



GUSTAVO ALVES PEREIRA

**ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM UM
FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA POR MEIO DE
BALANÇO HÍDRICO**

**LAVRAS-MG
2019**

**ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM UM FRAGMENTO DE MATA
ATLÂNTICA POR MEIO DE BALANÇO HÍDRICO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Carlos Rogério de Mello
Orientador

**LAVRAS-MG
2019**

GUSTAVO ALVES PEREIRA

**ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM UM FRAGMENTO DE MATA
ATLÂNTICA POR MEIO DE BALANÇO HÍDRICO**

**EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATE IN AN ATLANTIC FOREST FRAGMENT BY
MEANS WATER BALANCE**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 04 de dezembro de 2019
Prof. Dr. Carlos Rogério de Mello
Prof. Dr. Gilberto Coelho
Me. Vanessa Alves Mantovani

Prof. Dr. Carlos Rogério de Mello
Orientador

*À minha mãe Marina pelo apoio e dedicação
Ao meu pai José Marcos pelo exemplo de caráter,
À toda minha família e amigos por estarem presentes em minha vida.
Dedico*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por ter me dado forças e energias nos momentos em que mais precisei.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao setor de Água e Solo do Departamento de Engenharia, por todos esses 6 anos de aprendizagem e amizade.

Aos meus pais José Marcos e Marina e meu irmão Pedro por estarem sempre presentes em minha vida dando todo o apoio e conselhos possíveis com amor incondicional.

Aos meus tios e tias em especial Tia Ninha, Tia Neuza, Tia Lilice, Tia Helena e Tia Lú que me ajudaram e apoiaram em toda essa jornada e minhas escolhas.

Aos professores que contribuíram para minha construção e crescimento intelectual e pessoal em especial ao meu orientador Carlos Rogério de Mello pela disposição e paciência na construção deste trabalho.

A todos os companheiros de pesquisa, em especial ao Renato, aos Vinicius, André, Vanessa, João Pedro e Rafa por todos esses anos de brincadeira e muito aprendizado!

À Enagri Jr e todos os seus membros e ex-membros por toda experiência adquirida fora da sala de aula.

A todos os amigos da instituição que estiveram presentes durante todo o meu processo de formação, a todos os meus amigos e aos grupos “FPF”, “Sem turma e sem caneca” e “Sopra Tampa” em especial que sempre estiveram comigo em todos os momentos de minha graduação.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

A influência dos ecossistemas florestais de Mata Atlântica sobre os processos hidrológicos é extremamente relevante no contexto ambiental e dos serviços ambientais. A distribuição desse ecossistema ambientalmente frágil, devido à grande capacidade de produzir água e a sua importância ecológica por apresentar espécies endêmicas, se concentra em remanescentes de áreas montanhosas do sul e sudeste do Brasil. Nesse contexto, objetivou-se nesse estudo, estimar a evapotranspiração analisando o armazenamento de água no solo e a precipitação efetiva em um ambiente típico da Mata Atlântica, localizado no Sul de Minas Gerais, sendo um remanescente de Floresta Estacional Semidecídua Montana (FESM). O remanescente, com área total de 6,54 ha, foi monitorado no período de Janeiro a Dezembro/2014. Para tanto, avaliou-se as precipitações externa (P_e), interna (P_i), efetiva (P_{ef}) e o armazenamento de água no solo (Arm) em 32 pontos instalados dentro da mata os quais foram munidos com pluviômetro do tipo “Ville de Paris”, mecanismo para medir escoamento no tronco e monitoramento de umidade. Foram realizadas coletas posteriores a cada evento de chuva e em caso de escassez, as leituras de umidade do solo foram feitas a cada 15 dias e acumuladas mensalmente. A umidade do solo foi monitorada nas profundidades (z) (0,10; 0,20; 0,30; 0,40 e 1,0m) verificando o armazenamento de água na interface das camadas descritas. A precipitação externa medida na de monitoramento correspondeu a 71,6% das últimas Normais Climatológicas (1981-2010). Além disso, foi possível observar que as perdas por interceptação (I) foram de 14,1%. Analisando o período de estiagem do respectivo ano, obteve-se uma variação negativa de armazenamento de água no solo na FESM com destaque para o mês de fevereiro, considerado mês chuvoso, que teve um índice de precipitação 86,2% abaixo das Normais Climatológicas (1981-2010). De acordo com os resultados do balanço hídrico, verificou-se que a evapotranspiração no período seco (fevereiro a setembro) correspondeu a 36,2% do total precipitado. O escoamento no tronco correspondeu a 0,7% do total precipitado, situação que representa pouca influência no cálculo do balanço hídrico.

Palavras-chave: Hidrologia Florestal, Balanço Hídrico, Evapotranspiração

ABSTRACT

The influence of the Atlantic Forest ecosystems on hydrological processes is extremely relevant in the environmental context and ecological services. The distribution of this environmentally fragile ecosystem is concentrated in remnants in mountainous areas of southern and southeastern Brazil, due to its large water production capacity and its ecological importance for endemic species. In this context, the objective of this study was to estimate the evapotranspiration by analyzing the soil water storage and the effective precipitation in a typical Atlantic Forest environment, located in southern Minas Gerais state, being a remnant of the Semideciduous Montane Seasonal Forest (SMSF). SMSF accounts for a total area of 6.54 ha, was monitored from January to December 2014. To this end, the gross (P_g), internal (P_i) and effective (P_{ef}) precipitation and soil water storage (A_{rm}) were evaluated at 32 monitoring points inside the forest equipped with “Ville de Paris” type rain gauges, stemflow and soil moisture monitoring tube. Samples were taken after each rainfall event and periodically every 15 days accumulated monthly. Soil moisture was monitored at depths (z) (0.10, 0.20, 0.30, 0.40 and 1.0 m) by reading the soil water content at the interface of the described layers. The gross precipitation observed by the monitoring tower corresponded to 71.6% of the latest average Climatological Normals (1981-2010). In addition, it was observed that the interception loss (I) was 14.1%. Analyzing the drought period of the respective year, a negative variation of soil water storage was obtained in the SMSF. In February, which is considered a rainy month, presenting a total precipitation of 86.2% below the Climatological Normals (1981- 2010). According to the water balance results, it was found that evapotranspiration in the dry period (February to September) corresponded to 36.2% of the total precipitation. The stemflow corresponded to 0.7% of the gross precipitation, having a small influence on the water balance calculation.

Keywords: Forest Hydrology, Water Balance, Evapotranspiration

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização dos pontos de coleta e delimitação da área de estudo. Fonte: Do autor (2019).	18
Figura 2 – a) Tubo de acesso para monitoramento. b) Sonda Profile Probe PR2/6. Fonte: Do autor (2019).	18
Figura 3 – Pluviômetro instalado no interior da FESM. Fonte: Do autor (2019).....	19
Figura 4 – Recipiente coletor utilizado no escoamento no tronco na FESM. Fonte: Do autor (2019).	20
Figura 5 – Projeção vertical da copa de duas áreas divididas em subáreas. Fonte: MOURA et al. (2009).....	21
Figura 6 – a) Pluviômetro. b) Torre de observação meteorológica (TOM). c) Esquema demonstrativo de observação da precipitação externa na FESM. Fonte: Junqueira Júnior (2016).	23
Figura 7 – Gráfico comparativo da precipitação externa mensal monitorada no remanescente em 2014 com as respectivas médias oriundas das Normais Climatológicas de 1981 a 2010 em Lavras – MG. Fonte: Do autor (2019).....	25
Figura 8 – Gráfico que indica a perda por interceptação no remanescente de Mata Atlântica na Universidade Federal de Lavras, MG em 2014. Fonte: Do autor (2019).....	27
Figura 9 – Precipitação efetiva (P _{ef}), evapotranspiração (ET), variação de armazenamento de água no solo (Δ Arm). Fonte: Do autor (2019).....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Área das copas de acordo com sua projeção vertical e sua espécie. Fonte: Do autor (2019).	22
Tabela 2 – Comparativo entre os períodos seco e úmido. Fonte: Do autor (2019).	25
Tabela 3 – Valores dos componentes utilizados na estimativa do balanço hídrico mensal para os meses secos do ano de 2014, na FESM, em Lavras-MG. Fonte: Do autor (2019).	28
Tabela 4 – Valores de temperaturas em graus Celcius e Umidade Relativa do Ar em porcentagem, em Lavras-MG relativas ao ano de 2014. Fonte: Do autor (2019).	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	Objetivo	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Hidrologia Florestal.....	13
2.2	Armazenamento de água no solo.....	14
2.3	Evapotranspiração	15
3	MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1	Área de estudo.....	17
3.2	Monitoramento da umidade do solo, precipitação e escoamento do tronco ...	17
3.3	Balanço hídrico e Cálculo da ET.....	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
<u>4.1</u>	<u>Precipitação.....</u>	<u>24</u>
<u>4.2</u>	<u>Interceptação e precipitação interna</u>	<u>26</u>
<u>4.3</u>	<u>Balanço hídrico</u>	<u>28</u>
5	CONCLUSÃO	32
	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

O ciclo hidrológico é um conjunto de processos e transformações pelas quais a água se movimenta e se distribui no planeta. Numa bacia hidrográfica, esses processos são considerados para a realização do balanço hídrico. A precipitação é o principal componente de entrada deste balanço ocasionando escoamento superficial, infiltração, armazenamento de água no solo, recarga dos aquíferos e a evapotranspiração, sendo este último um dos fenômenos de maior incerteza para sua determinação (MARCUIZZO et. al. 2007).

