



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE METEOROLOGIA**



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

SILVIA LETÍCIA ALVES GARCÊZ

**VALIDAÇÕES DAS OBSERVAÇÕES FEITAS COM O
PLUVIÔMETRO DE GARRAFA PET**

297

Belém – PA

Dezembro – 2010

SILVIA LETÍCIA ALVES GARCÊZ

**VALIDAÇÕES DAS OBSERVAÇÕES FEITAS COM O
PLUVIÔMETRO DE GARRAFA PET**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Meteorologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará - UFPA, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau superior de Bacharel em Meteorologia.

Orientador: Prof^o. Dra. Maria Aurora Santos da Mota

Belém-PA

Dezembro – 2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

G215v Garcêz, Silvia Letícia Alves

Validações das observações feitas com o pluviômetro de garrafa pet / Silvia Letícia Alves Garcêz; Orientador: Maria Aurora Santos da Mota – 2010

35f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Meteorologia) – Faculdade de Meteorologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Quarto Período de 2010.

1. Precipitação. 2. Material reciclável. 3. Clima. 4. Cidade. I. Mota, Maria Aurora Santos da, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 20º ed.: 551.57728115

SILVIA LETÍCIA ALVES GARCÊZ

**VALIDAÇÕES DAS OBSERVAÇÕES FEITAS COM O
PLUVIÔMETRO DE GARRAFA PET**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Meteorologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Meteorologia.

Aprovado em: 21 / 12 /2010

Conceito:

Banca examinadora:

Prof.: Maria Aurora Santos da Mota – Orientadora
Doutora em Meteorologia
Universidade Federal do Pará

Prof. Everaldo Barreiros de Souza – Membro
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará

Prof. Edson José Paulino da Rocha – Membro
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará

Dedico esta conquista à minha maravilhosa família: meus pais, Letícia e Jurandi Garcêz, e irmãs Ana e Cinthia Garcêz e Michelle Tavares. E a minha amada avó, Leopoldina Lima.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a esse Deus maravilhoso que sempre fez o certo para a minha vida. Agradeço, pois foi Ele quem me presenteou com a melhor família que eu poderia ter e por Ele ter colocado pessoas maravilhosas, que assim como minha família, foram também fundamentais em minha vida pessoal e acadêmica.

A minha base e meu exemplo de vida, meus pais Jurandi e Letícia Garcêz. Agradeço pela dedicação em me educar e formar. Por terem investido nos meus estudos e por tudo que fizeram para que eu chegasse até aqui. Vocês são tudo para mim.

A minha querida e amada avó Leopoldina Lima, que foi quem sempre me apoiou nas minhas escolhas. Agradeço principalmente por sempre acreditar em mim e em tudo que fiz e faço. Agradeço pelo colo e afago quando precisava e por investir em meus sonhos. Te amo muito.

As minhas irmãs, Ana e Cinthia Garcêz, pelo amor e carinho, por suas constantes e incondicionais presenças em todos os momentos da minha vida. Sou muito grata a vocês por tudo. Divido com vocês essa minha vitória.

Agradeço a minha família de coração, Michelle e D. Maria Tavares. Obrigada por vocês estarem sempre presente em minha vida e pela força que sempre me deram. Amo vocês.

Ao meu noivo, Leonardo Watanabe, por sempre me apoiar, pela amizade, incentivo e até pelos puxões de orelha. Obrigada por seu amor e carinho, por estar sempre presente e tornar minha vida mais tranquila.

A minha orientadora Dra. Maria Aurora Santos da Mota, pela confiança que me deu durante todo o tempo que trabalhamos juntas.

A todos os professores com os quais tive o prazer de ter tido uma maior convivência e contato profissional. Convivência essa que enriqueceu o meu conhecimento em Meteorologia. Em especial agradeço as professoras Maria do Carmo e Isa Maria, por terem me dado a oportunidade em trabalhar como monitora em suas disciplinas. Obrigada pela confiança e apoio.

Ao professor, Dr. Everaldo Souza, por disponibilizar o espaço RPCH para que eu pudesse desenvolver os meus trabalhos acadêmicos. Agradeço pela confiança e pelo conhecimento que sempre adquiri quando o tive como professor. Admiro todo o seu conhecimento, simplicidade e profissionalismo.

Aos professores Dr. Hernani Rodrigues e Dr. Adriano Marlisom pelas oportunidades e confiança em mim depositada. Pelo apoio e sugestões dadas para a elaboração de trabalhos.

Aos meus amigos, José Augusto (meu querido e melhor amigo-irmão), querida Ana Paula, amável e divertido Wesley, alegre e carinhosa Danubia, descontraída Thamiris, dentre outros, por terem tornado meus dias mais divertidos, pelo companheirismo, amizade e pelo conhecimento que trocamos durante esse tempo que nos conhecemos. Terei sempre vocês comigo.

Agradeço a Clara Figueiredo, Fabrício Silva, Andressa Lima, Thiago Melo e Luciana Monteiro por terem ajudado na coleta dos dados deste trabalho.

Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Tecnológica Industrial A – ITI A concedida a mim.

A todos, o meu eterno Obrigada!

"Nunca encontrei uma pessoa da qual não
tivesse nada a aprender." A. de Vigny

RESUMO

A dificuldade na medição espacial da precipitação em uma região é sempre um desafio, devido aos custos envolvidos para aquisição e/ou instalação dos pluviômetros que requerem áreas abertas e sem edificações e/ou árvores. Pensando nesse desafio que este trabalho foi desenvolvido, cujo objetivo principal é verificar as diferenças entre a coleta da chuva efetuada pelo pluviômetro *Ville de Paris* e um pluviômetro simples confeccionado com garrafa PET, ambos instalados na Estação Meteorológica da UFPA, no período de Outubro de 2008 a Outubro de 2010. Os resultados mostram que o pluviômetro feito com garrafa PET apresenta bom desempenho na coleta da chuva quando comparado ao pluviômetro *Ville de Paris*. Então a utilização de pluviômetro PET, é uma medida simples que pode ajudar no estudo da variação espacial e temporal da precipitação em uma determinada região, pois é mais acessível, devido ao custo muito baixo em relação ao pluviômetro *Ville de Paris*.

Palavras-Chave: Precipitação. Material reciclável. Clima. Cidade.

ABSTRACT

The difficulty in space mensuration of the precipitation in a region always is a challenge, due to the costs involved for acquisition and/or installation of the pluviometers that require opened areas and without constructions and/or trees. Thinking in this challenge that this work was developed, which main goal is to verify the differences between collection of the rain made by the pluviometer Ville of Paris and a simple pluviometer made with bottle PET, both installed at the station Meteorological of UFPA, in October 2008 for October 2010. The results show that the pluviometer made with bottle PET presents good performance in the collection of the rain when compared to the pluviometer Ville of Paris. Then the pluviometer utilization PET, it is a simple measure which can help in the study of the space variation of the precipitation in a certain region, because it is more accessible, due to the very low cost regarding the pluviometer Ville of Paris.

