

Avaliação da precipitação interna em cultivo de café em bacia representativa no Estado de Pernambuco

Albert Einstein Spíndola Saraiva de Moura^{1*}, Suzana Maria Gico Lima Montenegro¹, Luiz Evandro de Lima², Bernardo Barbosa da Silva¹, Leidjane Maria Maciel de Oliveira¹, Natiana de Oliveira Santos²

¹Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife/PE. E-mail: aessmoura@yahoo.com.br; suzanam@ufpe.br; bbdasilva.ufpe@gmail.com; leidjaneoliveira@hotmail.com.

²Instituto Agronômico de Pernambuco. Estação Experimental Luiz Jorge da Gama Wanderley, Vitória de Santo Antão/PE. E-mail: luiz.evandro@ipa.br; nati.diana@hotmail.com

*Autor Correspondente

Resumo: A perda por interceptação pode ser estimada pela diferença entre a precipitação total e a chuva que efetivamente chega ao solo, onde a maior parte da precipitação que chega ao solo é oriunda da precipitação interna. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da cultura do café Conilon na quantidade de chuva que chega ao solo na Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá - PE. As medidas foram realizadas com pluviômetros artesanais, construídos com tubos de PVC de 15 cm de diâmetro, instalados na estação experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA. Foi instalado um pluviômetro para medir a precipitação total, e outros nove para medir a precipitação interna, sendo três por planta, durante o período de maio de 2011 a agosto de 2012. A precipitação interna média registrada durante o período de estudo foi de 960,5 mm, correspondendo a 69% da precipitação total, sendo diferenciada quando consideradas diferentes classes de chuva. O modelo linear se ajustou melhor aos eventos de chuva de alta magnitude, enquanto que o modelo potencial se ajustou melhor aos de baixa magnitude. A precipitação interna observada na cultura do café Conilon mostra a significativa influência que uma cultura agrícola de médio porte pode exercer na quantidade de chuva que chega ao solo.

Palavras-chave: café Conilon, interceptação, Bacia do Tapacurá

Evaluation of throughfall in coffee cultivation in a representative basin in the State of Pernambuco

Abstract: Interception loss can be estimated by the difference between gross rainfall and rainfall that effectively reaches the soil, whereas most of the rainfall that reaches the soil is derived from throughfall. The aim of this study was to evaluate the influence of the Conilon coffee crop on the amount of rainfall that reaches on the soil in Tapacurá Basin, Pernambuco State, Brazil. The study was performed at the Experimental Station of Agronomic Institute of Pernambuco - IPA, situated in Tapacurá Basin. The measurements were performed with handmade rain gauges, built with PVC tubes of 15 cm diameter. One rain gauge to measure the gross rainfall and nine rain gauges to measure the throughfall, three per plant, during the period from May 2011 to August 2012. The recorded average through fall during the study period was 960.5 mm, corresponding to 69% of the gross rainfall, and this amount was different when considered different classes of rainfall. The linear model presented the best fit for rainfall events of high magnitude, while the potential model fitted better in rainfall events of low magnitude. The observed throughfall in the Conilon coffee cultivation shows a significant influence that an agricultural cultivation of midsize can have on the amount of rainfall that reaches the soil.

Key words: Conilon coffee, interception, Tapacurá Basin

Introdução

Em áreas vegetadas, o total de chuva que cai sobre a vegetação é interceptada e subsequentemente redistribuído, de forma que parte da chuva fica temporariamente retida na massa vegetal e retorna à atmosfera em forma de vapor; a essa parte da chuva que não chega ao solo dá-se o nome de perda por interceptação (Moura et al., 2009). Por outro lado, a chuva pode transpassar a vegetação e chegar ao solo. O total de chuva que chega ao solo é denominado de precipitação efetiva (Oliveira Junior & Dias, 2005).

A porção de precipitação efetiva pode ser proveniente de chuvas que alcançam o solo por diferentes caminhos: gotejamento das folhas e galhos, escoamento dos galhos e ramos ou pela parcela de chuva que chega ao solo sem esbarrar na vegetação (precipitação livre). A soma da precipitação livre com a montante que goteja das folhas e galhos é chamada de precipitação interna (David et al., 2005).

A interceptação das chuvas é reconhecida como um processo hidrológico de considerável importância, não só na gestão dos recursos hídricos, mas também no contexto da mudança climática (Arnell, 2002). Ela ocorre em taxas superiores à transpiração e, por ser fortemente influenciada pelas condições da vegetação, é um item importante a ser considerado no gerenciamento da água, pois é um componente do balanço hídrico passível de manejo (Gênova et al., 2007).

O conhecimento da vegetação predominante na bacia e as consequências hidrológicas causadas pela variação na cobertura vegetal são essenciais no processo de quantificação da interceptação vegetal e no entendimento do comportamento hídrico dessa bacia (Vieira & Palmier, 2006). Grande parte dos estudos relacionados à perda por interceptação foi realizado em árvores de grande porte, em ambientes florestais (Thomaz, 2005; Vieira & Palmier, 2006; Herbst et al., 2008; Oliveira et al., 2008; Liang et al., 2009; Muzylo et al., 2009; Rodrigues et al., 2009; Moura et al., 2009; Chaffe et al., 2010; Levia et al., 2010; Souza & Marques, 2010). Não menos importante, mas em menor proporção, alguns estudos foram realizados em áreas com vegetação de menor porte, sendo esses estudos em sua maioria realizados em regiões áridas ou semiáridas (Liu & Zhao, 2009; Zhang et al., 2009). Poucos, também, são os estudos relacionados a culturas agrícolas, como o realizado por van Dijk (2001), que estudou a perda por interceptação e modelagem nas culturas de macaxeira, milho e arroz.