O processo de evaporação envolve a transformação da água em vapor oriunda do solo, espelhos d'água, e da vegetação e juntamente com a transpiração das plantas compõe a evapotranspiração. Mudanças climáticas têm capacidade de intensificar os processos do ciclo hidrológico, tais como precipitação, que afeta o escoamento superficial, temperatura do ar e da água uma vez que estão diretamente relacionadas à radiação solar e, com isso, também se correlacionam positivamente com a evaporação e transpiração das plantas.

Segundo Giglio e Kobiyama (2013), a precipitação sobre uma extensão florestal é naturalmente fragmentada sendo parte interceptada pelo dossel florestal e evaporada durante ou após o evento de chuva; outra parte precipita livremente sem interferência da vegetação sobre o solo no interior da floresta, e a última parte alcança o solo pelo escoamento nos troncos, após ser interceptada durante o evento.

A precipitação interna é um componente que apresenta grande variabilidade espacial dentro da floresta. Sua ordem de grandeza varia entre 70 e 80% do balanço hídrico anual (RODRIGUES; COSTA, 2009; PYPKER; TARASOFF; KOH, 2012).

Os processos de interceptação e redistribuição da chuva em um ambiente florestal alteram profundamente as interações da chuva com a paisagem, afetando os padrões hidrológicos e seus efeitos sobre o solo e o balanço hídrico.

Frequentemente, em estudos de balanço hídrico são utilizados modelos teóricos para estimativa da evapotranspiração (SCOZZAFAVA; TALLINI, 2001; MARCUZZO et al., 2007). Essa estimativa pode ser obtida por métodos diretos e indiretos. Os diretos são geralmente utilizados em projetos de pesquisa e possuem elevado custo operacional e de equipamentos. Os indiretos são menos onerosos e se baseiam na aplicação de métodos matemáticos que utilizam variáveis climatológicas medidas em estações meteorológicas (PEREIRA et. al., 1997; KOBİYAMA; VESTENA, 2006). Algumas dessas variáveis meteorológicas são determinantes na estimativa da evapotranspiração. O efeito do vento na evaporação é exercido pela remoção e renovação do ar logo acima da superfície evaporante. Em igualdade de outras condições a

evaporação é proporcional à diferença entre pressão do vapor saturado na temperatura da água e à pressão de vapor do ar (FERNANDES; FOSTER, 2006). Neste sentido, o balanço hídrico contribui para a identificação dos períodos de excesso ou escassez de água e, principalmente, quantifica as deficiências hídricas para cultivos agrícolas, geração de energia elétrica, abastecimento humano, recarga de aquíferos, entre outros (FIETZ et al., 2001).

Todavia, tratar todos os constituintes do balanço hídrico de forma pontual pode incorrer em erros, pois tais grandezas hidrológicas tendem a apresentar dependência espacial, tornando-se interessante a utilização de procedimentos que busquem descrever seu comportamento no espaço. Nesse sentido, a compreensão da dinâmica da água, no perfil do solo sob ecossistemas florestais representativos de uma região, é imprescindível para o planejamento e execução de atividades que visam à conservação da qualidade ambiental, bem como para a caracterização do balanço hídrico, em virtude de sua relevante participação na infiltração de água no solo e no fracionamento da precipitação (JUNQUEIRA JÚNIOR, 2016).

1.1 Objetivo

Objetivou-se no presente trabalho o cálculo do balanço hídrico em um remanescente de Mata Atlântica, classificado com Floresta Estacional Semidecidual Montana, no intuito de averiguar os períodos de déficit e excedente hídrico, além de realizar a estimativa da evapotranspiração.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Hidrologia Florestal

O ciclo hidrológico é um processo de circulação contínua da água em seus diferentes estados (sólido, líquido e gasoso) associados à rotação da Terra, gravidade, superfície terrestre, atmosfera e energia solar. Por ser dinâmico, é um fenômeno influenciado por ações antrópicas afetando diretamente o equilíbrio do ecossistema. A sua oscilação altera diretamente os componentes do ciclo hidrológico, resultando em perturbações no regime e potencial hídrico de uma bacia hidrográfica (ÁVILA et. al., 2011).

O balanço da água em ambientes florestais de acordo com Kobiyama (1999) envolve diversos processos termodinâmicos e climáticos, como infiltração e percolação, precipitação, condensação, evapotranspiração, escoamentos superficial e subterrâneo. Kobiyama et al. (2008) indicam que a variabilidade espacial e temporal dos recursos hídricos são ocasionadas pelo ciclo hidrológico auxiliando na identificação de regiões que possuem maior disponibilidade de água do que outras, influenciadas por características próprias do local como clima e vegetação, e que dependendo da época do ano, o índice pluviométrico da região também varia, tendo-se meses com maior pluviosidade que outros.

Tradicionalmente, as florestas são vistas por exercerem funções significativas e eficazes no controle da erosão, da desertificação, da qualidade da água, na estabilização e manutenção do regime hídrico de uma bacia hidrográfica. Além disso, elas constituem um espaço para elaboração de atividades econômicas, sociais e ambientais (BACELLAR, 2005). Todas essas funções atuam simultaneamente, sendo a maioria baseada na atividade biológica da própria floresta (BALBINOT et. al. 2008). Nesta perspectiva, a exploração sustentável de florestas é fundamental para um adequado e equilibrado funcionamento destes ecossistemas, bem como para a manutenção da diversidade biológica (JUNQUEIRA JÚNIOR, 2016).

Todavia, áreas de florestas naturais, principalmente da Mata Atlântica, vêm sendo devastadas pelo desmatamento descontrolado fomentado pela ação do homem. Esse alto índice de redução, tem provocado inúmeros problemas associados a deslizamento de terra e inundações em parcelas do Sul e Sudeste do Brasil com danos significativos no balanço hídrico (PEREIRA, 2009).

A precipitação interna (P_i) é a parcela da precipitação externa (P_e) que é interceptada pelo indivíduo arbóreo passando por galhos e folhas e, posteriormente, atinge o solo (OLIVEIRA et. al., 2008). Para o manejo deste ambiente natural, o entendimento dos processos e da fisiologia da planta é crucial para o bom desenvolvimento do estudo. A precipitação, interceptação de água

pelo dossel, escoamento do tronco e o armazenamento de água no solo são influenciados pelo tipo de solo, índice de área foliar (IAF), índice de radiação solar, comportamento de planta e estrutura do dossel.

A interceptação é uma das principais influências da floresta sobre o balanço hídrico que ocorre já no recebimento das chuvas pelas copas das árvores. Ao precipitar sobre o dossel, se dá o primeiro fracionamento da água, em que parte é retida pela massa vegetal e, em seguida, evaporada para atmosfera (MOURA et al., 2009). O restante alcança o solo por precipitação interna ou pelo escoamento de água pelo tronco das árvores (ARCOVA et al., 2003), em que a soma desses dois processos é denominada precipitação efetiva.

2.2 Armazenamento de água no solo

O armazenamento de água no solo contempla uma das etapas cruciais do ciclo hidrológico. É indispensável sua caracterização espacial e temporal para o entendimento dos fenômenos hidrológicos, visto que está vinculado à recarga de aquíferos à evapotranspiração e formação de escoamento superficial direto além dos processos erosivos (YANG et al., 2014).

O teor de umidade está diretamente relacionado com as variáveis associadas ao uso e manejo do solo apresentando assim diferentes padrões de comportamento. Segundo Dingman (2002) a umidade no solo representa uma pequena proporção (0,05%) da água doce na Terra, sendo um reservatório influente no ciclo hidrológico. Para áreas com cobertura vegetal, a umidade do solo apresenta um alto índice de perda no período de estiagem quando comparada a usos com ação antrópica. Ambos os fatos estão relacionados ao comportamento da evapotranspiração das florestas que exercem maior demanda por umidade do solo do que as outras formas de uso (SANTOS; MONTENEGRO; SILVA, 2011).

Neste sentido, de acordo com Ávila, Mello e Silva (2010), a dinâmica da água no perfil do solo sob floresta exerce influência na interação solo-atmosfera, especialmente na evapotranspiração e interferência dos processos vinculados à erosão hídrica. Logo, é importante analisar sua variação espacial, pois afeta a agricultura, o clima, a ecologia e a hidrologia (MONTMOR et al., 2012). Por conseguinte, quando se altera o uso do solo, especialmente de florestas nativas para atividades agrícolas, ocorrem variações de seus respectivos atributos, provocando o aumento da densidade do solo e da resistência à penetração, além de diminuir a macroporosidade, o volume total de poros e a condutividade hidráulica saturada (CARDOSO et al., 2011; CARNEIRO et al., 2009).