Keywords: Precipitation. Recyclable material. Climate. City.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Pluviômetros usados para medição da chuva na Estação Meteorológica da UFPA: (a) PET (com cotovelo de 90°), (b) <i>Ville de Paris</i> e (c) PET (com registro de esfera).....	17
Figura 2.	Estação Meteorológica da UFPA.....	18
Figura 3.	Proveta pluviométrica em ml.....	18
Figura 4.	Planilhas onde os dados coletados pelos pluviômetros são trabalhados.....	19
Figura 5.	Variação diária da precipitação em 2008: (a) Outubro e (b) Novembro.....	21
Figura 6.	Variação diária da precipitação em 2008 e 2009: (a) Dezembro de 2008, (b) Janeiro, (c) Fevereiro (d) Março e (e) Abril de 2009.....	23
Figura 7.	Variação diária da precipitação em 2009: (a) Maio e (b) Junho .	24
Figura 8.	Variação diária da precipitação em 2009: (a) Maio e (b) Junho..	25
Figura 9.	Variação diária da precipitação em 2009 e 2010: (a) Dezembro de 2009, (b) Janeiro, (c) Fevereiro, (d) Março e (e) Abril.....	27
Figura 10.	Variação diária da precipitação em 2010: (a) Maio e (b) Junho..	28
Figura 11.	Variação diária da precipitação em 2010: (a) Julho, (b) Agosto, (c) Setembro e (d) Outubro.....	29
Figura 12.	Variação da precipitação para o período de outubro de 2008 a outubro de 2010.....	30

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

EN – El Niño

LN – La Niña

HL – Hora Local

IL – Linha de Instabilidade

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

OMM – Organização Mundial de Meteorologia

SRPV - Serviço Regional de proteção ao Voo

UFPA – Universidade Federal do Pará

UTC – Tempo Universal Coordenado

ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
2.1	DADOS.....	17
2.2	METODOLOGIA.....	19
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	21
4	CONCLUSÃO.....	32
	REFERENCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

Das variáveis meteorológicas, a precipitação é uma das mais difíceis de prever, devido a sua elevada variabilidade temporal e espacial. Assim, por exemplo, é possível que uma tempestade isolada provoque chuvas intensas em uma dada localidade, sem afetar regiões próximas, localizadas em bairros ou cidades vizinhas. Em outras ocasiões a chuva pode ocorrer continuamente, com intensidade fraca ou moderada e rapidamente se intensificar, ocorrendo pancadas de chuvas fortes que, em geral, duram por curto período de tempo (PINHEIRO et al, 2009).

A precipitação é a variável climatológica mais importante na região tropical, pois chuva de aproximadamente 10 mm podem provocar aquecimento da atmosfera de até $2,5 \text{ K dia}^{-1}$, devido a liberação de calor durante a chuva (FISCH et al, 1996). Dessa forma, a precipitação é o principal elemento meteorológico, que melhor caracteriza o clima de uma região, além de ser um dos componentes do ciclo hidrológico de mais fácil medida. Entretanto, devido à natureza desigual das chuvas convectivas que ocorrem, principalmente na região Amazônica, montar uma rede de medições, que seja representativa da variabilidade espacial da precipitação na região permanece um desafio (FITZJARRALD et al, 2008). Para Gandin (1970), nem sempre é possível instalar uma rede pluviométrica com grande densidade devido ao elevado custo da compra e manutenção dos equipamentos.

Segundo o “*Emergency Events Database*” (EM-DAT) do governo da Bélgica, considerando-se o período de 1900 até 2008, a maior parte dos desastres naturais no Brasil (91%) tem sido deflagrada por eventos meteorológicos. Destes, 74% estiveram associados a chuvas intensas, que ocorrem em geral, em curto espaço de tempo, provocando deslizamentos e inundações, causando enormes danos a população.

Carvalho (2005), na análise espacial da precipitação pluviométrica em São Paulo, fala que medir dados de precipitação pluvial é muito importante para diversas atividades, como: produção da cultura, manejo dos recursos hídricos, avaliação ambiental, erosão hídrica, etc. Quantificar chuvas de grande intensidade é importante no planejamento agrícola e ambiental para o correto dimensionamento das obras, tanto na construção civil quanto na conservação do solo (VIEIRA & CARVALHO, 2001). MELLO et al. (1994) julgam

indispensável a caracterização espacial e temporal das condições hídricas para melhor entender o clima da região, ressaltando também a importância da caracterização da distribuição de chuva para as ciências ambientais e para a engenharia.

Para MELLART (1999), a distribuição da chuva ou precipitação pluvial depende da topografia local e do tipo de chuva. O autor observou importantes diferenças na variabilidade espacial das chuvas para distâncias relativamente pequenas (1 km), mas ressaltou que o grau de variabilidade muda de ano para ano e de região para região, o que torna necessário pesquisas regionais e constantes para obtenção de elementos mais significativos para a variabilidade espacial.

No contexto da dinâmica climática tropical, é bem conhecido que a variabilidade interanual e sazonal da estação chuvosa da Amazônia é modulada diretamente pelos padrões oceano-atmosfera de grande escala, associados ao ciclo do El Niño-Oscilação Sul (ENOS) sobre o Oceano Pacífico e as fases do gradiente meridional interhemisférico de anomalias de temperatura da superfície do mar (aTSM) sobre o Oceano Atlântico intertropical (NOBRE & SHUKLA, 1996; DE SOUZA et al., 2000).

A variabilidade da precipitação na Amazônia é influenciada por sistemas de meso e grande escala, principalmente a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), porém, Molion (1987, 1993) em estudo sobre as circulações de macro e meso-escala que atuam na Amazônia, fala que outros sistemas e processos dinâmicos e atmosféricos, além da ZCIT, são responsáveis pelas chuvas na região. Esses mecanismos são: (a) convecção diurna resultante do aquecimento da superfície e condições de grande escala favoráveis; b) linhas de instabilidade originadas na costa norte-nordeste do litoral do Atlântico; (c) aglomerados convectivos de grande e mesoescala, associados com a penetração de sistemas frontais da região sul-sudeste do Brasil que interagem com a região amazônica.

Moraes (2005) em estudo sobre a variabilidade espacial e temporal da precipitação no Estado do Pará realizou uma análise das características da variação da precipitação em 31 localidades do estado. Por meio desse trabalho foi possível verificar que o coeficiente de variação da precipitação anual na maior parte do Estado do Pará está compreendido entre 20 e 25%. Também foi

constatado maior variabilidade da precipitação durante a estação seca do que na estação chuvosa

Mota et al (1998) verificou uma variação espacial de 18% na época “chuvosa” e de 38% na época “seca” entre as precipitações observadas em 3 estações na cidade de Belém-PA no INMET, SRPV e UFPA, localizadas a uma distancia de aproximadamente 5 quilômetros entre as estações, e a diferença é maior no período menos chuvoso da região (junho a novembro). Além disso, pela cidade está situada na região Equatorial as precipitações são influenciadas por sistemas de grande escala como a Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) e a Zona Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A influencia desses sistemas, faz com que a cidade tenha grande quantidade de precipitação e dois regimes anual de chuva, o mais chuvoso (dezembro a maio) e o menos chuvoso (junho a novembro).

Segundo Lopes (2009) a ZCIT exerce um papel preponderante na modulação do regime pluviométrico na região equatorial, podendo ser considerada o sistema meteorológico de grande escala de maior importância no Pará, visto que concorre para o estabelecimento do período chuvoso do estado no decorrer de sua marcha em direção ao Hemisfério Sul, durante o verão e outono austral. A ZCIT resulta da convergência dos ventos alísios de nordeste e sudeste e é caracterizada por precipitações intensas e ventos fracos (VIANELLO & ALVES, 1991).

A ZCAS é um fenômeno meteorológico de grande escala que influencia na distribuição da precipitação na Amazônia. As ZCAS são áreas de instabilidade que orientam-se, de NW para SE. Ela é caracterizada pela estacionaridade da banda de nebulosidade por vários dias, e a conseqüente alteração do regime de chuvas nas regiões afetadas (QUADRO, 1994).

Sistemas de mesoescala, como Linha de Instabilidade (LI) também influenciam no clima da Amazônia. A Linha de Instabilidade é definida por Gamache e Houze (1982) como uma região da dianteira de um distúrbio que se propaga em mesoescala. Constitui-se basicamente de nuvens do tipo cumulonimbus (Cbs) e em sua retaguarda por uma nuvem na forma de “bigorna” que, em geral, possui bastante precipitação do tipo estratiforme (BRAGA; COHEN, 2004). Segundo Cohen (1989), em estudo sobre a climatologia das linhas de instabilidade, mostra que esse sistema de

mesoescala, pode ser responsável por 45% da precipitação na parte leste do Pará.