De acordo com Giglio & Kobiyama (2013), no Brasil, aproximadamente 90% dos estudos de perda por

interceptação foram concentrados na Floresta Amazônica e Mata Atlântica. Embora exista grande diversidade de culturas agrícolas no Brasil, com aproximadamente 65 milhões de hectares plantados (IBGE, 2010), raros são os estudos de perda por interceptação relacionados a essas culturas, podendo-se mencionar os trabalhos de Vieira (1982); Schroth et al. (1999), Castilho (2000) e Schroth et al. (2001).

O Estado de Pernambuco é o segundo maior produtor de café do Nordeste com cerca de 4,8 mil hectares cultivados, o que gera, anualmente, R\$ 8,5 milhões em vendas (Revista Cafeicultura, 2009). O Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) vem desenvolvendo uma série de pesquisas e ações de assistência técnica para otimizar a produção cafeeira do Estado, o que, conseqüentemente, tende a aumentar a área cultivada e, dependendo da magnitude dessa expansão, pode influenciar no regime hidrológico da bacia hidrográfica.

Como elemento fundamental de análise do ciclo hidrológico, as bacias hidrográficas são objetos de estudo, sendo consideradas representativas, quando utilizadas para pesquisas sob condições naturais e relativamente estáveis, e experimentais, quando se podem produzir alterações intencionais nas características de uso do solo e vegetação.

A bacia representativa do Rio Tapacurá é alvo de vários estudos hidrológicos, como por exemplo, os estudos realizados por Silva et al. (2012), Moura et al. (2012) e Oliveira et al. (2012), Furtunato et al. (2013), além dos que estão em plena execução. Até o presente momento, nenhum estudo foi realizado na bacia do Rio Tapacurá a fim de verificar a influência de uma cobertura vegetal na quantidade de chuva que chega ao solo.

Este estudo tem como objetivo avaliar a influência da cultura do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre exFroehner) na quantidade de chuva que chega ao solo da Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá-PE.

Material e Métodos

Área de estudo

A área de estudo está localizada na Estação Experimental Luiz Jorge da Gama Wanderley, do IPA, Vitória de Santo Antão, Zona da Mata Sul do Estado de Pernambuco, nas coordenadas geográficas 8°8'00" Latitude Sul; 35°22'00" Longitude e altitude 146 m (Figura 1).

O clima da região é o tropical com chuvas antecipadas de outono, tipo As', segundo a classificação de Köppen. A precipitação média anual é 1.025,0 mm, que se concentra no período de março a julho, com temperatura média anual de 25,4° C variando entre a mínima de 19,3° C e a máxima de 30,9° C (IPA, 2010).

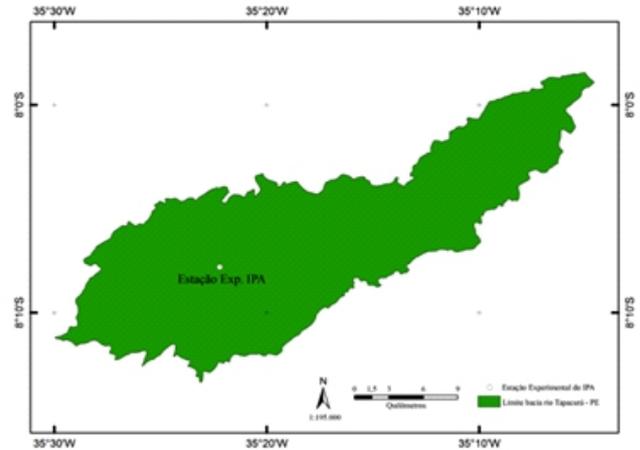


Figura 1. Estado de Pernambuco, com destaque para a Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá e Estação Experimental do IPA – Vitória de Santo Antão

O cafezal onde foi realizado o experimento tem área plantada de 7.200 m², com espaçamento de 2,0 x 1,5 m, com quatro diferentes variedades de café Conilon (*Coffea canephora* Pierre exFroehner), provenientes de propagação vegetativa por estacas do Instituto Capixaba de Pesquisas Agrícolas (INCAPER), Clone 2/Var. Vitória 12; Clone 2/Var. Vitória 2; Clone 3/Precoce e Clone 7/Var. 8121/Clone 3/Var. 8141 Robustão.

Para medição da precipitação interna, foram usados três indivíduos da variedade Clone 2/Var. Vitória 2, a qual apresentou melhores respostas adaptativas visuais em relação aos outros clones (Silva Neto, 2011). As medidas da altura das plantas, área de projeção da copa e número de tronco foram, respectivamente, 2,45 m, 2,8 m² e 9 para a planta 1; 2,94 m, 6 m² e 21, para a planta 2; e 2,7 m, 3,6 m² e 18, para a planta 3.

As coletas foram realizadas, em sua maioria, diariamente durante o período de maio de 2011 a agosto de 2012, exceto nos finais de semana. A precipitação total foi medida com um pluviômetro artesanal, construído com garrafa PET, redução de PVC de 150 para 100 mm e funil plástico. Este dispositivo foi instalado a 30 m da área experimental.

