9	0.26833819	0

Sair

Figura 18 - Modelo desenvolvido para intercepção do dossel, tronco e serrapilheira



Figura 19 - Modelo desenvolvido para interceptação do dossel, tronco e serrapilheira