Neste cenário, Zucco et al. (2014), realizaram estudos da variabilidade espacial em uma sub-bacia na Itália, encontraram dependência espacial do armazenamento de água no solo em

camadas superficiais. Da mesma forma, na bacia hidrográfica do Ribeirão Marcela, região Sul de Minas Gerais, houve, também, dependência espacial do armazenamento para as diferentes épocas do ano (ÁVILA et al., 2011).

2.3 Evapotranspiração

A essência do termo evapotranspiração (ET) foi introduzida por Thornthwaite trabalhando em questões envolvendo irrigação no México em 1944. Assim, Thornthwaite (1946) estabeleceu que a ET é a perda de água por transpiração das plantas e evaporação do solo.

No ano de 1990, o método de Penman-Monteith foi recomendado pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (ONU/FAO) para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) como sendo o método mais preciso (ALLEN et. al., 1998).

Segundo Medeiros (2002), os principais elementos climáticos que alteram a evapotranspiração e proporcionam energia são: radiação solar, temperatura do ar, déficit de pressão de vapor, umidade relativa e velocidade do vento. Outros fatores também afetam a ET como o tipo da cultura, a densidade, a variedade e a fase de crescimento, já que alterações na resistência estomática, rugosidade do dossel, altura da cultura, refletividade e cobertura do solo pela vegetação acarretam em diferentes valores de ET sob as mesmas condições climáticas e de solo (ALLEN et al., 1998).

A evapotranspiração pode ser classificada em dois tipos: a evapotranspiração real e evapotranspiração potencial (ETP). A ET real é a quantidade de água fornecida para a atmosfera por evaporação, nas condições reais de umidade do solo e fatores atmosféricos (TUCCI E BELTRAME 2000). Uma forma de ETP é quando se refere à taxa de evaporação de uma superfície extensa, completamente coberta por vegetação de pequeno porte em desenvolvimento, com devidos suprimentos de água disponível no solo, ou seja, sendo uma referência para a aplicação em outras situações ambientais (KOBAYAMA E VESTENA, 2006).

Um dos elementos climáticos de maior importância na ET é a energia solar. De acordo com Pereira et. al. (1997), a disponibilidade de energia é regulada pelo albedo (reflexão da superfície), em que uma vegetação mais clara reflete mais do que aquelas mais escuras e, conseqüentemente, tem menos energia disponível. A quantidade de energia solar que chega à superfície varia conforme a latitude e a época do ano (PEREIRA et al., 1997). Entretanto, considerando as mesmas condições atmosféricas, uma cultura ou um gramado reflete maior radiação solar do que uma vegetação escura (floresta) e, portanto, sua evapotranspiração é menor (PEREIRA et. al., 1997).

Com relação à planta, os fatores são: estágio de desenvolvimento, área foliar, resistência

do dossel, arquitetura foliar, entre outros relacionados ao coeficiente de cultura (K_c) (MEDEIROS, 2002). Considerando os fatores relacionados à planta, o IAF se destaca por ser diretamente relacionado à produtividade e à evapotranspiração de ecossistemas florestais (LANG E MCMURTRIE, 1992). A quantificação do IAF e sua variação ao longo do seu ciclo de produção são de suma importância, pois, a partir dessa quantificação, torna-se possível sua utilização como variável de entrada em modelos hidrológicos e de crescimento (XAVIER et al., 2002; MELLO et al., 2008; VIOLA, 2008).

Nesse contexto, Alves et. al. (1999) explicam que as alterações do uso do solo de floresta para pastagem e desmatamento descontrolado, modificam as interações entre a vegetação e a atmosfera, diminuindo gradativamente o potencial de evapotranspiração das florestas. Analisando as mudanças climáticas e as pressões sofridas pelo meio ambiente, o monitoramento das variáveis hidrológicas é realizado com o intuito de identificar as principais consequências da mudança do uso do solo no balanço hídrico (ALVES, et. al. 1999).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido no campus da Universidade Federal de Lavras, em área experimental conhecida como Laboratório de Pesquisas Florestais “Floresta Semi-decídua de Montana” – Hidrologia Florestal, situada no próprio campus da UFLA, durante período de janeiro a dezembro de 2014.

O remanescente florestal é classificado como Floresta Estacional Semidecidual de Montana (FESM), com área de 6,54 ha e está localizada entre as coordenadas UTM 502790, 503220 O e 7652680, 7652380 S. O clima da área em estudo, segundo a metodologia proposta por Köppen, é classificado como Cwa com inverno seco e verão chuvoso, apresentando forte sazonalidade das precipitações (JUNQUEIRA JUNIOR et. al., 2017). De acordo com Veloso et. al. (1991), a floresta semidecídua perde de 20 a 50% de suas folhas no período seco e florestas localizadas em altitudes superiores a 500m. Os meses de outubro a março compreendem ao período chuvoso, enquanto a estiagem ocorre nos meses de abril a setembro, e a precipitação média anual da região é de 1461,8 mm (INMET, 2019). O fragmento florestal se localiza em ambiente pedológico com predominância de Latossolo Vermelho Distroférico (JUNQUEIRA JUNIOR et. al., 2017).

3.2 Monitoramento da umidade do solo, precipitação e escoamento no tronco

Foram distribuídos aleatoriamente no interior do remanescente florestal trinta e dois pontos de monitoramento os quais foram munidos com pluviômetros modelo “Ville de Paris”, parcelas de escoamento no tronco em árvores representativas e pontos de leitura de umidade do solo (Figura 1), a qual foi realizada por meio de uma sonda de capacitância modelo Profile Probe PR2/6 Delta-T Devices, Cambridge, UK (Figura 2).

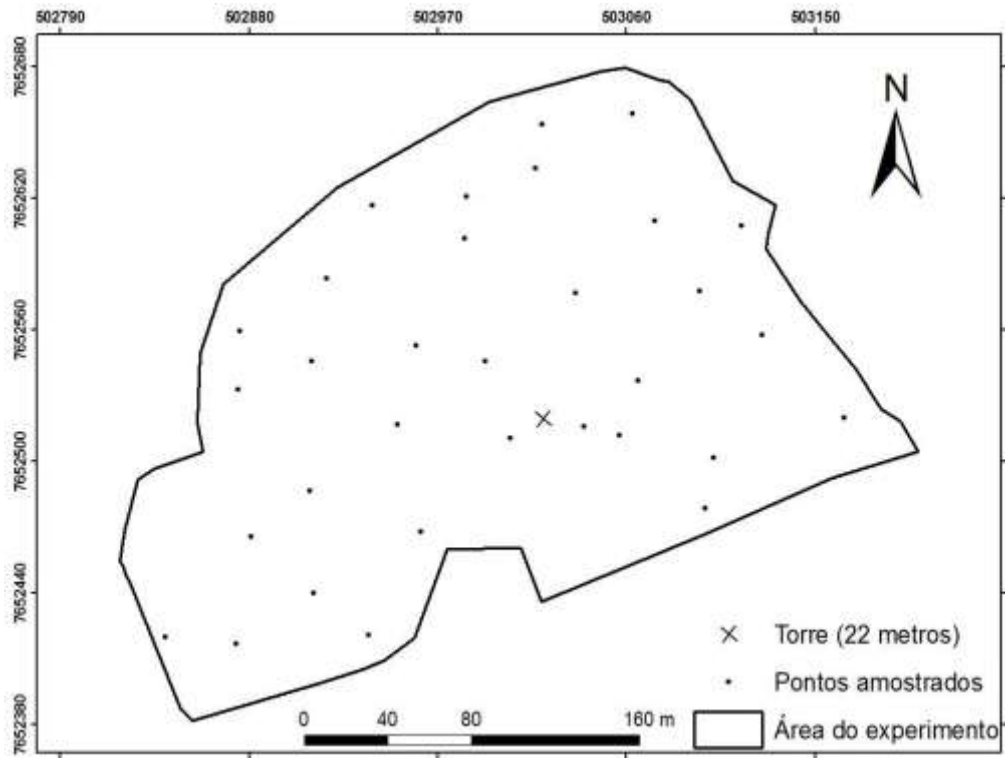


Figura 1 – Localização dos pontos de coleta e delimitação da área de estudo. Fonte: Do autor (2019).

a)



b)



Figura 2 – a) Tubo de acesso para monitoramento. b) Sonda Profile Probe PR2/6. Fonte: Do autor (2019).

No presente estudo, os pluviômetros instalados internamente foram do tipo “Ville de Paris”, confeccionados em chapa galvanizada com suas respectivas identificações e fixados em mourão de madeira, devidamente nivelados e posicionados a 1,5 m acima do solo (Figura 3). Para fins de garantia da medida das lâminas precipitadas, todos os pluviômetros tiveram sua área de captação medida antes de sua instalação.