Foram instalados nove pluviômetros (interceptômetros), semelhantes aos utilizados para medir a precipitação total, sendo três em cada planta (Figura 2). As medidas foram obtidas em 96 dias de coletas, sendo nove leituras a cada dia, totalizando 864 leituras. A precipitação interna média de cada planta foi obtida pela média aritmética dos três interceptômetros correspondentes, e a precipitação média geral foi obtida pela média da precipitação interna das três plantas.

Para verificar se existe diferença significativa no percentual de precipitação para diferentes classes de chuva (≤ 5 mm, 5 a 10 mm, 10 a 20 mm, 20 a 40 mm e > 40 mm), fez-se a análise de variância (ANOVA) para

cada planta individualmente. E para verificar se existe diferença significativa entre as três plantas estudadas (Cafeeiro 1, 2 e 3), fez-se a ANOVA para cada intervalo de classes iguais individualmente. Para ambos os casos, considerou-se o delineamento inteiramente casualizado.



Figura 2. Interceptômetros utilizados para quantificação da precipitação interna

Resultados e Discussão

Como o experimento iniciou em 18 de maio de 2011, a precipitação observada em maio de 2011, na Figura 3, não representa o total mensal (457 mm), representa sim o valor parcial a partir do início do experimento. O ano de 2012 foi um ano de poucas chuvas, destacando-se o mês de fevereiro com 159,2 mm de chuva, o qual apresentou precipitação bem acima da média de 82,1 mm. Vale ressaltar que 136 mm ocorreram em um único dia.

Observou-se que, em eventos de menores magnitudes, a precipitação interna correspondeu a uma menor porção da precipitação total. A Tabela 1 ilustra a variabilidade da precipitação interna em diferentes

intervalos de classe de chuva.

A precipitação interna percentual (PI%) observada nos eventos menores ou iguais a 5 mm foi bem menor que a observada nas demais classes de chuva. Através de análise de variância, observou-se, nas três plantas, que não há diferença significativa no percentual de precipitação interna entre as classes de chuva maiores que 5 mm e que essas classes diferem significativamente a 0,01 de probabilidade da classe com chuva menor ou igual a 5 mm.

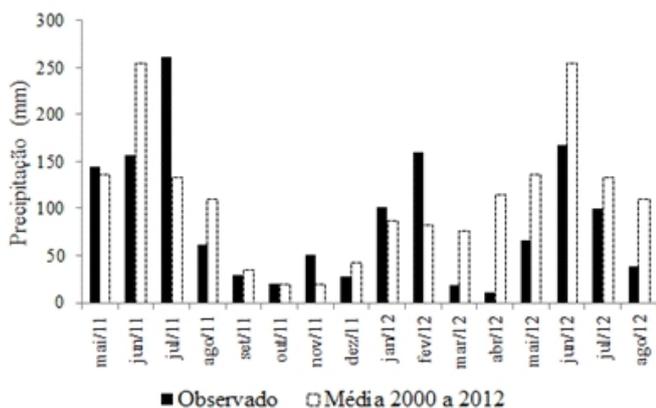


Figura 3. Precipitação mensal observada durante o período de estudo e a média de 2000 a 2012 do município de Vitória de Santo Antão - PE

Observa-se na Tabela 1 que, com o aumento da altura de chuva, aumenta a proporção de precipitação interna. Isso se deve ao fato de que, quanto maior a chuva, maior é sua contribuição para o umedecimento da vegetação. Com a continuação da chuva, há uma maior turbulência nas folhas e ramos fazendo com que a chuva retida na vegetação seja movimentada e venha a cair, aumentando a precipitação interna. Além disso, quando a copa está saturada, a chuva, praticamente, não é retida, e isso também contribui para esse aumento. Resultados semelhantes foram obtidos por Lima & Leopoldo (1999) e Moura et al. (2009), que observaram que o percentual de precipitação interna aumenta com aumento da precipitação total.

Tabela 1. Precipitação total e interna em diferentes classes de chuva*

Classes de chuva (mm)	Freq	PT (mm)	PI (mm)	PI (%)
≤ 5	33	84,1	36,9	43,9
]5 – 10]	23	149,6	93,3	62,3
]10 – 20]	23	330,3	219,7	66,5
]20 – 40]	11	338,7	244,9	72,3
> 40	6	493,7	365,8	74,1
> 5	63	1312,3	923,6	70,4

*Freq – frequência absoluta dos eventos; PT – precipitação total e PI – precipitação interna

Em cada cafeeiro (plantas 1, 2 e 3), o valor da precipitação interna acumulada foi de 1.015,5; 799,6 e 1.066,4 mm, respectivamente, correspondendo a 72,56 e 75% do acumulado da precipitação total no período de estudo. O cafeeiro 2 é visivelmente mais denso e maior (2,94 m de altura) que os outros dois (2,45 e 2,70 m de altura), apresentando maior cobertura de massa vegetal, o que possivelmente contribuiu para dificultar ainda mais a passagem da chuva através da copa e, conseqüentemente, reduzir a precipitação interna. Além disso, o cafeeiro 2 apresentou maior número de troncos (21 hastes), enquanto os outros dois apresentaram 9 e 18 hastes, e isso provavelmente contribuiu para desviar maior quantidade de chuva através do escoamento pelo tronco. Na Figura 4 está representada a precipitação interna acumulada em cada uma das três plantas estudadas e o seu valor médio.