Diante do contexto apresentado esta pesquisa tem como objetivo principal validar o pluviômetro confeccionado com material reciclável (garrafa PET), onde irá verificar as diferenças entre a coleta da chuva efetuada pelo pluviômetro *Ville de Paris*, utilizado na maioria das estações meteorológicas e o pluviômetro de garrafa PET. Fazendo o monitoramento da precipitação coletada pelos dois pluviômetros instalados na estação meteorológica da UFPa, em Belém (PA). E desta maneira poder sugerir a utilização do pluviômetro de garrafa PET no estudo da variabilidade espacial da precipitação e ajudar no auxílio das políticas públicas, como a defesa civil, na prevenção de desastres causados por eventos extremos de precipitação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 DADOS

Os dados pluviométricos para esse estudo foram coletados na Estação Meteorológica da Universidade Federal do Pará ($1^{\circ}28'25''\text{S}$ e $48^{\circ}27'28''\text{W}$ a 14m de altitude) onde foi instalado o pluviômetro *PET* (Figura 1a) próximo (distância de 3 m) do pluviômetro *Ville de Paris* (Figura 1b). O período de estudo foi de Outubro de 2008 a Outubro de 2010. As observações foram feitas todo dia as 12:00 UTC (09:00 HL) que é o horário padrão de medidas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

O Pluviômetro PET (Figura 1a) possui uma área de captação de 177 cm^2 , é composto por um tubo PVC de 35 cm de comprimento e 14,5 cm de diâmetro, uma redução de esgoto de 150 para 100 mm, uma garrafa PET, um cotovelo de 90° e uma torneira de bebedouro (substituído por um registro de esfera - Figura 1c) (MOTA et al. 2009). Este pluviômetro foi confeccionado, adaptando a técnica de Assunção e Assis (1997). O pluviômetro padrão *Ville de Paris* (Figura 2b) possui uma área de captação de 400 cm^2 , é confeccionado em aço inoxidável. Foi gasto para a montagem do pluviômetro PET a quantia de R\$:35,00.

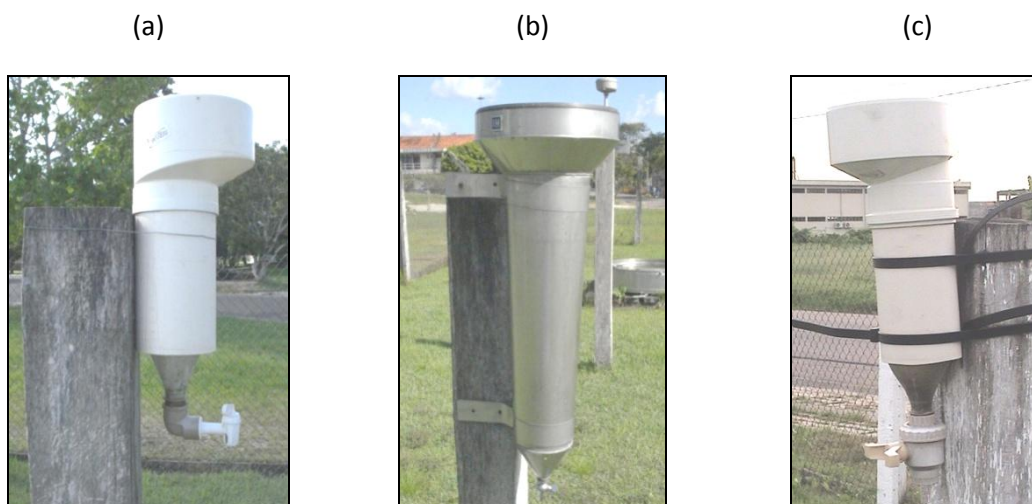


FIGURA 1 – Pluviômetros usados para medição da chuva na Estação Meteorológica da UFPA: (a) PET (com cotovelo de 90°), (b) *Ville de Paris* e (c) PET (com registro de esfera)

A montagem do pluviômetro PET foi realizada em oficinas práticas, no Laboratório de Instrumentação da Faculdade de Meteorologia da UFPA, como parte das atividades do projeto de extensão *Entendendo o Clima do Nordeste Paraense*. Depois de montado, o instrumento foi instalado na Estação Meteorológica da UFPA (Figura 2), localizada na cidade de Belém, capital do Estado do Pará ($1^{\circ}28'S$ e $48^{\circ}29'W$).



FIGURA 2 - Estação Meteorológica da UFPA.

Os dados foram coletados por uma proveta plástica (Figura 3), graduada em mililitro (ml). A quantidade coletada foi convertida para milímetros (mm) de precipitação em conformidade com o utilizado pelas normas da OMM. A conversão foi feita, dividindo os valores do pluviômetro Villes de Paris por 40,0 e os valores do pluviômetro PET por 17,7. Dessa forma, foi possível ter o valor em *mm*.



FIGURA 3 - Proveta pluviométrica em ml

A Figura 4 mostra a planilha onde os dados coletados diariamente foram registrados. Nessa planilha é informado o dia, a quantidade de chuva observada pelo Ville de Paris e pelo PET, os horários que ocorreu a chuva e comentários a respeito das características da chuva.

Local: Universidade Federal do Pará - UFPA - Estação Meteorológica						Data: Janeiro / 2009		Observador: Silvia Letícia Alves Garcéz	
DIA:	TOTAL DE CHUVA INMET	CHUVA OBS. UFPA (ml)	TOTAL DE CHUVA UFPA (mm)	CHUVA OBS. PET (ml)	TOTAL DE CHUVA PET (mm)	HORÁRIO DA OBSERVAÇÃO DA CHUVA (Local)		COMENTÁRIOS	
						Início	Fim		
						1	10,5		0,0
2	4,5	0,0	0,0	0	0,0	*	*	NCH	
3	4,8	0,0	0,0	0	0,0	16:45	17:20	NCH	
4	0,6	466,0	11,6	162	9,2	*	*		
5	2,0	0,0	0,0	0	0,0	*	*	NCH	
6	3,3	226,0	5,6	92	5,2	*	*		
7	22,0	0,0	0,0	0	0,0	21:43	23:50	NCH	
8	2,9	102,0	2,5	36	2,0	17:53	22:10		
9	13,1	381,0	9,5	143	8,1	15:00	16:15		
10	1,5	598,0	14,9	234	13,3			Chuvisco durante quase toda a tarde, onde n se podia perceber quando iniciou ou quando parou.	
11	5,1	66,0	1,6	26	1,5	11:10	11:45		
12	12,5	298,0	7,4	107	6,1	13:12	13:20		
13	20,6	14,0	0,3	10	0,6	*	*	NCH	
14	0,2	0,0	0,0	0	0,0	16:53	17:05		
15	2,9	168,0	4,2	78	4,4	11:45	12:07		
16	13,7	110,0	2,7	43	2,4	13:15	14:03		
17	10,4	348,0	8,7	135	7,7	12:35	12:56		
18	19,2	616,0	15,4	242	13,8	16:05	16:15		
19	13,9	32,0	0,8	13	0,7	15:57	16:05		
20	72,2	1646,0	41,0	639	36,3	*	*	NCH	
21	0,2	0,0	0,0	0	0,0	10:30	11:20		
22	9,0	1100,0	27,4	454	25,8	*	*	NCH	
23	0,0	0,0	0,0	0	0,0	*	*	NCH	
24	3,8	10,0	0,2	0	0,0	14:20	14:44		
25	13,8	925,0	23,1	362	20,6	15:25	16:05		
26	2,7	40,0	1,00	16	0,9	15:05	15:25		
27	0,0	30,0	0,7	14	0,8	15:20	15:30		
28	17,8	346,0	8,6	134	7,6	17:20	17:53		
29	19,1	635,0	15,8	234	13,3	09:00	09:30	Houve PRP durante a observação	
30	18,9	195,0	4,9	48	2,7	10:15	10:55		
31	33,3	512,0	12,8	206	11,7	14:00	14:15		
Total Mensal	354,5	8864,0	221,0	3428	194,6				

FIGURA 4 - Planilhas onde os dados coletados pelos pluviômetros são trabalhados.

2.2 METODOLOGIA

Os dados pluviométricos foram avaliados estatisticamente utilizando a planilha eletrônica, considerando que as precipitações acima de 20 mm, mesmo sendo considerada chuva leve, já causam prejuízos à comunidade. A análise estatística foi feita verificando a média, o desvio padrão e a correlação entre os pluviômetros. Além da confecção de gráficos da variabilidade diária da precipitação, para verificar a eficiência de cada pluviômetro em estudo.

