

OTÁVIO SURIAN GAMBA

**ANÁLISE DA VAZÃO EM PLANTIOS DE EUCALIPTO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIACHO FUNDO, FELIXLÂNDIA, MINAS GERAIS**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2011

OTÁVIO SURIAN GAMBA

**ANÁLISE DA VAZÃO EM PLANTIOS DE EUCALIPTO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIACHO FUNDO, FELIXLÂNDIA, MINAS GERAIS**

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

APROVADA: 29 de julho de 2011.

Profa. Kelly Cristina Tonello
(Coorientador)

Prof. Helio Garcia Leite
(Coorientador)

Prof. Haroldo Nogueira de Paiva

Pesquisadora Kacilda Naomi Kuki

Prof. Herly Carlos Teixeira Dias
(Orientador)

A Turmino Surian (*in memoriam*), que foi a primeira pessoa a me ensinar o conceito de Floresta, meio ambiente, sua devida importância e, como amante da natureza que era, como respeitar e desfrutar desse incrível bem que teimamos tanto em destruir.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais José António Gamba e Marta Maria Surian Gamba, ao meu irmão Vítor Surian Gamba e a toda a minha família, pela ajuda e compreensão em vários momentos ao longo desta caminhada.

Ao Professor Herly Carlos Teixeira Dias, pela orientação, pela amizade e pelas experiências e oportunidades durante toda graduação e pós-graduação. Ele com certeza será um grande exemplo a ser seguido ao longo da minha carreira profissional.

Aos professores componentes da banca, Kelly Cristina Tonello, Helio Garcia Leite, Haroldo Nogueira de Paiva e Kacilda Naomi Kuki, por terem aceitado o convite para participar deste projeto e através do vasto conhecimento de cada um ter contribuído muito para sua consecução.

À Gláucia, pelo companheirismo e paciência ao longo de toda a minha pós-graduação.

Ao Alexandre Simões Lorenzon, que, apesar das escolhas esportivas, contribuiu em diversos momentos, desde trabalhos e relatórios até conselhos e críticas de trabalho, se tornando muito importante nessa caminhada.

A todos os colegas de graduação e pós-graduação, pela amizade, convivência e exemplo, em especial Adham Ferreira Bezerra, Fabiano Palhares Silva, Ricardo B. dos Santos e Pedro Gustavo Ulisses Frederico.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Engenharia Florestal, pelo conhecimento, vivência e pela oportunidade de realização deste trabalho.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Florestal, pela amizade e prestatividade ao longo de toda a minha caminhada.

Ao Laboratório de Engenharia Florestal, pelo suporte operacional e pelos estagiários que, em determinados momentos, foram de suma importância para este trabalho, em especial o Paulo Sérgio Bento.

À Zanini Florestal e seus funcionários, pela oportunidade de realização deste trabalho, em especial Zezão, Thiago, Daniel, Isaías e Warley.

A todos os amigos companheiros de república e de Viçosa, pela vivência, diversão e apertos passados ao longo de toda minha permanência nesta cidade.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos e apoio financeiro ao Laboratório de Hidrologia Florestal.

BIOGRAFIA

OTÁVIO SURIAN GAMBA, filho de José Antonio Gamba e Marta Maria Surian Gamba, nasceu em 09 de março de 1983, em Dois Córregos, São Paulo.

Em 2000, concluiu o 2º grau na Escola Cenecista Professor Benedito Ortiz, em Dois Córregos, São Paulo.

No ano de 2002, iniciou o curso de Engenharia Florestal, na Universidade Federal de Viçosa, concluído em dezembro de 2008.

Em agosto de 2009, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, na área de Hidrologia Florestal e Manejo de Bacias Hidrográficas, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, concluindo os requisitos indispensáveis para a obtenção do título de *Magister Scientiae* em julho de 2011.

ÍNDICE

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 O Ciclo Hidrológico	3
2.2 Bacia Hidrográfica	4
2.3 Evapotranspiração	5
2.4 Precipitação	6
2.4.1 <i>Precipitação Interna</i>	7
2.4.2 <i>Escoamento pelo tronco</i>	8
2.4.3 <i>Precipitação efetiva</i>	9
2.5 Interceptação de chuva pelo dossel	9
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1 Área de estudo	11
3.2 Caracterização Física da Bacia Hidrográfica	14
3.3 Mensuração dos processos hidrológicos	17
3.3.1 <i>Vazão</i>	17
3.3.2 <i>Evapotranspiração</i>	18
3.3.3 <i>Precipitação externa</i>	19
3.3.4 <i>Precipitação efetiva</i>	20
3.3.4.1 <i>Precipitação interna</i>	20
3.3.4.2 <i>Escoamento pelo tronco</i>	22
3.3.5 <i>Interceptação de chuva pelo dossel</i>	22
3.4 Análises estatísticas.....	22

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Precipitação externa	23
4.2 Precipitação interna, escoamento pelo tronco e precipitação efetiva	25
4.3 Evapotranspiração	31
4.4 Vazão.....	35
5 CONCLUSÕES	41
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

RESUMO

GAMBA, Otávio Surian, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2011. **Análise da vazão em plantios de eucalipto na Bacia Hidrográfica Do Riacho Fundo, Felixlândia, Minas Gerais.** Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias. Coorientadores: Kelly Cristina Tonello e Helio Garcia Leite.

Entre todos os recursos naturais limitantes à vida do ser humano, a água talvez seja o mais importante e indispensável. Devido ao seu ciclo na biosfera, entende-se que este seja um recurso inesgotável, porém, um fato que torna a água cada dia mais importante é que ao longo do tempo esse recurso natural está escasseando em determinados locais. Com esse crescimento acelerado, fica a preocupação do impacto que esse crescimento pode trazer ao meio ambiente. Uma forma de analisar os possíveis impactos destas atividades sobre a produção e a qualidade da água é através das microbacias experimentais. O objetivo deste trabalho foi analisar os índices de precipitação, interceptação e evapotranspiração de povoamentos de eucalipto, bem como analisar o comportamento da relação entre vazão, evapotranspiração e precipitação efetiva na Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, localizada em Felixlândia, Minas Gerais. Foram utilizados um vertedouro triangular e um conjunto levelogger/barologger para medir a vazão. As precipitações foram medidas utilizando pluviômetros confeccionados em PVC e um pluviógrafo. Para medir a evapotranspiração, utilizou-se um evapotranspirômetro. Os índices pluviométricos ficaram próximos à média esperada para a região, atingindo valores próximos a 1200

mm. A interceptação da cultura do eucalipto para o período foi de aproximadamente 12% da precipitação externa. Não houve relação significativa entre vazão e evapotranspiração. Também não foi encontrada relação significativa entre vazão e precipitação efetiva, mostrando a complexidade dessa relação, indicando um efeito de retardamento da influência da precipitação na vazão. A vazão média para o período de estudo foi de 37,8 litros por segundo, alcançando índices de 18,3 litros por segundo para a época de estiagem e de 51,4 litros por segundo para época chuvosa.

ABSTRACT

GAMBA, Otavio Surian, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2011. **Analysis of flow in Eucalyptus plantations in the watershed of Riacho Fundo, Felixlândia, Minas Gerais.** Adviser: Herly Carlos Teixeira Dias. Co-advisers: Kelly Cristina Tonello and Helio Garcia Leite.

Among all the natural resources limiting the life of human beings, water is perhaps the most important and indispensable. Because of its cycle in the biosphere it is understood that this is an inexhaustible resource. However a fact that makes the water more and more important is that over time this natural resource that is scarce in some places. With this rapid growth is the concern of the impact that this growth can bring to the environment. One way to analyze the potential impacts of these activities on production and water quality is through the experimental watershed. The objective of this study was to analyze the levels of precipitation, interception and evapotranspiration of eucalyptus plantations, as well as analyze the behavior of the relationship between flow, evapotranspiration and effective precipitation in the Basin Creek of Riacho Fundo, based in Felixlândia, Minas Gerais. We used a triangular weir and a set levelogger / barologger to measure the flow. Rainfall was measured using rain gauges made of PVC and a recording rain gauges. The rainfall were close to average for the region, reaching values close to 1200 mm. The interception of the culture of eucalyptus for the period was approximately 12% of the external precipitation. There was no significant relationship between flow and evapotranspiration. There was also no significant

relationship between flow and effective precipitation showing the complexity of this relationship, indicating a delay effect of the influence of precipitation in the flow. The average flow for the period of study was 37.8 liters per second, reaching rates of 18.3 liters per second and the dry season and 51.4 liters per second for the rainy season.

1 INTRODUÇÃO

Entre os recursos naturais limitantes à vida do ser humano, a água talvez seja o mais importante e indispensável. Devido ao seu ciclo na biosfera, entende-se que este seja um recurso inesgotável. Porém, um fato que torna a água cada dia mais importante é que ao longo do tempo esse recurso natural está se tornando escasso em determinados locais.

Inúmeras atividades antrópicas interferem negativamente na manutenção da quantidade e qualidade da água. Entre essas atividades, os plantios florestais ganham destaque nessa interferência no ciclo hidrológico, pois, dependendo do manejo e das técnicas utilizadas, essa interferência na quantidade e qualidade da água pode ser minimizada ou em alguns casos ocorrer uma interferência positiva no ambiente.

Em 2010, a área ocupada por plantios florestais de *Eucalyptus* sp e *Pinus* sp no Brasil totalizou 6.510.693 ha, sendo 73,0 % correspondente à área de plantios de *Eucalyptus* e 27,0 % a plantios de *Pinus*. No período de 2005 a 2009, o reflorestamento de eucalipto teve um aumento de 19,2 %, com índices de crescimento anual por volta de 4,5 % (ABRAF 2010).

Com esse crescimento acelerado, fica a preocupação do impacto que pode trazer ao meio ambiente. Uma forma de analisar os possíveis impactos destas atividades sobre

a produção e a qualidade da água é através das microbacias experimentais. Estudos desta modalidade vêm sendo desenvolvidos desde o início do século passado em vários países e proporcionaram importantes informações sobre a fase terrestre do ciclo hidrológico, especialmente sobre os efeitos do uso da terra na qualidade e quantidade de água produzida nas microbacias (CÂMARA e LIMA, 1999).

A tendência é de que o gerenciamento dos recursos hídricos, na forma do manejo de bacias hidrográficas, se torne uma questão estratégica para todos os envolvidos no processo, desde produtores até os governos, no âmbito federal, estadual e municipal. É imprescindível o estudo dos possíveis impactos sobre os recursos hídricos decorrentes da utilização territorial desordenada (GUIMARÃES, 2000).

A precipitação assim como a vazão e evapotranspiração proporcionam as dimensões de entrada e saída de água da bacia. Essas variáveis são de grande importância quando se deseja estudar a influência do uso do solo e o manejo das florestas, desde a implantação, manutenção e colheita.

A Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo é uma sub-bacia inserida na Bacia do Rio São Francisco. A cabeceira dessa bacia está localizada no município de Felixlândia-MG e é utilizada integralmente para produção de eucalipto pela Zanini Florestal. Propôs-se à empresa Zanini, em 2005, um projeto de Manejo em Mosaico, composto por um corte raso ao final da primeira rotação e um corte em mosaico na segunda e terceira rotação. Desse modo, possibilita-se a avaliação do impacto de cada tipo de manejo pelo monitoramento de parâmetros hidrológicos.

Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo analisar os índices de precipitação e interceptação de povoamentos de eucalipto na Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, Felixlândia - MG, bem como analisar o comportamento da relação entre vazão e evapotranspiração e precipitação efetiva, na primeira etapa do projeto Manejo em Mosaico.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Ciclo Hidrológico

A água diferencia-se dos demais recursos naturais pela notável propriedade de renovar-se continuamente, graças ao ciclo hidrológico (STUDART, 2003).

O ciclo hidrológico é o princípio unificador fundamental de tudo o que se refere à água no planeta (TUCCI, 2001), sendo este o modelo pelo qual se representam a interdependência e o movimento contínuo da água nas fases sólida, líquida e gasosa. Evidentemente, a fase de maior interesse é a líquida, que é fundamental para o uso e para satisfazer as necessidades do homem e de todos os outros organismos, sejam eles animais ou vegetais (TUNDISI, 2003).

Embora o movimento cíclico da água não tenha princípio nem fim (STUDART, 2003), costuma-se iniciar seu estudo descritivo pela evaporação da água dos oceanos e da superfície continental, onde se torna parte da atmosfera. A umidade atmosférica precipita-se tanto nos oceanos como nos continentes. Nestes, a água precipitada pode ser interceptada pela vegetação, escoar pela superfície dos terrenos, ou infiltrar-se no solo, de onde pode ser utilizada pelas plantas. Assim, o ciclo da água envolve vários e complexos processos hidrológicos, tais como a evaporação, precipitação, interceptação, transpiração, infiltração, percolação e escoamento superficial (TUCCI, 2001).

2.2 Bacia Hidrográfica

Bacias hidrográficas são unidades geográficas naturais e seus limites foram criados pelo escoamento das águas sobre a superfície, ao longo do tempo (EMBRAPA, 2001). As bacias podem ser representadas tanto por pequenas áreas, as bacias hidrográficas de um pequeno córrego, quanto por grandes áreas, as bacias de grandes rios (VALENTE e DIAS, 2001). É uma unidade física bem caracterizada, correspondente a uma área de terra drenada por um curso d'água e limitada perifericamente pelos divisores de águas (VALENTE e CASTRO, 1981).

Os conceitos de bacia e sub-bacias relacionam-se a ordens hierárquicas dentro de uma determinada malha hídrica (FERNANDES e SILVA, 1994; SOUZA e FERNANDES, 2000). Cada bacia hidrográfica se interliga com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. Portanto, os termos bacia e sub-bacias hidrográficas são relativos (SOUZA e FERNANDES, 2000).

Segundo Brasil (2004), é de suma importância que se determine a bacia hidrográfica como a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Para Valente e Castro (1981), as bacias hidrográficas são ótimas unidades para estudo e planejamento integrado dos recursos naturais renováveis e constituem unidades naturais para a análise de ecossistemas. Elas apresentam características próprias, que permitem utilizá-las para testar os efeitos do uso da terra nos ecossistemas. Os cursos d'água formados numa bacia servem como indicadores da ação do homem sobre o solo. Assim, os rios que drenam uma região apresentam suas águas com características físico-químicas próprias, que refletem as atividades de uso de solo nas áreas a montante (FERNANDES e SILVA, 1994). O planejamento de uso dos recursos naturais em termos de sustentabilidade requer inicialmente a organização e a disponibilização de informações sobre o ambiente. Aspectos de clima, solo, vegetação, entre outros, determinam os níveis de preservação ambiental. Pelo estudo dos solos, pode-se facilmente reconhecer e estratificar estes ambientes que ocorrem na paisagem (RESENDE e REZENDE, 1983).