Figura 3 – Pluviômetro instalado no interior da FESM. Fonte: Do autor (2019).

Para cada ponto de monitoramento da precipitação, também foram instalados pontos de escoamento no tronco. A instalação dos coletores em todos os 32 pontos analisados foi de acordo com Pypker, Tarasoffe e Koh (2012), que recomendaram a utilização de mangueira de polietileno fixada no tronco das árvores em formato espiral, aplicando silicone entre o coletor e a árvore para garantir que não houvesse nenhum vazamento. Desta forma, todo o fluxo descendente foi conduzido a um recipiente coletor fechado sem que haja perda por evaporação (Figura 4).



Figura 4 – Recipiente coletor utilizado no escoamento no tronco na FESM. Fonte: Do autor (2019).

Visto que o escoamento pelo tronco está diretamente relacionado com a área foliar do estrato arbóreo (TONELLO et al., 2014), buscou-se a determinação da área das copas das árvores selecionadas por meio da projeção vertical de cada copa no solo. Para tal fim, no período da manhã, segmentou-se a projeção vertical da copa formando ângulos de 45° e dividindo em 8 direções a partir do centro do tronco até a extremidade da projeção da copa, gerando, portanto, oito triângulos conforme a metodologia proposta por Shinzato et al. (2011) (Figura 5).

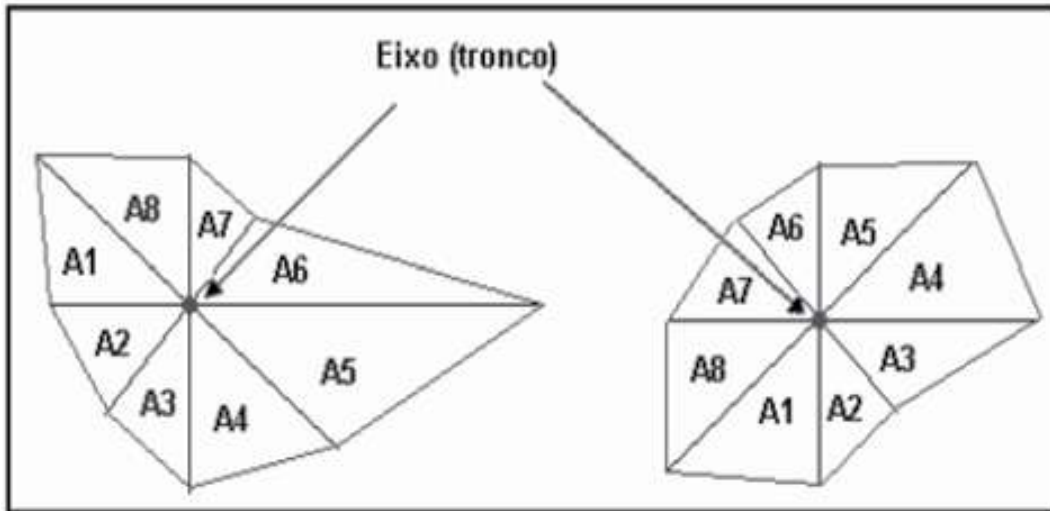


Figura 5 – Projeção vertical da copa de duas áreas divididas em subáreas. Fonte: MOURA et al. (2009).

Para o cálculo da área da copa de cada árvore foi utilizada para cada árvore a seguinte equação (Equação 1):

$$A = \sum \left(\frac{a * b * \text{sen}45^\circ}{2} \right) \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que A em m² corresponde à somatória das áreas de cada secção, sendo (a) e (b) os comprimentos em metros de duas secções em um ângulo de 45° entre si (SHINZATO et al., 2011). A Tabela 1 apresenta a área de captação de cada indivíduo florestal, a qual foi estimada de acordo com metodologia proposta por Shinzato et al. (2011).

Tabela 1 – Área das copas de acordo com sua projeção vertical e sua espécie. Fonte: Do autor (2019).

Pontos ordenados	Pontos reais	Espécie	Área de Captação (m²)
P1	P1	<i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.)	120,35
P2	P21	<i>Ficus pertusa</i> L.f.	4,61
P3	P22	<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.	6,48
P4	P41	<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.	14,43
P5	P42	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O. Berg	16,43
P6	P127	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	5,12
P7	P104	<i>Cryptocarya aschersoniana</i> Mez	2,35
P8	P102	<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.	59,48
P9	P120	<i>Cryptocarya aschersoniana</i> Mez	97,39
P10	P118	<i>Ocotea odorífera</i> (Vell.) Rohwer	4,43
P11	P109	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	7,08
P12	P115	<i>Ocotea odorífera</i> (Vell.) Rohwer	20,59
P13	P100	<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	11,3
P14	P122	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	89,15
P15	P96	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	6,97
P16	P101	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	9,69
P17	P64	<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker	12,31
P18	P62	<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.	10,44
P19	P60	<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.	13,61
P20	P45	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	90,27
P21	P34	<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) J.D.Mitch.	0,65
P22	P30	<i>Miconia argyrophylla</i> DC.	13,39
P23	P13	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	11,12
P24	P67	<i>Miconia argyrophylla</i> DC.	16,74
P25	P65	<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) J.D.Mitch.	36,02
P26	P87	<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.	140,74
P27	P82	<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.	5,43
P28	P71	<i>Vismia brasiliensis</i> Choisy	10,81
P29	P70	<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.	15,39
P30	P6	<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.	81,92
P31	P24	<i>Miconia argyrophylla</i> DC.	38,15
P32	P3	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	6,11

As coletas das precipitações internas e escoamento no tronco aconteceram no dia seguinte a cada evento de chuva realizando a média dos 32 pontos, sendo estes eventos acumulados mensalmente, obtendo-se a série de totais mensais de precipitação efetiva (precipitação interna + escoamento da água no tronco). Ademais, foram realizadas leitura de umidade mensalmente nas profundidades de 0,10; 0,20; 0,30; 0,40 e 1,0 m, e acumuladas no perfil do solo para o cálculo do armazenamento de água no solo (Equação 2).

$$Arm = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\theta_i + \theta_{i+1}}{2} \right) \times h \quad \text{Eq. (2)}$$

Sendo i a camada do perfil do solo; n o número de profundidades amostradas; θ_i e θ_{i+1} as unidades volumétricas nas profundidades adjacentes; e h a diferença de profundidade entre os dois pontos. Para a realização desse cálculo, considerou-se para a camada de 0-0,10 m a umidade referente a profundidade de 0,10 m entretanto, observando a camada de 0,40 – 1,0 m, há uma variação para 0,60 m de espessura.

Os armazenamentos e as precipitações efetivas do ano em estudo foram agrupados mensalmente e analisados conjuntamente uma vez que a região apresenta suas estações bem definidas e expressiva diferenciação das variáveis no decorrer do ano.

Com a finalidade de comparar a precipitação do período em estudo com a média da região, foram utilizados os dados obtidos do monitoramento da precipitação externa do dossel por meio de um pluviômetro do tipo “Ville De Paris”, com 378,5 cm² de área de captação, instalado no topo de uma torre de observação meteorológica (TOM), com 22 m de altura (Figura 6) a fim de não sofrer influência dos exemplares vegetais no entorno da estação que se encontra no centro do remanescente florestal.

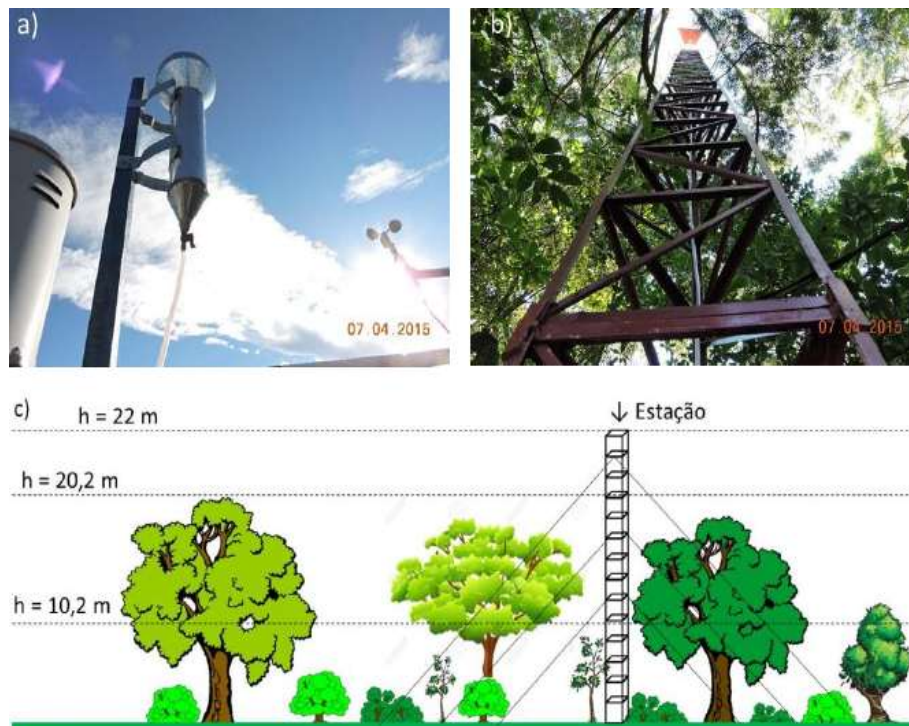


Figura 6 – a) Pluviômetro. b) Torre de observação meteorológica (TOM). c) Esquema demonstrativo de observação da precipitação externa na FESM. Fonte: Junqueira Júnior (2016).

