

## VARIABILIDADE DIÁRIA DA PRECIPITAÇÃO EM REGIÕES DE FLORESTA E PASTAGEM NA AMAZÔNIA

Rafael FERREIRA DA COSTA<sup>1</sup>, João Roberto Pinto FEITOSA<sup>1</sup>, Gilberto FISCH<sup>2</sup>, Solange Silva de SOUZA<sup>1</sup>, Carlos A. NOBRE<sup>1</sup>

**RESUMO**—As estações automáticas do Projeto ABRACOS instaladas na Amazônia Ocidental forneceram os dados horários de precipitação em áreas de pastagem e floresta, durante o trimestre mais chuvoso (j/f/m) no período de 1992 a 1995. A variabilidade diária de precipitação maior que 1 mm h<sup>-1</sup> mostrou uma frequência relativa de 6,7% dos casos às 14 horas local (hl) na pastagem e 5,7% às 16 hl na floresta. O período da tarde (13-18 hl) registra acima de 30% dos eventos de precipitação em ambos os sítios. Há uma boa regularidade na distribuição horária dos eventos, principalmente na floresta. Para as precipitações maiores que 10 mm h<sup>-1</sup>, existe uma concentração dos casos no final da tarde. Na pastagem 12,3%, e na floresta 11,5% dos eventos ocorrem às 18 hl. O intervalo entre 7-18 hl detém 64,9% dos casos na pastagem, e 57,7% na floresta. Do total de eventos de precipitação, 14% são maiores que 10 mm h<sup>-1</sup>, tanto na floresta como na pastagem. Comparando-se o total de chuva ocorrido nas áreas de floresta e pastagem, o volume precipitado na floresta é cerca de 28% em média superior ao da pastagem.

**Palavras chaves:** Precipitação; variabilidade diária; pastagem; floresta.

**Daily Variability of Rainfall in Pasture and Forest Regions in the Amazonia.**

**ABSTRACT**—Measurements of hourly rainfall were made with an automatic weather station in ABRACOS Project sites of pasture and forest in the Amazonia rainforest between 1992-1995 in the rainy season (jan/feb/mar). Daily variability of rainfall higher than 1mm h<sup>-1</sup> showed a relative frequency of 6.7% at 14 local time (LT) on the pasture site, and 5.7% at 16 LT to the forest. The afternoon period (13-18 LT) registered above 30% of rainfall events in the forest and pasture. To rainfall higher than 10mm h<sup>-1</sup>, there is an evening concentration, 12.3% of events in the pastureland, and 11.5% on the forest occurred at 18 LT. The period between 7-18 LT concentrate 64.9% of events on the pastureland and 57.7% on the forest. Of the total rainfall events, 14% are higher than 10 mm h<sup>-1</sup>, in the both sites. The comparison of the total rainfall measured in sites showed on average values 28% higher on the forest than pasture.

**Key-words:** Rainfall; daily variability; pasture; forest.

*“As lendárias Amazonas, mulheres guerreiras que no século XVI teriam combatido os conquistadores europeus, deram origem ao nome da vasta região equatorial na América do Sul, a qual denomina-se Amazônia. Passados mais de 300 anos, ainda mostra-se uma região desafiadora para os conquistadores.”*

### INTRODUÇÃO

Com uma área de aproximadamente cinco milhões de quilômetros quadrados, a Amazônia é a maior bacia hidrográfica do mundo. A parte brasileira compreende três milhões, oitocentos e cinquenta mil quilômetros quadrados que representam quarenta e cinco por cento do território nacional. Floresta equatorial de clima

quente e úmido, a Amazônia possui características bastante peculiares. A ocorrência de longos e intensos períodos de chuva é um dos fatores que diferem esta região de outras partes do globo.

A precipitação é fundamental para a caracterização climática. Os amazônidas distinguem as estações do ano pelas épocas chuvosas e secas, porém, o período de ocorrência e a intensidade

<sup>1</sup> Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC-INPE), Cachoeira Paulista, CEP 12630-000, SP, Brasil

<sup>2</sup> Centro Técnico Aeroespacial (CTA/ IAE - ACA), São José dos Campos, CEP 12228-904, SP, Brasil

destas fases dependem da localização geográfica. Salati *et al.* (1978), usando balanço hídrico, técnicas isotópicas e métodos aerológicos, notaram que a floresta contribui com 50% da chuva, e a outra metade seria decorrente da advecção de umidade do Oceano Atlântico. A bacia amazônica é um dos principais centros de atividades convectivas na região tropical do globo (Peagle, 1987). Durante a época chuvosa, grandes nuvens convectivas operam como principais produtores de chuva, e origem dos movimentos de ar, umidade e gases atmosféricos entre o dossel florestal e a média e alta troposfera (Grecco *et al.*, 1990).

Durante o século XIX e o início do século XX, várias foram as tentativas de exploração econômica da floresta amazônica. Porém, na segunda metade do século, a evolução tecnológica permitiu uma nova aventura exploratória na região amazônica. Desta vez foram projetos agropecuários, interligados por colossais estradas de rodagem que rasgaram a floresta virgem em todas as direções. Projetos de rodovias como a Belém-Brasília (BR010), Cuiabá-Santarém (BR163), Manaus - Porto Velho (BR319), Manaus - Boa Vista (BR174), Cuiabá - Porto Velho - Rio Branco (BR364) e a megalômana Transamazônica (BR230) cortando longitudinalmente a região, deram origem à ocupação desenfreada da floresta. Os grandes picos destas aventuras amazônicas tiveram seu lugar nas décadas 70 e 80, quando coincidiram com a explosão das atividades garimpeiras na região.