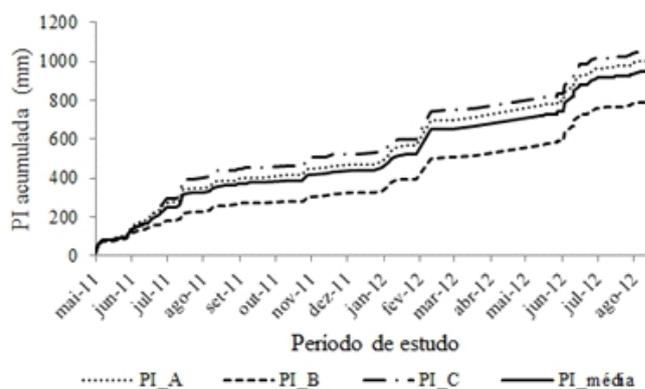


Figura 4. Registro da precipitação interna (PI) acumulada nos três cafeeiros (1, 2 e 3) durante o período de estudo

Não houve diferença significativa entre a precipitação interna relativa dos três cafeeiros, tanto para as chuvas menores ou iguais a 5 mm, quanto para as chuvas maiores que 5 mm. A precipitação total – PT registrada durante o período de estudo foi de 1.396,4 mm, enquanto que a precipitação interna média foi de 960,5 mm, ou seja, correspondendo aproximadamente a 69% da precipitação total. Conforme mostrado na Figura 3, nos meses mais chuvosos durante o período de estudo (maio

a agosto de 2011; janeiro, fevereiro, junho e julho de 2012), a precipitação interna correspondeu a 70% da precipitação total, enquanto que nos meses menos chuvosos, esse percentual foi de 65%. Para os meses mais chuvosos, de acordo com a média mensal histórica, a precipitação interna correspondeu a 66% da precipitação total, enquanto que os meses menos chuvosos apresentaram precipitação interna relativa à precipitação total de 75%.

A precipitação interna média observada neste estudo foi inferior à observada em vários outros trabalhos no Brasil (Tabela 2) em diferentes tipos de vegetação, inclusive em áreas cobertas por vegetação de grande porte, onde está concentrada a maior parte dos estudos de perda por interceptação.

Levando-se em consideração as 864 leituras de precipitação interna individuais, observou-se que 8,1% foram superiores à precipitação total (Figura 5). Isto provavelmente ocorreu porque existe grande variabilidade espacial da precipitação interna, de forma que a quantidade de chuva que cai em cada ponto abaixo da copa pode ser bem diferente, mesmo quando os interceptômetros se encontram a poucos centímetros de distância um do outro.

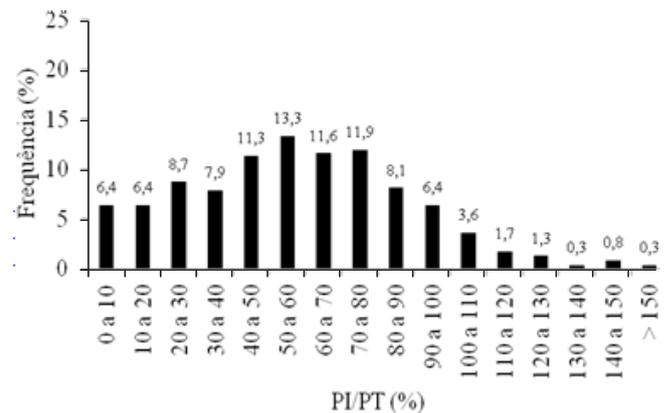


Figura 5. Frequência relativa de Precipitação Interna – PI em relação à Precipitação Total (PI/PT), considerando todas as 864 leituras realizadas

Cada indivíduo vegetal tem suas próprias características arquitetônicas, inclusive os indivíduos que pertencem à mesma espécie, no entanto, essa característica da cobertura vegetal de distribuir a chuva desuniformemente, provavelmente, deve ter maior influência em áreas povoadas com diferentes espécies vegetais e onde os ramos e galhos se entrelaçam. Loeschert al. (2002) sugeriram que grandes copas de árvores e aberturas são responsáveis por grande parte da variabilidade espacial do volume de chuva interna.

Tabela 2. Percentual médio da precipitação interna observada no café Conilon e o observado em outros estudos

Autor	Vegetação	PI (%) [#]	Local	Período
Presente estudo	Café Conilon	69,0	Vitória de Santo Antão – PE	mai/2011 a ago/2012
Lloyd & Marques (1988)	Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme, primária	91,0	Manaus - AM	jul/1984 a ago/1985
Germeret al. (2006)	Floresta Ombrófila Aberta de Terra Firme, primária	89,8	Cacaulândia - RO	ago/2004 a abr/2005
Sousa et al. (2009)	Floresta de Araucária Angustifolia	89,4	Cunha - SP	out/2008 a set/2009
Souza & Marques (2010)	Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, 22 anos	87,3	Paranaguá - PR	jun/2000 a dez/2004
Sheer (2009)	Floresta Ombrófila Densa Aluvial, capoeira	87,0	Guaraqueçaba - PR	set/2001 a set/2003
Moura et al. (2009)	Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas	84,9	Recife - PE	mai/2006 a jan/2007
Medeiros et al. (2009)	Caatinga Arbórea	81,0	Aiuaba– CE	dez/2003 a mai/2006
Alves et al. (2007)	Floresta Estacional Semidecidual	79,0	Viçosa - MG	nov/2005 a out/2006
Chaffet al. (2010)	Floresta de Pinus	71,2	Rio Negrinho - SC	ago/2008 a nov/2008
Rodrigues (2009)	Floresta de Seringueiras	70,4	São Paulo - SP	ago/1996 a jul/1997