O planejamento de uso de uma bacia hidrográfica bem como as ações de manejo têm seus níveis de eficiência regulados pelo grau de conhecimento que se dispõe do sistema a ser manejado ou gerenciado. O conhecimento da estrutura e do funcionamento do ecossistema fornecerá indicações sobre onde, quando e como uma determinada medida de manejo ambiental deve ser implementada (PAVANELLI, 1996).

Para Souza e Fernandes (2000), o gerenciamento eficaz de bacias hidrográficas requer, antes de tudo, um processo de planejamento socioeconômico ambiental dessas unidades, a fim de buscar soluções que se enquadrem dentro dos limites da capacidade de suporte ambiental delas. Dessa forma, são fundamentais a caracterização e o conhecimento da capacidade de suporte, dos riscos ambientais e dos objetivos de qualidade ambiental inerentes às unidades socioeconômicas (comunidades, produtores e famílias rurais) inseridas na sub-bacia hidrográfica.

2.3 Evapotranspiração

Segundo Lima (1986), evapotranspiração é o conjunto de perdas evaporativas de uma dada área, sendo que, em média, 70% da precipitação retorna à atmosfera através da evapotranspiração.

Segundo Allen et al. (1998), os principais fatores que interferem na evapotranspiração são: parâmetros meteorológicos, características da cultura e gestão e manejo do meio ambiente. Os principais parâmetros meteorológicos são: radiação solar, temperatura, umidade do ar e velocidade do vento. As principais características da cultura que interferem na evapotranspiração são: tipo da cultura, variedade e fase de desenvolvimento. Já para o manejo e gestão ambiental, Allen et al. (1998) citam como fatores que interferem na evapotranspiração, o tipo de solo, fertilidade, salinidade, compactação, além de pragas e doenças, densidade de plantas e a disposição de água no solo. A evapotranspiração pode ser calculada a partir de dados de energia solar, velocidade do vento, temperatura do ar e outros dados de clima (LIMA, 1986).

Numa bacia hidrográfica florestada, além da transpiração, as perdas de água ocorrem também por evaporação direta da água do solo, das superfícies líquidas e de qualquer outra superfície. No balanço hídrico do sistema é, muitas vezes, desnecessário diferenciar cada processo envolvido, e o termo evapotranspiração compreende as perdas

evaporativas pela bacia como resultado do crescimento das plantas, cuja quantificação pode resultar da análise conjunta da precipitação e do deflúvio na bacia hidrográfica durante determinado período (LIMA, 1986).

Para computar a evaporação e a transpiração da biomassa florestal, é de uso prático agrupá-las como evapotranspiração. Rizzi (1982) comenta que a transpiração dos povoamentos florestais é elevada, porém deve-se salientar que a transpiração em ambientes florestados possa ser compensada pela contenção da umidade por mais tempo no solo.

A evaporação possui fatores que intervêm na sua intensidade. Entre eles, o grau de umidade relativa do ar atmosférico e o vento são os principais fatores. Quanto maior o grau de umidade, menor a intensidade de evaporação. Já o vento aumenta a intensidade da evaporação por afastar da proximidade das superfícies de evaporação as massas de ar de elevado grau de umidade. Mas a temperatura, a radiação solar e a salinidade da água também influem na quantidade de água evaporada (GARCEZ e ALVAREZ, 1988).

Segundo Garcez e Alvarez (1988), a umidade do solo na zona das raízes também influencia a transpiração das plantas, sendo dependente da natureza do solo, da sua umidade, do nível do lençol freático e do regime das precipitações.

O conceito de evapotranspiração potencial foi introduzido por Thornthwaite e é definido como a evapotranspiração que ocorre na parte central de uma área extensa de vegetação rasteira, cobrindo totalmente o solo onde a disponibilidade de água não seja fator limitante. Porém, este conceito, como originalmente definido, não se aplica a algumas situações. Em bacias hidrográficas florestadas, por causa da influência da espécie florestal, da altura da cultura, de seu sistema radicular, do seu sistema radicular, entre outros, o conceito descrito acima não se aplica (LIMA, 1986).

2.4 Precipitação

Precipitação é toda água líquida ou sólida que atravessa a atmosfera em direção à superfície terrestre. É o fenômeno de ligação entre a fase atmosférica e a fase terrestre

do ciclo hidrológico e constitui a entrada (input) no sistema hidrológico. A precipitação pode ser dividida em garoa, chuva, neve, granizo e orvalho (LIMA, 1986).

Segundo Garcez e Alvarez (1988), as precipitações atmosféricas representam, no ciclo hidrológico, importante elo entre os fenômenos meteorológicos propriamente ditos e os do escoamento superficial.

O regime pluviométrico está determinado principalmente por chuvas de natureza ciclônica e por influência de relevos montanhosos. A floresta nesse caso representa influência secundária. A floresta pode exercer retardamento na locomoção de camadas de ar saturadas de umidade próxima à saturação, sendo mais significativo em relevos montanhosos (RIZZI, 1982).

Rizzi (1982) afirma que o vapor de água contido na atmosfera também contribui para a precipitação. A água evaporada fica em temperatura mais elevada em relação ao ar que a rodeia. Sendo assim, essa água evaporada atinge o estado de saturação devido ao resfriamento do ar ou, então, pela grande quantidade de evaporação das superfícies líquidas. O excesso de vapor de água provoca condensação. Quando o vapor de água se condensa sobre o solo, tronco ou folhas mais frios, com temperatura superior a 0° C, tem-se o orvalho. Quando a temperatura do solo está abaixo de 0° C, tem-se a geada (MOLCHANOV, 1971).

A água vinda da precipitação que alcança o solo da floresta denomina-se precipitação efetiva, podendo chegar ao solo por precipitação direta, por escoamento pelo tronco ou gotejamento de água no solo. No escoamento pelo tronco, no entanto, o excesso que escoar só ocorre após encharcar o tronco. É importante conhecer essas parcelas, pois assim é possível saber a quantidade de água que evapora antes de chegar ao solo (LIMA 1996).

2.4.1 Precipitação Interna

A precipitação interna refere-se à quantidade de água que atravessa o dossel da vegetação pela lavagem das copas e espaços entre as copas. Segundo Lima (1996), precipitação interna é a chuva que atinge o piso florestal, incluindo gotas que passam diretamente pelas aberturas existentes entre as copas e gotas que respingam. A

precipitação interna geralmente apresenta maior variabilidade que a precipitação externa e, assim, um maior número de pluviômetros é necessário para sua medição.

Além de características da precipitação externa como intensidade, ângulo e duração da chuva, muitos aspectos inerentes à tipologia florestal podem também afetar a precipitação interna. Por exemplo, a maior densidade da copa pode exercer influência direta nos valores de precipitação interna por aumentar a interceptação (JORDAN e HEUVELDOP, 1981).

Em termos gerais, pode-se concluir que, em florestas tropicais, 75% a 96% das precipitações se transformam em precipitação interna, entre 1% e 2% são convertidas em escoamento pelo tronco e entre 4,5% e 24% são interceptadas pelas copas das árvores (BRUIJNZEEL, 1990). Segundo estudos em fragmento de floresta estacional semidecidual, a floresta, através da precipitação interna e escoamento pelo tronco, influenciou o pH e aumentou, consideravelmente, a condutividade elétrica, a turbidez e a cor da água da chuva que atingiu o solo das florestas (SOUZA, et al. 2007).

2.4.2 Escoamento pelo tronco

O escoamento pelo tronco é a fração da chuva retida temporariamente pelas copas juntamente com aquela que atinge diretamente os troncos e que posteriormente escoam pelo tronco das árvores, chegando ao solo (OLIVEIRA JUNIOR e DIAS, 2005).

Apesar de aparentemente pequeno em relação à precipitação total incidente acima do dossel, o escoamento pelo tronco não deve ser negligenciado, pois sua influência na velocidade e quantidade de água que atinge o solo florestal permite boa infiltração da água da chuva no solo, além de reduzir a incidência de escoamento superficial (OLIVEIRA et al., 2008).

Vários fatores podem interferir no escoamento pelo tronco, tais como: intensidade, ângulo e duração da precipitação, densidade de copa, estratificação das copas, diversidade de espécies e idade da cultura (OLIVEIRA JUNIOR 2006).

Apesar de o escoamento pelo tronco corresponder a um pequeno percentual da precipitação total, alguns autores consideram o volume escoado pelo tronco um mecanismo de autoabastecimento resultante da distribuição localizada e significativa ao

redor dos troncos, principalmente durante o período seco (PRICE, 1982). O auto-abastecimento exerce efeito sobre a qualidade da água que entra no solo. O volume de água recebido nas proximidades dos troncos chega a ser cinco vezes superior àquele recebido por áreas mais distantes (NAVAR e BRYAN, 1990).

2.4.3 Precipitação efetiva

A precipitação efetiva corresponde à quantidade de água de chuva que chega ao solo via precipitação interna e escoamento pelo tronco. A quantidade de água resultante desses dois fluxos hídricos corresponde à água do solo que vai contribuir para a absorção pelas raízes e transpiração das plantas e também para o abastecimento dos rios (ARCOVA et al., 2003).

A quantidade de água dos processos que compõem a precipitação efetiva, ou seja, precipitação interna e escoamento pelo tronco dependem de fatores relacionados tanto com a vegetação quanto com as condições climáticas nas quais a floresta está inserida (LEOPOLDO e CONTE 1985).

Segundo Jordan e Heuveloup (1981), a intensidade, o ângulo, frequência e duração são as características da chuva que mais influenciam a precipitação efetiva.

2.5 Intercepção de chuva pelo dossel

Segundo Lima (1976), intercepção é o processo pelo qual a água da chuva é temporariamente retida pelas copas das árvores, sendo, posteriormente, redistribuída em direção ao solo, escoando pelo tronco ou voltando para atmosfera através da evaporação.

A quantidade de chuva interceptada por um ecossistema é influenciada por fatores ligados às características da precipitação, condições climáticas, tipo e densidade da vegetação e período do ano (SAMBA et al., 2001; TUCCI, 2001).

Segundo Tucci (2001), pequenas precipitações (< 0,3 mm) podem ser totalmente interceptadas por uma floresta, sendo a folhagem a grande responsável pela maior parte da intercepção, embora a disposição dos troncos possa contribuir significativamente para a retenção da água. Nalon & Vellardi (1993) verificaram que a taxa de

interceptação é maior para um período caracterizado por apresentar chuva de baixa magnitude, intensidade e frequência.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do Riacho Fundo deságua na Represa de Três Marias, contribuinte do Rio São Francisco. A área de drenagem da cabeceira onde está localizado o experimento está integralmente localizada em terras da Zanini Florestal no município de Felixlândia, Minas Gerais (Figuras 1 e 2), nas coordenadas geográficas: 18° 75' 77" S e 44° 89' 88" O. Essa bacia em estudo tem uma área de 719,9 ha divididos entre plantios florestais (588,20 ha), área de cerrado (70,90 ha) e estradas (60,80 ha).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região se caracteriza por ser úmido mesotérmico, com moderada deficiência de água no inverno (Aw), sendo a vegetação natural predominante constituída por cerrado tropical subcaducifólio. Apresenta precipitação média anual de 1235 mm, com temperatura média máxima anual de 25,3 °C e mínima anual de 15,5 °C (CARMO et al., 2002).

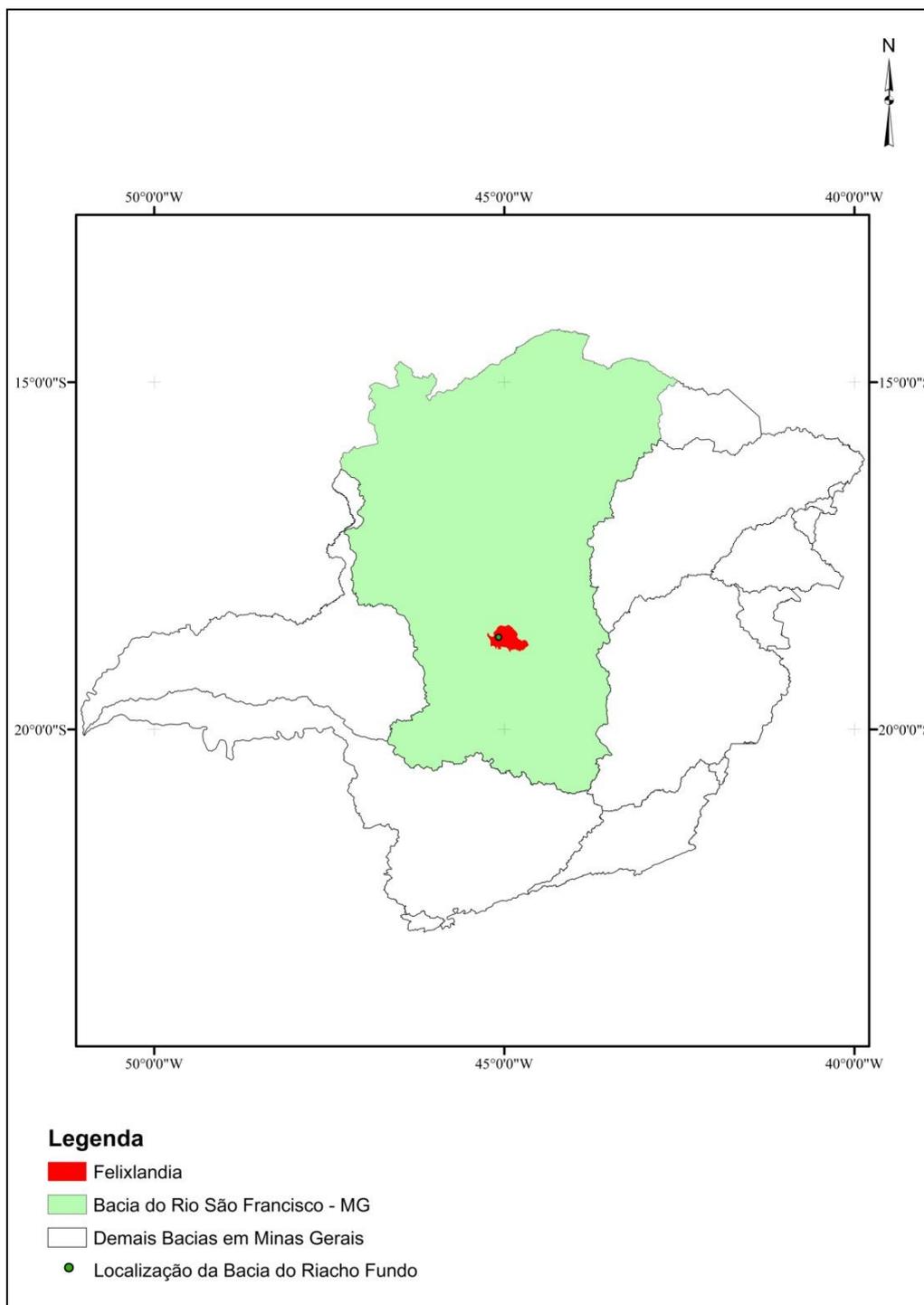


Figura 1 - Localização do município de Felixlândia na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, Estado de Minas Gerais.

