

**TRANSPRECIPITAÇÃO E INTERCEPTAÇÃO DA CHUVA EM ÁREA
REFLORESTADA COM *Tibouchina mutabilis* Cogn. NA SERRA DO MAR**

ARCOVA, Francisco Carlos Soriano – francisco.arcova@gmail.com
Instituto Florestal de São Paulo

RANZINI, Maurício – ranzini@gmail.com
Instituto Florestal de São Paulo

NAKAGAWA, Federico – federico.naka@gmail.com
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho / UNESP

CICCO, Valdir de – valdir.cicco@gmail.com
Instituto Florestal de São Paulo

LIMA, Israel Luiz de – limailde@gmail.com
Instituto Florestal de São Paulo

Submetido em: 02/01/2020

Aceito para publicação em: 22/07/2020

Publicado em: 24/07/2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v27i0.71058>

RESUMO: A *Tibouchina mutabilis* (Vell.) Cogn, conhecida popularmente como manacá-da-serra, é uma espécie pioneira da Mata Atlântica com alta taxa de colonização de matas secundárias. Não há na literatura referência a estudos de repartição da chuva nessa espécie. A presente pesquisa quantificou a transprecipitação e estimou a interceptação a partir do final de fevereiro até novembro de 2018 de uma área reflorestada com *Tibouchina mutabilis* no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, Cunha - SP. Para tanto, dez pluviômetros foram instalados para a coleta semanal de água de transprecipitação em duas parcelas de 70 m² em áreas reflorestadas; uma com 20° e outra com 30° de declividade. Um pluviômetro foi alocado na estação meteorológica do laboratório para a medição da precipitação pluviométrica no aberto. A interceptação foi obtida pela diferença entre a precipitação no aberto e a transprecipitação. As transprecipitações médias das duas parcelas diferiram estatisticamente. A desigualdade na densidade de árvores foi a principal causa para esse resultado. Os valores de transprecipitação e de interceptação em relação à precipitação no aberto acumulada durante o experimento (1360,5 mm) foram 89,3% e 10,7% na parcela de 20°, e 75,0% e 25,0% na parcela de 30°. As quantidades de precipitação no aberto e de transprecipitação nas duas parcelas se ajustaram ao modelo de regressão linear simples ($R^2=0,98$). A variabilidade espacial da transprecipitação foi elevada entre os pontos de medição desse processo.

PALAVRAS-CHAVE: repartição da chuva, transprecipitação, precipitação interna, manacá-da-serra, Mata Atlântica.

*THROUGHFALL AND INTERCEPTION OF RAINFALL IN REFORESTED AREA WITH
Tibouchina mutabilis Cogn. IN THE SERRA DO MAR, BRAZIL*

ABSTRACT: *Tibouchina mutabilis* (Vell.) Cogn, popularly known as manacá-da-serra, is a pioneer species of the Atlantic Forest with a high rate of secondary forest colonization. There is no mention in the literature of rain partition studies in this species. This research quantified the transprecipitation and estimated the interception from the end of February until November 2018 of an area reforested with *Tibouchina mutabilis* in the Walter Emmerich Laboratory of Forest Hydrology, located in the Serra do Mar State Park - Nucleos Cunha, southeastern Brazil. For this purpose 10 rain gauges were installed in two

plots of 70 m² in reforested areas; one with 20° and the other with 30° of slope, which collected the throughfall. To measure the gross precipitation one rain gauge was allocated in the meteorological station of the laboratory. The stemflow was not measured and the interception was obtained by the difference of the gross precipitation and the throughfall. The average throughfall of the two plots differed statistically. The difference in tree density between plots was the main cause for this result. The values of throughfall and interception in relation to the accumulated gross precipitation during the experiment were 89.3% and 10.7% in the plot with 20° of slope and 75.0% and 25.0% in the plot with 30°. The amounts of gross precipitation and throughfall in both plots consistently fit the simple linear regression model ($R^2 = 0.98$). The spatial variability of throughfall was high between the measurement points of this process.

KEYWORDS: partitioning of rainfall, throughfall, manacá-da-serra, Atlantic Forest.

INTRODUÇÃO

Quando a chuva atinge o dossel florestal uma parte é interceptada pelas copas das árvores e evapora, não desempenhando mais qualquer papel na fase terrestre do ciclo hidrológico. O restante alcança o piso da floresta como transprecipitação, também chamada de precipitação interna, que consiste na água que goteja das copas ou passa diretamente por elas e como escoamento pelo tronco (CROCKFORD; RICHARDSON, 2000; CARLYLE-MOSES; GASH, 2011). A quantidade de água interceptada não é desprezível, podendo alcançar de 10% até 50% da precipitação anual, dependendo das características da floresta e do clima (CARLYLE-MOSES; GASH, 2011). A transprecipitação corresponde a aproximadamente 80% da precipitação incidente (LEVIA JUNIOR; FROST, 2006) e o volume de escoamento pelo tronco é, geralmente, muito pequeno em comparação à precipitação incidente e à transprecipitação, razão pelas quais muitas vezes não é monitorado (CROCKFORD; RICHARDSON, 2000; GIGLIO; KOBIYAMA, 2013; SOUSA et al., 2016; CICCO et al., 2019).

A vegetação influencia na repartição da chuva devido às características como a composição em espécies, idade, densidade da floresta, morfologia e arquitetura do dossel e presença de epífitas (CROCKFORD; RICHARDSON, 2000; FLEISCHBEIN et al., 2005; GIGLIO; KOBIYAMA, 2013). Há também a influência do clima através de fatores como: quantidade, duração e intensidade da chuva, velocidade e direção dos ventos, temperatura e umidade do ar (CROCKFORD; RICHARDSON, 2000).

Revisão bibliográfica sobre repartição da chuva mostrou que a maioria dos estudos conduzidos no Brasil estão concentrados na Mata Atlântica e na Amazônia. Em florestas plantadas os estudos predominam entre os gêneros exóticos *Pinus* e *Eucalyptus* (GIGLIO; KOBIYAMA, 2013). Esses autores destacaram a necessidade de realizar pesquisas em outros biomas e tipos de vegetação. Balbinot et al. (2008) também ressaltaram a premência de mais estudos envolvendo a relação da vegetação com o ciclo hidrológico.

A *Tibouchina mutabilis* Cogn., conhecida popularmente como manacá-da-serra, é uma espécie florestal característica da Serra do Mar, sendo encontrada desde Santa Catarina até o Rio de Janeiro, na floresta pluvial da encosta atlântica. Predomina em mata secundária, é uma espécie pioneira e útil em reflorestamentos heterogêneos (LORENZI, 2002). É uma espécie relevante para a colonização de áreas a serem reflorestadas nessa região (TABARELLI; MANTOVANI, 1999), com alta taxa de germinação, necessidade de incidência de

luz e sem apresentar nenhum tipo de dormência (SIMÃO et al., 2007). Não há na literatura registros de estudos de repartição da chuva por essa espécie florestal, o que nos motivou a realizar o presente estudo.