Toda esta movimentação de massas populacionais migrantes, provocou uma enorme transformação nas características físicas originais da floresta. Extrativismo vegetal associado com a implantação agropecuária e garimpo, foram as atividades antropogênicas responsáveis pela retirada e/ou substituição da floresta primária. A troca da vegetação natural por outro tipo de cobertura vegetal altera as interações água-solo-planta-atmosfera. Estas modificações ocorridas em grande escala podem ter efeitos no clima regional (Nobre *et al.*; 1991). Utilizando resultados de simulações climáticas para análise do efeito do desmatamento na Amazônia, Fisch *et al.* (1997), encontraram reduções no saldo de radiação de ondas curtas (8%) e total (3%), na umidade específica, na evaporação (20%), e na precipitação (14%) em nível sazonal. Simularam também aumentos na velocidade do vento e na temperatura média do ar (0,9°C), assim como um prolongamento na época seca. Para que fosse possível uma compreensão destas modificações e suas consequências ao meio ambiente e ao clima regional com possíveis implicações globais, foram planejados e postos em prática vários experimentos científicos na Amazônia. Destacam-se os experimentos Arme (Shuttleworth *et al.* 1984) e Able (Harriss *et al.* 1988 ; 1990).

Recentemente outro experimento realizado, com grande impacto positivo para as pesquisas na Amazônia, foi o Projeto ABRACOS, acrônimo para *Anglo-Brazilian Amazonian Climate Observation Study*.

Desenvolvido entre 1990 e 1995, este projeto instalou três sítios experimentais na Amazônia, sendo que cada um possui postos de pesquisas em áreas de vegetação primária (floresta) e em locais de atividades agropecuária (pastagem). Segundo Shuttleworth *et al.* (1991), o projeto ABRACOS foi concebido para operar em duas escalas de tempo. Uma escala hidrológica ou climatológica onde são realizadas mensurações contínuas, para utilização em estudos de longa duração e análises das diferenças entre tipos de vegetação. A outra escala é para observações dos processos fisiológicos vegetais e micrometeorológicos, obtidas durante a efetivação de campanhas intensivas de coleta de dados com duração de semanas.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de se analisar a distribuição horária da precipitação, durante a época chuvosa, nas áreas de floresta e pastagem na região sudoeste da Amazônia. Serão analisadas a variabilidade diária da precipitação e as alterações ocorridas, possivelmente devido ao desmatamento.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### - Descrição dos sítios experimentais.

O projeto ABRACOS possui três sítios experimentais na Amazônia, a saber: Manaus - AM (central), Marabá - PA (leste), e Ji-paraná - RO (oeste). Cada um é composto por duas áreas distintas, sendo uma com vegetação primária, floresta de grande porte, e outra com vegetação de pastagem. Nas áreas de floresta foram instaladas torres

micrometeorológicas com 52 metros de altura, que ultrapassam o topo do dossel vegetal, enquanto as pastagens receberam torres semelhantes, porém com apenas cinco metros de altura. Em todos os pontos de pesquisas foram colocadas estações climatológicas automáticas (ECA) idênticas, tanto na floresta como na pastagem. Uma descrição detalhada dos sítios experimentais e do instrumental utilizado encontra-se em Gash *et al.* (1996).

Os sítios experimentais foram montados na faixa nordeste do estado, na área de influência dos municípios de Ji-Paraná e Ouro Preto D'Oeste, representando respectivamente 7,8% e 3,3% da população do Estado, que é de 1,22 milhão de habitantes (IBGE, 1996).

A Reserva Biológica do Jarú (10° 05'S, 61° 55'W, 120m) é uma floresta tropical e está sob responsabilidade do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente-IBAMA, compreende uma área de aproximadamente 268 mil hectares. Foi instalada uma torre de alumínio, ultrapassando o cume da vegetação que tem altura média de 33 metros, com algumas espécies atingindo até 45 metros, e incidência de *Cedrella Odorata*, *Inga sp*, *Diocle cf bicolor*Bth., *Glycicarpa Ruiz*, *Strychnos amazonicus* (CULF *et al.* 1995). A pastagem é a Fazenda Nossa Senhora de Aparecida (10° 45'S, 62° 22'W, 220m) no município de Ouro Preto D'Oeste. Estabelecida no início da década de oitenta, possui vegetação tipo *Brachiaria Brizantha* além de pequenas palmeiras dispersas (McWilliam *et al.* 1996).

Para a coleta de informações de precipitação, em ambos os sítios foram instalados pluviômetros do tipo báscula com resolução de 0,2 mm (Didcot Instru-

ments Company, Abingdom, UK) com a gravação automática em intervalos de cinco minutos e integração horária em um sistema de aquisição de dados (Campbell Scientific, Shepshed, UK).

#### - Climatologia de Ouro Preto D'Oeste.

Devido a sua localização geográfica em relação aos pontos de coletas, a cidade de Ouro Preto D'Oeste serve como referência climatológica para a região estudada (Fig. 1).

A climatologia da região está sendo determinada a partir de dados coletados pela Estação Climatológica Experimental de Ouro Preto D'Oeste ( $10^{\circ} 44' 30''$  S,  $62^{\circ} 12' 30''$  W) sob responsabilidade da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira CEPLAC. A série de informações disponível é de 1982 a 1996 e o instrumental é de uma estação convencional (Scerne *et al.* 1996).

Para a determinação da precipitação é utilizado um pluviômetro tipo *Ville de Paris* com superfície de captação de  $400 \text{ cm}^2$  a uma altura de 1,5 metro do solo. A precipitação diária foi obtida

pela soma das observações das 18:00 e 24:00 horas GMT do dia anterior, mais às 12:00h GMT do dia do registro.

#### - Variabilidade Diária de Precipitação.

Para a definição do horário com maior ocorrência de eventos de precipitação nas áreas de floresta e de pastagem, foram utilizadas as informações horárias das estações climatológicas automáticas.