Para Bussab e Morettin (2002) a média (\bar{x}) pode ser obtida através da soma das observações dividida pelo número delas.

$$\bar{x} = \frac{(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + \dots + x_5)}{N}$$

Onde: x é a observação feita.

N é o número de observações.

O desvio padrão (S) define-se como a raiz quadrada positiva da variância. É calculado pela fórmula:

$$S = \sqrt{\text{var}(X)}$$

Onde

X é média

O coeficiente de variação (CV) representa o desvio padrão expresso como porcentagem da média, sendo calculado pela expressão abaixo. (JUDICE, MUNIZ; CARVALHEIRO, 1999)

$$CV = \left(\frac{S}{\bar{X}} \right) * 100$$

Onde

S é o desvio padrão

Foram confeccionados gráficos e tabela para avaliação da performance do pluviômetro PET em comparação ao pluviômetro Ville de Paris.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 5, apresenta a variação diária da precipitação dos meses de outubro e novembro de 2008, quando foi iniciada a pesquisa. No mês de outubro (Fig. 5a), o pluviômetro *Ville de Paris* (UFPA) e o pluviômetro de garrafa PET (PET) apresentaram a mesma variabilidade, com os maiores índices de precipitação no dia 5, 36,5 e 35 mm respectivamente. O total para este mês foi 91,4 mm para UFPA e 87,4 mm para PET. No mês de novembro (Fig. 5b), ocorre o mesmo para UFPA e PET, os dois pluviômetros medem aproximadamente os mesmos valores de chuva, sendo que no dia 6 ocorreu o maior valor de precipitação, com 22 mm para UFPA e 20 mm para o PET, aproximadamente, diferença de apenas 2 mm entre os dois pluviômetros. O mês de novembro foi o que apresentou o menor número de precipitações se comparado ao mês anterior (outubro). O total da precipitação para a UFPA foi 88,2 mm e para PET 81,9 mm. Os dois meses (outubro e novembro) estão no período menos chuvoso da cidade de Belém, nesta época a ZCIT se encontra no Hemisfério Norte, não influenciando nas precipitações ocorridas na cidade. As chuvas que ocorrem no período mais chuvoso em Belém (PA), por estar situada na região equatorial, sofre a influencia da Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) durante o verão do Hemisfério Sul.

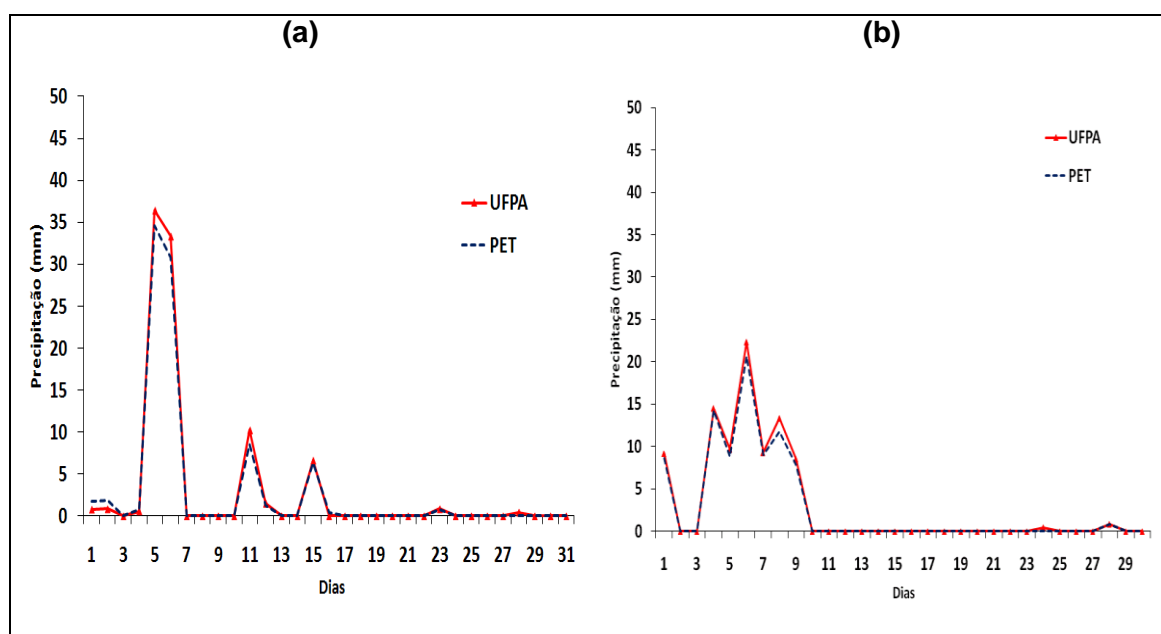


Figura 5. Variação diária da precipitação em 2008: (a) Outubro e (b) Novembro.

A variação da precipitação, para os dois pluviômetros, durante o período chuvoso (dezembro de 2008, janeiro, fevereiro, março e abril de 2009) é apresentado na Figura 6. No mês de dezembro (Fig. 6a) com a chegada do verão e aproximação da ZCIT na região, pode ser percebido um aumento do número dias de precipitações, o que também acontece nos meses subsequentes. É possível verificar que as curvas de variabilidade da precipitação dos dois pluviômetros tem a mesma características, com alguns casos de valores PET menores que UFPA. Para o mês de janeiro a UFPA apresentou valores acima de 20mm, nos dias 4 e 26, sendo que o dia 26 foi o que apresentou o maior valor de precipitação. Já o PET, apenas o dia 26 teve valor acima de 20mm, sendo este dia o que apresentou o maior índice de chuva. Durante o mês de janeiro de 2009 (Figura 6b) houve mais dias com precipitação se comparado ao mês de dezembro de 2008. Para a UFPA e PET, o dia 20 foi o que ocorreu o maior valor de precipitação com 41 e 36 mm, respectivamente. O Total mensal foi 195 mm para PET e 221 mm para UFPA. No mês de fevereiro de 2009 (Fig. 6c), para a UFPA foi observado precipitação todos os dias, sendo o dia 28 o que apresentou o maior valor de precipitação com 52mm. Já o PET apresenta 3 dias (8,9,10) sem chuvas. Os dias 14 e 28, foram os dias que apresentaram os maiores valores de chuva com 47,5mm para o PET. Para o mês de março de 2009 (Fig. 6d), é possível verificar que foi um mês com muitos dias com precipitação. O maior índice de precipitação de 92 mm para a UFPA e 84 mm para PET, ocorreu no dia 31. O total mensal foi de 549 mm para a UFPA e 503 mm para o PET. Para o mês de abril (Figura 6e), o dia 26 foi o que teve o maior índice de chuva registrada pela UFPA (68 mm) e pelo PET (63 mm).