O artigo investiga a repartição da chuva em plantio de *Tibouchina mutabilis* Cogn. Os objetivos específicos do estudo são: (a) verificar se a transprecipitação média nas parcelas de 20° e 30° de declividade diferem estatisticamente, (b) quantificar a proporção da precipitação pluviométrica no aberto direcionada em transprecipitação e interceptação; (c) estabelecer equações de regressão linear simples relacionando a interceptação e a transprecipitação com a precipitação pluviométrica no aberto, e (d) avaliar a transprecipitação nos dez pluviômetros.

Os resultados deste estudo são uma contribuição ao entendimento do balanço hídrico em ambiente de Mata Atlântica; informação importante para o manejo de bacias hidrográficas e gestão da água na Serra do Mar.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA EXPERIMENTAL

A área do estudo está localizada no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich-LHFWE, no Parque Estadual da Serra do Mar, no município de Cunha, a leste do estado de São Paulo (Figura 1). As coordenadas geográficas do parque estão entre os paralelos 23°13' e 23°16' de latitude sul e os meridianos 45°02' e 45°05' de longitude oeste, com altitude de 1.040 a 1.160 m. A região é montanhosa, apresenta encostas com declividades superiores a 15° e a vegetação é de Floresta Ombrófila Densa secundária (Mata Atlântica) (CICCO et al., 2007).

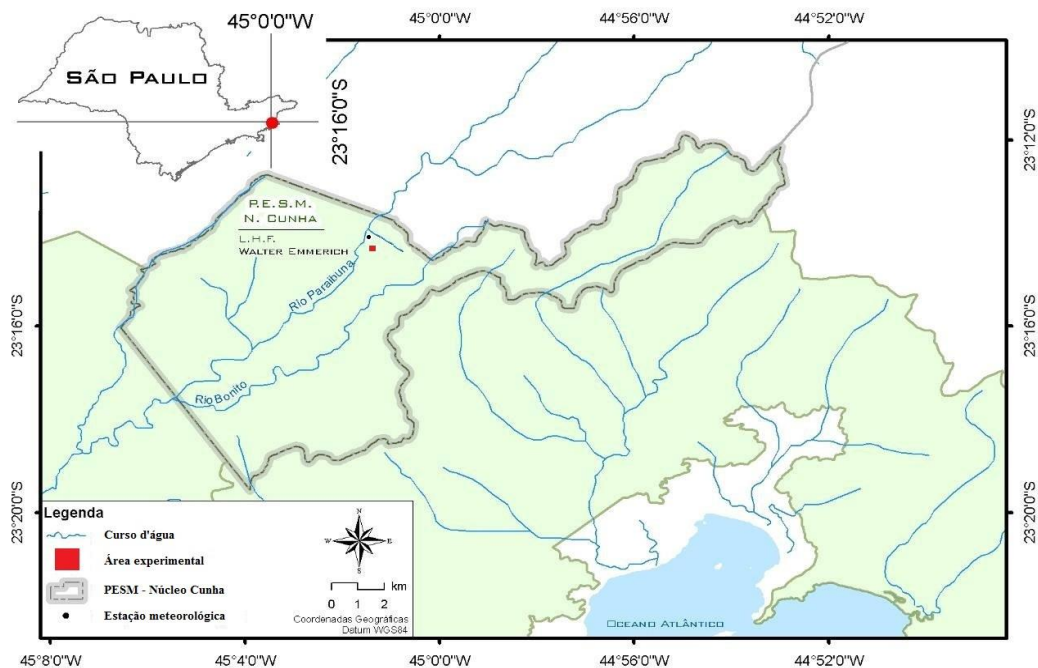


Figura 1 - Localização da área experimental no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha.

A precipitação pluviométrica média anual na estação meteorológica do LHFWE é de 1.950 mm (período de 1980 a 2017). As chuvas se distribuem de forma distinta no período chuvoso (outubro a março) e no período pouco chuvoso (abril a setembro), sendo os eventos mais intensos e concentrados no período chuvoso e mais uniformes e menos concentrados no período pouco chuvoso. Há forte influência da altitude e dos efeitos orográficos da Serra do Mar (ARCOVA et al., 2018). O tipo climático é Cwb; clima temperado com chuvas no verão, inverno seco, temperatura média do mês mais quente de 22°C e a do mês mais frio de 18°C, sendo a umidade relativa do ar média anual de 85,5%. Maiores detalhes relativos à área são encontrados em Arcova et al. (2016).

EXPERIMENTO

Em uma encosta localizada atrás e acima do escritório do LHFWE foram instaladas, entre 1983 e 1985, áreas demonstrativas de sistemas desenvolvidos para o controle de erosão do solo em terrenos declivosos. Dezesesseis parcelas de 7 metros de largura por 10 metros de comprimento, metade das quais com 20° de declividade e as demais com 30°, foram recobertas com várias espécies de gramíneas, plantadas sob diferentes condições, tais como semeadura direta, semeadura em sacos biodegradáveis preenchidos com solo e adubo mineral, plantio em placas, dentre outras (Figura 2). Plantios puros e consorciados de manacá-da-serra (*Tibouchina mutabilis* Cogn.) também foram realizados (JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY, 1986, ARCOVA; CICCO, 2005).

Duas das dezesseis parcelas foram selecionadas para o presente estudo, ambas plantadas com 70 mudas de *Tibouchina mutabilis* Cogn., em 7 linhas com espaçamento entre plantas de aproximadamente 70 cm, porém com duas declividades, uma com 20° e a outra 30° (JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY, 1986). Atualmente, as parcelas com 20° e 30° de declividade possuem 9 e 18 árvores, diâmetro à altura do peito (DAP) médio de 19,7 e 18,7 cm e área basal de 100,8 e 126,5 m².ha⁻¹, respectivamente (Tabela 1). A altura das árvores é de aproximadamente 10 metros e há um sub-bosque de até 2 metros de altura. A maior parte das árvores em ambas as parcelas são perfilhadas, ou seja, possuem dois ou mais troncos resultantes da divisão do tronco abaixo da altura do peito (1,30 m) (BATISTA et al., 2014).



Figura 2 – Vista geral da área experimental em 1986 (a esquerda) e em 2018 (a direita).

Tabela 1 - Dados dendrométricos das árvores de *Tibouchina mutabilis* das parcelas de 20° e 30° de declividade.