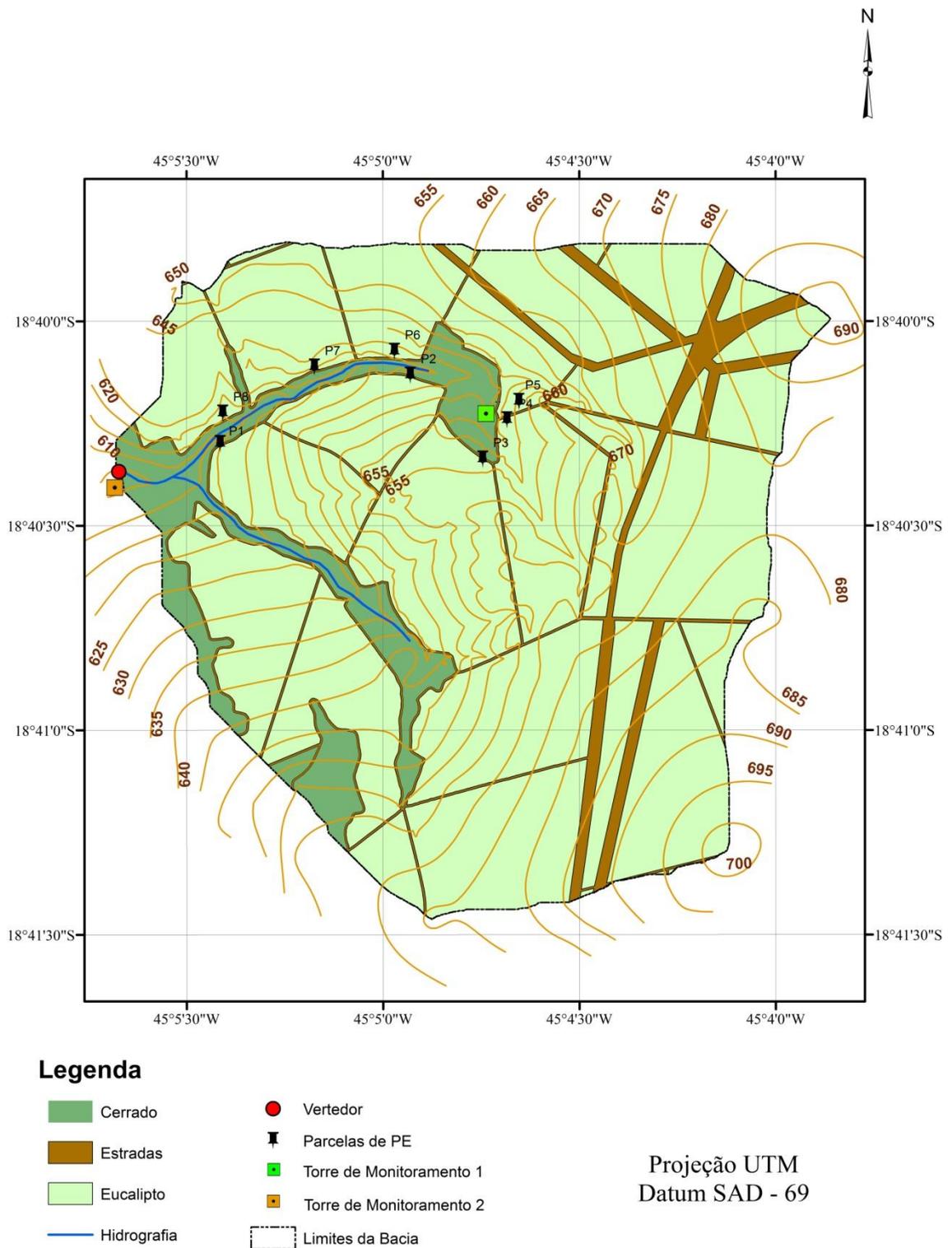


Figura 2 - Uso, ocupação do solo, distribuição das parcelas experimentais ao longo da bacia, o vertedouro e as torres de monitoramento na Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, Felixlândia - MG, 2007.

3.2 Caracterização Física da Bacia Hidrográfica

As características físicas da área de estudo foram obtidas por meio de informações digitais fornecidas pela Zanani Florestal, processadas no Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa. Os índices morfométricos indicam que a bacia estudada é de ordem 2, (STRAHLER, 1957) tem formato intermediário entre circular e alongado, apresenta baixa rede de drenagem com padrão dendrítico e orientação noroeste (Quadro 1).

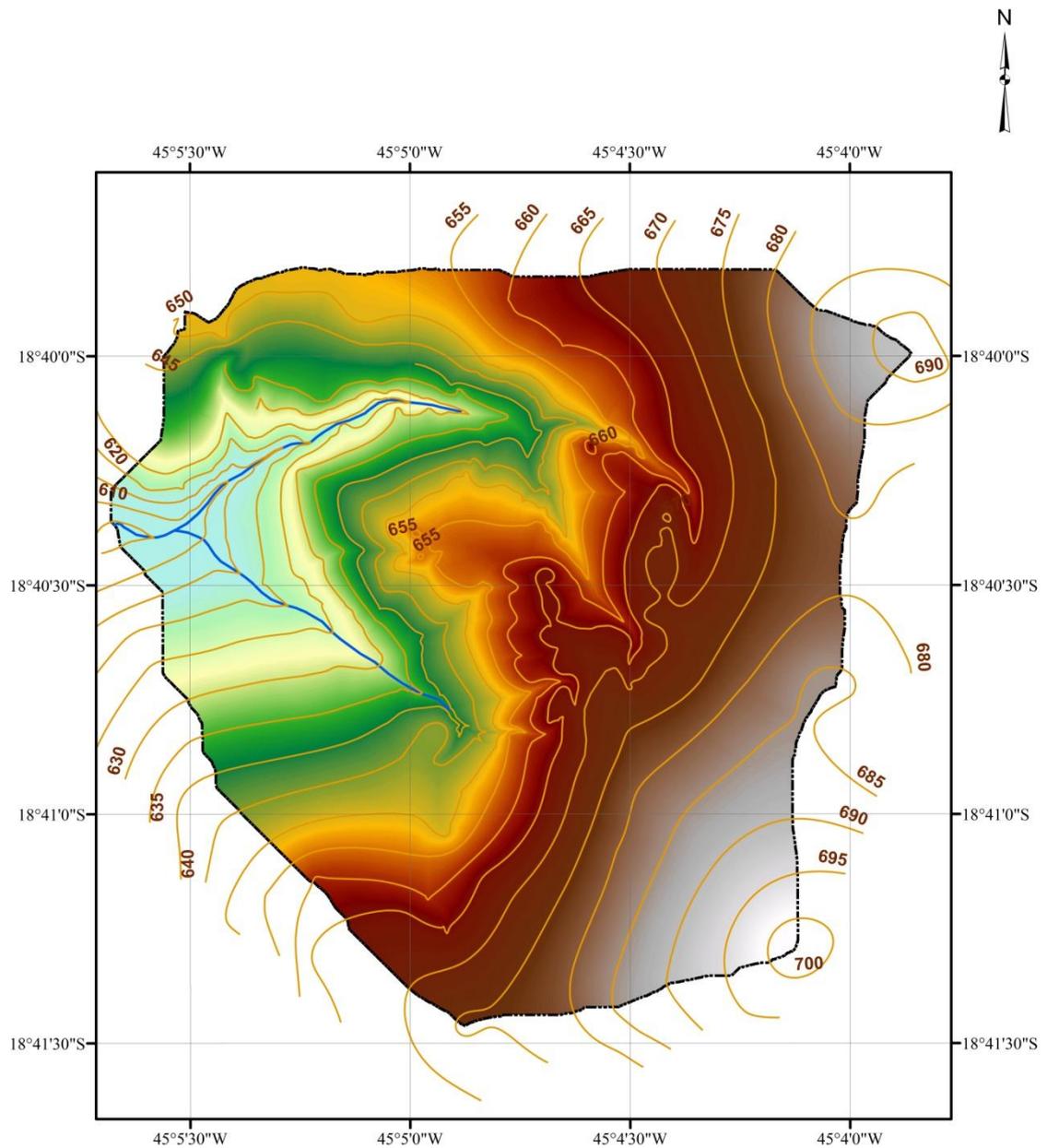
A altitude na bacia do Riacho Fundo varia entre 604,5 a 701,0 m com amplitude de 96,5 m e altitude média de 657,5 metros. As Figuras 3 e 4 ilustram, respectivamente, o Modelo Digital de Elevação e o mapa de Declividade da Bacia.

Quadro 1 - Características físicas da bacia hidrográfica do Riacho Fundo, Felixlândia, MG.

Características geométricas	Valores
Área de drenagem (A)	7199213 km ²
Perímetro (P)	12,826 km
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,338
Fator de forma (F)	0,678
Índice de circularidade (IC)	0,550
Padrão de drenagem	Dendrítico

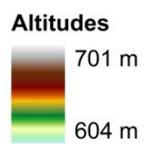
Características do relevo	
Orientação	Noroeste
Declividade mínima	0%
Declividade média	4,45%
Declividade máxima	56,75%
Altitude mínima	604,5 m
Altitude média	657,6 m
Altitude máxima	701,1 m
Declividade média do maior curso d'água	0,021 m/m

Características da rede de drenagem	
Comprimento total dos canais (Lt)	2,92 km
Comprimento do canal principal (Lp)	1,60 km
Ordem da bacia	2
Densidade de drenagem (Dd)	0,405 km/km ²



Legenda

-  Hidrografia
-  Limites da Bacia



Projeção UTM
Datum SAD-69

Figura 3 - Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente da Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, Felixlândia - MG, 2007.

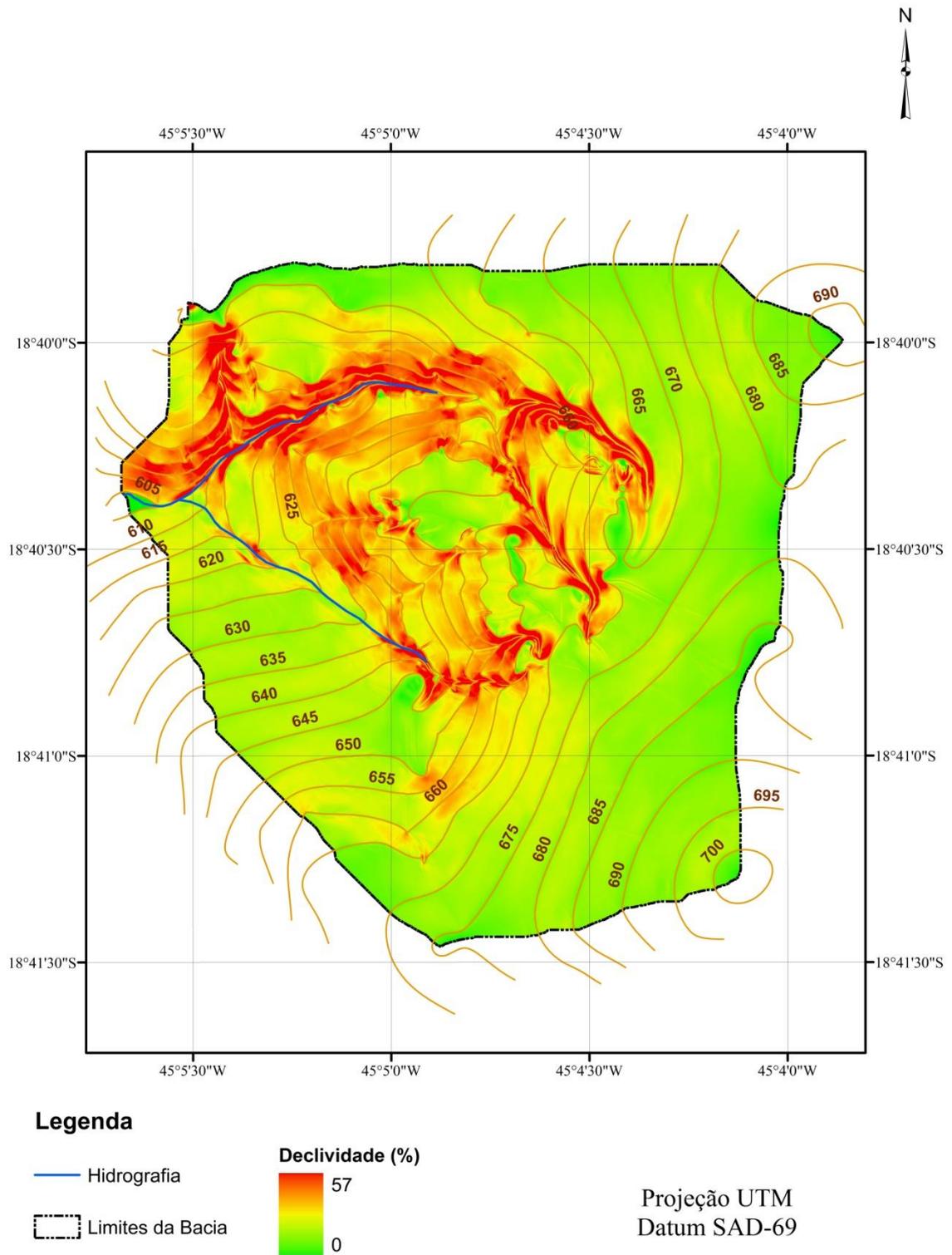


Figura 4 - Declividades da Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, Felixlândia - MG, 2007.

3.3 Mensuração dos processos hidrológicos

3.3.1 Vazão

Para a mensuração da vazão, foi construído na foz da bacia um vertedouro triangular juntamente com a instalação de um conjunto levellogger/barologger (Figuras 5 e 6), possibilitando a coleta de dados em diferentes escalas de tempo, com precisão da altura da lâmina d'água. O vertedouro foi construído seguindo a norma técnica de medição de vazão de efluentes líquidos – escoamento livre (CPRH N.200), sendo a equação para vertedouros triangulares $Q = 1,4 * H^{5,2}$, em que Q é m^3/s e H é a altura da lâmina d'água em metros a partir do vértice do triângulo.