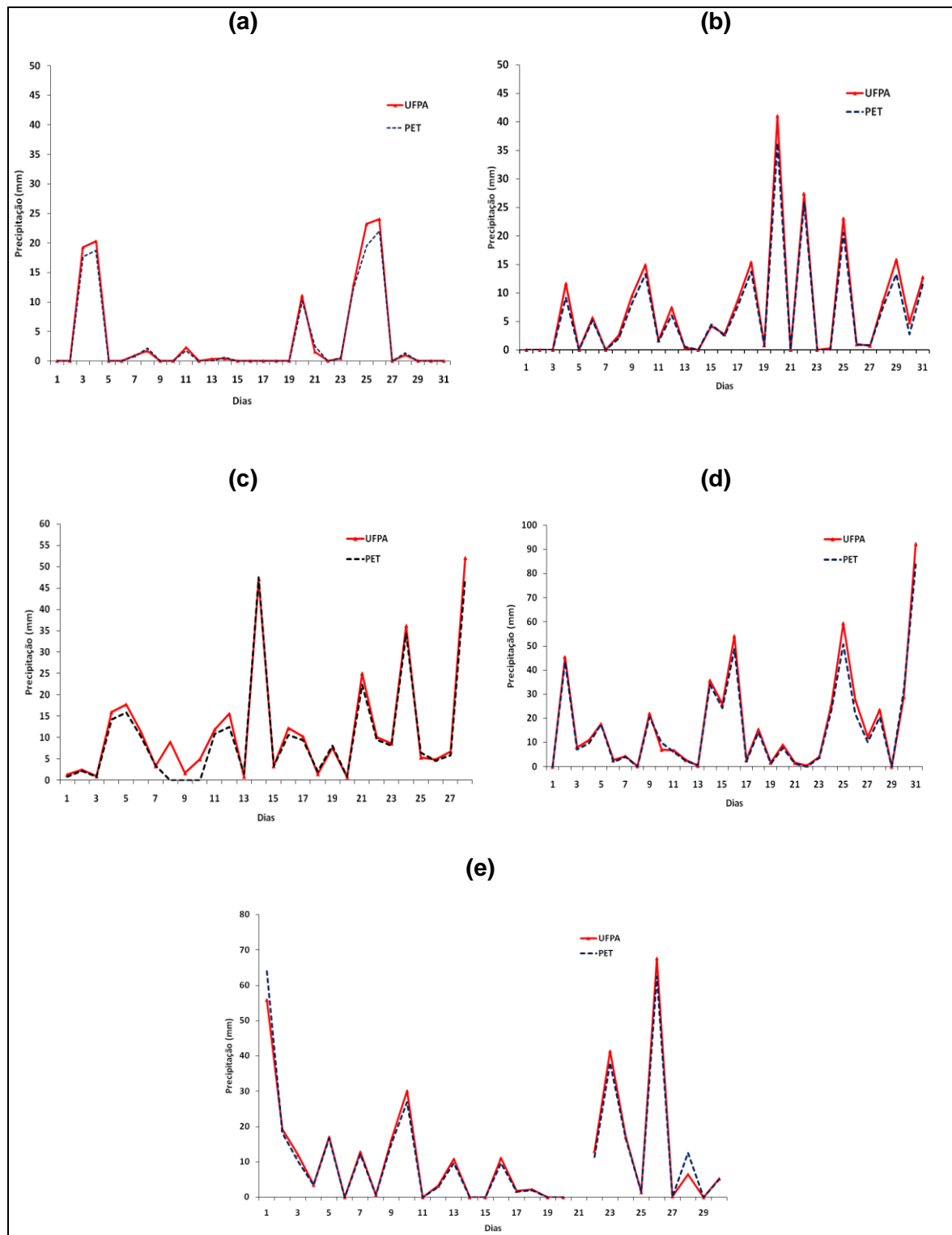


Figura 6. Variação diária da precipitação em 2008 e 2009: (a) Dezembro de 2008, (b) Janeiro, (c) Fevereiro (d) Março e (e) Abril de 2009.

A Figura 7, mostra a variação da precipitação durante os meses de maio e junho de 2009. Os meses são conhecidos como meses de transição entre o período mais chuvoso e menos chuvoso. Então, estes meses podem ter

precipitações alta ou reduzidas, pois a ZCIT começa a se afastar da região o que afeta em muito na precipitação da região. Porém, se a região estiver sobre influencia de outros fenômenos de grande escala como El Niño ou La Niña as características são fortemente alteradas já que fenômenos globais como El Niño (EN) e La Niña (LN) afetam consideravelmente e diretamente os padrões meteorológicos de algumas regiões. O Pará é uma das localidades atingidas pela ação destes fenômenos (SOUZA et al, 2005). Percebe-se que as curvas PET e UFPA tem as mesmas variações chegando, em alguns dias, estarem aproximadamente iguais. Mas, em outros os valores PET são menores. No mês de maio (Fig. 7a) o número de chuvas ainda são grandes, o dia 6 foi o dia com o maior valor de chuva: 35mm para a UFPA e 32mm para o PET. O mês de junho (Fig. 7b) começa apresenta uma queda dos números de chuvas,mas ainda apresenta muita precipitação.O PET registrou o menor valor de precipitação no dia 17, com 0,1mm, e o dia 2, foi o dia de maior precipitação registrada pela UFPA e PET, com aproximadamente 30 mm e 27 mm, respectivamente.

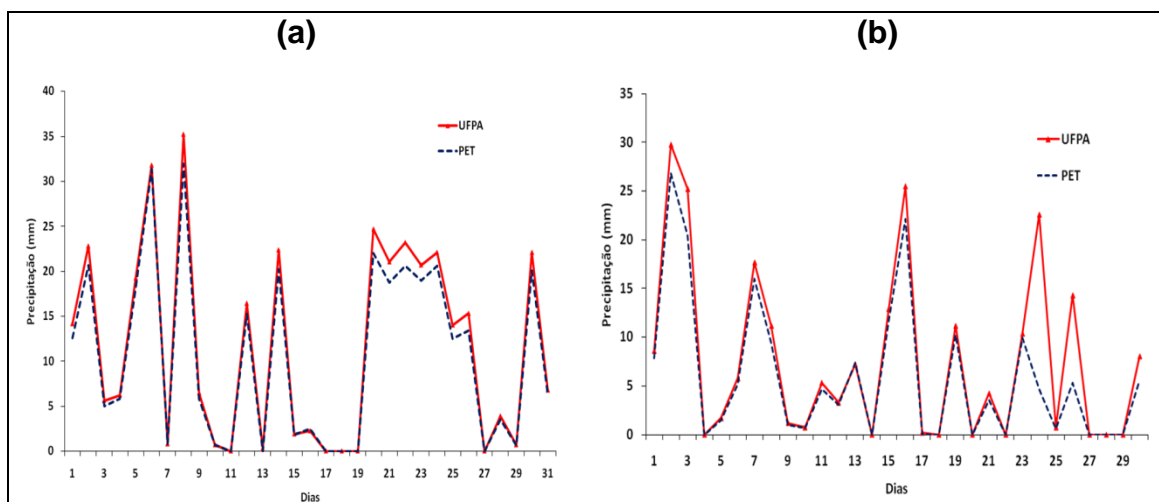
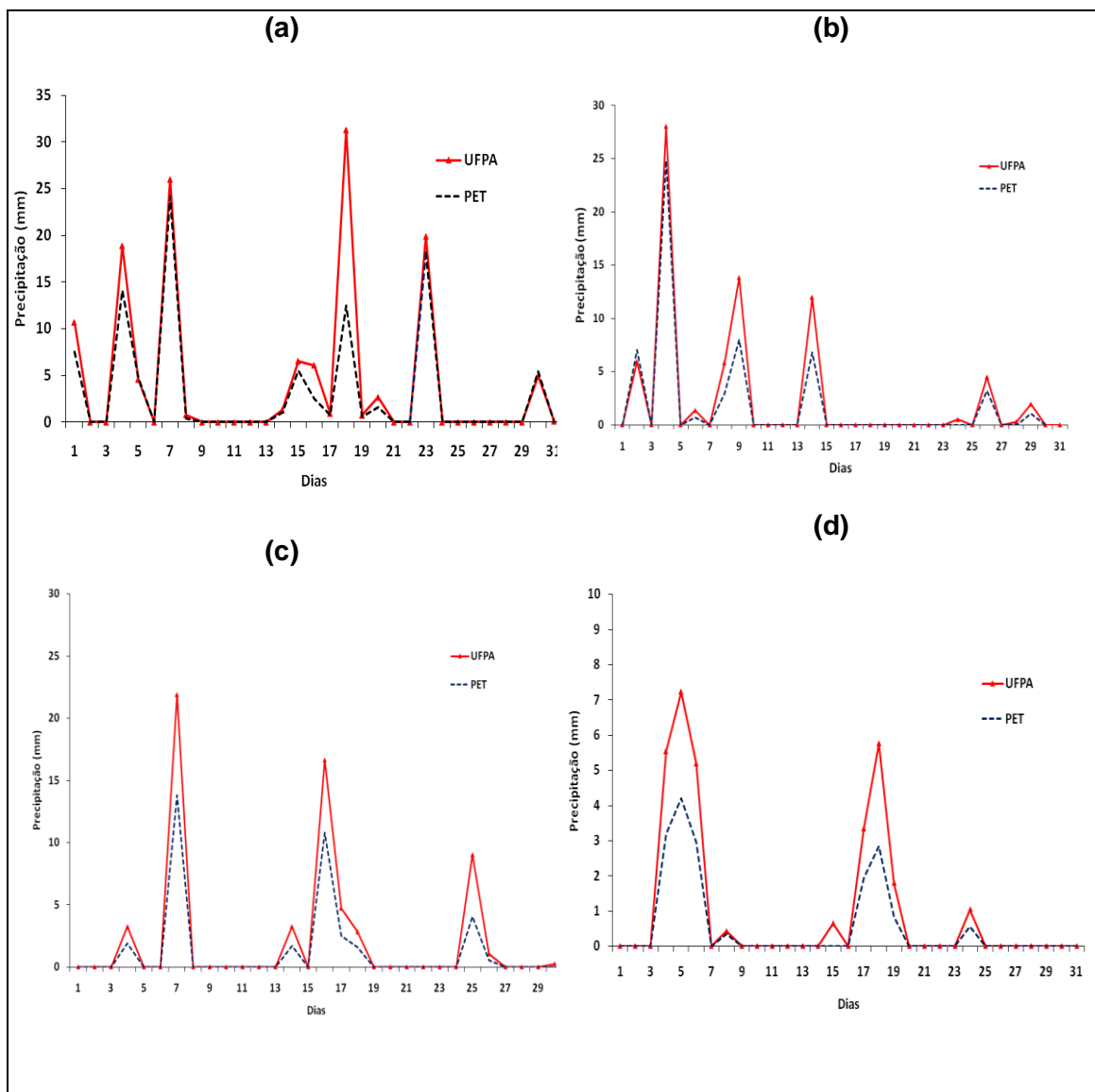