O período selecionado foi o trimestre mais chuvoso em volume médio diário precipitado, ou seja: janeiro, fevereiro e março (j/f/m), para os anos de 1992 a 1995. A Tabela 1 mostra o total de dias e o porcentual para o trimestre chuvoso dos dados utilizados no estudo da variabilidade diária de precipitação.

Somente foram consideradas as precipitações horárias maiores que 1mm, sendo realizada a contagem do número de eventos de precipitação. A seguir, foi calculada a frequência relativa de precipitação aplicando a relação entre o número de casos de

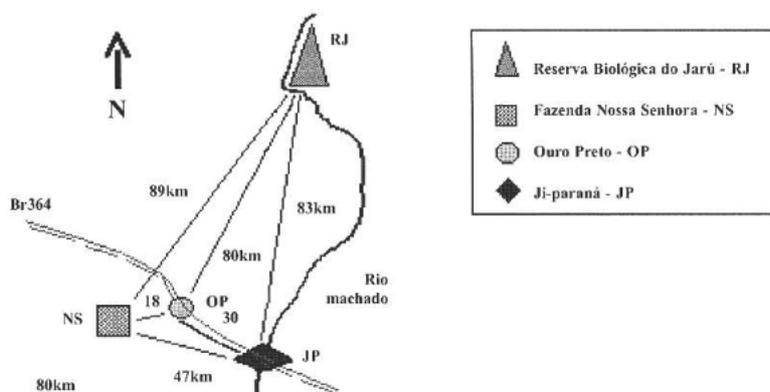


Figura 1. Localização dos Sítios Experimentais de Floresta ( RJ ) e Pastagem ( NS ).



representando 81% dos dados possíveis.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### - Climatologia de Ouro Prêto D'Oeste com distribuição Mensal da Precipitação.

Desde que a precipitação é um fator imprescindível na caracterização climática de uma região, a série de 15 anos de dados, disponível para a Estação de Ouro Prêto D'Oeste foi analisada detalhadamente. Na variação média mensal nota-se um ciclo sazonal bem definido. O semestre compreendido de novembro a abril registra índices pluviométricos acima de 220 mm mês<sup>-1</sup>, sendo no mês de janeiro o maior total mensal com 293,8 mm. O período seco abrange os meses de junho a agosto, sendo que o menor registro é no mês de julho com apenas 7,2 mm precipitados. Fisch *et al.* (1996) descrevem que os mecanismos de chuva na Amazônia podem ser provocados por convecção local, penetração de cumulonimbus, circulação fluvial de mesoescala ou

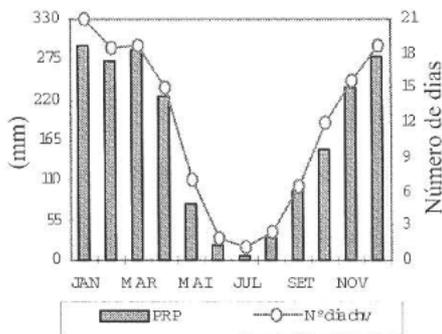
convecção organizada por entrada de frente fria da região sudeste do Brasil. No caso específico de Ji-Paraná, a precipitação é predominantemente devido à convecção local, sendo que a distribuição sazonal é decorrente da migração sudeste/noroeste do núcleo de convergência de umidade nos baixos níveis e divergência (Alta da Bolívia) nos altos níveis, conforme mostrado por Horel *et al.* (1989) e Figueroa & Nobre (1990).

Os valores totais de precipitação para o período disponível indicam o ano de 1990 como o de menor volume com 1693,7 mm, ficando 284mm (14,4%) abaixo da média anual de 1977,7 mm. No ano de 1986 foi registrado o maior volume de precipitação com um total de 2339,2 mm, ou seja, 361,5 mm (18,3%) superior à média anual. Em valores mensais absolutos, há precipitações próximas aos 500 mm (496,4 mm para março de 1986) e nunca inferiores a 100 mm para o semestre chuvoso que vai de novembro a abril (Tab. 3).

**Tabela 3** - Quadro Estatístico da Precipitação para Ouro Prêto D'Oeste-RO(10° 44'30" S, 62° 12'30" W). Período: 1982 a 1996.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Nº de dias com precipitação	21	18	19	15	7	2	1	3	6	12	16	19
Máximo absoluto (mm)	410,2	390,9	496,4	435,7	178,8	83,8	44,8	117,8	243,5	259,5	369	386,4
Mínimo absoluto (mm)	184,4	142,6	127,1	103	3,4	0	0	0	5,2	84,2	115,8	176,2
Média mensal (mm)	293,8	272,2	286,8	223,6	76,8	19,6	7,2	32,9	95,8	153,1	237,5	278,5
Média diária (mm)	9,5	9,7	9,3	7,5	2,5	0,7	0,2	1,1	3,2	4,9	7,9	9,0
(%) da média anual	14,9	13,8	14,5	11,3	3,9	1,0	0,4	1,7	4,8	7,7	12,0	14,1
Média diária (ano) (mm)	5,4	Média diária-(j/f/m) (mm)				9,5	Média diária-(j/j/a) (mm)				0,7	
Média mensal (ano) (mm)	164,8	Média mensal-(j/f/m) (mm)				284,3	Média mensal-(j/j/a) (mm)				19,9	
Acumulado para trimestre chuvoso (j/f/m) (mm)	852,8			Acumulado para trimestre seco (j/j/a) (mm)			59,7					
(%) da média anual para trimestre chuvoso (j/f/m)	43,1			(%) da média anual para trimestre seco (j/j/a)			3,0					
Média anual (mm)	1977,7											