*PI (%) - (Precipitação interna relativa à precipitação total)

Comparando os resultados obtidos neste trabalho com os de Lloyd & Marques (1988), Germer et al. (2006) e Moura et al. (2009) que, respectivamente, registraram percentual de precipitação interna superior à precipitação total de 29, 19 e 35%, é possível observar nessas pesquisas maior percentual de leituras com precipitação interna superior à precipitação total. Esses autores realizaram seus estudos em áreas com cobertura florestal, onde existiam várias espécies vegetais, o que propicia uma maior desuniformidade da cobertura vegetal, favorecendo a ocorrência de caminhos preferenciais e, conseqüentemente, o gotejamento mais intenso em um determinado ponto e menos intenso no outro. Por outro lado, Bryant et al. (2005), em estudo realizado em uma floresta de pinheiros no Sudeste dos Estados Unidos, observaram que 10% dos registros de precipitação interna foram maiores que os de precipitação total, sendo este percentual próximo ao observado no presente estudo, podendo estar associado a homogeneidade da cobertura vegetal.

Considerando-se as leituras individuais de precipitação interna (Figura 6) e a média em cada planta (Figura 7) é possível observar que, em ambos os casos, quando a precipitação total foi menor ou igual a 5 mm, houve maior ocorrência de eventos para os menores valores de

PI/PT (%), quando comparado com as ocorrências observadas para a classe de chuva com eventos maiores que 5 mm. As coletas em que a precipitação total foi maior que 5 mm apresentaram maior frequência nos percentuais mais altos de precipitação interna, indicando uma maior média percentual nessa classe.

Na Figura 6, é possível observar que quando os interceptômetros foram avaliados individualmente existe uma maior quantidade de dados de precipitação interna superior à precipitação total, correspondendo a 2,7% para $PT \leq 5$ mm e 10,9% para $PT > 5$ mm. Por outro lado, quando se usa a média da precipitação interna dos três interceptômetros por planta, observa-se, na Figura 7, que não há valor de precipitação interna superior à precipitação total. Isso mostra a necessidade de se utilizar mais de um interceptômetro para diminuir o erro associado à concentração de precipitação interna em um determinado ponto e a ausência em outro, ou seja, mesmo que a leitura de um determinado interceptômetro tenha sido influenciada por um gotejamento mais intenso no ponto onde foi instalado, outros pluviômetros poderão compensar esse valor adicional, caso estejam instalados aleatoriamente em um ponto de menor gotejamento. Moura et al. (2009) observaram através de uma análise de superfície que, próximo aos

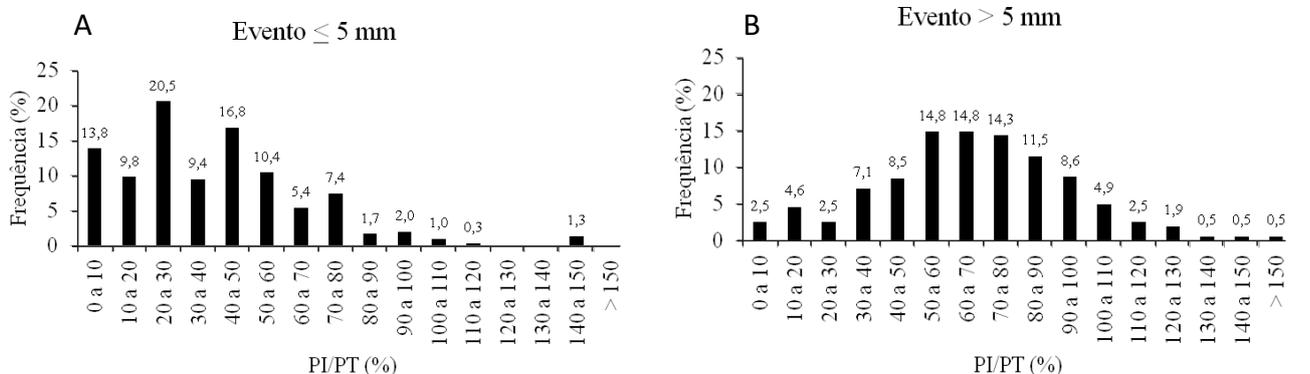


Figura 6. Histograma da precipitação interna de todas as 864 leituras realizadas. (A) Eventos de chuva com lâmina menor ou igual a 5 mm; (B) eventos de chuva com lâmina maior que 5 mm

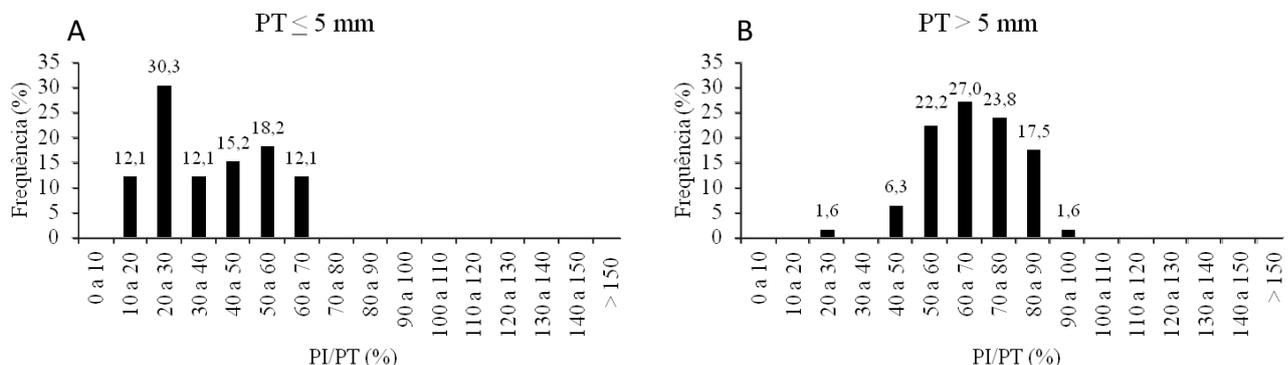


Figura 7. Histograma da precipitação interna média dos 96 eventos. (A) Eventos de chuva com lâmina menor ou igual a 5 mm; (B) eventos de chuva com lâmina maior que 5 mm