Figura 7. Variação diária da precipitação em 2009: (a) Maio e (b) Junho.

Para o período menos chuvoso (julho, agosto, setembro, outubro e novembro de 2009) apesar das curvas de variabilidade da precipitação dos dois pluviômetros (Figura 8) terem características semelhantes, o PET tem valores na maioria das vezes menores que UFPA. Ressaltando que durante a época seca, a maioria das precipitações estão relacionadas aos efeitos locais e que sofre influência da entrada de frentes frias que deslocaram do sul do país.

Observa-se que no mês de julho (Figura 8a), o maior valor de precipitação para a UFPA foi no dia 18 com 31 mm e para o PET o dia 7, com 24 mm. Já para o mês de agosto (Figura 8b), o número de precipitações continua caindo. O PET e a UFPA mostram o dia 4 o que teve o maior índice de precipitação com 28 mm e 25 mm, respectivamente. O mês de setembro (Figura 8c), mostra que o dia 7 foi o que apresentou a maior precipitação para a UFPA com 30 mm e PET com 13 mm. O mês outubro (Figura 8d) foi um mês onde as precipitações estavam abaixo de 10 mm, sendo o dia 5, tanto para a UFPA quanto para o PET, o dia com maior índice de precipitação com 7 mm e 4 mm, respectivamente. Em novembro (Figura 8e), quase não houve precipitação. A UFPA e o PET, mostram o dia 4 como o dia que teve o maior valores de chuva, UFPA com 11 mm e PET com 8 mm.



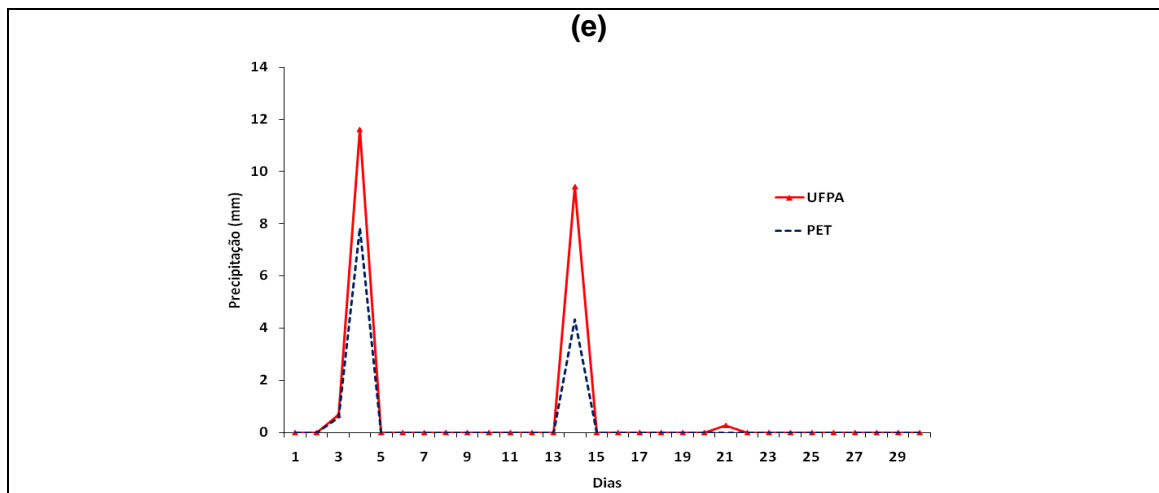


Figura 8. Variação diária da precipitação em 2009: (a) Julho, (b) Agosto, (c) Setembro (d) Outubro e (e) Novembro.

Observa-se que na Figura 9 os gráficos referentes aos meses chuvosos (dezembro de 2009, janeiro, fevereiro, março e abril de 2010). Para os dois primeiros meses dezembro de 2009 e janeiro de 2010 que a precipitação foi mais forte se compararmos com dezembro de 2008 e janeiro de 2010. Mostrando que a ZCIT tem influência na precipitação. Mas para os demais meses as chuvas começam a diminuir se comparado aos mesmos meses do ano anterior. Uma justificativa para isso estar acontecendo pode ser que o El Niño pode não estar mais influenciando tão fortemente na região podendo estar em uma transição, passando para época de La Niña. Para o mês de dezembro (Figura 9a), houve o aumento da precipitação. A UFPA registrou 25,6 mm e PET 24,5 mm como os maiores índices de precipitação para o dia 29. O mês de janeiro (Figura 9b) pode ser observado que o índice de precipitação é grande. Bem característico para a época, já que o mês faz parte do período chuvoso da região. O dia 25 foi o dia com maior precipitação com 59 mm tanto para a UFPA quanto para o PET. Já para o mês de fevereiro (Figura 9c), se observa mais dias com precipitação que o mês anterior. O dia com o maior índice de precipitação foi o dia 12 com 39 mm para a UFPA e 33 mm para o PET. Observa-se para o mês de março (Figura 9d) que as chuvas ainda são constantes e tem o dia 24 como o dia de maior precipitação registrado pela UFPA e PET durante todo o mês, sendo os índices de precipitação para este dia de 40 e 36 mm, respectivamente. No mês de abril (Figura 9e), pode ser observado que teve mais dias de chuva que no mês anterior, tendo poucos

dias sem chuva. A UFPA registrou 66 mm e o PET 61 mm como os maiores índices de precipitação para o dia 2.