Parcela 30°				Parcela 20°			
Árvore		Diâmetro (cm)	Área Basal (m ²)	Árvore		Diâmetro (cm)	Área Basal (m ²)
Bifurcada	tronco 1	22,2	0,0387	Trifurcada	tronco 1	25,2	0,0499
	tronco 2	14,4	0,0163		tronco 2	24,2	0,0460
Não ramificada		18,6	0,0272		tronco 3	25,2	0,0499
Não ramificada		14,4	0,0163	Bifurcada	tronco 1	19,0	0,0284
Bifurcada	tronco 1	8,4	0,0055		tronco 2	15,0	0,0177
	tronco 2	10,0	0,0079	Quadrifurcada	tronco 1	25,8	0,0523
Não ramificada		10,0	0,0079		tronco 2	27,4	0,0590
Não ramificada		14,6	0,0167		tronco 3	24,0	0,0452
Não ramificada		22,4	0,0394		tronco 4	13,4	0,0141
Quadrifurcada	tronco 1	16,2	0,0206	Não ramificada		34,4	0,0929
	tronco 2	23,6	0,0437	Trifurcada	tronco 1	19,4	0,0296
	tronco 3	19,8	0,0308		tronco 2	16,0	0,0201
	tronco 4	18,0	0,0254		tronco 3	16,2	0,0206
Bifurcada	tronco 1	20,2	0,0320	Bifurcada	tronco 1	6,2	0,0030
	tronco 2	13,4	0,0141		tronco 2	9,0	0,0064
Não ramificada		6,4	0,0032	Quadrifurcada	tronco 1	17,8	0,0249
Não ramificada		11,4	0,0102		tronco 2	14,0	0,0154
Não ramificada		23,2	0,0423		tronco 3	22,6	0,0401
Bifurcada	tronco 1	19,2	0,0290		tronco 4	20,2	0,0320
	tronco 2	30,0	0,0707	Não ramificada		19,4	0,0296
Não ramificada		11,4	0,0102	Não ramificada		19,0	0,0284
Bifurcada	tronco 1	34,0	0,0908	-	-	-	-
	tronco 2	24,2	0,0460	-	-	-	-
Trifurcada	tronco 1	23,0	0,0415	-	-	-	-
	tronco 2	22,2	0,0387	-	-	-	-
	tronco 3	18,2	0,0260	-	-	-	-
Não ramificada		23,6	0,0437	-	-	-	-
Bifurcada	tronco 1	25,0	0,0491	-	-	-	-

Parcela 30°			Parcela 20°		
Árvore	Diâmetro (cm)	Área Basal (m ²)	Árvore	Diâmetro (cm)	Área Basal (m ²)
tronco 2	23,0	0,0415	-	-	-

Para quantificar a transprecipitação foram instalados cinco pluviômetros com abertura de 20 cm de diâmetro (Nakaasa Instruments Company Ltd.) em cada parcela, fixados a 1,30 m do solo, com auxílio de estacas de madeira e nas suas extremidades suportes de PVC. Para a distribuição dos pluviômetros por parcela, uma bordadura de 1 m foi demarcada, resultando em uma área de 5m x 8 m, que foi subdividida em 4 retângulos iguais, dispendo um aparelho no centro de cada retângulo e um quinto pluviômetro no centro da parcela (Figura 3). A precipitação pluviométrica no aberto foi determinada por um pluviômetro instalado na estação meteorológica do LHFWE a 100 m da área experimental.

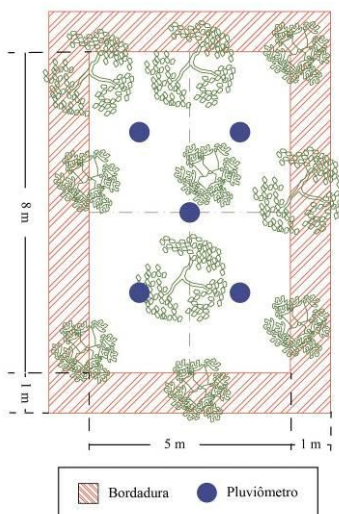


Figura 3 - Esquema com a localização dos pluviômetros (sem escala, valores em metro e projeção das copas meramente ilustrativa) e pluviômetro no interior do reflorestamento de *Tibouchina mutabilis*.

As medições dos dados pluviométricos foram feitas semanalmente, às segundas-feiras, entre 8 e 9 horas da manhã. Quando chovia nesse horário as medições eram feitas duas horas após o encerramento da chuva. As medições foram feitas com proveta graduada em milímetros de altura de água (acurácia de 0,1 mm) de fabricação própria para os pluviômetros (Nakaasa Instruments Company Ltd.). O período experimental foi de 21 de fevereiro a 26 de novembro de 2018.

O escoamento pelo tronco não foi quantificado devido às dificuldades inerentes à medição desse processo e ao baixo volume de água normalmente coletado nos estudos. Desta forma, a interceptação foi estimada pela diferença entre a precipitação no aberto e a transprecipitação, em milímetros de altura de água, expresso conforme a equação 1:

$$I = P - Tr \tag{1}$$

onde: I é interceptação, P é precipitação pluviométrica no aberto e Tr é transprecipitação, sendo esta a média dos 5 pluviômetros de cada parcela.

Para verificar se ocorreu diferença significativa entre as médias de transprecipitação das parcelas de 20° e 30° de declividade empregou-se o teste t de Student. Na aplicação do teste foi utilizado o procedimento TTEST do software SAS® (SAS INSTITUTE, 1999).

O resultado do teste t (4,60007) indica que houve diferença significativa entre a transprecipitação média das duas parcelas, pois o valor-p obtido (0,0001) é menor que o nível de significância de 0,05. Em consequência, a análise dos dados foi feita considerando as parcelas individualmente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao se comparar a série histórica de precipitação pluviométrica de 1980 a 2017 com a precipitação do ano de 2018 (Figura 4), que inclui o período experimental (fevereiro a novembro), verifica-se que para o período chuvoso (outubro a março), com exceção de março, todos os meses foram superiores à média histórica. Por outro lado, no período pouco chuvoso (abril a setembro), houve menos chuva em abril, maio e julho; e mais em agosto e setembro. O mês de janeiro de 2018 se destacou pela precipitação muito superior à média histórica e dezembro menor, porém ambos fora do período experimental.

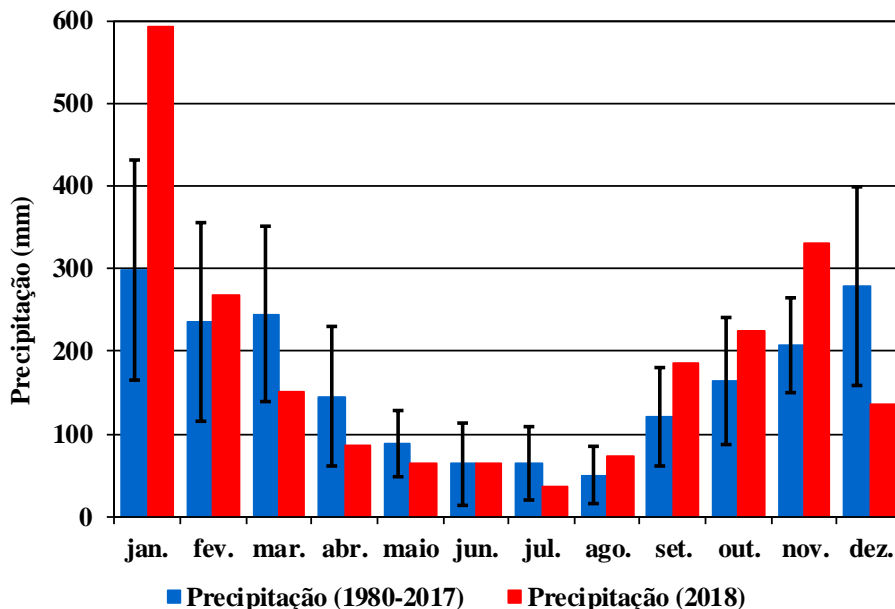


Figura 4 - Precipitação pluviométrica média mensal na estação meteorológica do LHFWE (1980 a 2017) e a do ano de 2018. As linhas verticais são o desvio padrão da média.