3.3 Balanço hídrico e Cálculo da ET

A estimativa da ET foi feita com base no balanço hídrico considerando os meses secos ou com precipitação abaixo da média, adotando-se como referência de intervalo de tempo, as leituras de umidade do solo realizadas mensalmente. Isso foi feito uma vez que na ausência de chuvas, não há percolação profunda, facilitando o balanço hídrico. (exemplificando)

As demais variáveis foram acumuladas neste intervalo e sua variação foi então considerada (Equação 3).

$$A_{t+1} = A_t + P_i + EsT - ET \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde A_{t+1} é o armazenamento de água na camada de solo (1,0 m) no tempo $t+1$; A_t é o armazenamento de água na camada de solo (1,0 m) no tempo t ; P_i é a precipitação interna média no remanescente florestal no intervalo de tempo entre t e $t+1$; EsT é o escoamento no tronco médio, na área, no intervalo de tempo entre t e $t+1$; ET é a evapotranspiração no intervalo de tempo entre t e $t+1$. Todas as unidades em mm. O escoamento superficial foi desprezado no estudo uma vez que sua participação é muito baixa neste ambiente (JUNQUEIRA JÚNIOR et. al., 2019).

Para o cálculo da evapotranspiração (ET), foi utilizado a seguinte equação (Equação 4).

$$ET = A_t - A_{t+1} + P_i + EsT_i \quad \text{Eq. (4)}$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Precipitação

No período de janeiro a dezembro de 2014, a precipitação externa foi de 1047,63 mm observada na TOM, correspondendo a 71,6% do valor médio oriundo das últimas Normais Climatológicas (1981 - 2010) (Figura 7), caracterizando 2014 como o ano mais seco dos últimos 100 anos (SILVA, 2018). Junqueira Júnior et. al (2019) monitorando o mesmo fragmento de Mata Atlântica, encontrou no ano hidrológico de 2012/2013 um total precipitado de 1263 mm e no ano hidrológico de 2013/2014, um total de 1010 mm.

Climatologicamente, as precipitações ocorrem em maiores volumes nos meses de dezembro a fevereiro (verão) e valores menores durante o período de junho a agosto (inverno) sobre a Região Sudeste do Brasil (MARENGO et. al., 2015).

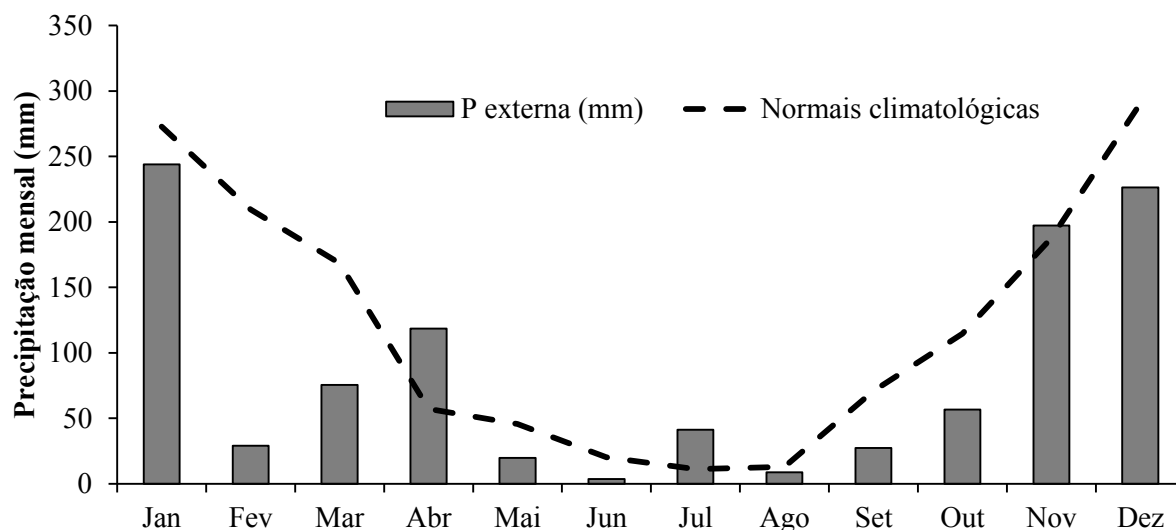


Figura 7 – Gráfico comparativo da precipitação externa mensal monitorada no remanescente em 2014 com as respectivas médias oriundas das Normais Climatológicas de 1981 a 2010 em Lavras – MG. Fonte: Do autor (2019).

A sazonalidade climática da região é bem definida e, com isso, a precipitação sofre variações significativas ao longo das estações (Figura 7). Isto influencia diretamente o armazenamento de água no solo e a precipitação no interior da floresta, e, conseqüentemente, a variabilidade temporal dos componentes do balanço hídrico (ANTUNES et. al, 2018). Todavia, a sazonalidade climática associada ao evento de seca proporcionou comportamentos atípicos do balanço hídrico na FESM. O mês de fevereiro, por exemplo, teve um índice pluviométrico muito abaixo da média histórica, com apenas 29 mm precipitados (13,8%), ocasionando uma forte diminuição no armazenamento de água no solo em pleno período chuvoso, e, desta forma, afetando as condições de recarga (RODRIGUES, 2019). Além disso, com exceção aos meses de abril, julho e novembro, todos os outros meses apresentaram padrões climáticos atípicos ao esperado na região (Figura 7).

Na Tabela 2, pode-se analisar o período seco normalmente compreendido entre os meses de abril e setembro, que representa 20,9% do total anual da precipitação externa monitorada. Deste total, 119 mm ocorreram no mês de abril (108% acima da média histórica).

Tabela 2 – Comparativo entre os períodos seco e úmido. Fonte: Do autor (2019).

Período	Normais climatológicas 1981-2010 (mm)	P externa – TOM (mm)
Seco	218.0	219.1
Chuvoso	1243.8	828.5

Em contrapartida, os meses de janeiro, fevereiro, outubro e dezembro tiveram redução significativa quando comparado à média histórica. Janeiro e dezembro, considerados os meses de maior precipitação, tiveram um déficit de 10,6% e 22,3% respectivamente. Novembro foi o único mês com precipitação acima da média (197 mm). Junqueira Júnior et. al., (2019), estudando separadamente os períodos seco de 2013 e 2014, encontrou valores de precipitação condizentes de 218 mm e 230 mm respectivamente.

A precipitação incidente representou apenas 20,9% do total precipitado no período seco e 79,1% no período chuvoso. Ávila et. al. (2014), ao estudarem os anos hidrológicos de 2009/2010 e 2010/2011 num remanescente de Mata Atlântica da Serra da Mantiqueira, obtiveram um total de precipitação incidente de 13% no período seco e 87% no período chuvoso no período de 2009/2010. Entretanto, a precipitação do ano hidrológico de 2010/2011, no período seco, o total precipitado foi de 160 mm, ou seja, apenas 5% da precipitação incidente anual, um valor inferior referente ao mesmo período analisado neste trabalho sendo de 190,6 mm (ÁVILA et. al., 2014). Esse valor inferior foi devido ao mês de abril, representando 56,6% do total precipitado no período de estiagem no ano de 2014

4.2 Intercepção e precipitação interna

A intercepção da precipitação pelo dossel sofreu variações significativas de acordo com a área de cada copa e com o período do ano.

Ao longo do período analisado, a precipitação interna, a partir da média dos 32 pontos de coletas no remanescente, foi de 891,77 mm e o escoamento no tronco foi de 7,72 mm o que correspondeu, respectivamente a 85,1% e 0,7% da precipitação externa. Junqueira Junior et. al. (2019), encontraram um valor médio de escoamento no tronco variando de 0,46% para a estação chuvosa e 0,85% para a estação seca, obtendo um valor médio de 0,65%. Resultados que comprovam a coerência deste trabalho, considerando um ano seco para a região em estudo.