A leitura dos dados do levellogger foi feita pela conexão do dispositivo com um computador, utilizando o software do aparelho previamente instalado. Os dados de saída foram processados, sendo utilizados como variável na equação de vazão dos vertedouros triangulares descritos acima. Os dados foram lidos e armazenados a cada mês, de agosto de 2008 a abril de 2011.

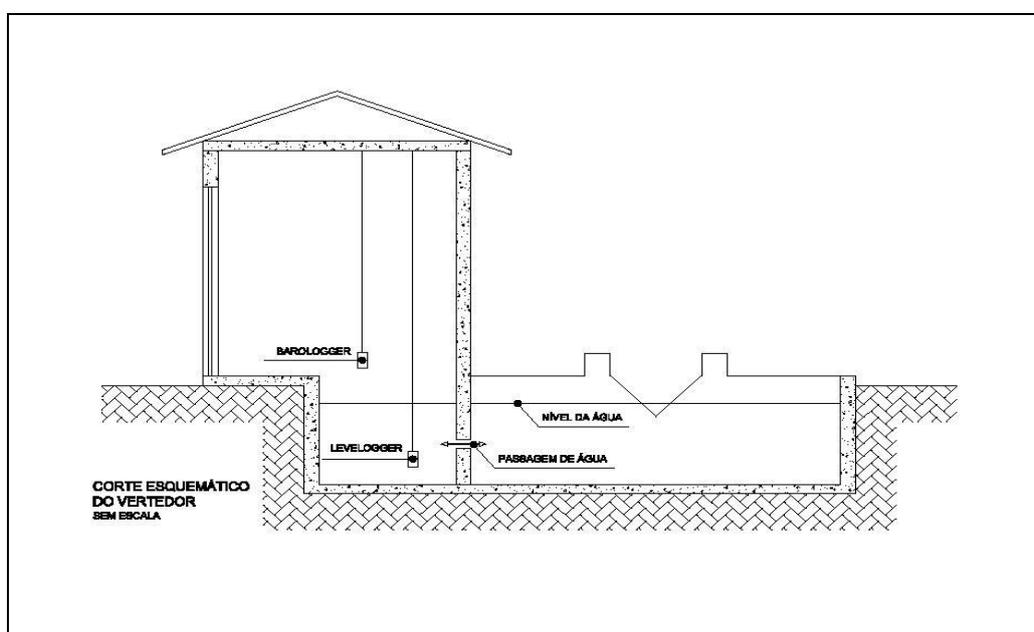


Figura 5 - Desenho esquematizando o vertedouro com o conjunto levellogger/barologger localizado na Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, onde está instalado o Levellogger. Felixlândia - MG, 2011.



Figura 6 - Vertedouro triangular localizado na foz da Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, onde está instalado o Levellogger. Felixlândia - MG, 2011.

3.3.2 Evapotranspiração

A evapotranspiração potencial (ETP_i) da cultura foi calculada pelo método da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) (DOORENBOS e PRUITT, 1976), sendo $ETP_i = ET_0 \times K_c$, em que ET_0 é a evapotranspiração de referência (mm) e K_c é o coeficiente de cultura para espécies florestais (adimensional). Considerando taxas de evapotranspiração potencial de referência próximas de 1000 mm encontradas em Minas Gerais por Lemos Filho (2006), e optando-se pelo maior consumo de espécies florestais na Amazônia, com índices de até 1800 mm por ano encontrados na região amazônica por Moraes et al. (2005), pode ser feita uma relação Evapotranspiração florestal / evapotranspiração potencial igual a 1,8. Adotou-se arbitrariamente o valor 2 como o K_c do eucalipto.

A evapotranspiração de referência foi medida utilizando-se dois evapotranspirômetros Soil Control, modelo JR-200mm, instalados em duas minitorres de observação de oito metros de altura, dentro da Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo (Figura 7).

Para determinação da evapotranspiração de referência do período, cada leitura foi subtraída da leitura anterior. Os dados foram coletados duas vezes por semana entre março de 2009 a maio de 2011.



Figura 7 - Minitorre (A) localizada próxima ao vertedouro onde estão instalados o pluviômetro (B) e o evapotranspirômetro (C), Felixlândia - MG, 2009.

3.3.3 Precipitação externa

A precipitação externa foi mensurada através de dois pluviômetros confeccionados em PVC, com abertura de 100 mm de diâmetro, localizados nas minitorres distribuídas na bacia hidrográfica (Figura 8). Para a leitura, foi utilizada uma proveta graduada em mL e os valores convertidos em mm. As leituras foram registradas duas vezes por semana entre janeiro de 2009 a maio de 2011. A partir de novembro de 2009, foi instalado um pluviógrafo Irriplus, modelo P300, em uma das torres para aumentar a precisão dos dados de precipitação externa. Para a leitura e armazenamento dos dados do pluviógrafo, foi utilizado um computador portátil com o software do pluviógrafo disponibilizado pelo fabricante. Os dados do pluviógrafo foram lidos e armazenados uma vez por mês entre novembro de 2009 a maio de 2011.



Figura 8 - Minitorre (A) onde estão instalados um pluviômetro, evapotranspirômetro (B) e um pluviógrafo (C). Felixlândia - MG, 2009.

3.3.4 Precipitação efetiva

A precipitação efetiva (PE) foi calculada pela soma da precipitação interna (PI) com o escoamento pelo tronco (ET), como mostra a equação:

$$PE \text{ (mm)} = PI \text{ (mm)} + ET \text{ (mm)}$$

3.3.4.1 Precipitação interna

Para quantificar a precipitação interna, foram instaladas oito parcelas de 136,5 m² na bacia hidrográfica do Riacho Fundo. Dentro de cada parcela, foram instalados doze pluviômetros confeccionados em PVC com área de captação de 176,71 cm², seis

entre as linhas de plantio e seis na linha de plantio espaçado 3,5 m por 3,90 m, como ilustram as Figuras 9 e 10. Para a leitura, foi utilizada uma proveta graduada em mL. As leituras foram registradas duas vezes por semana entre janeiro de 2008 e maio de 2011.

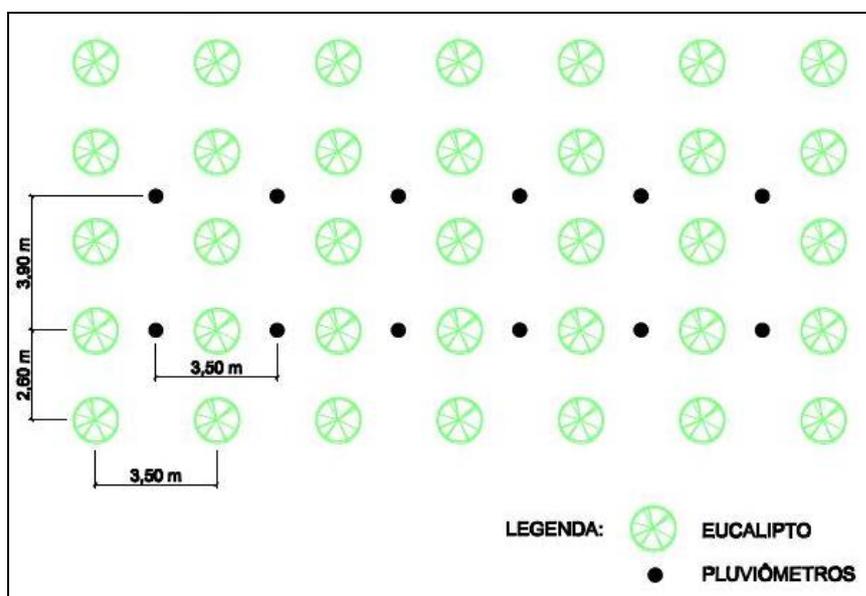


Figura 9 - Esquema das parcelas para quantificar a precipitação interna nos talhões, Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, Felixlândia - MG, 2011.



Figura 10 - Pluviômetros para quantificar a precipitação interna na Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, Felixlândia - MG, 2009.

3.3.4.2 *Escoamento pelo tronco*

Para estimar o escoamento pelo tronco, foi utilizada a equação $E_t = -0,060 + 0,053 (P_{ext})$, em que P_{ext} é a precipitação externa, desenvolvida por Lima (1976), que explica estatisticamente a relação entre precipitação externa e escoamento pelo tronco no nível de 89%.

3.3.5 *Interceptação de chuva pelo dossel*

As perdas por interceptação foram obtidas pela diferença entre a precipitação externa e a precipitação efetiva, de acordo com a equação $I = P_{ext} - PE$, em que I é a interceptação (mm), P_{ext} é a precipitação externa (mm) e PE é a precipitação efetiva (mm).

3.4 Análises estatísticas

Os dados obtidos neste estudo foram analisados por meio de estatísticas descritivas e análise de regressão. Para isto, foi utilizado o software Statistica, versão 7 da Statsoftware.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Precipitação externa

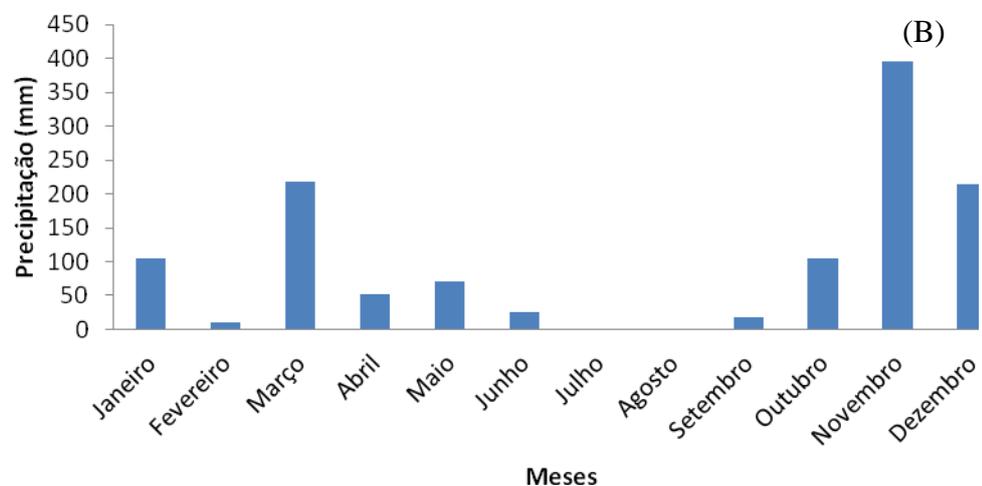
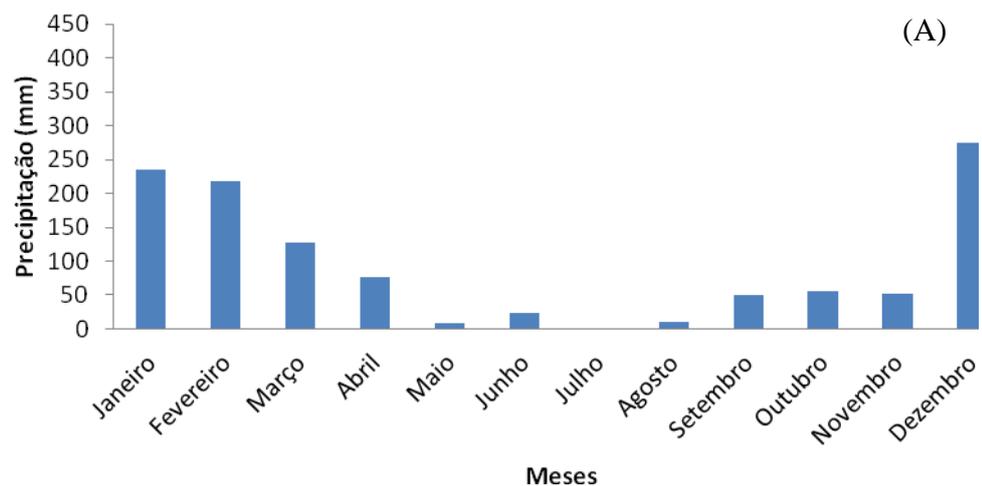
Em janeiro de 2009, devido a danos nos equipamentos de monitoramento de precipitação, não foi possível o registro das informações desse mês. Por isso, optou-se por utilizar a média mensal para a região, disponibilizada pelo Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais (SIMGE). Para o ano de 2009, observa-se na Figura 11 uma distribuição das chuvas de maior relevância entre os meses de janeiro a abril. No período de maio a novembro, foram registradas chuvas escassas, não ultrapassando 60 mm mensais, totalizando 200 mm. No mês de dezembro, a precipitação voltou a atingir valores elevados, alcançando 273,8 mm, indicando início de novo período chuvoso.

No ano de 2009, a precipitação anual encontrada na bacia foi de 1131 mm, ficando um pouco abaixo da média observada para a região, que, segundo Carmo et al. (2002), tem uma precipitação média de 1235 mm.

Em 2010 (Figura 11), a distribuição das chuvas foi mais irregular, com dois períodos distintos, com chuvas de maiores volumes de janeiro a março e de outubro a dezembro. O total precipitado no ano de 2010 foi de 1214 mm, superando em quantidade o ano anterior e chegando muito próximo da média anual esperada para a região, de 1200 mm.

Os dados do pluviômetro da Torre 1 apresentaram problemas a partir de janeiro de 2010, pois foi identificado um vazamento no equipamento, por isso foram descartados os dados fornecidos por ele, tendo sido utilizados para o cálculo das médias mensais os dados observados no pluviógrafo da Torre 1 e no pluviômetro da Torre 2.

Para o ano de 2011, a precipitação entre janeiro e maio apresentou a mesma tendência dos anos anteriores, com valores elevados ao longo desses meses, com aproximadamente 679 mm, atingindo nos quatro primeiros meses mais da metade da média anual para a região (Figura 11). Espera-se que, mantida a distribuição das chuvas como nos anos anteriores, o total precipitado possa ultrapassar a média anual de 1235 mm.



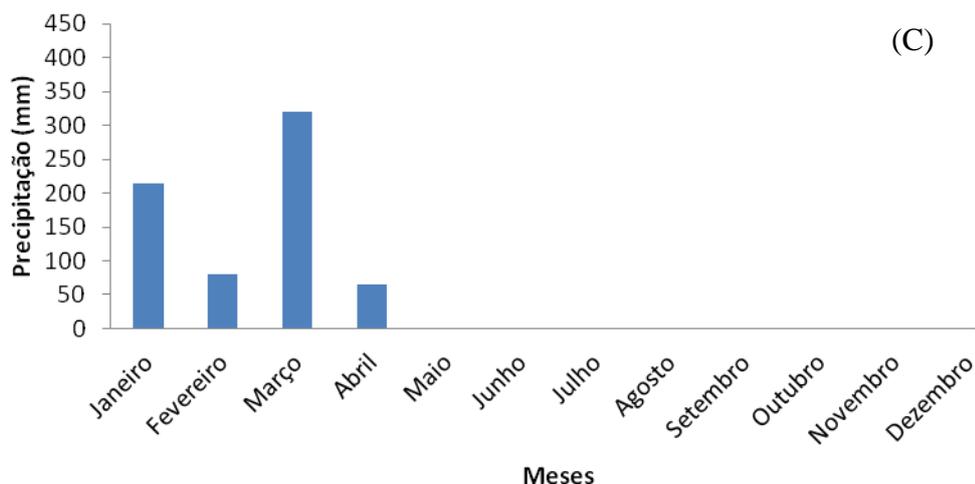


Figura 11 - Distribuição da Precipitação externa nos anos de 2009 (A), 2010 (B) e 2011 (C), na Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, Felixlândia - MG.