A média diária mais elevada é registrada no mês de fevereiro com  $9,7 \text{ mm dia}^{-1}$ , e a mais baixa em julho com apenas  $0,2 \text{ mm dia}^{-1}$ . Para o ano todo, a média é de  $5,4 \text{ mm dia}^{-1}$ , sendo no trimestre chuvoso de  $9,5 \text{ mm dia}^{-1}$ , e no seco  $0,7 \text{ mm dia}^{-1}$ . A média mensal no período é de  $164,8 \text{ mm}$ , onde janeiro registra a mais elevada com  $293,8 \text{ mm}$  ( $14,9\%$ ) e julho a menor com apenas  $7,2 \text{ mm}$  ( $0,4\%$ ). O trimestre chuvoso apresenta a média de  $284,3 \text{ mm}$ , a precipitação média acumulada é de  $852,8 \text{ mm}$  que representam  $43,1\%$  da ocorrência anual, enquanto que para o trimestre seco o acumulado é de  $59,7 \text{ mm}$  representando  $3\%$  da média anual de  $1977,7 \text{ mm}$ . O número de dias com ocorrência de precipitação varia de acordo com a sazonalidade do período (Fig. 2): em média vai de 21 dias em janeiro à apenas 1 dia em julho. O trimestre chuvoso tem em média 19 dias com chuva e acumula um total médio de 58 dias com precipitação (2 em cada 3 dias), representando  $41,7\%$  do total médio anual de 139 dias.

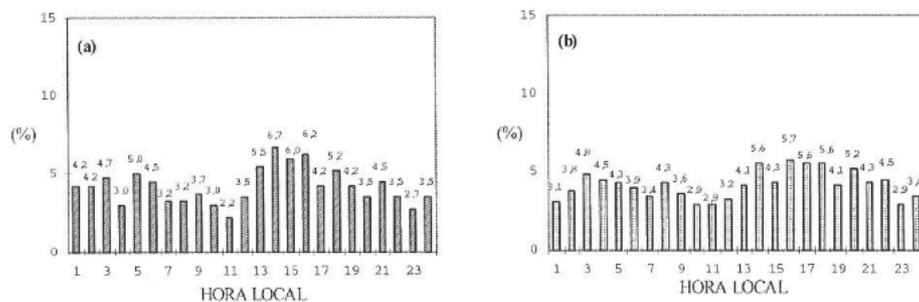


**Figura 2.** Média mensal da precipitação e do número de dias com precipitação em Ouro Preto D'Oeste Rondônia. Período: 1982 a 1996. Fonte: CEPLAC.

### - Variabilidade Diária de Precipitação.

A Variabilidade Diária da frequência relativa de precipitação maior que  $1 \text{ mm h}^{-1}$  é mostrada na Figura 3. Na área de pastagem (a) observa-se uma distribuição com pouca diferença entre os horários, sendo que a maior frequência de ocorrência é às 14 hl com  $6,7\%$  dos casos, e a menor às 11 hl com  $2,2\%$ . A hora de menor frequência representa cerca de  $1/3$  do horário de maior frequência. Para a floresta (b) a distribuição mostra-se mais regular que na pastagem. Às 16 hl ocorre a maior frequência de precipitação ( $5,7\%$ ), enquanto o menor índice ( $2,9\%$ ) é registrado às 10, 11 e 23 hl. Os horários de menor frequência têm valores que são quase a metade dos registrados na hora de máxima ocorrência. PAIVA (1996), analisando um curto período (nov. 1991 a fev. 1992 na floresta, e fev. a abr. de 1992 na pastagem) encontrou maiores percentuais à tarde, com picos às 14 e 18 hl na floresta e às 18 hl na pastagem.

Para as precipitações maiores que  $1 \text{ mm h}^{-1}$  as ocorrências se intensificam a partir das 13 hl, indo até às 16 hl na pastagem, enquanto que na floresta isto ocorre às 14 hl estendendo-se até 18 hl. Isto, provavelmente em decorrência de um aquecimento mais rápido da superfície com pastagem, facilitando o desenvolvimento da nebulosidade que atinge a maturação em um espaço de tempo menor, propiciando assim, a ocorrência de precipitação logo no início da tarde e provocando também uma diminuição mais rápida no horário de maior frequência (às 16 hl) que na floresta (às 18 hl).

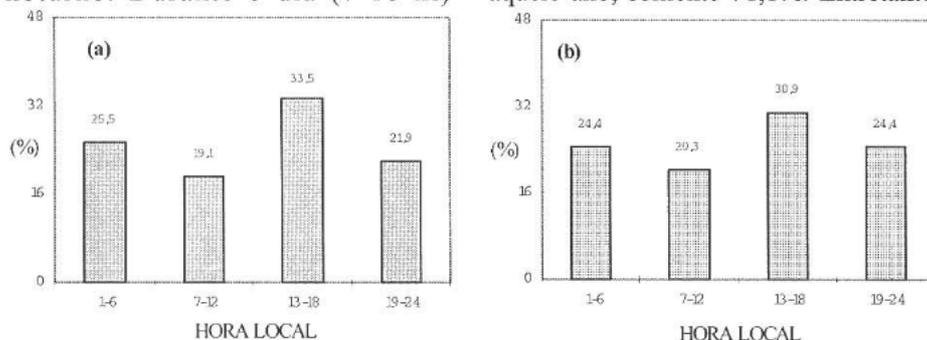


**Figura 3.** Variabilidade diurna de precipitação maior que 1 mm h<sup>-1</sup>, durante o trimestre chuvoso (jan/fev/mar) no período de 1992 a 1995. **(a)** Área de Pastagem. **(b)** Área de Floresta.