Foram feitas 39 medições da precipitação no aberto e da transprecipitação. A Tabela 2 apresenta uma síntese dos resultados. Os valores de transprecipitação da parcela de 20° foram maiores que os da parcela de 30°. Consequentemente, a interceptação na primeira parcela foi, em média, duas vezes menor que a interceptação na parcela de 30°. A principal causa para os resultados foi a diferença na densidade de árvores das duas áreas; a de 20° com 9 árvores (3.000/ha) e a de 30° com 18 árvores (4.143/ha). A densidade de árvores é um dos fatores da vegetação que influenciam a interceptação (CROCKFORD; RICHARDSON, 2000). A extração seletiva de árvores (diminuição da densidade de árvores) foi identificada como responsável à redução da interceptação em floresta de terra firme na Amazônia Central (FERREIRA et al., 2005), assim como em desbastes de reflorestamento de *Pinus taeda* no sul do país (PACHECHENIK, 2010). A influência do aumento da densidade de árvores sobre a interceptação foi verificada em um gradiente de biomassa entre o cerrado *strictu sensu* e o cerradão, com a interceptação variando de 3,4% a 20,3% da precipitação anual no aberto (HONDA; DURIGAN, 2016). Em um estudo de modelos de plantio de restauração de mata ciliar na região de Assis - SP, Gênova et al. (2007) constataram que entre os parâmetros estruturais relacionados à vegetação "a densidade de árvores foi o fator mais estreitamente relacionado com a retenção de água das chuvas".

Tabela 2 - Precipitação pluviométrica no aberto (P) em mm, transprecipitação média (Tr) ± erro padrão e da interceptação (I), ambos em mm, e em percentual em relação a P, para as parcelas de 20° e 30° de declividade.

Data	P mm	Tr mm		Tr%		I mm		I%	
		20°	30°	20°	30°	20°	30°	20°	30°
26/02/2018	53,8	48,5±2,	42,6±8,5	90,1	79,2	5,3	11,2	9,9	20,8
05/03/2018	54,2	45,3±4,	37,2±7,3	83,5	68,6	8,94	17,0	16,5	31,4
12/03/2018	33,6	27,9±1,	23,0±6,0	83,2	68,6	5,66	10,6	16,8	31,4
20/03/2018	57,7	49,1±4,	42,0±8,4	85,2	72,9	8,56	15,7	14,8	27,1
26/03/2018	60,6	52,8±4,	41,9±8,2	87,1	69,2	7,8	18,7	12,9	30,8
03/04/2018	10,0	5,2±0,9	4,6±1,0	52,4	45,8	4,76	5,4	47,6	54,2
09/04/2018	21,0	16,3±1,	13,3±3,3	77,7	63,1	4,68	7,7	22,3	36,9
16/04/2018	51,1	45,7±5,	38,0±8,8	89,4	74,4	5,4	13,1	10,6	25,6
23/04/2018	9,6	10,4±1,	8,2±2,0	108,3	85,6	-0,8	1,4	-8,3	14,4
02/05/2018	0,5	0,3±0,1	0,4±0,1	56,0	80,0	0,2	0,1	44,0	20,0
07/05/2018	7,3	6,1±0,6	4,4±0,8	83,0	60,3	1,2	2,9	17,0	39,7
15/05/2018	34,5	31,4±3,	25,4±5,3	91,1	73,5	3,1	9,1	8,9	26,5
21/05/2018	30,8	21,2±2,	18,4±2,1	69,0	59,7	9,6	12,4	31,0	40,3
28/05/2018	0,2	0,2±0,0	0,1±0,0	90,0	60,0	0,0	0,1	10,0	40,0
04/06/2018	4,8	4,3±0,7	3,7±1,0	90,0	76,7	0,5	1,1	10,0	23,3
11/06/2018	24,4	17,6±2,	16,6±1,9	72,3	68,2	6,8	7,8	27,7	31,8
18/06/2018	38,2	42,4±5,	31,8±7,9	111,1	83,3	-4,2	6,4	-11,1	16,7
25/06/2018	2,2	2,3±0,3	1,9±0,5	104,5	87,3	-0,1	0,3	-4,5	12,7
10/07/2018	4,9	4,3±0,6	3,6±0,8	86,9	73,9	0,6	1,3	13,1	26,1
16/07/2018	3,1	3,1±0,4	2,3±0,5	100,6	72,9	0,0	0,8	-0,6	27,1
23/07/2018	9,0	9,7±1,3	7,4±1,6	107,3	82,0	-0,7	1,6	-7,3	18,0
30/07/2018	0,6	0,6±0,1	0,6±0,1	96,7	96,7	0,0	0,0	3,3	3,3

07/08/2018	75,3	65,8±4,	56,1±7,4	87,3	74,5	9,5	19,2	12,7	25,5
13/08/2018	3,2	1,6±0,2	1,5±0,2	48,8	46,3	1,6	1,7	51,3	53,8
20/08/2018	2,4	1,3±0,2	1,3±0,4	54,2	53,3	1,1	1,1	45,8	46,7
27/08/2018	14,4	12,6±1,	10,5±2,8	87,8	73,1	1,8	3,9	12,2	26,9
03/09/2018	0,6	3,1±0,3	2,1±0,7	510,0	350,0	-2,5	-1,5	-410,0	-250,0
10/09/2018	24,0	17,7±2,	14,6±2,5	73,9	60,7	6,3	9,4	26,1	39,3
17/09/2018	20,7	15,3±2,	13,2±2,2	73,7	63,7	5,4	7,5	26,3	36,3
25/09/2018	8,1	5,4±0,9	4,8±0,7	66,2	59,0	2,7	3,3	33,8	41,0
01/10/2018	150,2	143,5±2	141,3±13,	95,6	94,1	6,7	8,9	4,4	5,9
08/10/2018	48,4	45,5±4,	34,6±7,8	94,0	71,4	2,9	13,8	6,0	28,6
15/10/2018	124,3	111,5±1	98,3±11,8	89,7	79,1	12,8	26,0	10,3	20,9
22/10/2018	27,4	25,6±2,	22,4±4,6	93,4	81,6	1,8	5,0	6,6	18,4
29/10/2018	41,6	33,6±4,	25,1±6,3	80,7	60,3	8,0	16,5	19,3	39,7
06/11/2018	46,4	41,4±4,	34,4±6,1	89,2	74,2	5,0	12,0	10,8	25,8
12/11/2018	138,0	142,0±1	102,7±14,	102,9	74,4	-4,0	35,3	-2,9	25,6
20/11/2018	66,2	57,6±6,	48,9±9,2	87,0	73,8	8,6	17,3	13,0	26,2
26/11/2018	57,2	47,2±5,	40,7±8,3	82,6	71,2	10,0	16,5	17,4	28,8
Média	34,9	31,2±5,	26,2±4,9	95,7	78,5	3,7	8,7	4,3	21,5
Acumulado	1.360,5	1.215,3	1.019,9	89,3	75,0	145,2	340,6	10,7	25,0

Por ser o primeiro estudo de repartição da chuva em manacá-da-serra não há como comparar os resultados ora obtidos com os de pesquisas anteriores dessa espécie florestal. Porém, eles podem ser confrontados com os resultados de outras fisionomias vegetais. Para tanto usamos os percentuais de transprecipitação e de interceptação em relação à precipitação no aberto, calculados a partir dos valores acumulados das 39 medições do período experimental (Tabela 2). Os valores de transprecipitação foram consistentes aos determinados na Mata Atlântica (47,6% a 97,4%) e na Amazônia (76,8% a 91,0%), o mesmo ocorrendo com a interceptação; Mata Atlântica (8,4% a 20,6%) e Amazônia (7,2% a 22,6%) (GIGLIO; KOBAYAMA, 2013). Os percentuais de interceptação também são compatíveis com os de estudos em florestas tropicais ao redor do mundo, que estão no intervalo de 9,6% a 31,8% (CARLYLE-MOSES; GASH, 2011). Há de se considerar que a interceptação pode ser menor em ambas as parcelas, uma vez que os fluxos de escoamento pelo tronco não foram medidos.