4.2 Precipitação interna, escoamento pelo tronco e precipitação efetiva

Na Tabela 1 são apresentados os dados de precipitação interna e informação sobre a época da colheita de cada talhão. Observa-se o início do corte dos talhões onde se encontravam as parcelas 1 e 6 em janeiro de 2008, seguido pela parcela 4 em março, pelas parcelas 2 e 5 em julho e pela de número 8 em agosto, finalizando o corte no ano 2008 com a parcela 7, faltando somente a parcela 3 para ser colhida.

No ano de 2009, as parcelas 1 e 5 foram remontadas, ao passo que a madeira da parcela 3 foi colhida a partir do mês de fevereiro, quando as parcelas 4 e 6 voltaram a ser utilizadas na medição da precipitação interna. As parcelas 2 e 7 foram remontadas nos meses de julho e agosto, respectivamente, e as parcelas 3 e 8 só foram restabelecida em setembro de 2010.

Em dezembro de 2009, a pedido da certificadora, foi necessário fazer um recuo de 50 m no talhão onde se encontrava a parcela 5, ficando ela indisponível para a coleta de dados entre o período de dezembro de 2009 a agosto de 2010. Cada parcela colhida deixou de ser incluída nas observações da precipitação média mensal, utilizando-se somente as parcelas funcionais no cálculo.

Tabela 1 - Precipitação interna (mm) e média mensal (mm) das oito parcelas na Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, Felixlândia - MG, ao longo dos anos de 2008, 2009, 2010 e 2011.

2008									
	P1	P2	P3	P4	P 5	P 6	P 7	P 8	Media
Janeiro	corte	257,8	262,6	258,4	273,0	corte	261,2	253,5	262,6
Fevereiro	corte	195,3	189,5	194,5	198,6	corte	194,1	194,3	194,4
Março	corte	217,0	230,1	Corte	235,2	corte	224,7	223,7	226,1
Abril	corte	33,1	36,3	Corte	35,5	corte	33,6	29,5	33,6
Maio	corte	0,0	0,0	Corte	0,0	corte	0,0	0,0	0,0
Junho	corte	0,0	0,0	Corte	0,0	corte	0,0	0,0	0,0
Julho	corte	corte	0,0	Corte	corte	corte	0,0	0,0	0,0
Agosto	corte	corte	0,0	Corte	corte	corte	0,0	corte	0,0
Setembro	corte	corte	8,0	Corte	corte	corte	7,6	corte	7,8
Outubro	corte	corte	0,0	Corte	corte	corte	corte	corte	0,0
Novembro	corte	corte	110,1	Corte	corte	corte	corte	corte	110,1
Dezembro	374,0	corte	350,7	Corte	383,9	corte	corte	corte	369,5
TOTAL									1204,1
2009									
	P1	P2	P3	P4	P 5	P 6	P 7	P 8	Media
Janeiro	11,1	Corte	12,7	Corte	12,8	Corte	Corte	Corte	12,2
Fevereiro	282,1	Corte	Corte	273,3	339,8	382,6	Corte	Corte	319,4
Março	150,5	Corte	Corte	160,2	164,2	170,4	Corte	Corte	161,3
Abril	108,5	Corte	Corte	97,8	101,7	96,5	Corte	Corte	101,1
Maio	11,0	Corte	Corte	7,8	10,0	14,4	Corte	Corte	10,8
Junho	19,2	Corte	Corte	16,5	19,2	20,3	Corte	Corte	18,8
Julho	0,0	0,0	Corte	0,0	0,0	0,0	Corte	Corte	0,0
Agosto	11,4	13,8	Corte	13,1	13,6	12,5	11,4	Corte	12,6
Setembro	59,6	57,2	Corte	60,6	65,0	57,8	58,6	Corte	59,8
Outubro	57,3	72,1	Corte	72,3	79,1	79,0	73,9	Corte	72,3
Novembro	66,5	51,1	Corte	41,9	44,2	61,3	62,2	Corte	54,5
Dezembro	238,1	241,9	Corte	238,3	Recuo	251,7	252,7	Corte	244,5
TOTAL									1067,3
2010									
	P1	P2	P3	P4	P 5	P 6	P 7	P 8	Media
Janeiro	94,0	106,6	Corte	92,0	Recuo	120,3	110,7	Corte	104,7
Fevereiro	5,9	7,6	Corte	10,0	Recuo	7,6	6,4	Corte	7,5
Março	210,9	194,6	Corte	187,9	Recuo	184,6	221,3	Corte	199,9
Abril	55,5	41,3	Corte	35,8	Recuo	42,0	50,7	Corte	45,1
Maio	43,5	42,9	Corte	40,3	Recuo	43,3	43,2	Corte	42,6
Junho	23,4	21,5	Corte	24,1	Recuo	26,2	19,8	Corte	23,0
Julho	0,0	0,0	Corte	0,0	Recuo	0,0	0,0	Corte	0,0
Agosto	0,0	0,0	Corte	0,0	Recuo	0,0	0,0	Corte	0,0

Setembro	14,3	13,5	12,4	14,2	11,8	13,7	13,9	8,0	12,7
Outubro	99,1	98,3	111,7	110,3	95,0	98,8	100,5	88,5	100,3
Novembro	348,2	349,2	361,1	347,7	338,3	367,6	370,5	337,3	352,5
Dezembro	195,6	192,3	181,0	174,6	167,2	199,5	214,8	197,5	190,3
TOTAL									1078,6
2011									
	P1	P2	P3	P4	P 5	P 6	P 7	P 8	Media
Janeiro	149,9	185,1	193,4	178,7	184,9	185,8	178,3	168,8	178,1
Fevereiro	80,2	52,1	48,8	44,2	38,6	53,9	70,0	83,1	58,9
Março	285,8	318,2	295,2	335,0	305,6	304,1	293,9	287,0	303,1
Abril	51,8	59,9	61,5	65,4	60,5	55,4	54,5	52,5	57,7
Maio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL									597,8

Segundo Lima e Nicolielo (1983), o escoamento pelo tronco é muito baixo quando comparado à precipitação externa. Helvey & Patric (1965) estimaram escoamento de 4% pelo tronco em relação à precipitação externa em florestas de folhosas mistas na região leste dos Estados Unidos. Lima (1976), trabalhando com eucalipto com idade próxima de sete anos, encontrou valores mensais por volta de 4% de escoamento pelo tronco e ajustou uma equação que explica a relação entre precipitação externa e escoamento pelo tronco.

Os resultados mensais de precipitação interna (P_i), escoamento pelo tronco (E_t) e da precipitação efetiva (P_e) bem como as porcentagens em relação à precipitação externa encontram-se na Tabela 2. Para alguns meses, principalmente no ano de 2009, foram encontrados valores maiores na precipitação interna em relação à externa. O que pode ter ocasionado esse problema seria a distribuição das chuvas na bacia, com maior precipitação nas parcelas de precipitação interna do que nas torres onde foram medidas as precipitações. Em experimentos de interceptação na Mata Atlântica, Moura et al. (2009) explicam os valores de precipitação interna superiores aos de precipitação externa em consequência da variabilidade espacial de chuva na bacia, ocasionada pela distância e diferença de altitude entre a parcela experimental e o pluviógrafo automático. Bega et al. (2005) encontraram redução da correlação entre os dados de chuva à medida que a distância entre os dois pontos aumentava.

Observa-se que o percentual de precipitação interna para o período em estudo foi de 93,4% quando comparado com a precipitação efetiva. Este resultado foi semelhante ao encontrado por Lima (1976), que foi de 95% para eucalipto e de 97% para *Pinus*. Balieiro et al. (2007) encontraram valores próximos a 79% em relação à precipitação externa, trabalhando também com eucalipto, valor muito próximo ao encontrado no presente trabalho. Comparando com outros estudos em fragmentos de Mata Atlântica, a porcentagem de precipitação interna encontrada foi pouco superior à encontrada por Arcova et al. (2003), que observaram valores próximos a 81,2%. Em trabalhos realizados na região Amazônica, Ferreira et al. (2005) encontraram valores variando de 74,2% a 92,9%, dependendo do tipo de manejo utilizado na exploração da floresta.

O escoamento pelo tronco teve valor médio de 5,0% da precipitação efetiva. Lima (1976) encontrou valores próximos a 4,2% de escoamento pelo tronco em trabalhos relacionados com eucalipto. Oliveira Junior e Dias (2005) encontraram valores de 1,7% para escoamento pelo tronco em trabalhos de interceptação na Mata Atlântica.

A precipitação efetiva teve seu maior valor no ano de 2008, atingindo valores de 1267 mm. Já para os anos seguintes, os valores não atingiram tais níveis, sendo 1126 mm em 2009, 1142 mm em 2010 e 635 mm entre janeiro e maio de 2011 (Figura 12).

Tabela 2 - Precipitação interna (Pi), escoamento pelo tronco (Et) e precipitação efetiva (Pe) na Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, Felixlândia - MG, ao longo dos anos de 2008, 2009, 2010 e 2011.

2008					
	Pi		Et		Pe (mm)
	(mm)	% de Pe	(mm)	% de Pe	
Janeiro	262,6	95,0	13,9	5,0	276,5
Fevereiro	194,4	95,0	10,2	5,0	204,6
Março	226,1	95,0	11,9	5,0	238,1
Abril	33,6	95,1	1,7	4,9	35,3
Maio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Junho	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Julho	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Agosto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Setembro	7,8	95,2	0,4	4,3	8,2

Outubro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Novembro	110,1	95,0	5,8	5,0	115,9
Dezembro	369,5	95,0	19,5	5,0	389,1
TOTAL	1204,1		63,4		1267,6
2009					
	Pi		Et		Pe
	(mm)	% de Pe	(mm)	% de Pe	(mm)
Janeiro	12,2	49,7	12,4	50,3	24,6
Fevereiro	319,4	96,5	11,5	3,5	330,9
Março	161,3	96,0	6,7	4,0	168,0
Abril	101,1	96,2	4,0	3,8	105,1
Maiο	10,8	96,1	0,4	3,9	11,2
Junho	18,8	94,0	1,2	6,0	20,0
Julho	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Agosto	12,6	96,4	0,5	3,6	13,1
Setembro	59,8	95,9	2,6	4,1	62,4
Outubro	72,3	96,2	2,9	3,8	75,2
Novembro	54,5	95,3	2,7	4,7	57,2
Dezembro	244,5	94,4	14,5	5,6	259,0
TOTAL	1067,5		59,3		1126,8
2010					
	Pi		Et		Pe
	(mm)	% de Pe	(mm)	% de Pe	(mm)
Janeiro	104,7	95,0	5,5	5,0	110,2
Fevereiro	7,5	94,1	0,5	5,9	8,0
Março	199,9	94,6	11,5	5,4	211,3
Abril	45,1	94,4	2,7	5,6	47,7
Maiο	42,6	92,0	3,7	8,0	46,4
Junho	23,0	94,6	1,3	5,4	24,3
Julho	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Agosto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Setembro	12,7	93,6	0,9	6,4	13,6
Outubro	100,3	94,8	5,5	5,2	105,8
Novembro	352,5	94,4	20,9	5,6	373,4
Dezembro	190,3	94,4	11,3	5,6	201,6
TOTAL	1078,6		63,7		1142,3
2011					
	Pi		Et		Pe
	(mm)	% de Pe	(mm)	% de Pe	(mm)
Janeiro	178,1	94,0	11,3	6,0	189,4
Fevereiro	58,9	93,4	4,2	6,6	63,0
Março	303,1	94,7	16,9	5,3	320,0
Abril	57,7	94,4	3,4	5,6	61,1
Maiο	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	597,8		35,7		633,5

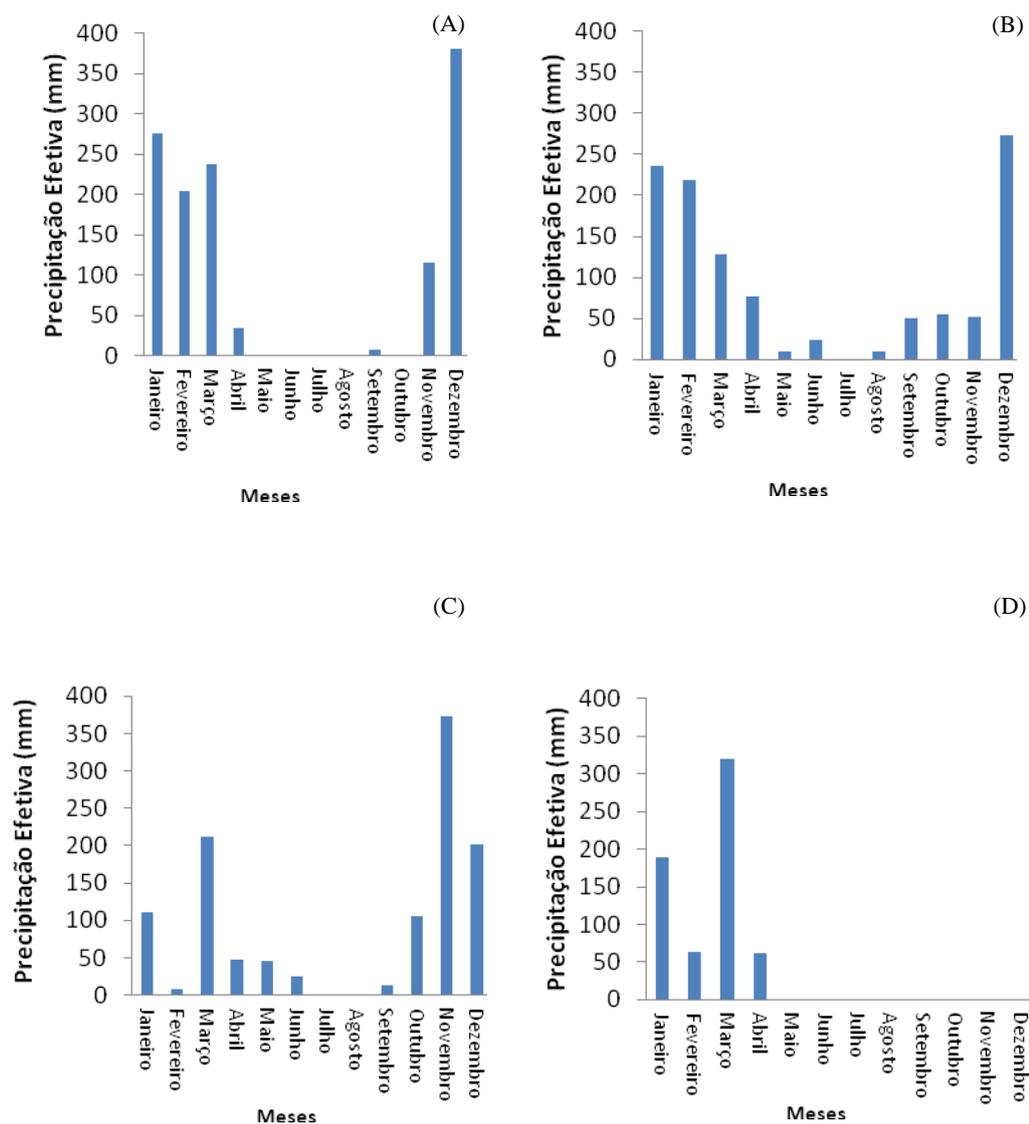


Figura 12 - Precipitação efetiva média entre as parcelas nos anos de 2008 (A), 2009 (B), 2010 (C) e 2011 (D), na Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, Felixlândia - MG, 2011.