interceptômetros que apresentaram maior pico de precipitação interna, havia depressões, indicando, provavelmente, que a chuva foi direcionada mais para um ponto que para o outro.

Os valores de precipitação total e precipitação interna foram correlacionados e estão apresentados nas Figuras 8 e 9. Baseado na análise de regressão, 89,8% da variação dos dados de precipitação interna foram explicados pela variação da precipitação total, para os eventos de chuva menor ou igual a 5 mm. Para os eventos de chuva maiores que 5 mm, esse percentual foi de 96,6%. De maneira geral, a precipitação interna apresenta forte relação linear com a precipitação total, como pode ser observado nos trabalhos de Sousa et al. (2011), Moura et al. (2009), Oliveira Junior & Dias (2005), Ferreira et al. (2005) e Arcova et al. (2003). Porém, nem sempre a melhor relação entre a precipitação interna e a precipitação total é a linear, pois, para eventos de chuva de pequena magnitude, principalmente quando a vegetação estiver seca no início do evento, a maior parte da chuva fica retida na vegetação e uma porção muito pequena da chuva se converte em precipitação interna, sendo esta porção maior a cada instante em que se aumenta a umidade da vegetação, até que se atinja a saturação da copa.

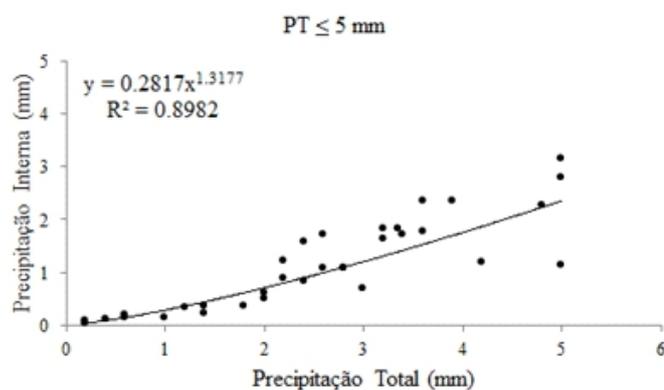


Figura 8. Relação entre a precipitação total e a precipitação interna para os eventos de chuva menor ou igual a 5 mm

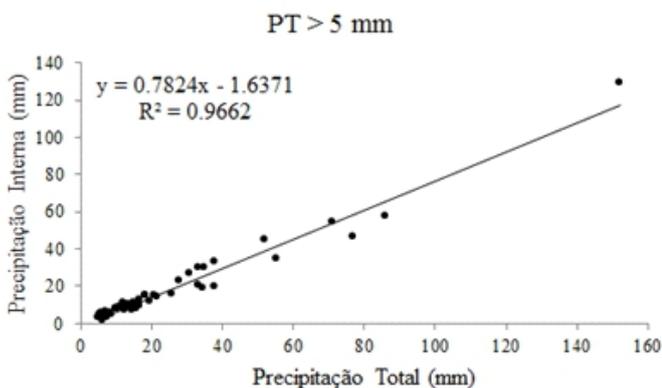


Figura 9. Relação entre a precipitação total e a precipitação interna para os eventos de chuva maior que 5 mm

O modelo potencial apresentou maior coeficiente de determinação (R^2) para a classe com chuvas menores ou iguais a 5 mm, enquanto que, para a classe com chuvas maiores que 5 mm, o modelo linear apresentou melhor resultado. Quando a vegetação está totalmente seca no início da chuva, pode-se dizer que ela está na condição de maior capacidade de armazenamento, pois o reservatório da vegetação está vazio e a precipitação interna, segundo Link et al. (2004), é composta inteiramente pela chuva que passa pelos espaços vazios sem esbarrar na vegetação. Com a continuação da chuva, a vegetação vai ficando mais úmida e o reservatório cada vez mais cheio, ao mesmo tempo em que há uma maior turbulência nas folhas e ramos fazendo com que a chuva retida na vegetação se desprenda e caia como precipitação interna. Outro fator que contribui para um maior percentual de precipitação interna é uma possível mudança do fluxo de escoamento pelo tronco para precipitação interna. É mais provável que essa mudança apareça nos eventos capazes de gerar escoamento pelo tronco, o que provavelmente deve ocorrer com maior frequência nos eventos de chuva de maior magnitude.

Conclusões

1. A precipitação interna observada na cultura do café mostra a significativa influência que uma cultura agrícola de médio porte pode exercer na quantidade de chuva que chega ao solo, podendo, em muitos casos, ser uma quantidade menor que em vegetações de grande porte.

2. A precipitação interna correspondeu a 69% da precipitação total, quando avaliados todos os eventos conjuntamente. Para os eventos com chuva menor ou igual a 5 mm, a precipitação interna correspondeu a 43,9%, enquanto que, para os eventos com chuva maior que 5 mm, o percentual foi de 70,4.