Os dados pluviométricos apresentaram sazonalidade. Setenta e um por cento (71%) da quantidade total de chuva se concentraram no período úmido e 29% no período pouco úmido. Essas proporções de chuva nas duas épocas do ano são consistentes com as verificadas nas pesquisas realizadas no LHFWE (ARCOVA; CICCIO; ROCHA, 2003; SOUSA et al., 2011; CICCIO et al., 2019). A repartição da chuva também divergiu entre os dois períodos do ano nas duas parcelas, com o percentual da transprecipitação maior e da interceptação menor no período chuvoso e o inverso ocorrendo no período pouco chuvoso (Tabela 3). Portanto, houve uma diferença da ordem de cinco pontos percentuais na transprecipitação e na interceptação entre as duas épocas. Em Cunha, as características das chuvas são distintas nos dois períodos do ano. De abril a setembro as chuvas tendem a ter menor intensidade e quantidade que no

período úmido (ARCOVA et al., 2018). Em condições como estas a proporção da chuva interceptada é elevada (KURAJI; TANAKA, 2003). Estudos em ambiente de Mata Atlântica (NALON; VELLARDI, 1992; ARCOVA; CICCIO; ROCHA, 2003; MOURA et al., 2012; CICCIO et al.; 2019; JUNQUEIRA JUNIOR et al., 2019) e da amazônia oriental (OLIVEIRA et al., 2011) registraram padrão similar.

Tabela 3 - Períodos do ano com a precipitação no aberto acumulada (mm) e respectivas transprecipitação e interceptação (mm, %).

Parcela de 20°						Parcela de 30°					
Período	P		Tr		I	Período	P		Tr		I
(n° de eventos)	mm	mm	%	mm	%	(n° de eventos)	mm	mm	%	mm	%
Chuvoso (14)	959,6	871,5	90,8	88,1	9,2	Chuvoso (14)	959,6	735,2	76,6	224,4	23,4
Pouco chuvoso (25)	400,9	343,9	85,8	57,0	14,2	Pouco chuvoso (25)	400,9	284,7	71,0	116,2	29,0

A Figura 5 apresenta a distribuição da precipitação no aberto (P) agrupada em classes crescentes de tamanho de chuva e os valores médios de transprecipitação (Tr) e interceptação (I) em mm e em porcentagem em relação à P para as duas parcelas experimentais. O evento do dia 03 de novembro não foi incluído nos cálculos por exibir resultados atípicos em comparação aos demais (Tabela 2). A transprecipitação e a interceptação aumentaram proporcionalmente com o aumento da quantidade da precipitação no aberto. O mesmo padrão não foi observado para os percentuais; a grande variação na quantidade de chuva não implicou em variação proporcional em Tr(%) e I(%). Os valores oscilaram em torno das médias de 86% e 14% para a parcela de 20° e de 71% e 29% para a parcela de 30°, respectivamente. O acréscimo das quantidades de transprecipitação (mm) e da interceptação (mm) com o aumento da chuva foi constatado em vários estudos (LIMA, 1976; CICCIO et al., 1986-1988; CALUX; THOMAZ, 2012; GALVANI; LIMA, 2016; SOUSA et al., 2016).

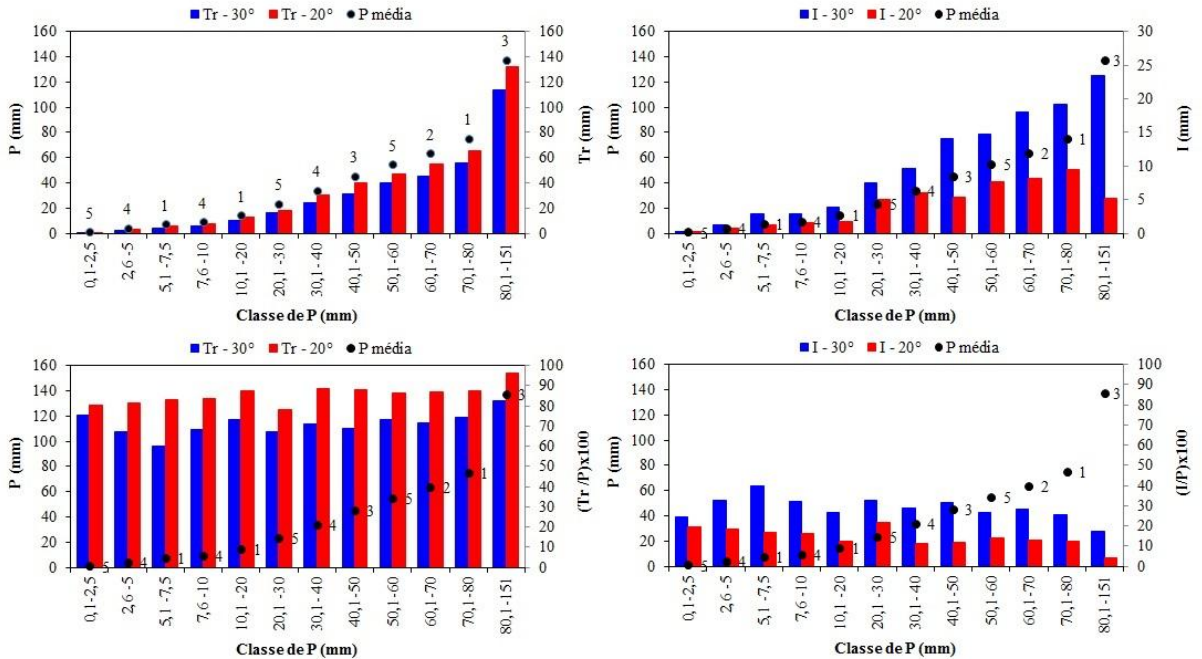


Figura 5 - Frequências das classes de tamanho de chuvas durante o experimento (número junto ao ponto da Precipitação média), respectivos valores médios de Transprecipitação (Tr) e de Interceptação (I) (mm) e valores percentuais de Tr e de I em relação à P.