Utilizando 49 eventos de chuva, foi obtida uma relação funcional entre precipitação externa e precipitação efetiva. Foi gerada uma equação através de uma regressão linear simples (Figura 13), desta forma obteve-se a estimativa da precipitação efetiva a partir dos dados de precipitação externa.

Para calcular a porcentagem de interceptação de água da chuva pelo eucalipto, foram utilizados 48 eventos de chuva, totalizando 1666,6 mm de precipitação externa e

1459,4 mm de precipitação efetiva. Com isso, 207,3 mm foram interceptados, totalizando 12,4% da precipitação externa. Lima (1976) encontrou, em estudo similar, 12,2 % para eucalipto e 6,6% para *Pinus*. Almeida e Soares (2003), em trabalho com eucalipto, observaram interceptação próxima a 11%. Oliveira Junior e Dias (2005) encontraram 18,3% em fragmentos de Mata Atlântica, e Ferreira et al. (2005), em trabalhos na região Amazônica, encontraram interceptações variando de 8,9% a 25,6%, dependendo do uso da floresta.

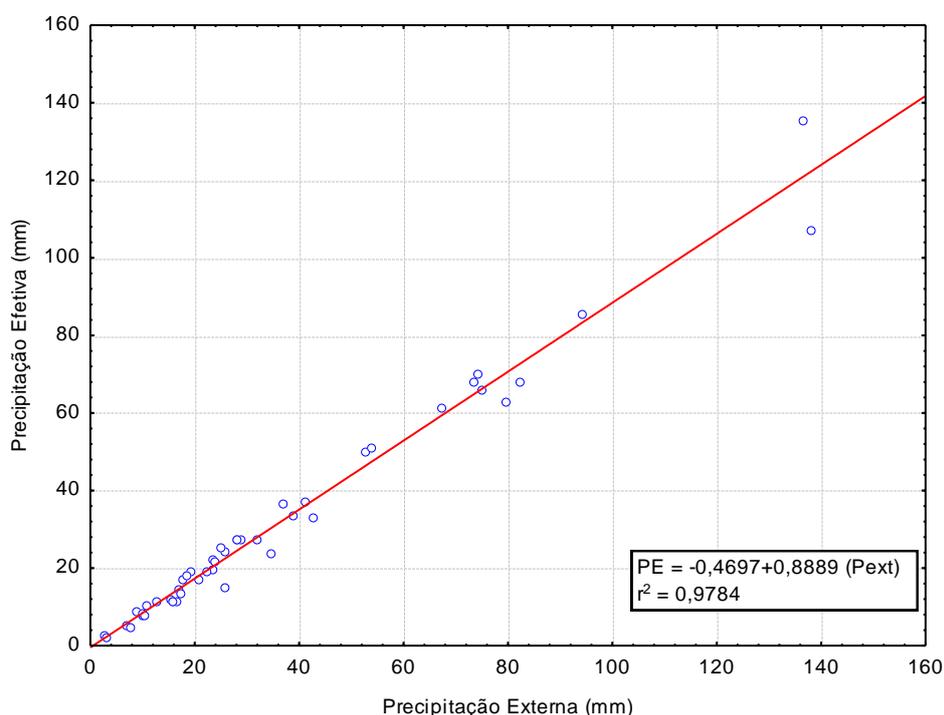


Figura 13 - Relação entre precipitação efetiva (Pe) e precipitação externa (Pext) na Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, Felixlândia - MG.

4.3 Evapotranspiração

Os dados mensais de evapotranspiração de referência (E_{tr}), o coeficiente de cultura (K_c) e a estimativa mensal e diária da evapotranspiração do eucalipto são apresentados na Tabela 3. Para os meses de março e abril de 2009, foram utilizados somente os dados da Torre 1 como evapotranspiração da bacia, pois a Torre 2 foi instalada somente em maio.

Para o ano de 2009, a evapotranspiração foi de 565,9 mm, ou 50,01 % da precipitação total anual. Em 2010, o total anual de evapotranspiração foi de 643,2 mm, representando 53 % da precipitação total para este ano.

Os valores encontrados entre janeiro e maio de 2011 foram de 227,1 mm, próximo de 33,4%. Ranzini e Lima (2002), em trabalhos com bacias hidrográficas reflorestadas com eucalipto, desde o plantio até dois anos de idade, observaram valores de evapotranspiração para a bacia em torno de 82%. Acredita-se que os valores encontrados no presente trabalho, na faixa de 50%, podem ser explicados quando se considera uma interceptação da ordem de 12% mais as evaporações decorrentes do solo, curso d'água e da reserva legal.

Além de não terem sido computados os dados de janeiro e fevereiro, um dos possíveis fatores de a evapotranspiração ter sido menor em 2009 do que em 2010 é que a colheita ocorreu durante o ano de 2008 e em parte de 2009, diminuindo a quantidade de área foliar na bacia, que teria por consequência a diminuição da transpiração e da evaporação. Tonello (2010) avaliou a taxa de transpiração de clones de *Eucalyptus* em três idades distintas, tendo a autora observado que as trocas gasosas aumentaram com a idade da cultura, estabilizando-se aos cinco anos de idade.

Os valores mensais mostram que a evapotranspiração acompanhou as estações chuvosas, atingindo maiores valores nessas épocas. Conforme o decréscimo de precipitação, os valores de evapotranspiração começam a decair gradualmente, exceto para os meses de novembro de 2010 e março de 2011, em que, mesmo tendo havido uma precipitação muito alta, a evapotranspiração foi muito abaixo do normal. Esse fato pode ser explicado pela quantidade de chuva, da ordem de 396 mm para novembro e de 319,5 mm para março. Para chegar a esse nível de precipitação, foram vários dias seguidos de chuva em que possivelmente a incidência de raios solares foi baixa, e como a incidência de raios solares é importante para a abertura estomática, houve subestimação da evapotranspiração para o período.

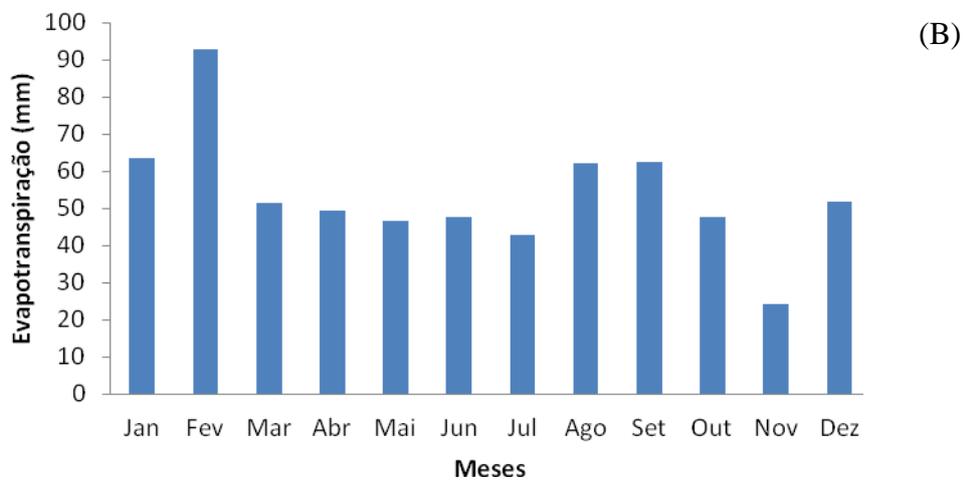
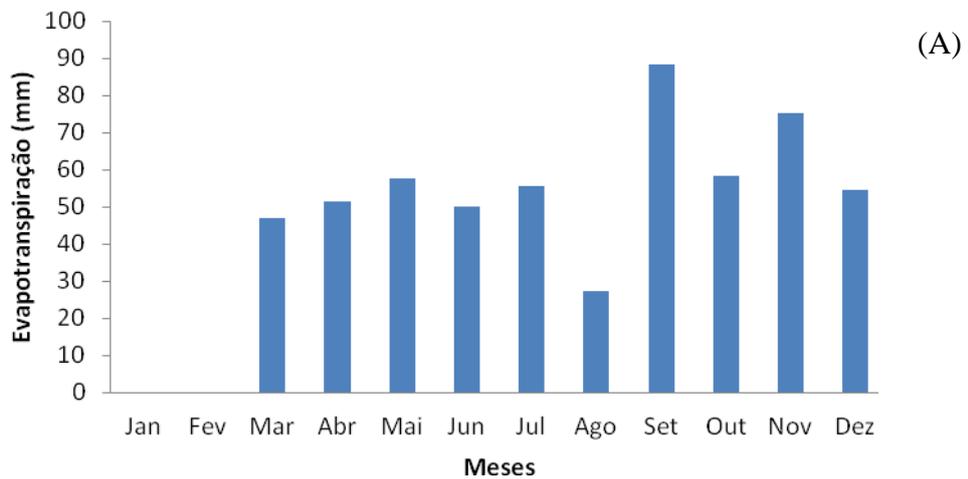
Durante o período de estudo, estima-se que a perda por evapotranspiração do eucalipto apresentou valores mínimos de 0,9 mm por dia em agosto de 2009 e máximo de 3,3 mm em fevereiro de 2010. Lima (1976) encontrou valores diários em estação seca entre 0,2 mm/dia até 2,5 mm/dia em eucalipto. Já Mielke et al. (1999) obtiveram

perdas por transpiração em plantações de 9 anos de idade atingindo 6 mm/dia em época chuvosa e 2,4 mm/dia em época seca. Dye (1987) encontrou valores de transpiração entre 2,4 a 8,6 em povoamento de *Eucalyptus grandis* com 22 m de altura, e Carneiro et al.(2008), utilizando modelos de resistência estomática com e sem irrigação, encontraram valores de transpiração diários máximos de 8,60 mm/dia em tratamentos irrigados e 6,17 mm/dia em tratamentos não irrigados. É importante salientar que o método utilizado é simples, de fácil mensuração e de baixo custo e apresentou dados condizentes com a realidade. A Figura 14 ilustra a distribuição da evapotranspiração média mensal nos anos de 2009, 2010 e 2011.

Tabela 3 - Evapotranspiração de referência mensal e estimativa diária e mensal da cultura na Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, Felixlândia - MG.

2009				
	Etr (mm)	Kc	Diária (mm)	Mensal (mm)
Janeiro	-	-	-	-
Fevereiro	-	-	-	-
Março	23,5	2,0	1,5	47,0
Abril	25,8	2,0	1,7	51,6
Maiο	28,9	2,0	1,9	57,8
Junho	25,0	2,0	1,7	50,0
Julho	27,9	2,0	1,8	55,7
Agosto	13,6	2,0	0,9	27,2
Setembro	44,1	2,0	2,9	88,2
Outubro	29,3	2,0	1,9	58,5
Novembro	37,7	2,0	2,5	75,3
Dezembro	27,3	2,0	1,8	54,6
TOTAL				565,9
2010				
	Etr (mm)	Kc	Diária (mm)	Mensal (mm)
Janeiro	31,8	2,0	2,1	63,6
Fevereiro	46,5	2,0	3,3	93,0
Março	25,8	2,0	1,7	51,6
Abril	24,7	2,0	1,6	49,3
Maiο	23,4	2,0	1,5	46,8
Junho	23,9	2,0	1,6	47,8
Julho	21,4	2,0	1,4	42,7
Agosto	31,1	2,0	2,0	62,1

Setembro	31,3	2,0	2,1	62,6
Outubro	23,8	2,0	1,5	47,6
Novembro	12,1	2,0	0,8	24,2
Dezembro	26,0	2,0	1,7	51,9
TOTAL				643,2
2011				
	Etr (mm)	Kc	Diária (mm)	Mensal (mm)
Janeiro	21,0	2,0	1,4	42,0
Fevereiro	25,5	2,0	1,8	51,0
Março	16,7	2,0	1,1	33,4
Abril	27,5	2,0	1,8	54,9
Mai	22,9	2,0	1,5	45,8
TOTAL				227,1



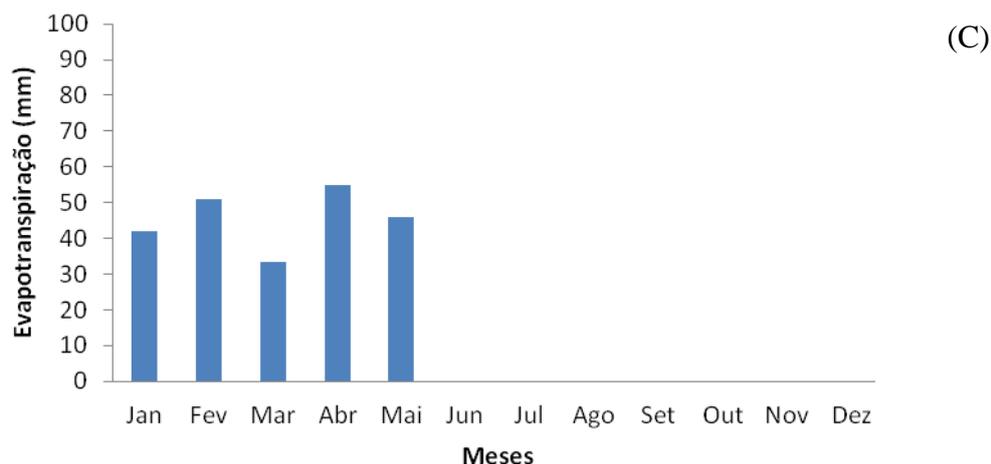


Figura 14 - Evapotranspiração mensal nos anos de 2009 (A), 2010 (B) e 2011 (C), na Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, Felixlândia - MG.