3. A precipitação interna apresentou alta correlação com a precipitação total para os eventos de chuva menor ou igual a 5 mm e para os eventos de chuva maior que 5 mm, sendo os melhores ajustes obtidos pelo modelo potencial e linear, respectivamente

Agradecimentos

Os autores agradecem o financiamento da pesquisa pelo CT-HIDRO/FINEP (Projeto CISA – Cooperação Internacional do Semiárido e BEER - Estudos Hidrológicos e Sedimentológicos em Bacias Experimentais e Representativas do Semiárido e serrado), à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e a APAC (Agência Pernambucana de Águas e Clima) pela concessão de

bolsa de pós-doutorado, à FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco) pela concessão de bolsa de doutorado e pós-doutorado, ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela concessão de bolsas PQ, doutorado, pós-doutorado, ITI e PIBIC/UFPE, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da UFRPE e ao IPA/Vitória de Santo Antão - PE.

Literatura Citada

- Alves, R. F.; Dias, H. C. T.; Oliveira Júnior, J. C.; Garcia, F. N. M. Avaliação da precipitação efetiva de um fragmento de Mata Atlântica em diferentes estágios de regeneração no município de Viçosa, MG. *Água*, v.2, p.83-93, 2007.
- Arcova, F. C. S.; Cicco, V.; Câmara, C. D. Redistribuição das chuvas em plantio de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae) no Parque Estadual da Serra do Mar, Cunha - SP. *IF Série Registros*, v.40, p.203-208, 2009.
- Arcova, F. C. S.; Cicco, 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*, v.27, p.257-262, 2003.
- Arnell, N. *Hydrology and global environmental change*. Harlow: Pearson Education, 2002. 346p.
- Bryant, M. L.; Brat, S.; Jacoss J. M. Measurements and modeling of throughfall variability for five forest communities in the southeastern US. *Journal of Hydrology*, v.312, p.95-108, 2005.
- Castilho, C. P. G. Interceptação de chuvas na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*ssp.). Campinas: UNICAMP. 2000. 256p. Dissertação de Mestrado.
- Chaffe, P. L. B.; Kobiyama, M.; Yamashiki, Y.; Takara, K. Is interception information important for rainfall-runoff modeling? *Annual Journal of Hydraulic Engineering*, v.54, p.73-78, 2010.
- David, J., Valente, F., Gash, J. Evaporation of intercepted rainfall. In: Anderson, M. (ed.), *Encyclopedia of hydrological sciences*. New York: John Wiley and Sons Ltd. 2005. p.627-634.
- 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. *Revista Acta* v.35, p.55-62, 2005.
- Fortunato, O. M.; Montenegro, S. M. G. L.; Antonino, A. C. D.; Oliveira, L. M. M.; Souza, E. S.; Moura, A. E. S. S. Variabilidade espacial de atributos físico-hídricos de solos em uma bacia experimental no estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.18, p.135-147, 2013.
- Gênova, K. B. de; Honda, E. A.; Durigan, G. Processos hidrológicos em diferentes modelos de plantio de restauração de mata ciliar em região de cerrado. *Revista do Instituto Florestal*, v.19, p.189-200, 2007.
- Germer, S.; Elsenbeer, H.; Moraes, J. M. Throughfall and temporal trends of rainfall redistribution in an open tropical rainforest, southwestern Amazonia (Rondônia, Brazil). *Hydrology and Earth System Sciences*, v.10, p.383-393, 2006.
- Giglio, J. N.; Kobiyama, M. Interceptação da chuva: Uma revisão com ênfase no monitoramento em florestas brasileiras. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.18, p.297-317, 2013.
- Herbst, M.; Rosier, P. T. W.; McNeil, D. D.; Harding, R. J. Gowing, D. J. Seasonal variability of interception evaporation from the canopy of a mixed deciduous forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.148, p.1655-1667, 2008.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção agrícola municipal. Culturas temporárias e permanentes*. Rio de Janeiro, v.37, p.1-91, 2010.
- IPA - Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. *Introdução e seleção de clones e variedades de cafeeiro Conilon (Coffea canephora) Pierre ex Froehner, na Zona da Mata de Pernambuco. Relatório de Pesquisa, Período: Abril/2006 a Maio/2010. Estação Experimental Lauro Ramos Bezerra, Serra Talhada, 2010. 14p.*
- Levia, D. F.; van Stan II, J. T.; Mage, S. M.; Kelley-Hauske, P.W. Temporal variability of stemflow volume in a beech-yellow poplar forest in relation to tree species and size. *Journal of Hydrology*, v.380, p.112-120, 2010.
- Liang, W. L.; Kosugi, K.; Mizuyama, T. A three-dimensional model of the effect of stemflow on soil water dynamics around a tree on a hillslope. *Journal of Hydrology*, v.366, p.62-75, 2009.
- Lima, P. R. A.; Leopoldo, P. R. Interceptação de chuva por mata ciliar na região central do Estado de São Paulo. *Energia na Agricultura*, v.14, p.25-33, 1999.
- Link, T. E.; Unsworth, M.; Marks, D. The dynamics of rainfall interception by a seasonal temperate rainforest. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.124, p.171-191, 2004.
- Liu, B.; Zhao, W. Z. Rainfall partitioning by desert shrubs in arid regions. *Sciences in Cold and Arid Regions*, v.1, p.215-229, 2009.
- Lloyd, C. R.; Marques, A. O. Spatial variability of throughfall and stemflow measurements in Amazonian rainforest. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.42, p.63-73, 1988.
- Loescher, H. W.; Powers, J. S.; Oberbauer, S.F. Spatial variation of throughfall volume in an old-growth tropical wet forest, Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology*, v.18, p.397-407, 2002.
- Medeiros, P. H. A.; Araújo, J. C.; Bronstert, A. Interception measurements and assessment of Gash model performance for a tropical semi-arid region. *Revista Ciência Agronômica*, v.40, p.165-174, 2009.
- Moura, A. E. S. S.; Correa, M. M.; Silva, E. R.; Ferreira, R. L. C.; Figueiredo, 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*, v.33, p.461-469, 2009.