Para uma visualização do período de maior frequência de ocorrência de precipitação superior a 1 mm h<sup>-1</sup>, é utilizada a integração em intervalos de 6 horas (Fig. 4). Na área de pastagem **(a)** ocorre uma concentração acentuada entre 13-18 hl com 33,5% dos casos, enquanto apenas 19,1% estão entre 7-12 hl. O período diurno (7-18 hl) detém 52,6% dos casos, e a fase noturna (19-6 hl) possui 47,4%. Este fato, possivelmente ocorre em função da diminuição da camada turbulenta à noite, inibindo a manutenção e o desenvolvimento da nebulosidade existente. Para a floresta **(b)** a maior concentração também é verificada à tarde (30,9%), entretanto há um quase equilíbrio entre os períodos diurno e noturno. Durante o dia (7-18 hl)

ocorrem 51,2% dos casos, enquanto à noite (19-6 hl) ocorrem 48,8%. Esta distribuição regular deve-se à capacidade de atenuação exercida pela floresta com relação a retenção/liberação de energia no sistema.

As frequências de precipitação foram computadas ano a ano e depois integradas para todo o período. O número de eventos de precipitação das áreas de pastagem e floresta estão no anexo A. Na pastagem os anos de 1992, 1993 e 1994 mostram um número superior a 100 eventos no trimestre, enquanto o ano de 1995 registra apenas 41 eventos. Isto é explicado pela menor quantidade de dados disponível na pastagem para aquele ano, somente 71,1%. Entretanto



**Figura 4.** Variabilidade diurna de precipitação maior que 1 mm h<sup>-1</sup>, integrada a cada 6 horas durante o trimestre chuvoso (jan/fev/mar) no período de 1992 a 1995. **(a)** Área de Pastagem. **(b)** Área de Floresta.

esse fato não influencia os resultados de frequências, pois são valores relativos horários. Nos eventos ocorridos na floresta, para os quatro anos analisados, o total de eventos registrados trimestralmente está acima de 100, e também são superiores aos de pastagem nos mesmos períodos, exceto o ano de 1992 que apresenta 132 eventos na floresta contra 142 na pastagem. Isto também se explica pelo menor número de dados disponível para a floresta naquele ano (78%), ao passo que na pastagem a disponibilidade foi integral.

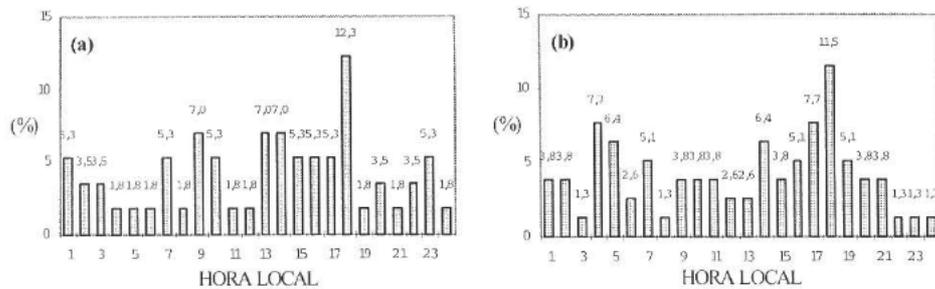
Do total de eventos de precipitação ocorridos na região, 14% são de precipitações de grande intensidade, ou seja, maiores que  $10 \text{ mm h}^{-1}$ , tanto na floresta como na pastagem.

Após o estudo das ocorrências de chuvas brandas, tornou-se necessária a análise das informações de eventos de maior intensidade. Ferreira da Costa *et al.* (1997), estudando os mesmos sítios, porém com apenas dois anos de dados, determinaram a frequência relativa de precipitações maiores que  $1 \text{ mm h}^{-1}$  e maiores que  $3 \text{ mm h}^{-1}$ . No caso das chuvas superiores a  $3 \text{ mm h}^{-1}$  encontraram os horários de 14 hl na pastagem (8,1%) e 18 hl na floresta (6,8%). Estes horários foram próximos aos determinados para as chuvas maiores que  $1 \text{ mm h}^{-1}$ , 15 hl e 17 hl respectivamente.

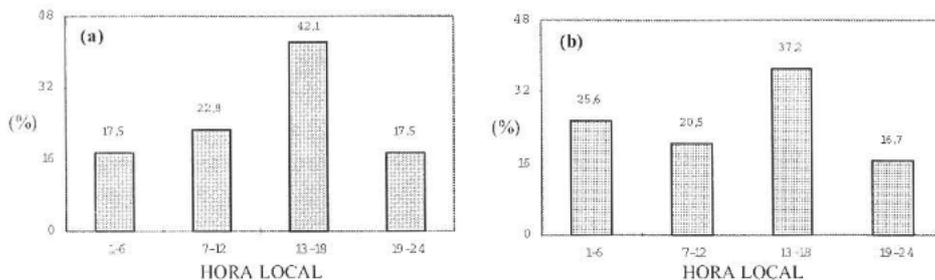
No presente estudo, analisa-se a frequência de ocorrência de precipitações bem mais intensas, de eventos superiores a  $10 \text{ mm h}^{-1}$  (Fig. 5). Na área de pastagem (a) há uma distribuição menos regular que a ocorrida para as precipitações leves. O horário das 18 hl concentra 12,3% dos eventos, sendo este o maior índice. A menor frequência ocorre em diversos

horários, representando menos de 15% do maior valor registrado. Quando comparadas à frequência de chuvas leves, as precipitações maiores que  $10 \text{ mm h}^{-1}$  sofrem um retardamento, passando das 14 hl para as 18 hl, e uma intensificação na frequência de 6,7% para 12,3%. Com um forte gradiente térmico, a energia envolvida no processo de formação da nebulosidade faz com que algumas nuvens atinjam a maturidade logo no início da tarde, porém, provocam apenas chuvas mais leves. Após liberar parte da energia nestas chuvas, o processo convectivo continua em atividade, fazendo com que nuvens de maior porte alcancem a maturidade somente no final da tarde. Neste caso, o volume precipitado será maior. Na área de floresta (b) a frequência de ocorrência é maior também às 18 hl (11,5%). Os menores índices (1,3%) ocorrem em vários horários, com ênfase no período noturno. A maior concentração de eventos às 18 hl segue o mesmo processo ocorrido na pastagem; plenitude da atividade convectiva no final da tarde com a maturação da nebulosidade e a precipitação.