Na Figura 8 estão apresentados valores de precipitação interna, escoamento pelo tronco e a perda por intercepção, sendo o resultado da subtração da precipitação externa pela precipitação efetiva, ou seja, o que ficou retido no dossel e posteriormente retornado para a atmosfera. É possível observar que a intercepção (I) foi de 14,1% da precipitação externa. No mesmo ambiente de Mata Atlântica, Junqueira Júnior et. al. (2019) encontraram valor de 15,5% de perdas por intercepção entre setembro/2012 e março/2015, resultado próximo ao deste estudo. Analisando a intercepção de chuvas no sul do Brasil em duas florestas

características do Bioma Mata Atlântica, Sari et. al. (2016), concluíram que 17,7% e 16,9% foram interceptados da precipitação total nas regiões respectivamente.

Por outro lado, Ávila et al. (2014) encontraram interceptação de 21% em um remanescente de Mata Atlântica na Serra da Mantiqueira durante os anos hidrológicos de 2009-2010 e de 2010-2011. A maior interceptação observada por Ávila et al (2014) está relacionada aos maiores volumes precipitados, fato este atrelado as características da região (precipitações orográficas e proximidade ao oceano), morfologia e fisiologia da floresta e a anos hidrológicos com índices pluviométricos normais.

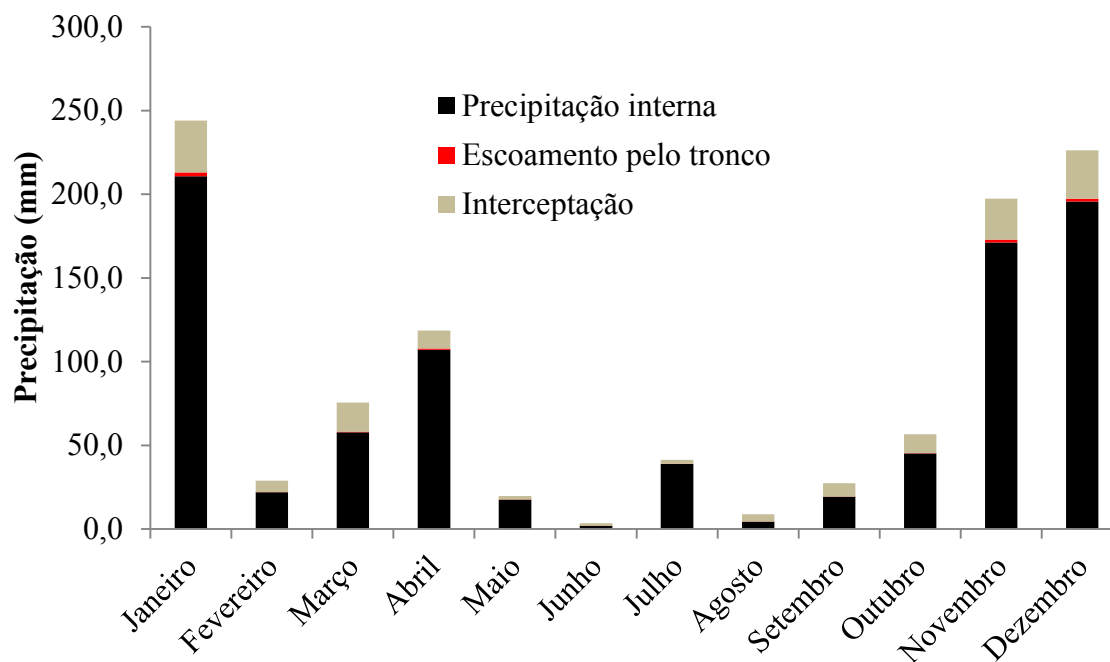


Figura 8 – Gráfico que indica a perda por interceptação no remanescente de Mata Atlântica na Universidade Federal de Lavras, MG em 2014. Fonte: Do autor (2019).

Cuartas et. al. (2007) afirmam que a maior quantidade interceptada ocorre em anos mais secos. Os autores, analisando a Amazônia central nos períodos de janeiro de 2002 a outubro de 2006, obtiveram valores de interceptação que representam 21,4% e 13,9% da precipitação incidente durante o período chuvoso de um ano seco (afetado pelo fenômeno climático El Niño) e um ano com precipitação regular, respectivamente.

Segundo Oliveira et. al. (2008), para florestas tropicais, as variações da precipitação interna estão entre 75% e 96% da precipitação acima do dossel. O valor encontrado no presente estudo (85,1%) está dentro do intervalo apresentado por Oliveira et. al. (2008). Da mesma forma, Ávila et. al. (2014), que avaliaram a partição da precipitação em um fragmento de Mata Atlântica na Serra da Mantiqueira, também obtiveram valores dentro do intervalo (79%). Na mesma linha de raciocínio, Gasparoto et. al. (2014) estudando um ambiente de Floresta Estacional Semidecidual (FES), concluíram que a P_i representou 76,2% da P_e .

Os valores obtidos para o escoamento no tronco no presente estudo (0,7%), estão de acordo com os obtidos na literatura. Arcova (2003) estudando um fragmento de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha – São Paulo, no período de 20 de Novembro de 1997 a 20 de novembro de 1998, também encontrou valores baixos de escoamento pelo tronco (0,26% em relação à precipitação externa).

Desta forma, por ser uma pequena parcela da precipitação externa, o escoamento pelo tronco pouco influenciará no balanço hídrico da FESM. Ademais, o comportamento temporal da precipitação efetiva (precipitação interna + escoamento no tronco) destaca a sazonalidade da região, com maior valor em janeiro (213 mm) e menor em junho (1,96 mm), mesmo com o extremo evento de seca observado em 2014.

4.3 Balanço hídrico

Na Tabela 3 estão apresentados os valores de evapotranspiração (ET), obtidos a partir do balanço hídrico mensal, o armazenamento de água no solo para o mês de referência (Arm_i) e para o mês que antecede (Arm_{i-1}), a variação do armazenamento de água no solo (ΔArm), a precipitação efetiva (Pef) e a interceptação (I) de fevereiro a setembro de 2014, considerando apenas os meses secos.

Tabela 3 – Valores dos componentes utilizados na estimativa do balanço hídrico mensal para os meses secos do ano de 2014, na FESM, em Lavras-MG. Fonte: Do autor (2019).

	Arm_i (mm)	Arm_{i-1} (mm)	ΔArm (mm)	Pef (mm)	I (mm)	ET (mm)
Fev	257	296	-39	22,1	6,9	68
Mar	255	257	-2	58,1	17,4	77
Abr	276	255	21	107,9	10,6	97
Mai	278	276	2	17,7	2,1	18
Jun	250	278	-28	2,0	1,5	32
Jul	265	250	16	39,1	2,2	26
Ago	246	265	-19	4,5	4,3	28
Set	240	246	-6	19,4	8,0	33
Total			-55,7	270,8	52,8	379,3

Para os meses em que a precipitação foi menor que a média histórica (apenas abril, julho e novembro foram acima) (Figura 7), boa parte da demanda evapotranspirativa foi compensado pela água armazenada no solo, ocorrendo um déficit de armazenamento na FESM (Figura 9). Concomitante ao déficit de precipitação deve-se destacar o efeito da radiação solar e da umidade relativa do ar no fenômeno da evapotranspiração (ALLEN et. al., 1998), os quais são mais intensos em períodos com baixa precipitação e, desta forma, aumentando o estresse

hídrico sofrido pela FESM no ano de 2014.

Santos (2019) afirma que alterações na temperatura e precipitação podem provocar mudanças na cobertura vegetal, um compartimento crucial do ciclo hidrológico. As espécies decíduas (i.e. que perdem suas folhas em determinada estação do ano) geralmente têm menor taxa de evapotranspiração do que as espécies ombrófilas, pois perdem sazonalmente suas folhas (superfícies evaporativas) (SANTOS, 2019) o que se aproxima com a realidade encontrada na FESM.

Machado et. al. (2016) analisando o comportamento de uma área arbustiva no Pantanal Mato-Grossense concluiu que a evapotranspiração tem forte tendência sazonal, sendo 20% menor durante o período de seca. Desta forma, a lâmina precipitada de apenas 29 mm em fevereiro, o equivalente a 13,8% de sua média histórica, representa condições extremas à evapotranspiração, influenciando o comportamento hidrológico da FESM. Por ser no verão (elevada demanda atmosfera), a tendência da ET é seguir o comportamento de janeiro com elevada transferência de água para a atmosfera (Figura 9). Porém, devido ao estresse provocado pelo baixo volume precipitado, a floresta utiliza de mecanismos (fechamento de estômatos e a perda de folhas) para amenizar o processo de transferência de água no sistema solo-planta-atmosfera, uma vez que a mesma é adaptada a períodos de seca (WILLIAMS et al. 2008).

Da mesma forma, para o período seco, o índice pluviométrico abaixo das Normais Climatológicas fez com que a maioria dos meses apresentasse diminuição do armazenamento de água no solo. Todavia, para o mês de julho, a variação no armazenamento foi positiva. Tal fato está relacionado à precipitação de 41 mm (269,3% acima Normais Climatológicas), a qual atrelada à menor incidência solar e às menores temperaturas (menor demanda atmosférica) contribuíram para o aumento do armazenamento de água no solo no referido mês.