4.4 Vazão

Para o período avaliado no ano de 2008, observou-se o comportamento do final da época de estiagem, em que a vazão decaiu até outubro, chegando a interromper a vazão entre o final deste mês e na maior parte do mês de novembro, explicando as médias muito baixas para estes meses. A partir da última semana de novembro, com o aumento da precipitação, a vazão começa a subir, chegando a valores máximos de 7,9 litros por segundo, fazendo a vazão mensal subir timidamente quando comparada ao mês anterior. Com a manutenção das chuvas no mês de dezembro, a vazão continua a subir, atingindo vazões superiores a 39 litros por segundo (Figura 20).

No ano de 2009, para os primeiros meses, observou-se a continuidade da ascensão da vazão. A partir de abril, com a diminuição das precipitações, ocorre a diminuição gradativa da vazão, porém, nota-se que para este ano a vazão não apresentou valores tão baixos quanto ao ano anterior quando teve seu escoamento interrompido. Um fato que pode explicar a não cessação da vazão para o ano de 2009 é que houve corte de grande parte do eucalipto da área, aumentando a disponibilidade de água para recarga, tendo essa água excedente contribuído para a manutenção da vazão (Figura 20).

Já em 2010, foram observados resultados mais modestos quando comparados aos de 2009 e, além dessa discrepância nos valores, entre os meses de agosto a novembro a vazão foi interrompida. Tal fato pode ser explicado pelo aumento da área foliar devido ao desenvolvimento da cultura quando se compara com o ano anterior. Em 2011, para os meses analisados, observou-se o mesmo padrão dos anos anteriores em início de ano, tendo a vazão aumentada devido aos altos índices pluviométricos (Figura 20). A vazão média para o período de estudo foi de 37,8 litros por segundo. Para o período entre os meses de maio a outubro, considerados os meses com menores índices pluviométricos, a vazão média foi de 18,3 litros por segundo, e para a época considerada chuvosa, entre os meses de novembro a abril, a média foi de 51,4 litros por segundo.

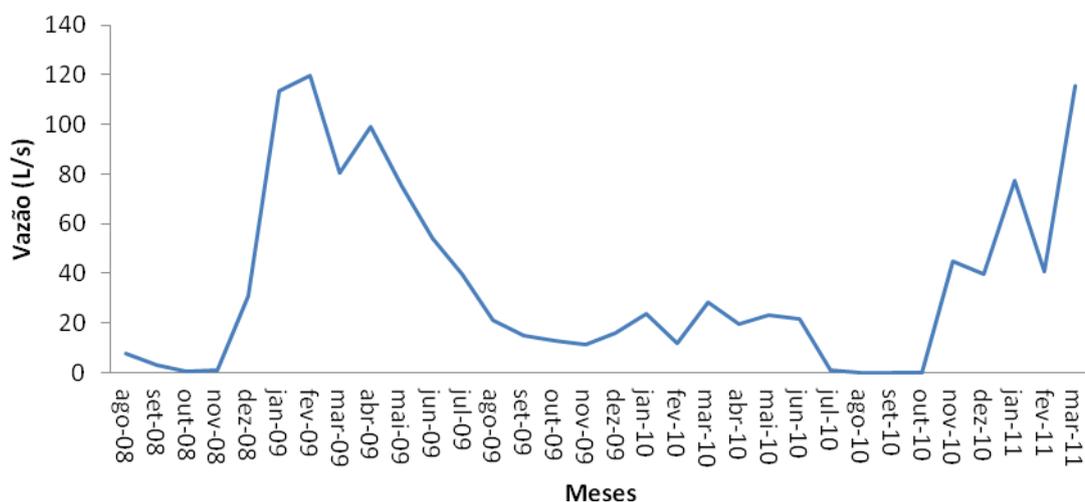


Figura 15 – Vazão média mensal entre agosto de 2008 a março de 2011 na Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, Felixlândia - MG.

De posse das observações de 102 eventos de chuva e das vazões diárias para o mesmo período, foi estimada a equação linear simples $Q = 27,6118 + 0,5031 (Pe)$ (Figura 16), com coeficiente de determinação (r^2) relativamente baixo, indicando que a relação entre a vazão e a precipitação efetiva é muito mais complexa e que a vazão depende de mais fatores do que simplesmente a precipitação. Era de se esperar uma baixa correlação, pois não é o total precipitado que mantém ou faz aumentar a vazão, e

sim uma quantidade menor dessa precipitação, uma vez que ocorrem perdas para o solo e para a planta. Um fato interessante desse reduzido coeficiente se reflete na conservação da bacia e na capacidade de infiltração do local. Caso fosse encontrado um coeficiente de correlação alto, isto demonstraria que a vazão não aumentaria por causa da precipitação, e sim por causa do escoamento superficial. Assim, o fato de a correlação ser relativamente baixa mostra que o que está contribuindo para a manutenção da vazão é mesmo a precipitação, mas em quantidade e tempo diferentes daqueles apresentados na relação.

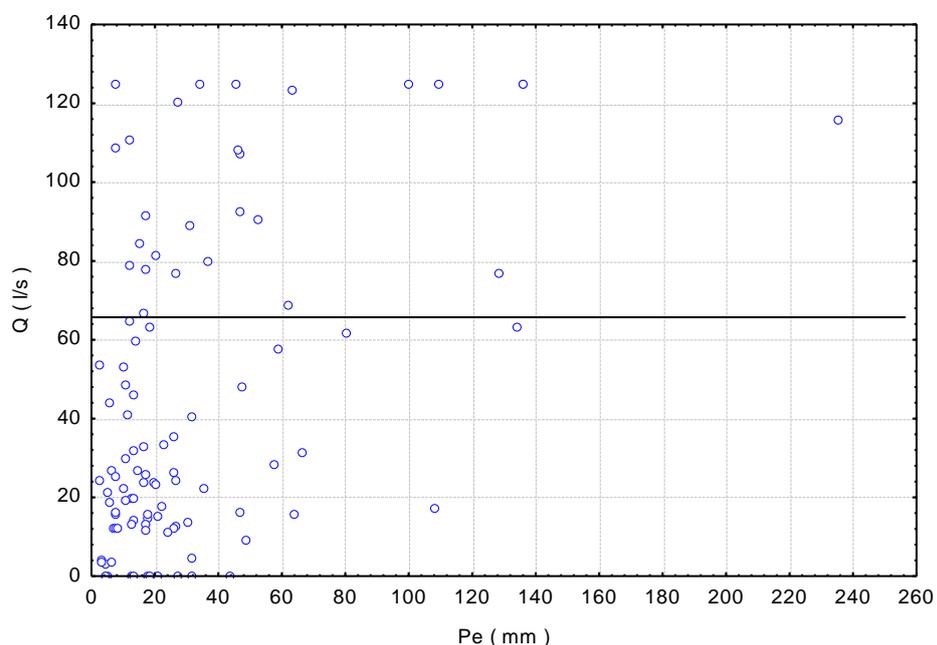


Figura 16 - Relação entre Vazão (Q) e Precipitação efetiva (Pe) na Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, Felixlândia - MG.

A Figura 17 mostra os dados mensais de precipitação efetiva e vazão, deixando clara a contribuição da precipitação na manutenção ou acréscimo da vazão, mesmo com a baixa relação obtida acima. Isso se deve ao fato de as diferenças entre os picos de precipitação e vazão mostrarem um tempo de retardamento relacionado ao tempo de concentração da água na bacia.

Segundo Tonello et al. (2006), a forma superficial de uma bacia hidrográfica é importante na determinação do tempo de concentração, ou seja, o tempo necessário para que toda a bacia contribua para a sua saída após uma precipitação. Quanto maior o

tempo de concentração, menor a vazão máxima de enchentes (VILLELA e MATTOS, 1975). O coeficiente de compacidade de 1,338 e o fator de forma 0,678 da bacia em estudo mostram uma bacia com uma tendência circular. Segundo Villela e Mattos (1975), as bacias alongadas possuem menor concentração do deflúvio do que bacias circulares. Outro fato que comprova um tempo de concentração maior são os altos valores encontrados por Carvalho (2011) com experimentos de infiltração de água no solo no mesmo local deste trabalho.

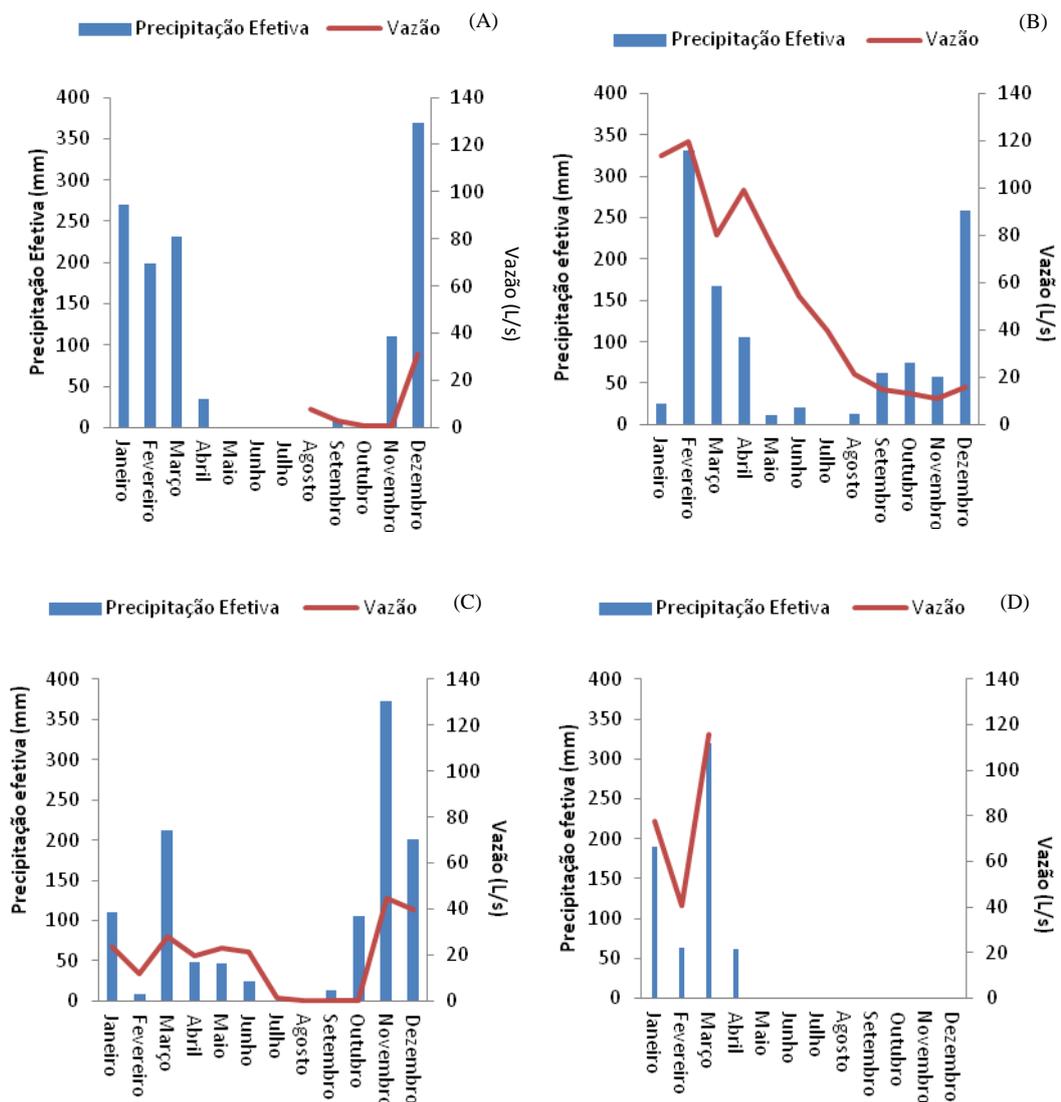


Figura 17 - Relação entre Vazão e Precipitação efetiva para os anos de 2008 (A), 2009 (B), 2010 (C) e 2011 (D) na Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, Felixlândia - MG.

Por meio de 119 dados de evapotranspiração e de dados diários de vazão para o mesmo período, foi estimada a equação $Q = 39,7449 - 1,2678 (Evp)$, com $r^2 = 0,0272$, não significativo, evidenciando não haver dependência entre as duas variáveis (Figura 18)

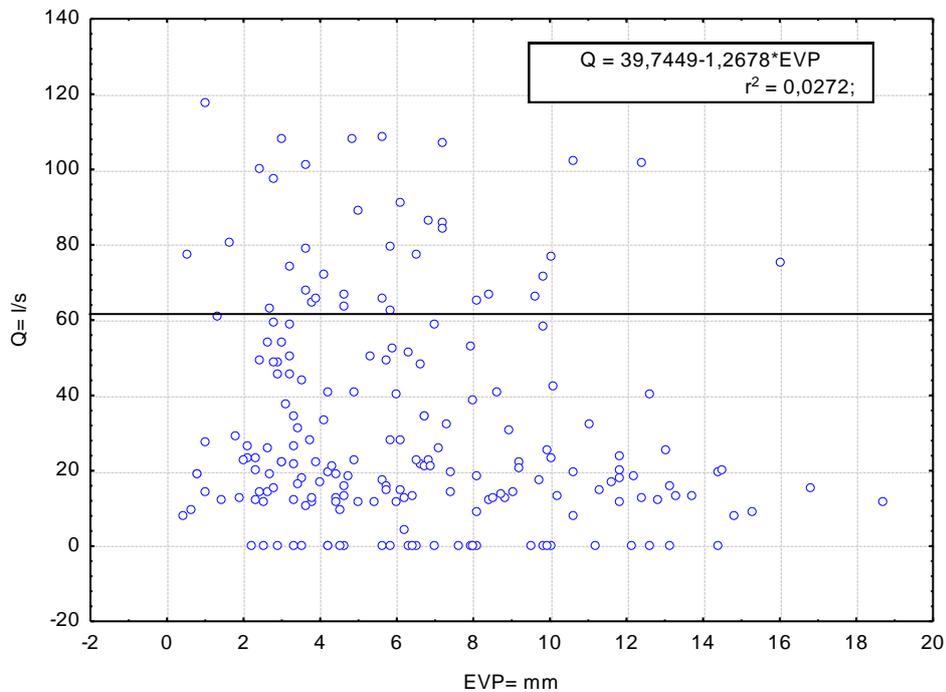


Figura 18 - Relação entre Vazão (Q) e Evapotranspiração (Evp) na Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, Felixlândia - MG.