Tanto para a parcela de 20° como para a de 30° de declividade, a precipitação no aberto e a transprecipitação média se ajustaram ao modelo de regressão linear simples, com elevado coeficiente de determinação (R^2): 0,9892 e 0,9788, respectivamente, ambas significativas ao nível de 1% (Figura 6). O ajuste dessas duas variáveis à uma regressão linear é predominante nos estudos de repartição da chuva (LIMA, 1976; CICCIO et al., 1986/88; ARCOVA; CICCIO; ROCHA, 2003; FERREIRA et al., 2005; TONELLO et al., 2014, SOUSA et al., 2016). Para a precipitação no aberto e a interceptação, o ajuste da regressão linear foi fraco na parcela de 20° ($R^2 = 0,1890$), ou seja, representou somente 18,90% da relação entre as duas variáveis, e bom na parcela de 30° ($R^2 = 0,6891$), neste caso, representou 68,91% da relação. O ajuste dessas duas variáveis à uma regressão linear simples divergem nos estudos de repartição da chuva, como observado em experimento desenvolvido na Floresta Nacional de Ipanema-SP, onde o coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,19 para reflorestamento de *Pinus caribea*, 0,44 para Floresta Estacional Semidecidual e 0,72 para povoamento de *Eucalyptus cloeziana* (TONELLO et al., 2014).

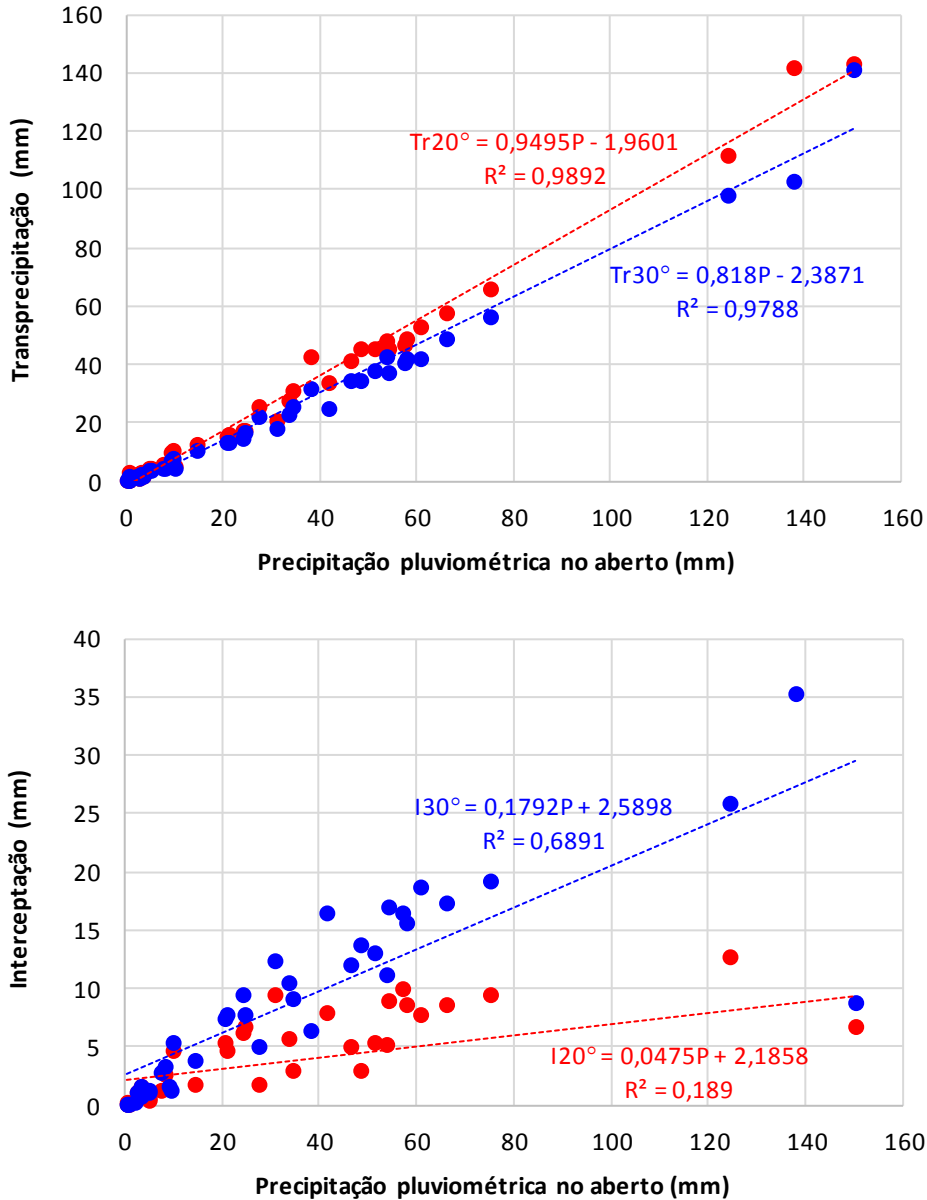


Figura 6 - Relação entre a precipitação pluviométrica no aberto (P) e a transprecipitação (Tr) (acima) e a intercepção (I) (abaixo) em milímetros, para as parcelas de 20° e de 30°.

A variabilidade da transprecipitação nas dez posições de colocação dos pluviômetros foi alta (Tabela 4). Em que pese o fato de o reflorestamento ser de uma única espécie, o dossel florestal é bastante heterogêneo. Há muitas árvores perfilhadas, com dois ou mais troncos provenientes da divisão do tronco abaixo da altura do peito (1,30 m) (Tabela 1). Ao longo do tempo houve considerável morte de árvores, abrindo clareiras e proporcionando condições para o estabelecimento de um sub-bosque que, em alguns lugares, tem altura superior à da superfície de coleta dos pluviômetros. Além disso, a *Tibouchina mutabilis* é uma espécie pioneira, com ciclo de vida não longo. As árvores do experimento encontram-se, provavelmente, na fase de senescência, com intensa queda de

galhos que abrem pequenas aberturas em alguns pontos da copa e acúmulo desse material vegetativo em outros. Essas três conjunturas proporcionam grande diversidade de copa das árvores e, conseqüentemente, a não-uniformidade da transprecipitação.

Nos pluviômetros 3, 8 e 9 a transprecipitação acumulada durante o experimento foi superior à precipitação no aberto, isto é, a interceptação foi negativa ($Tr > P$). Nos dois primeiros pluviômetros a frequência de eventos com $Tr > P$ foi elevada; 74% e 59%, respectivamente. Este fenômeno, que em teoria não deveria acontecer, uma vez que parte da chuva é retida pelo dossel e evaporada (MOURA et al., 2011), na realidade é frequente e foi observado em estudos nos mais diferentes ambientes florestais (GERMER et al., 2006; MOURA et al., 2011; LORENZON et al., 2013; TONELLO et al., 2014; FREITAS et al., 2016; SARI et al., 2016; SOUSA et al., 2016; CICCO et al., 2019). Crockford e Richardson (2000) citam como possíveis causas para esse tipo de ocorrência a subestimativa da precipitação no aberto e superestimativa da transprecipitação. Em nosso estudo a subestimativa da precipitação no aberto é improvável. O pluviômetro usado para a determinação da precipitação em aberto foi instalado na estação meteorológica do LHFWE localizado a apenas 100 metros da área experimental, encontra-se livre de qualquer obstáculo físico que influenciaria a medição e é idêntico aos pluviômetros colocados no interior do reflorestamento com manacá-da-serra. Erros na medição da transprecipitação que levassem à superestimativa de valores também é improvável, pois os valores de $Tr > P$ são sistemáticos nos três pluviômetros. Vale destacar que o mesmo técnico de campo realizou as medições nos onze pluviômetros. A provável causa para as maiores quantidades de água coletadas nos pluviômetros 3, 8 e 9 é que eles estão localizados em "drippoints" no interior do reflorestamento, isto é, em locais cujas copas das árvores proporcionam condições para que ocorra concentração da água da chuva e o direcionamento do gotejamento para esses coletores (MOURA et al., 2012; ARCOVA, et al., 2018).