Os períodos integrados de 6 horas (Fig.6), mostram uma frequência relativa ainda maior na parte da tarde (13-18 hl), tanto na pastagem (a) com 42,1%, como na floresta (b) com 37,2%. Para a pastagem, a fase diurna (7-18 hl) concentra quase 2/3 dos eventos superiores a  $10 \text{ mm h}^{-1}$ , indicando a influência do aquecimento sofrido pela superfície na intensificação do processo convectivo. Na floresta, o período diurno detém 57,7% dos casos, havendo



**Figura 5.** Variabilidade diurna de precipitação maior que 10 mm h<sup>-1</sup>, durante o trimestre chuvoso (jan/fev/mar) no período de 1992 a 1995. (a) Área de Pastagem. (b) Área de Floresta.



**Figura 6.** Variabilidade diurna de precipitação maior que 10 mm h<sup>-1</sup>, integrada a cada 6 horas durante o trimestre chuvoso (jan/fev/mar) no período de 1992 a 1995. (a) Área de Pastagem. (b) Área de Floresta.

uma diferença pouco superior a 15% em comparação ao noturno. Isto mostra que a floresta, com sua maior rugosidade produz turbulência e mesmo com a velocidade do vento sofrendo uma redução de intensidade à noite, consegue manter a atividade convectiva durante o período entre 19 h e 06 h.

A análise das precipitações maiores que 10 mm h<sup>-1</sup> mostra que não existe a ocorrência de chuvas fortes em todos os horários do dia. Aplicando a razão entre o total de horas da estação chuvosa e o número de eventos de precipitação maiores que 10 mm h<sup>-1</sup>, define-se que há 1 caso de chuva forte, para cada período de aproximadamente 38 horas na pastagem, e 28 horas na floresta. Isto provavelmente devido a necessidade de um período maior de tempo para que o processo convectivo atinja sua plenitude e provoque chuva forte. Lloyd & Marques (1988)

analisando dados horários para Manaus -AM entre 1983 e 1985, concluíram que um modelo realístico seria assumir uma tempestade de 2 horas de duração ocorrendo entre 13 e 15 h em 3 de cada 5 dias, numa taxa de 5,2 mm h<sup>-1</sup>.

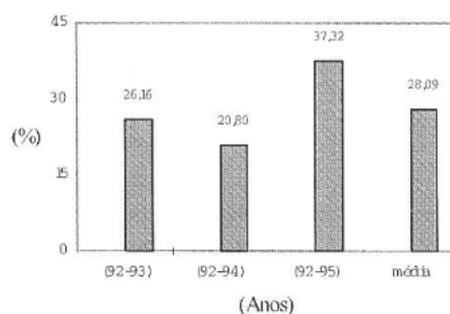
Os volumes da precipitação ocorrida na floresta e na pastagem são mostrados na Tabela 4. Como foram selecionados apenas os dias com dados simultâneos, o grau de confiabilidade é satisfatório. No ano de 1992, utilizando 71 dias de informações (78%), o volume foi de 621 mm na floresta e 665 mm na pastagem. Dos quatro anos pesquisados, este foi o único em que a pastagem recebeu um volume maior que a floresta. Em 1993, a floresta registrou 876 mm, e a pastagem 522 mm. Para 1994, o registro foi de 722 mm na floresta contra 651 mm na pastagem, e em 1995, 613 mm e 226 mm, respectivamente. No biênio 92-

**Tabela 4.** Volume precipitado e a diferença registrada entre as áreas de floresta e pastagem durante o trimestre mais chuvoso (jan/fev/mar).

Ano	Floresta (mm)				Pastagem (mm)			
	1992	1993	1994	1995	1992	1993	1994	1995
Janeiro	237	244	209	73	196	194	231	30,7
Fevereiro	175	302	199	471	133	232	248	98,8
Março	208	331	315	69,1	336	95,9	172	96,1
Trimestre	621	876	722	613	665	522	651	226
Total			1497	2219			2833	1187
1837	2063							
Diferença de precipitação (volume na floresta maior que na pastagem).								
(Período: 1992 e 1993)			311 mm	(26,2%)				
(Período: 1992 a 1994)			382 mm	(20,8%)				
(Período: 1992 a 1995)			770 mm	(37,3%)				

93, há uma diferença de 310 mm favoráveis à floresta, cerca de 26,2% (Fig. 7). Quando se amplia o período para 92-94, a diferença aumenta em volume (381 mm) e diminui percentualmente (20,8%). Para o período total (92-95), ocorre um salto na diferença, atingindo 769 mm, que representam 37,3% a mais na floresta que na pastagem. Aplicando-se uma média entre os diferentes períodos, define-se que na floresta chove aproximadamente 28% a mais que na pastagem. Para Ghuman & Lal (1987) que analisaram áreas de floresta úmida e de clareira na Nigéria nos anos de 1984 e 1985, a chuva registrada dentro da floresta foi respectivamente 12% e 32% menor do que a ocorrida na clareira. Porém os autores consideraram a precipitação registrada abaixo do dossel, consequentemente sofrendo o efeito da interceptação pelas folhas e troncos das árvores. A diminuição de precipitação, possivelmente devido ao desmatamento, também ocorreu nos resultados obtidos por Lean *et al.* (1996), aproximadamente 7%, obtidos

através de simulações numéricas do desmatamento da Amazônia. Ubarana (1996), realizando experimentos de perdas por interceptação da precipitação pelo dossel florestal na Reserva Jarú (RJ) e na Reserva Vale do Rio Doce (RV) entre 1992 e 1994, determinou uma interceptação de 11,6% na RJ e 12,9% na RV. Quando aplicou o modelo de Rutter aos dados obtidos nas campanhas, Ubarana encontrou 15,6% e 14,1% de perda respectivamente.