- Moura, A. R. C.; Montenegro, S. M. G. L.; Silva, B. B.; Antonino, A. C. D.; Oliveira, L. M. M.; Azevedo, J. R. G. Evapotranspiração de referência (ET_o) segundo Thornthwaite modificado, calibrado na bacia do Riacho Gameleira - estado de Pernambuco. *Revista de Geografia*, v.29, p.153-167, 2012.
- Muzylo, A.; Llorens, P.; Valente, F.; Keizer, J. J.; Domingo, F.; Gash, J. H. C. A review of rainfall interception modeling. *Journal of Hydrology*, v.370, 191-206, 2009.
- Oliveira Júnior, J. C. ; Dias, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário da mata atlântica. *Revista Árvore*, v.29, p.9-15, 2005.
- Oliveira, L. L.; Costa, R. F.; Costa; A. C. L.; Sousa, F. A. S.; Braga, A. P. Modelagem da interceptação na Floresta Nacional de Caxiuanã, no Leste da Amazônia. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.23, p.318-326, 2008.
- Oliveira, L. M. M.; Montenegro, S. M. G. L.; Antonino, A. C. D.; Silva, B. B.; Machado, C. C. C.; Galvêncio, J. D. Análise quantitativa de parâmetros biofísicos de bacia hidrográfica obtidos por sensoriamento remoto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, p.1209-1217, 2012.
- Revista Cafeicultura. IPA estimula o agronegócio do café em Pernambuco. Publicado em 11 set. de 2009 (Disponível: <<http://www.revistacafeicultura.com.br/index.php?mat=27692>>. Acesso em: 12 mai. 2014.)
- Rodrigues, V. A. Redistribuição das chuvas pelas copas de um povoamento de seringueira, José Bonifácio, SP. *Revista do Instituto Florestal*, v.21, p.19-26, 2009.
- Schroth, G.; Elias, M. E. A.; Uguen, K. Seixas, R.; Zech, W. Nutrient fluxes in rainfall, throughfall and stemflow in tree-based land use systems and spontaneous tree vegetation of central Amazonia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.87, p.37-49, 2001.
- Schroth, G.; Silva, L. F. da; Teixeira, W. G.; Wolf, M. A.; Zech, W. Distribution of throughfall and stemflow in multi-strata agroforestry, perennial monoculture, fallow and primary forest in central Amazonia, Brazil. *Hydrological Processes*, v.13, p.1423-1436, 1999.
- Sheer, M. B. Fluxo de nutrientes pela precipitação pluviométrica em dois trechos de Floresta Ombrófila Densa em Guaraqueçaba, Paraná. *Floresta*, v.39, p.117-130, 2009.
- Silva Neto, J. A. Evapotranspiração, transpiração, fluxo de seiva e funcionalidade hidráulica de *Coffea canefora L.* Recife: UFPE. 2011. 58p. Dissertação de Mestrado.
- Silva, R. M.; Montenegro, S. M. G. L.; Santos, C. A. G. Integration of GIS and remote sensing for estimation of soil loss and prioritization of critical sub-catchments: A case study of Tapacurá catchment. *Natural Hazards*, v.52, p.1-20, 2012.
- Sousa, R. C.; Ranzini, M.; Arcova, F. C. S.; Cicco, V.; Câmara, C. D. Redistribuição das chuvas pelas copas das árvores em plantio de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae) no Parque Estadual da Serra do Mar, Cunha – SP. *Revista do Instituto Florestal*, v.23, p.27-38, 2011.
- Souza, L.C.; Marques, R. Fluxo de nutrientes em Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas no litoral do Paraná. *Floresta*, v.40, p.125-136, 2010.
- Thomaz, E. L. Avaliação de interceptação e precipitação interna em capoeira e floresta secundária em Guarapuava – PR. *Geografia*, v.14, p.47-60, 2005.
- van Dijk, A. I. J. M.; Bruijnzeel, L. A. Modelling rainfall interception by vegetation of variable density using an adapted analytical model. Part1. Model description. *Journal of Hydrology*, v.247, p.230-238, 2001.
- Vieira, C. P.; Palmier, L. R. Medida e modelagem da interceptação da chuva em uma área florestada na região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.11, p.101-112, 2006.
- Vieira, D. B. Avaliação da interceptação hidrológica e o efeito da vinhaça em cana-de-açúcar. Limeira: UNICAMP. 1982. 124p. Tese de Livre Docência.
- Zhang, Z. S.; Li, X. R.; Dong, X. J.; Jia, X. H.; He, M. Z.; Tan, H. J. Rainfall interception by sand-stabilizing shrubs related to crown structure. *Sciences in Cold and Arid Regions*, v.1, p.107-119, 2009.