A Figura 19 ilustra os resultados de evapotranspiração e vazão para os anos de 2009, 2010 e 2011. Percebe-se que uma variável acompanha a outra, mas isso se deve mais à dependência que as variáveis têm da precipitação do que a uma relação entre vazão e evapotranspiração. O que regula tanto a vazão quanto a evapotranspiração é a quantidade de água disponível no solo e a quantidade infiltrada para as camadas inferiores do solo.

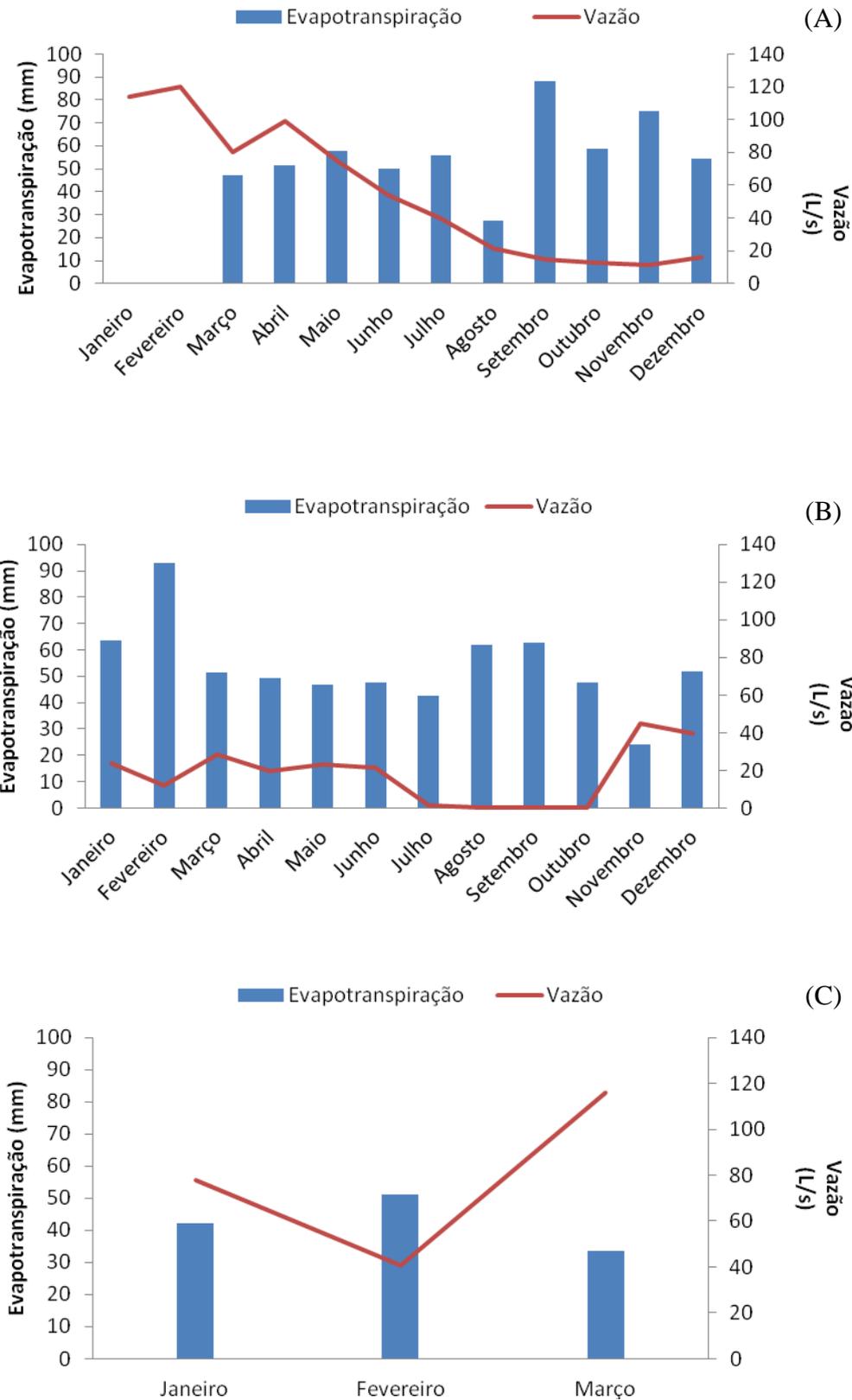


Figura 19 - Relação entre Vazão e Precipitação efetiva para os anos de 2009 (A), 2010 (B) e 2011 (C), na Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, Felixlândia - MG.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se que, para o período de estudo, os índices de precipitação efetiva foram de 1267 mm para 2008, de 1126 mm para 2009, de 1142 mm para 2010 e de 633 mm para 2011.

Foram encontrados valores de interceptação de chuva pelo dossel do eucalipto da ordem de 12%.

A evapotranspiração do eucalipto apresentou valores próximos a 50% da precipitação total. Verificou-se que, quando comparado com outros métodos descritos na literatura, o método utilizado parece subestimar a evapotranspiração.

Não foi verificada correlação significativa entre vazão e precipitação efetiva ou com evapotranspiração precipitação efetiva nem com evapotranspiração, mostrando uma complexa relação com a precipitação. A vazão média para o período de estudo foi de 37,8 litros por segundo, alcançando índices de 18,3 litros por segundo para a época de estiagem e de 51,4 litros por segundo para época chuvosa.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G. et al. Crop **evapotranspiration**: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300p (FAO. Irrigation and Drainage Paper No. 56).

ALMEIDA, A. C.; SOARES, J. V. Comparação entre o uso da água em plantações de *Eucalyptus grandis* e floresta ombrófila densa (Mata Atlântica). **Revista Árvore**, v.27, n.2, p.159-170, 2003.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABRAF: ano base 2010. Brasília, DF: ABRAF, 2011. 130 p. Disponível em < <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF11/ABRAF11-BR.pdf>> Acesso em: 05 jun. 2011

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-SP. **Revista Árvore**, v.27, n.2, p.257-262, 2003.

BALIEIRO, F. C. et al. Throughfall and stemflow nutrient contents in mixed and pure plantations of *Acacia mangium*, *Pseudosamanea guachapele* and *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 31, p. 339-346, 2007.

BEGA, R. M. et al. Variabilidade espacial das precipitações pluviárias diárias em uma estação experimental, em Pindorama, SP. **Bragantia**, v.64, n.1, p.149-156, 2005.

BRASIL. Lei n. 9.433, de 08 de Janeiro de 1997. Institui a política nacional dos recursos hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Lex: Conjunto de normas legais**, Brasília, 3ªed., p. 23-40, 2004.

BRUIJNZEEL, L.A. Hydrology of Moist Tropical Forests and Effects of Conversion: a State of Knowledge Review. **IHP-UNESCO Humid Tropical Programme**, Paris, 224 p. 1990.

CÂMARA, C. D. ; LIMA, W. P. . Corte raso de uma plantação de *Eucalyptus saligna* de 50 anos: impactos sobre o balanço hídrico e a qualidade da água em uma microbacia experimental. **Scientia Forestalis**, v. 1, n. 56, p. 41-58, 1999.

CARMO, C. A. F. S. et al. Avaliação de clones de seringueiras implantados em solos sob Cerrado – Minas Gerais.: **EMBRAPA Solos** (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; n. 7), Rio de Janeiro. 17 p, 2002.

CARNEIRO, R.L.C. et al. Consumo de água em plantios de eucalipto: Parte 2 Modelagem da resistência estomática e estimativa da transpiração em tratamentos irrigado e não irrigados. **Revista Árvore**, v.32 n. p.1-10, 2008.

CARVALHO, A.P.V. **Recarga de água no solo na bacia hidrográfica do Riacho Fundo, Felixlândia-MG**. 2011. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2011.)

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 1976. 194p.

DYE, P. J. Estimating water use by *Eucalyptus grandis* with Penman-Monteith equation. In: VANCOUVER SYMPOSIUM – FOREST HYDROLOGY AND WATERSHED MANAGEMENT, 1987, Vancouver: International Association of Hydrological Sciences, 1987. p.329-337.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Água: Recurso natural finito e estratégico**. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2001. 20p. (EMBRAPA Milho e Sorgo. Documentos, 16).

FERNANDES, M.R.; SILVA, J.C. **Programa estadual de manejo de sub-bacias hidrográficas: fundamentos e estratégias**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 1994. 24p

FERREIRA, S. J. F.; LUIZÃO, F. J.; DALLAROSA, R. L. G. Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida à extração seletiva de madeira na *Amazônia Central*. **Acta Amazônica**, v.35, n.1, p.55-62, 2005.

GARCEZ, L. N., ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2. ed. rev. e atual. São Paulo: Edgard Bluncher, 1988. 291p.

GUIMARÃES, J. L. B. **Relação entre a ocupação do solo e o comportamento hidrológico da Bacia Hidrológica do Rio Pequeno - São José dos Pinhais - PR**. 197 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2000.

HELVEY, J. D. & PATRIC, H.H.. Canopy and litter interception of rainfall by hardwoods of Eastern United States. **Water Resources Research**, Washington, p.193-206. 1965.

JORDAN, C.F.; HEUVELDOP, J.. The water budget of an Amazonian rainforest. **Acta Amazonica**, v.11, p.87-92. 1981.

LEMOS FILHO, L. C. A. et al. Análise espaço-temporal da evapotranspiração de referência para Minas Gerais. **Ciência & Agrotecnologia**, v.31, n.5, p.1462-1469, 2007.

LEOPOLDO, P. R.; CONTE, M. L. Repartição da água de chuva em cobertura florestal com características típicas de cerrado. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 6., 1985, São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1985. v.3. p.212-220.

LIMA, W. P. Impacto ambiental do eucalipto. 2. ed. São Paulo: Edusp (Editora da Universidade de São Paulo), 1996. 301 p.

LIMA, W. P. Interceptação da Chuva Por Povoamentos de Eucalipto e de Pinheiros. **IPEF**, Piracicaba- SP, n. 13, p. 75-90, 1976.

LIMA, W. P. ; NICOLIELO, N. Precipitação Efetiva e Interceptação em Florestas de Pinheiros Tropicais e Em Vegetação de Cerrado. **IPEF**, Piracicaba - SP, n. 24, p. 43-46, 1983.

MIELKE, M. S. et al. Stomatal control of transpiration in the canopy of clonal *Eucalyptus grandis* plantation. **Trees**, v.13, n.1, p.152-160, 1999.

MOLCHANOV, A. A. **Hidrologia florestal**. Lisboa: Fund. Calouste Gulbenkian, 1971. 595p.

MORAES BC, COSTA JMN & COSTA ACL. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Acta Amazônica**, 35: 207– 214, 2005.

MOURA, A.E.S.S. et al. Interceptação das chuvas em um fragmento de floresta da Mata Atlântica na Bacia do Prata, Recife, PE. **Revista Árvore**, v.33, n.3, p.461-469, 2009.

NALON, M. A.; VELLARDI, A. C. V. Estudo do balanço hídrico nas escarpas da Serra do Mar, região de Cubatão, SP. **Revista do Instituto Florestal**, Piracicaba, v.5, n.1, p.39-58, 1993.

NÁVAR, J.; BRYAN R. Interception loss and rainfall redistribution by three semi-arid growing shrubs in northeastern Mexico. **Journal of Hydrology**, v.115, p.51-63, 1990.

OLIVEIRA JUNIOR, J. C. de. **Precipitação efetiva em floresta estacional semidecidual na reserva Mata do Paraíso, Viçosa, Minas Gerais**. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2006.

OLIVEIRA JUNIOR, J. C.; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 9-15, 2005.

OLIVEIRA, L. L. et al. Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 4, p. 723-732, 2008.

PAVANELLI, G. C. Estudos ambientais da planície de inundação do Rio Paraná no trecho compreendido entre a foz do Rio Paranapanema e o reservatório de Itaipu. In: **WORKSHOP DO PROJETO PIRACEMA**, 2., 1996. Anais... Nazaré Paulista SP. CENA, 1996. P. 69-72.

PINHEIRO, J.A.C. **Processos hidrológicos na Bacia Hidrográfica do Córrego Zerede em Timóteo-MG**. 76 f. Dissertação (Mestrado Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2008.

PRICE, N.W. A comparison of water balance components in natural and plantation forests in El Salvador, Central America. **Turrialba**, v.32, p.399- 416. 1982.

RANZINI, M.; LIMA, W.P. Comportamento hidrológico, balanço de nutrientes e perdas de solo em duas microbacias reflorestadas com *Eucalyptus*, no Vale do Paraíba, SP. **Scientia Forestalis**, v.61, p.144-159, 2002.

RESENDE, M.; REZENDE, S. B. Levantamentos de solos: uma estratificação de ambientes. **Informe Agropecuário**, v. 9, n. 105, p. 3-25, 1983.

RIZZI, N. E. **Influência da floresta no regime hídrico**. Recife: Departamento de Agronomia, curso de Engenharia Florestal. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1982. 46p.

SAMBA, A. N. S.; CAMIRÉ, C.; MARGOLIS, H. A. Allometry and rainfall interception of *Coryla pinnata* in a semi-arid agroforestry parkland, Senegal. **Forest Ecology and Management**, v. 154, p. 277-288, 2001.

SIMGE. Sistema **de Meteorologia e Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais**. Disponível em < <http://www.simge.mg.gov.br/> > Acesso em: 15 jun.2011.

SOUZA, E.R de; FERNANDES, M.R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentável das atividades rurais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n.207, p. 15-20, nov./dez. 2000.

SOUZA, V. V. et al. Análise da qualidade das águas das precipitações em aberto e efetiva em um fragmento secundário da Mata Atlântica, no município de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 31, n. 4, p. 737-743, 2007.

STATSOFT, INC. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, Washington, v. 38, p. 913-920, 1957.

STUDART, T.M.C. **Notas de aula de Hidrologia**, 2003. Disponível em: < <http://www.deha.ufc.br/ticianahidrologia/apostila.htm> >. Acesso em: 1 set.2009.

TONELLO, K.C. **Comportamento ecofisiológico de clones de *Eucalyptus***. 2010. 149f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2010.

TONELLO, K. C. et al. Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.849-857, 2006.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001. 943p.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RIMA, IIE, 2003. 248p.

VALENTE, O. F.; DIAS, H. C. T. Bacia hidrográfica como unidade de produção de água. **Ação ambiental**, Viçosa, n. 20, p. 8 – 9. 2001.

VALENTE, O. F.; CASTRO, P. S. Manejo de bacias hidrográficas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 7, n. 80, p. 40-45. 1981.

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

ZAKIA, M.J.B. **O balanço hídrico levando-se em conta o sistema solo planta atmosfera de quatro tipos de coberturas vegetais na região de Grão Mogol, MG**. 136 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, São Paulo, 1987.