**Figura 7.** Diferença percentual do volume de precipitação durante o trimestre chuvoso (jan/fev/mar) Floresta maior que Pastagem.

## CONCLUSÃO

Na região sudoeste da Amazônia brasileira, a variabilidade diária de precipitação mostra uma distribuição bastante regular quando se trata de eventos superiores a  $1 \text{ mm h}^{-1}$ , tanto na floresta como na pastagem. Dentro do período analisado (Projeto ABRACOS/92-95), a floresta tem a maior concentração (5,7%) às 16 hl, e a pastagem (6,7%) às 14 hl. O período da tarde (13-18 hl) detém mais de 30% dos eventos. A floresta apresenta uma distribuição mais regular que a pastagem. Para as chuvas maiores que  $10 \text{ mm h}^{-1}$ , as ocorrências concentram-se claramente no final da tarde, tanto na floresta (11,5%), como na pastagem (12,3%), isto se dá às 18 hl. Na floresta, 57,7% dos casos de precipitação e na pastagem 64,9% estão no período de 7 às 18 hl. As precipitações de grande intensidade, maiores que  $10 \text{ mm h}^{-1}$ , representam 14% do total de ocorrências, tanto para a floresta como para a pastagem. Analisando as alterações da quantidade de chuva ocorridas, possivelmente devido as modificações de cobertura vegetal, a precipitação foi em média 28% maior na floresta do que na pastagem.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todos aqueles colegas que estiveram envolvidos nas coletas de campo e também ao suporte financeiro do CNPq através das Bolsas RHAE: 381.286-97/5 (R. Ferreira da Costa); 360.527 / 96-5 (J.R.P. Feitosa) e 360.144 / 97-7 (S.S. de Souza).

## Bibliografia citada

- Culf, A.D.; Fisch, G.; Hodnett, M.G. 1995. The albedo of Amazonia forest and ranchland. *Journal of Climate*, 8 (6): 1544-1554.
- Ferreira da Costa, R.; Feitosa, J.R.P.; Fisch, G.; Ramos, A.M. 1997. Variabilidade diurna da precipitação em áreas de floresta e pastagem em Rondônia - Época chuvosa. In ANON. (eds). *Anais do X Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, Piracicaba, SP, p. 274-276.
- Figueroa, S.N.; Nobre, C.A. 1990. Precipitation distribution over Central and western Tropical South America. *Climanálise*, 5 (6): 36-45.
- Fisch, G.; Marengo, J.; Nobre, C.A. 1996. Clima da Amazônia. *Climanálise Especial, Edição Comemorativa de 10 anos*, p. 24-41.
- Fisch, G.; Lean, J.; Wright, J.R.; Nobre, C.A. 1997. Simulações climáticas do efeito do desmatamento na região amazônica: Estudo de um caso em Rondônia. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 12(1): 33-48.
- Gash, J.H.C.; Nobre, C.A.; Roberts, J.M.; Victoria, R.L. 1996. An overview of Abracos. In J.H.C. Gash; C.A. Nobre; J.M. Roberts, and R.L. Victoria, (eds.) *Amazonian Deforestation And Climate*, John Wiley and Sons, Chichester - UK, p. 1-14.
- Ghuman, B.S.; Lal, R. 1987. Effects of partial clearing on microclimate in a humid tropical forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 40(1): 17-29.
- Grecco, S. Swap, R.; Garstang, M.; Ulanski, S.; Shipham, M.; Harris, R.C.; Talbot, R.; Andreae, M.O.; Artaxo, P. 1990. Rainfall and surface kinematic conditions over central Amazonia during Able 2b. *Journal of Geophysical Research*, 95(D10): 17001-17014.
- Harris, R.C. et al. 1988. The Amazon Boundary Layer Experiment - Able 2a - Dry season 1985. *Journal of Geophysical Research*, 93: 1477-1486.
- Harriss, R.C.; Garstang, M.; Wofsy, S.C.; Beck, S.M.; Bendura, R.J.; Coelho, J.R.B.; Drewry, J.W.; Hoell JR., J.M.; Matson, P.A.; Meneal, R.J.; Molion, L.C.B.; Navarro, R.L.; Rabine, V.; Snell, R.L. 1990. The Amazon Boundary Layer Ex-