Na Tabela 4 estão apresentados os valores de temperatura máxima média ($T_{M\acute{a}x_{med}}$), temperatura mínima média ($T_{M\acute{i}n_{med}}$) e a umidade relativa média do ar (UR_{med}) de janeiro a dezembro de 2014 obtidos a partir do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) plataforma do INMET (2019), na estação de Lavras – MG localizada no interior da Universidade Federal de Lavras.

Tabela 4 – Valores de temperaturas em graus Celcius e Umidade Relativa do Ar em porcentagem, em Lavras-MG relativas ao ano de 2014. Fonte: Do autor (2019).

	T Máx_{med}	T Mín_{med}	UR_{med}
Jan	31,5	18,2	62,5
Fev	30,8	18,0	60
Mar	29,0	18,0	69,5
Abr	27,8	16,6	73,2
Mai	25,3	13,2	69,2
Jun	25,1	12,9	70,6
Jul	23,5	12,3	68,6
Ago	26,9	12,1	57,6
Set	28,4	14,5	54,9
Out	29,8	15,9	54,7
Nov	28,5	17,8	70,4
Dez	29,3	18,3	71,8

Ao analisar as tabelas 3 e 4, a demanda atmosférica influenciada pela radiação solar e o déficit de umidade no solo, justifica-se a baixa evapotranspiração nos meses de inverno. Meses do período seco, onde o índice pluviométrico registrado foi abaixo das Normais Climatológicas e as temperaturas médias são baixas, conseqüentemente sua evapotranspiração foi menor.

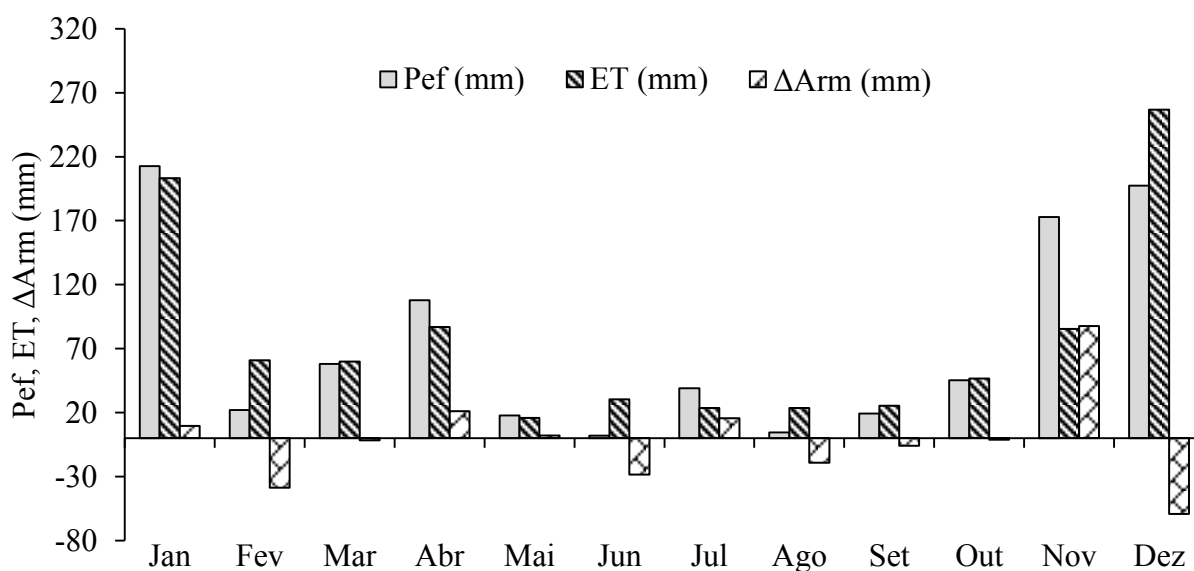


Figura 9 – Precipitação efetiva (Pef), evapotranspiração (ET), variação de armazenamento de água no solo (Δ Arm). Fonte: Do autor (2019).

Mello et. al. (2019), ao analisar os componentes do balanço hídrico numa bacia inteiramente ocupada por um remanescente de Mata Atlântica na Serra da Mantiqueira – MG nos anos hidrológicos 2009/2010 e 2010/2011 observaram que a evapotranspiração

correspondeu, em média, a 47,7% do total precipitado, valor confrontado por este trabalho em que a ET foi maior que a Pef devido ao total precipitado ter sido abaixo da média para diversos meses. Higuchi et. al. (2013) afirmam que ambientes com baixa incidência de radiação solar e elevada umidade relativa do ar, possuem baixa capacidade evapotranspirativa o que pode ser comparado ao interior de uma floresta semidecidual.

Mello et. al.(2019) ainda encontraram uma variação de armazenamento de água no solo negativa nos anos hidrológicos de 2009-2010 e 2010-2011 no período de seca, -88 mm e -190 mm respectivamente. Também no período de estiagem, considerando de fevereiro a setembro, devido ao baixo índice pluviométrico analisado por este trabalho, encontrou-se uma variação negativa de -55,7 mm. O mês de fevereiro apresentou uma variação significativa de armazenamento de água de -39 mm devido ao baixo índice pluviométrico do mês onde a evapotranspiração teve uma queda significativa em relação ao mês anterior.

5 CONCLUSÃO

Observando o total precipitado no ano (1047,6 mm), conclui-se que 2014 foi um ano de extrema seca afetando o ecossistema da região. Isso influenciou nos parâmetros utilizados para estimar a evapotranspiração como a precipitação efetiva e a variação do armazenamento de água no solo.

O mês de fevereiro obteve um índice pluviométrico muito abaixo da média histórica, com apenas 29 mm precipitados (13,8%), ocasionando uma diminuição no armazenamento de água no solo na estação chuvosa. Entretanto, sua evapotranspiração foi 176% maior quando comparado com a precipitação efetiva. Tal fato permite inferir que uma grande parcela de água foi armazenada durante os meses chuvosos anteriores, compensando a falta de chuva. Apenas 20,9% da precipitação total ocorreu no período considerado seco para a região.

O escoamento no tronco, por representar uma pequena porção da precipitação externa (0,7%) não teve grande influência no cálculo do balanço hídrico.

Confirmando a sazonalidade da região, a precipitação efetiva (precipitação interna + escoamento do tronco) teve grande variação durante o ano com maior valor em janeiro (213 mm) e menor em junho (1,96 mm).

Foi possível estimar a perda por interceptação a partir dos cálculos de precipitação externa e precipitação efetiva obtendo um valor de 14,1% do total precipitado com grande influência do período seco.

Os meses em que obtiveram índice pluviométrico abaixo das Normais Climatológicas apresentaram diminuição do armazenamento de água no solo e com isso grande parte da demanda evapotranspirativa foi proveniente da água armazenada no solo. Todavia, o mês de julho apresentou um índice pluviométrico 269,3% maior que as Normais Climatológicas contribuindo para um armazenamento positivo de água no solo. Além disso, quando analisada apenas a ET estimada no período seco, 36,2% do total precipitado foram retornados a atmosfera.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, D. A.; CUPOLILLO, F. Análise do balanço hídrico climatológico decenal do parque estadual do rio doce-perd e entorno: climatologia de 2005-2015 comparada com o ano anômalo 2013-2014. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], nov. 2018. ISSN 2237-8642.

ALLEN, R. G. A.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 299 p.

ALMEIDA, A.C. & SOARES, J.V. 2003. Comparação do uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e floresta ombrófila densa (Mata Atlântica) na costa leste do Brasil. **Revista Árvore** – Viçosa. 27(2): 159-170.

ALVES, F.S.M.; FISCH, G. & VENDRAME, I.F. 1999. Modificações do microclima e regime hidrológico devido ao desmatamento na Amazônia: estudo de um caso em Rondônia (RO), Brasil. **Acta Amazônica**. 29(3): 395-409.

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, v. 27, n. 2, p. 257-262, mar-abr. 2003.

ÁVILA, L. et al. Padrão espaço-temporal da umidade volumétrica do solo em uma bacia hidrográfica com predominância de latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1801–1810, 2011.

ÁVILA, L. F. et al. Partição da precipitação pluvial em uma microbacia hidrográfica ocupada por Mata Atlântica na Serra da Mantiqueira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 583-595, 2014.

AVILA, L.F.; MELLO, C.R.; SILVA, A.M. Continuidade e distribuição espacial da umidade do solo em bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.1257-1266, 2010.

BACELLAR, L.A.P. 2005. O papel das florestas no regime hidrológico de bacias hidrográficas. **Geo.br**. 1: 1-39.

BALBINOT, R.; OLIVEIRA, N.K.; VANZETTO, S.C.; PEDROSO, K. & VALERIO, A.F. 2008. **O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas**. *Ambiência – Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*. 4(1): 1-19.