Nos demais pluviômetros a transprecipitação foi majoritariamente inferior à precipitação no aberto. Desses pluviômetros, o de número 10 foi o que apresentou mais eventos com $Tr > P$; apenas 4 de um total de 39. No pluviômetro 5 todos os eventos tiveram $Tr < P$ e, portanto, a vegetação funciona exclusivamente como retentora de água (LEVIA JUNIOR; FROST, 2006). O percentual de transprecipitação em relação à precipitação no aberto nesse aparelho foi menor que em todos os outros; apenas 35,5%. Esse pluviômetro (nº 5) também apresentou o menor coeficiente de variação, o que indica menor variabilidade da quantidade de transprecipitação ao longo do tempo. Esses resultados podem ter sido influenciados pela presença de uma grande bromélia hospedada em uma árvore localizada nas cercanias do pluviômetro 5 (Figura 7). Muitas espécies dessa família vegetal armazenam grandes volumes de água de chuva em seu interior (WULLAERT et al., 2009), como decorrência da distribuição espiralada de suas folhas, que formam pequenos tanques onde a água é retida (COGLIATTI-CARVALHO et al., 2010). Essa é uma hipótese plausível e que merece maior entendimento em estudos futuros de repartição da chuva nos ecossistemas ricos em espécies de Bromeliaceae, como a Mata Atlântica.

Tabela 4 - Precipitação acumulada no aberto (mm) e estatística para os pluviômetros nas parcelas de 20° e 30°. N=número de medições; Med.=média aritmética; Min.=valor mínimo observado; Max.= valor máximo observado; DP= desvio padrão; CV= coeficiente de variação; Tr (mm)= transprecipitação acumulada; Tr(%)= Proporção de Tr acumulada em relação à P acumulada (%) e Tr>P= número de eventos em que Tr é maior que P.

Precipitação no aberto acumulada (mm)	Parcela	Pluviômetro	N	Med.	Min.	Max.	DP	CV	Tr (mm)	Tr (%)	Tr>P
1360,5	30°	1	39	28,0	0,1	140,4	32,15	68,4	1092,5	80,3	2
		2	39	26,3	0,1	126,2	28,91	61,5	1025,3	75,4	16
		3	39	39,3	0,2	168,9	41,21	87,7	1533,2	112,7	29
		4	39	24,7	0,1	170,1	33,77	71,9	965,1	70,9	3
		5	39	12,4	0	101,0	20,06	42,7	483,2	35,5	0
1360,5	20°	6	39	26,0	0,2	104,0	28,52	60,7	1015,2	74,6	1
		7	39	22,2	0,1	80,1	25,41	54,1	866,9	63,7	1
		8	39	38,1	0,2	174,6	42,83	91,1	1487,5	109,3	23
		9	39	36,7	0,2	195,7	43,77	93,1	1431,4	105,2	18
		10	39	32,7	0,2	165,2	38,78	82,5	1275,7	93,8	4



Figura 7 - Vista do dossel a partir do pluviômetro 5, com destaque para bromélia logo acima do equipamento.

CONCLUSÕES

Houve diferença estatística entre a média da transprecipitação na parcela de 20° de declividade e a de 30°. A desigualdade na densidade de árvores foi a principal causa para esse resultado.

Os valores de transprecipitação e de interceptação em relação à precipitação pluviométrica no aberto acumulada durante o experimento foram de 89,3%, e 10,7% na parcela de 20° e de 75,0% e 25,0% na parcela de 30°, respectivamente.

As quantidades de transprecipitação nas duas parcelas e da precipitação no aberto se ajustaram consistentemente ao modelo de regressão linear simples. Para a interceptação, o ajuste do modelo linear com a precipitação no aberto foi bom na parcela de 30° e fraco na parcela de 20°.

A variabilidade espacial da transprecipitação foi elevada entre os dez pontos de medição desse processo. Alguns locais do reflorestamento foram caracterizados como "drippoints" e outro, exclusivamente, como retentor de chuva.

Recomenda-se a realização de estudos do processo de escoamento pelo tronco para se ter uma análise mais ampla da repartição da chuva nessa espécie florestal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V.; ROCHA, P.A.B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por florestas de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha – São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 257-262. 2003.
- ARCOVA, F.C.S.; GALVANI, E.; RANZINI, M.; CICCIO, V. Ocorrência de nevoeiros em uma microbacia experimental na Serra do Mar, Cunha, SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 18, p. 327-348, jan./jun. 2016.
- ARCOVA, F.C.S.; RANZINI, M.; CICCIO, V. Partitioning of rainfall in experimental plantations of *Eucalyptus urophylla* e *Pinus elliottii*. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 48, n. 3, p. 383-392, jul./set. 2018.
- ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V. Manejo de bacias hidrográficas. In: HONDA, E. A.; YAMAZOE, G. (Eds.). **25 Anos de cooperação JICA – Instituto Florestal**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2005. p. 34-46.
- BALBINOT, R.; OLIVEIRA, N.K.; VANZETTO, S.C.; PEDROSO, K.; VALERIO, A.F. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Revista Ambiência**, Guarapuava, v. 4, n. 1, jan./abr. 2008.
- BATISTA, J.L.F.; COUTO, H.T.Z.; SILVA FILHO, D.F. **Quantificação de recursos florestais: árvores, arvoredos e florestas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
- CALUX, J.; THOMAZ, E.L. Interceptação e precipitação interna: comparação entre Floresta Ombrófila Mista e *Pinus elliottii* var. *elliotti*. **GeoAmbiente**, n. 19, p. 24 - 39, 2012.
- CARLYLE-MOSES, D.E.; GASH, J.H.C. Rainfall interception loss by forest canopies. In: LEVIA, D.F.; CARLYLE-MOSES, D.; TANAKA, T. (Eds.). **Forest Hydrology and Biogeochemistry: Synthesis of Past Research and Future Directions**. Springer: Dordrecht, 2011. p. 407-424 (Ecological Studies 216)
- CICCIO, V.; ARCOVA, F.C.S.; SHIMOMICHI, P.Y.; FUJIEDA, M. Interceptação das chuvas por floresta natural secundária de Mata Atlântica. **Revista Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 20/22, p. 25-30, 1986/88.
- CICCIO, V.; ARCOVA, F.C.S.; RANZINI, M.; SANTOS, J.B.A.; FORTI, M.C. Recursos hídricos na Mata Atlântica: estudo de caso do Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, Cunha – SP. In: Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico. **Anais...** Taubaté: IPABHi, 2007, p. 25-33.
- CICCIO, V.; GALVANI, E.; FORTI, M.C.; ARCOVA, F.C.S.; RANZINI, M.; CIELO FILHO, R.; CICCIO, L.S. Interceptação da chuva em ambiente de mata atlântica em clima tropical de altitude. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 24, p. 89- 07, jan./jun. 2019.
- COGLIATTI-CARVALHO, L.; ROCHA-PESSÔA, T.C.; NUNES-FREITAS, A.F.; ROCHA, C.F.D. Volume de água armazenado no tanque de bromélias, em restingas da costa brasileira. **Acta Botanica Brasilica**. Belo Horizonte, v. 24, n. 1, p.84-95, 2010.
- CROCKFORD, R.H.; RICHARDSON, D.P. Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: effect of forest type, ground cover and climate. **Hydrological Processes**, Amsterdam, v. 14, p. 2903-2920. 2000.