- periment - Wet season 1987, *Journal of Geophysical Research*, 95(D10): 16721-16736.
- Horel, J.H.; Hahmann, A.N.; Geisler, J.E. 1989, An investigation of the annual cycle of convective activity over the tropical Americas. *Journal of Climate*, 2(11): 1388-1403.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE 1996. Censo Populacional 1996.
- Lean, J.H.; Button, C.B.; Nobre, C.A.; Rowntree, P.R. 1996. The simulated impact of Amazonian deforestation on climate using measured Abracos vegetation characteristics. In J.H.C. Gash; C.A. Nobre; J.M. Roberts, and R.L. Victoria, (eds.) *Amazonian Deforestation And Climate*, John Wiley and Sons, Chichester - UK, p. 549-576.
- Lloyd, C.R.; Marques, A.de O. 1988. Spatial variability of throughfall measurements in Amazonia rainforest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 42: 63-73.
- McWilliam, A.L.C.; Cabral, O.M.R.; Gomes, B.M.; Esteves, J.L.; Roberts, J.M. 1996. Forest and pasture leaf-gas exchange in South-West Amazonia. In J.H.C. Gash; C.A. Nobre; J.M. Roberts, and R.L. Victoria, (eds.) *Amazonian Deforestation And Climate*, John Wiley and Sons, Chichester - UK, p. 265-285.
- Nobre, C.A.; Sellers, P.J.; Shukla, J. 1991. Amazonian deforestation and regional change. *Journal of Climate*, 4: 957-988.
- Paiva, E.M.C.D. de 1996. Regime de precipitação na Amazônia e sua relação com o desmatamento e temperatura da superfície do mar. *Tese de Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Instituto de Pesquisas Hidráulicas*. Porto Alegre - RS. 297 p.
- Peagle, J. 1987. Interactions between convective and large-scale motions over Amazonia. In R.E. Dickinson (eds.) *The Geophysiology of Amazonia: Vegetation and Climate Interactions*, - John Wiley and Sons. New York - USA, p. 347-387.
- Salati, E., Marques, J.; Molion, L.C.B. 1978. Origem e distribuição das chuvas na Amazônia. *Interciência*, 3: 200-206.
- Scerne, R.M.C.; Santos, A.O. da S.; Santos, M.M.; Antonio Neto, F. 1996 - Aspectos agroclimáticos da região de Ouro Preto D'Oeste - RO, CEPLAC/SUPOR. *Boletim Técnico 13*, Belém, PA, 40 p.
- Shuttleworth, W.J.; Gash, J.H.C.; Lloyd, C.R.; Moore, C.J.; Roberts, J.M.; Marques, A. de O.; Fisch, G.; Silva, V. de P.; Ribeiro, M.N.G., Molion, L.C.B.; de Abreu Sá, L.D.; Nobre, C.A.; Cabral, O.M.R.; Patel, S.R.; Moraes, J.C. 1984. Eddy correlation measurements of energy partition for Amazonian forest. *Quarterly Journal of Royal Meteorological Society*, 110 (466): 1143-1162.
- Shuttleworth, W.J.; Gash, J.H.C.; Roberts, J.M.; Nobre, C.A.; Molion, L.C.B.; Ribeiro, M.N.G. 1991. Post-deforestation Amazonian climate: Anglo-Brazilian research to improve prediction. *Journal of Hydrology*, 129(1): 71-86.
- Spiegel, M. R. 1972. *Estatística* McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 580 p.
- Ubarana, V.N. 1996. Observation and modeling of rainfall interception loss in two experimental sites in Amazonian forest. In J.H.C. Gash; C.A. Nobre; J.M. Roberts, and R.L. Victoria, (eds.) *Amazonian Deforestation And Climate*, John Wiley and Sons, Chichester - UK, p. 151-162.

**Aceito para publicação em 18.02.98**

## 6 - ANEXO: A

Número de eventos de precipitação maiores que 1 mm h<sup>-1</sup> na Floresta e Pastagem, ocorridos no período de janeiro, fevereiro e março dos anos de 1992 a 1995.

Hora local	FLORESTA					PASTAGEM				
	1992	1993	1994	1995	92-95	1992	1993	1994	1995	92-95
1	5	6	1	5	17	7	5	5	0	17
2	6	5	3	7	21	6	6	5	0	17
3	10	6	5	6	27	7	4	6	2	19
4	5	9	6	5	25	1	4	6	1	12
5	4	8	8	4	24	3	6	8	3	20
6	4	7	7	4	22	6	5	5	2	18
7	1	7	6	5	19	3	6	3	1	13
8	1	11	6	6	24	2	4	4	3	13
9	3	7	5	5	20	6	5	2	2	15
10	3	5	5	3	16	5	3	3	1	12
11	1	8	3	4	16	3	3	3	0	9
12	3	6	7	2	18	8	5	1	0	14
13	3	9	5	6	23	8	7	6	1	22
14	6	11	8	6	31	11	6	6	4	27
15	6	8	6	4	24	9	10	3	2	24
16	9	9	8	6	32	9	6	10	0	25
17	10	9	5	7	31	9	2	3	3	17
18	9	9	5	8	31	9	3	5	4	21
19	10	4	2	7	23	5	3	4	5	17
20	11	6	4	8	29	5	6	3	0	14
21	8	6	3	7	24	5	7	3	3	18
22	7	6	3	9	25	5	3	3	3	14
23	2	5	4	5	16	4	4	3	0	11
24	5	7	2	5	19	6	3	4	1	14
Total	132	174	117	134	557	142	116	104	41	403

Número de eventos de precipitação maiores que 10 mm h<sup>-1</sup> na Floresta e Pastagem, ocorridos no período de janeiro, fevereiro e março dos anos de 1992 a 1995.

Hora local	FLORESTA					PASTAGEM				
	1992	1993	1994	1995	92-95	1992	1993	1994	1995	92-95
1	1	0	0	2	3	0	0	3	0	3
2	1	0	1	1	3	1	0	1	0	2
3	0	0	1	0	1	1	0	0	1	2
4	0	4	2	0	6	0	0	1	0	1
5	1	1	2	1	5	1	0	0	0	1
6	1	0	0	1	2	1	0	0	0	1
7	1	0	2	1	4	2	1	0	0	3
8	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1
9	0	0	1	2	3	3	0	0	1	4
10	1	0	0	2	3	3	0	0	0	3
11	0	1	1	1	3	0	0	1	0	1
12	0	0	1	1	2	0	0	1	0	1
13	1	1	0	0	2	1	0	3	0	4
14	4	0	1	0	5	2	1	0	1	4
15	1	2	0	0	3	2	0	1	0	3
16	0	2	1	1	4	0	2	1	0	3
17	4	0	1	1	6	2	1	0	0	3
18	3	2	1	3	9	3	1	1	2	7
19	2	0	0	2	4	1	0	0	0	1
20	1	1	0	1	3	0	1	1	0	2
21	1	0	1	1	3	0	1	0	0	1
22	0	0	0	1	1	1	0	1	0	2
23	1	0	0	0	1	2	0	1	0	3
24	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
Total	25	14	17	22	78	26	9	17	5	57