CARDOSO, E. L. et al. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal sul-mato-grossense. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 35, n. 2, p. 613–622, 2011.

CARNEIRO, M. A. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 33, p. 147–157, 2009.

COELHO, C.A.S., DE OLIVEIRA, C.P., AMBRIZZI, T. et al. The 2014 southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. **Clim Dyn** (2016) 46: 3737. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2800-1>

CUARTAS, L.A.; TOMASELLA J.; NOBRE A.D.; HODNETT M.G.; WATERLOO, M.J.; MÚNERA, J.C. Interception water-partitioning dynamics for a pristine rainforest in Central Amazonia: Marked differences between normal and dry years. **Agr. Forest. Meteorol.**, v.145, p.69—83, 2007.

DINGMAN, S. **Physical hydrology**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002. 646 p.

HIGUCHI, Pedro et. al. Florística e estrutura do componente arbóreo e análise ambiental de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana no município de Paineira, SC. **Ciência Florestal**, [S.l.], v. 23, n. 1, p. 153-164, mar. 2013.

MACHADO, Nadja Gomes et al. Sazonalidade do Balanço de Energia e Evapotranspiração

em Área Arbustiva Alagável no Pantanal Mato-Grossense. **Rev. bras. meteorol.**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 82-91, mar. 2016.

MARCUZZO, F. F. N.; ARANTES, E. J.; WENDLAND, E. (2007). “Avaliação de métodos de estimativa de evapotranspiração potencial e direta para a região de São Carlos-SP”. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 3, pp. 323-338.

MARENGO, J.; NOBRE, C.; SELUCHI, M.; CUARTAS, A.; ALVEZ, L.; MENDIONDO, E.; OBREGÓN, G.; SAMPAIO, G. A Seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Revista USP**. São Paulo. N. 106, p. 31-44. Julho/agosto/setembro de 2015.

MEDEIROS, A. T. Estimativa da evapotranspiração de referencia a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Piraipaba,CE. 2002. 103 f. **Tese** (doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Piracicaba, SP.

MELLO, C. R.; VIOLA, M. R.; NORTON, L. D.; SILVA, A. M.; WEIMAR, F. A. (2008), Development and application of a simple hydrologic model simulation for a Brazilian headwater basin. **Catena**, 75, 235-247.

MELLO, C. R., ÁVILA, L. F., LIN, H., TERRA, M. C. N. S., & CHAPPELL, N. A. (2019). Water balance in a neotropical forest catchment of southeastern Brazil. **Catena**, 173, 9-21. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.09.046>

MOURA, A.E.S.S.; CORREA, M.M.; SILVA, E.R.S.; FERREIRA, R.L.C.; FIQUEIREDO, A.C.; POSSAS, J.M.C. Interceptação das chuvas em um fragmento de floresta da Mata Atlântica na Bacia do Prata, Recife, PE. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.3, p.461-469, 2009.

FERNANDES, D. S.; FOSTER, P. R. P.; (2006). “Cálculo da evapotranspiração potencial através do método de Thornthwaite e comparação com dados de reanálise de evaporação potencial do NCEP para a cidade de Pelotas-RS”. in **XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, Florianópolis**.

FIETZ, C. R.; URCHEI, M. A.; FRIZZONE, J. A. Probabilidade de ocorrência de déficit

hídrico na região de Dourados, MS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v.5, n.3, p.558-562, 2001.

GASPAROTO, Esthevan Augusto Goes et al . Precipitação interna em diferentes povoamentos florestais em Iperó, SP. **CERNE**, Lavras , v. 20, n. 2, p. 303-310, June 2014 .

GIGLIO, J. N.; KOBIYAMA, M. Interceptação da chuva: uma revisão com ênfase no monitoramento em florestas Brasileiras. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 297-317, abr./jun. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET) Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>, 2019.

JUNQUEIRA JUNIOR, J.A.; MELLO, C.R.; OWENS, P.R.; MELLO, J.M.; CURI, N.; ALVES, G.J. Time-stability of soil water content (SWC) in an Atlantic Forest - Latosol site. **Geoderma**, v.288, p.64-78, 2017.

JUNQUEIRA JUNIOR, J. A. **Monitoramento e modelagem da interceptação da precipitação e da umidade do solo em fragmento de Mata Atlântica**. 2016. 188 p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

JUNQUEIRA JUNIOR, J. A., MELLO, C. R., MELLO, J. M., SCOLFORO, H. F., BESKOW, S., & MCCARTER, J. (2019). Rainfall partitioning measurement and rainfall interception modelling in a tropical semi-deciduous Atlantic Forest remnant. **Agricultural and Forest Meteorology**, 275, 170-183. DOI: 10.1016/j.agrformet.2019.05.016

KOBYAMA, M. Manejo de bacias hidrográficas: conceitos básicos. **In:** Curso de manejo de bacias hidrográficas sob a perspectiva florestal. Curitiba: FUPEF, 1999. p.29-31

KOBYAMA, M.; VESTENA, L. R. Aplicação do método de PENMAN modificado no cálculo da evapotranspiração potencial para quatro estações meteorológicas do estado do Paraná. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 8, n. 1, p. 83-97, 2006.

KOBIYAMA, M.; MOTA, A. A.; CORSEUIL, C. W. **Recursos hídricos e saneamento**.

Curitiba: Ed. Organic Trading, 2008. 160p.

LANG, A. R. G.; McMURTRIE, R. E. Total leaf areas of single trees of *Eucalyptus grandis* estimated from transmittances of the sun's beam. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 58, p. 79-92, 1992.

OLIVEIRA, L. L. de et al. Modelagem da interceptação na Floresta Nacional de Caxiamã, no leste da Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 23, p. 318-326, 2008.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. (1997). Evapotranspiração. **FEALQ** Piracicaba, 183p.

PEREIRA, Donizete dos Reis. Evapotranspiração em área de Mata Atlântica na região da Serra da Mantiqueira, MG. 2009. 105 p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola, Engenharia de Água e Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.1

PYPKER, T. G.; TARASOFF, C. S.; KOH, H. Assessing the efficacy of two indirect methods for quantifying canopy variables associated with the interception loss of rainfall in temperate hardwood forests. **Open Journal of Modern Hydrology**, [s. l.], v. 2, p. 29-40, 2012.

RODRIGUES, A. F. Soil moisture and groundwater recharge prediction in na Atlantic Forest-oxisol site. 2019.67 p. **Dissertação** (Mestrado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

RODRIGUES, V. A.; COSTA, P. N. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas em povoamento de eucalipto. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 77-86, jan./abr. 2009.

SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A A; SILVA, D. D. Umidade do solo no semiárido pernambucano usando-se reflectometria no domínio do tempo (TDR). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 7, p. 670–679, 2011.

SCOZZAFAVA, M.; TALLINI, M. (2001). “Net infiltration in the Gran Sasso Massif of

- central Italy using the Thornthwaite water budget and curve-number method”. **Hydrogeology Journal**, Berlim, v. 9, pp. 461-475.
- SHINZATO, E. T. et al. Escoamento pelo tronco em diferentes povoamentos florestais na Floresta Nacional de Ipanema em Iperó, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 92, p. 395-402, dez. 2011.
- SILVA, V. O. Eventos de seca na região Sudeste do Brasil: ocorrências temporais e comportamento futuro. 2019. 148 p. **Dissertação** (Mestrado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.
- THORNTHWAITE, C. W. The Moisture Factor in Climate. **Am Geophys Union Trans.**, v. 27, p. 41 – 48, 1946.
- TONELLO, K. C. et al. Precipitação efetiva em diferentes formações florestais na Floresta Nacional de Ipanema. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 38, n. 2, p. 383-390, 2014.
- TUCCI, C. E. M.; BELTRAME, L. F. S. Evaporação e Evapotranspiração. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2000. p. 253-287.
- VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. 1991. **Classificação da Vegetação Brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE, Rio de Janeiro. 112 pp.
- VIOLA, M. R. **Simulação hidrológica na região Alto Rio Grande a montante do reservatório de Camargos/CEMIG**. 2008. 120 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola. Engenharia de Água e Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- WILLIAMS, LJ, BUNYAVEJCHEWIN, S. & BAKER, PJ. Deciduousness in a seasonal tropical forest in western Thailand: interannual and intraspecific variation in timing, duration and environmental cues. **Oecologia** (2008) 155: 571. <https://doi.org/10.1007/s00442-007-0938-1>
- XAVIER, A. C.; SOARES, J. V.; ALMEIDA, A. C. Variação do índice de área foliar em clones de eucalipto ao longo do seu ciclo de crescimento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 421-427, 2002.

YANG, L. et al. Comparison of deep soil moisture in two re-vegetation watersheds in semi-arid regions. **Journal of Hydrology**, v. 513, p. 314–321, 2014.

ZUCCO, G. et al. Influence of land use on soil moisture spatial–temporal variability and monitoring. **Journal of Hydrology**, v. 516, p. 193–199, 2014.