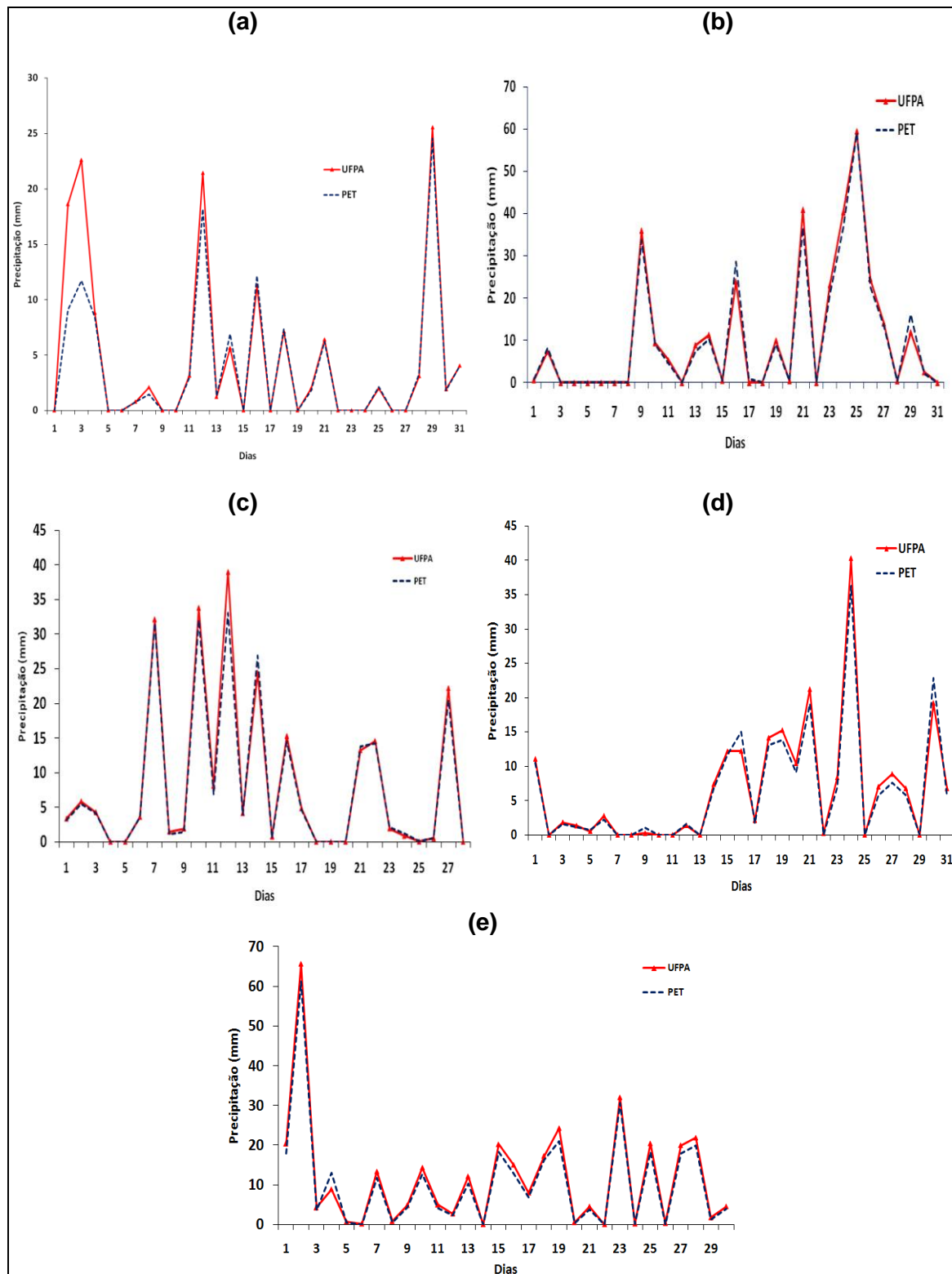


Figura 9. Variação diária da precipitação em 2009 e 2010: (a) Dezembro de 2009, (b) Janeiro, (c) Fevereiro, (d) Março e (e) Abril.

A Figura 10 mostra os gráficos referentes aos meses de maio e junho de 2010. Os meses de transição, como citados anteriormente. No entanto, percebe-se que as chuvas ainda são fortes nesses meses o que pode indicar que a ZCIT ainda está influenciando na região, embora o normal seja ela começar a se deslocar para o Hemisfério Norte. Observa-se para o mês de maio (Figura 10a) teve o dia 7 como o dia de maior precipitação registrada pelo PET com 44 mm. Já o dia 28 foi o dia de maior precipitação para a UFPA com 46 mm. Para o mês de junho pode ser observado que o dia 25 foi o dia de maior precipitação com 46 mm para a UFPA e 44 mm para o PET. Para o mês de julho (Figura 10b) pode ser observado que as chuvas começam a diminuir em sua quantidade. O dia 19 é o dia mais chuvoso para UFPA e para o PET, com 21 mm e 20 mm respectivamente.

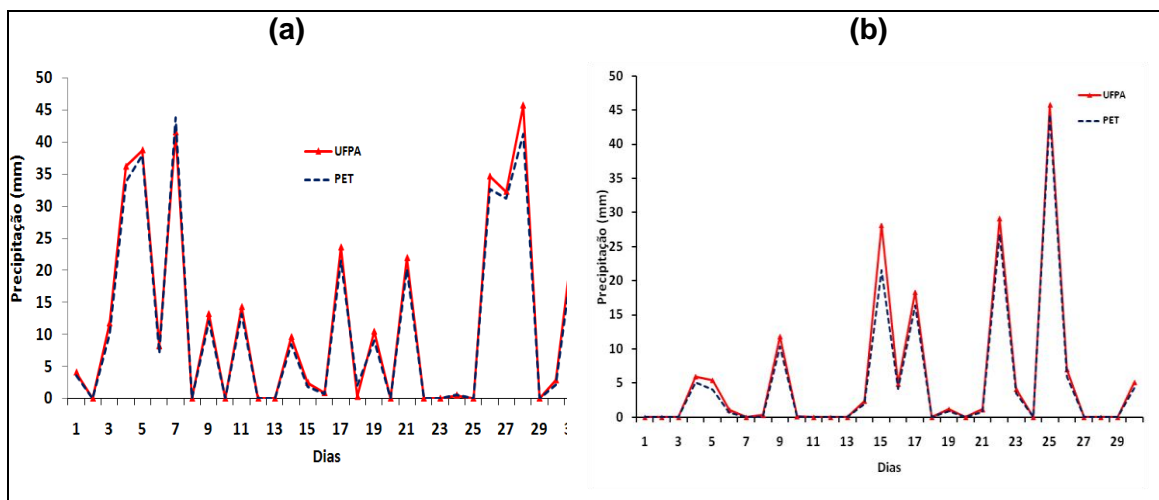


Figura 10. Variação diária da precipitação em 2010: (a) Maio e (b) Junho.

Observa-se na Figura 11 os gráficos referente aos meses menos chuvosos para o ano de 2010. As chuvas que ocorrem nesse período são causadas por sistemas convectivos de mesoescala como, por exemplo, linhas de instabilidade. Geralmente essas atividades convectivas ocorrem de forma isolada. Para o mês de julho (Figura 11a) pode ser observado que as chuvas começam a diminuir em sua quantidade. O dia 19 é o dia mais chuvoso para UFPA e para o PET, com 21 mm e 20 mm respectivamente. O mês de agosto (Figura 11b) o número de dias com chuva diminuíram, sendo o dia 7 o dia de maior precipitação para a UFPA (48 mm) e PET (44 mm). A Figura 11c, referente ao mês de setembro, onde se observa que o dia 12 foi o dia de maior

precipitação tanto para a UFPA quanto para o PET com 18 e 16 mm, respectivamente. Pode ser notado que no dia 29 o pluviômetro PET apresentou um valor acima do valor da UFPA, isso pode ter ocorrido devido uma perda de dado na hora de captar a água da chuva do pluviômetro da UFPA, ou seja, um erro do observador. O mês de outubro (Figura 11d), pode ser observado que o 19 foi o dia com o maior índice de precipitação com 35 mm para a UFPA e 32 mm para o PET.