- 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**, Manaus, v. 35, n. 1, p. 55-62, 2005.
- FLEISCHBEIN, K.; WILCKE, W.; GOLLER, R.; BOY, J.; VALAREZO, C.; ZECH, W.; KNOBLIC, K. Rainfall interception in a lower montane forest in Ecuador: effects of canopy properties. **Hydrological Processes**, Amsterdam, v. 19, p. 1355-1371, 2005.
- FREITAS, J.P.O.; DIAS, H.C.T.; SILVA, E.; TONELLO, K.C. Net precipitation in a semideciduous forest fragment in Viçosa city, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 40, n. 5, p. 793-801, 2016.
- GALVANI, E.; LIMA, N.G.B. Interceptação da precipitação no manguezal no litoral sudeste do Brasil. **Espaço Aberto**, PPGG - UFRJ, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 111-130-130, 2016.
- GÊNOVA, K.B.; HONDA, E.A.; DURIGAN, G. Interceptação da chuva em diferentes modelos de plantio de restauração de mata ciliar em região de cerrado. **IF Série Registros**, São Paulo, n. 31, p. 281-285, 2007.
- GERMER, S.; ELSENBEEER, H.; MORAES, J.M. Throughfall and temporal trends of rainfall redistribution in an open tropical rainforest, south-western Amazonia (Rondônia, Brazil). **Hydrology and Earth System Sciences**, Amsterdam, v. 10, n. 3, p. 383-393, June 2006.
- GIGLIO, J.N.; KOBIYAMA, M. Interceptação da chuva: uma revisão com ênfase no monitoramento em florestas brasileiras. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 297-317, abr./jun. 2013.
- HONDA, E.A.; DURIGAN, G. Woody encroachment and its consequences on hydrological processes in the savannah. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, Londres, v. 371, n. 1703, Sept. 2016. ID: 20150313. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2015.0313>
- JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY-JICA. **Synthetic report of the Japanese technical cooperation for the forestry research in São Paulo, Brazil**. Tokio: JICA, 1986. 555 p.
- JUNQUEIRA JUNIOR, J.A.; MELLO, C.R.; MELLO, J.M.; SCOLFORO, H.F. Rainfall partitioning measurement and rainfall interception modelling in a tropical semi-deciduous Atlantic forest remnant. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 275, p.170-183, Sept. 2019.
- KURAJI, K.; TANAKA, M. Rainfall interception studies in the tropical forests. **Journal of the Japanese Forestry Society**, Tóquio, v. 85, n. 1, p. 18-28, 2003.
- LEVIA JUNIOR, D. F.; FROST, E. E. Variability of throughfall volume and solute inputs in wooded ecosystems. **Progress in Physical Geography**, Thousand Oaks, v. 30, n. 5, p. 605-632, 2006.
- LIMA, W. P. Interceptação da chuva em povoamento de eucalipto e pinheiro. **Revista IPEF**, Piracicaba, n.13, p. 75-90, 1976.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 1,

368 p.

LORENZON, A.S.; DIAS, H.C.T.; LEITE, H.G. Precipitação efetiva e interceptação da chuva em um fragmento florestal com diferentes estágios de regeneração. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 619-627, jul./ago. 2013.

MOURA, A.E.S.S.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; MONTENEGRO, A.A.A.; OLIVEIRA, L.M.M.; MOURA, G.S.S.; SANTOS, P.T.S.; ALMEIDA, A.M.P. Avaliação da precipitação interna em diferentes períodos na bacia do rio Tapacurá. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19, 2011, Maceió. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2011. Disponível em: <<https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=3&ID=81&SUMARIO=1122>>. Acesso em: 21 nov. 2019.

MOURA, A.E.S.S.; CORREA, M.M.; SILVA, E.R.; LIMA, G.S.; SENA, J.R.; FIGUEIRÊDO, A.C. Precipitação efetiva nos períodos chuvoso e pouco chuvoso em um fragmento de Mata Atlântica, Recife/PE. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 7-16, out./dez. 2012.

NALON, M.A.; VELLARDI, A.C.V. Escoamento superficial pluvial na floresta secundária das encostas da Serra do Mar, região de Cubatão, SP. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1992. p. 860-866. (Rev. Inst. Flor., São Paulo, v. 4, n. único, pt. 3, Edição especial).

OLIVEIRA, L.L.; CUNHA, A.C.; COSTA, A.C.L.; COSTA, R.F. Sazonalidade e interceptação da chuva na Floresta Nacional em Caxiuana - Amazônia Oriental. **Scientia Plena**, Aracajú, v. 7, n. 10, p. 1-14, out. 2011.

PACHECHENIK, P.E. **Demanda hídrica em plantio de pínus e em uma floresta nativa, na região de Telêmaco Borba**. 2010. 122 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)–Setor de Ciências Agrárias, UFPR, Curitiba, Paraná, 2010.

SARI, V; PAIVA, E.M.C.D.; PAIVA, J.B.D. Interceptação da chuva em diferentes formações florestais na região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 21, n.1, p. 65-79, jan./mar, 2016.

SAS Institute Inc. **SAS Procedures guide**: version 8 (TSMO). Cary, N.C., 1999.

SIMÃO, E.; NAKAMURA, A.T.; TAKAKI, M. Época de colheita e capacidade germinativa de sementes de *Tibouchina mutabilis* (Vell.) Cogn. (Melastomataceae). **Biota Neotropica**, Campinas, v. 7, n 1, jan/abr. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bn/v7n1/08.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2019.

SOUSA, R.C.; RANZINI, M.; ARCOVA, F.C.S.; CICCO, V.; CÂMARA, C.D. Redistribuição das chuvas pelas copas das árvores em plantio de *Araucária Angustifolia* (Bertol) Kuntze (ARAUCARIACEAE) no Parque Estadual da Serra do Mar, Cunha- SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 27-38, jun. 2011.

SOUSA, R.C.; RIZZI, N.V.; RANZINI, M.; ARCOVA, F.C.S.; CICCO, V.; SILVA, L.R. Interceptação pluviométrica pelo dossel de floresta ombrófila mista alto-montana no Parque Estadual Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 46, n. 2, p. 243-250, abr/jun. 2016.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. Clareiras naturais e a riqueza de espécies pioneiras em uma floresta atlântica Montana. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 59, n. 2, p. 251-261, maio 1999.

TONELLO, K.C; GASPAROTO, E.A.G.; SHINZATO, E.T.; VALENTE, R.O.A.; DIAS, H; C;T; Precipitação efetiva em diferentes formações florestais na Floresta Nacional de Ipanema. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 383-390, 2014.

WULLAERT, H.; POHLERT, T.; BOY, J.; VALAREZO, C.; WILCKE, W. Spatial throughfall heterogeneity in a montane rain forest in Ecuador: Extent, temporal stability and drivers. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 377, n. 1-2, p. 71-79, Oct. 2009.