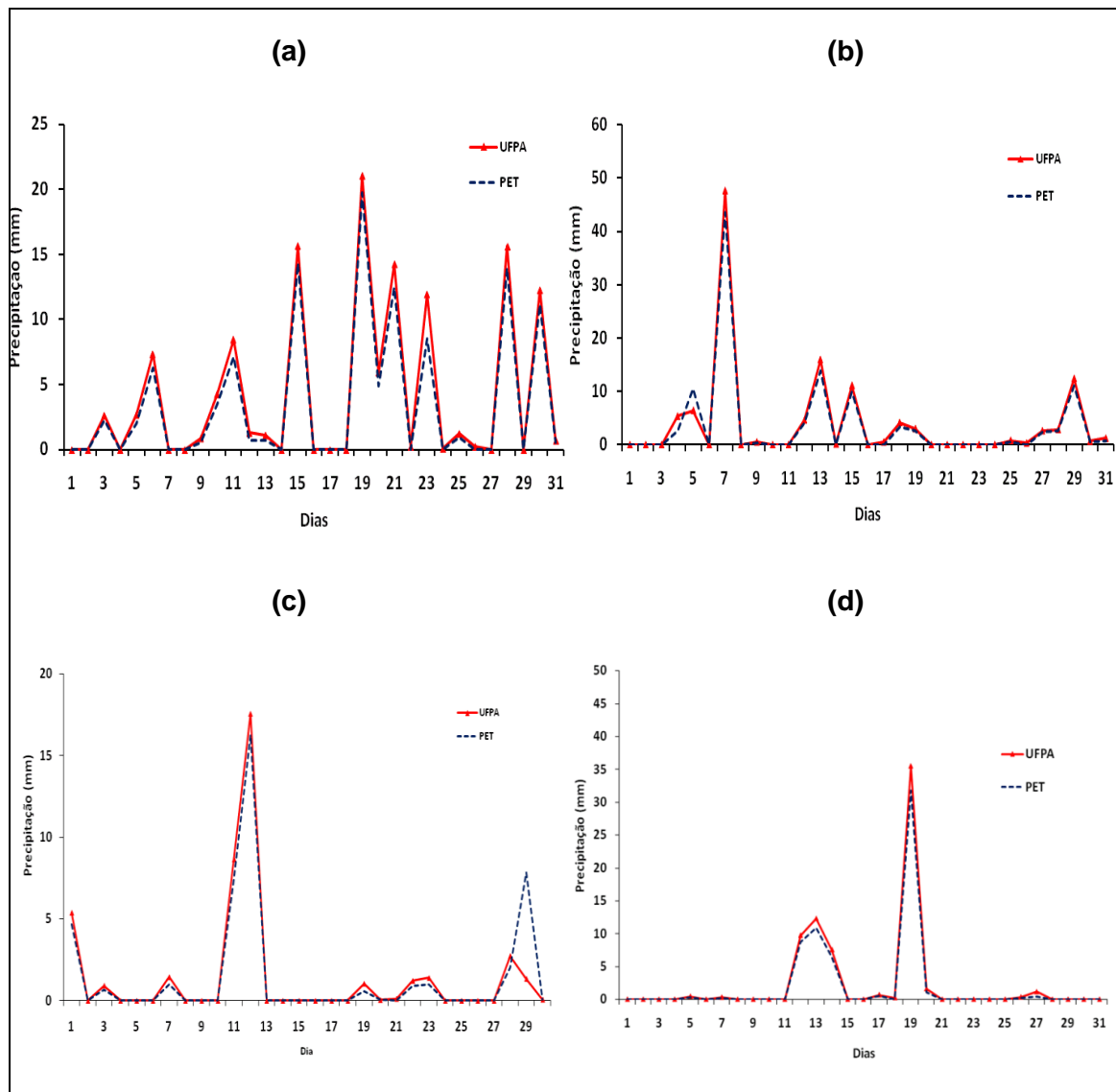


Figura 11. Variação diária da precipitação em 2010: (a) Julho, (b) Agosto, (c) Setembro e (d) Outubro.

A Figura 12 mostra a quantidade de precipitação acumulada mensalmente em cada estação, a média e o coeficiente de variação durante o período em estudo. Percebe-se que durante a época chuvosa (dezembro a julho), os valores mais elevados foram observados no mês de março de 2009 em todos os dois pluviômetros. Um motivo para a explicação de esse mês apresentar um maior valor de precipitação se deve a presença da ZCIT na região acelerando as atividades convectivas. As menores precipitações ocorreram em outubro e novembro de 2008, em agosto, setembro, outubro e novembro de 2009 e setembro e outubro de 2010 para os dois pluviômetros, sendo que a precipitação nesses meses foram todas abaixo de 100 mm. A maior quantidade de precipitação para o Ville de Paris e PET foram nos meses de março, abril e maio de 2009 e janeiro, abril e maio de 2010. Nos meses de outubro e novembro 2008, junho e julho de 2009 e setembro e outubro de 2010, que estão na época da estação menos chuvosa (junho a novembro), as precipitações que aconteceram nessa época podem estar relacionadas aos efeitos locais. Entre os dois pluviômetros o PET apresentou os menores índices de precipitação com exceção dos meses de abril, maio e setembro de 2010, onde nos meses de abril e setembro o pluviômetro PET mostrou índices maiores que o Ville de Paris, já no mês de maio o pluviômetro PET apresentou um índice pluviométrico bem próximo do índice do Ville de Paris.

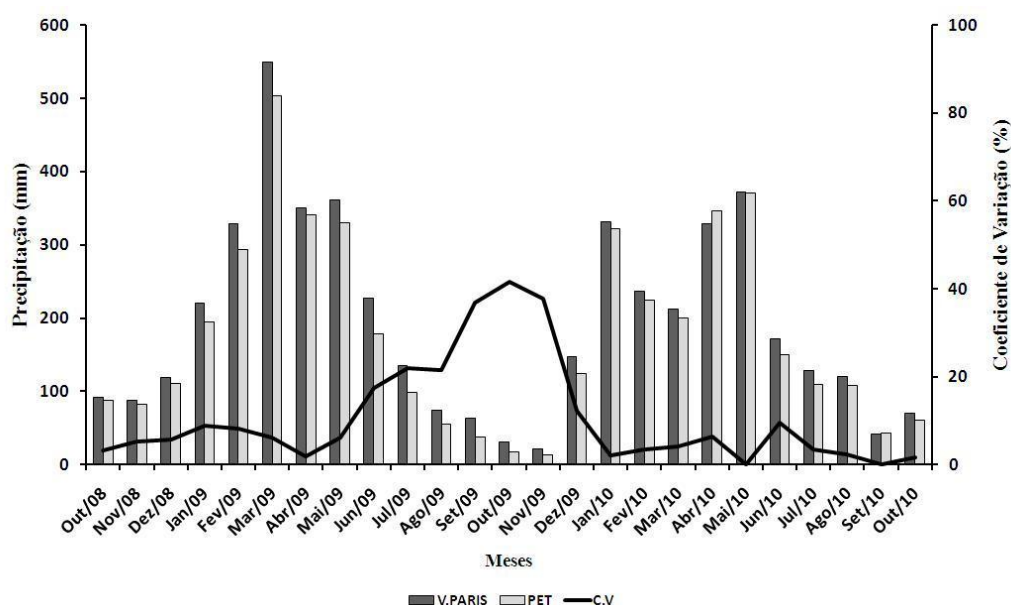


Figura 12. Variação da precipitação para o período de outubro de 2008 a outubro de 2010.

A Tabela 1 apresenta o total mensal de cada pluviômetro, os valores médios da precipitação durante a estação chuvosa e estação menos chuvosa para todos os dois pluviômetros com os respectivos desvios padrões e coeficientes de variação. Pode ser notado que o mês de março/09 é o mês que apresenta os maiores valores de precipitação durante o período em estudo, apresenta o coeficiente de variação de 6,2%. O maior desvio padrão é apresentado pelo mês de janeiro/09 com 35,2 e o menor valor do desvio padrão é visto no mês de setembro/10 com 0,4. Já com relação ao coeficiente de variação o maior valor aparece no mês de outubro/09 com 41,7% e o menor valor em setembro/10 com 0,1%. Entretanto, para os 25 meses em estudo o coeficiente de variação estão abaixo de 10%, com exceção dos meses de Junho, Julho, Agosto, Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro de 2009, que apresentaram valores acima de 10%. Ou seja, o pluviômetro PET apresentou uma sub-estimativa da precipitação em relação ao Ville de Paris.

TABELA1 - Precipitação mensal para os pluviômetros *Ville de Paris* e PET, média, desvio padrão e coeficiente de variação, para o período estudado.

Meses	V.PARIS	PET	Média	D.P	C.V
Out/08	91,4	87,4	89,4	2,8	3,2
Nov/08	88,2	81,9	85,0	4,4	5,2
Dez/08	119,5	110,4	115,0	6,4	5,6
Jan/09	221,0	194,8	207,9	18,6	8,9
Fev/09	328,8	293,0	310,9	25,3	8,1
Mar/09	549,1	502,7	525,9	32,8	6,2
Abr/09	349,7	341,0	345,4	6,2	1,8
Mai/09	360,7	330,1	345,4	21,6	6,3
Jun/09	227,8	178,0	202,9	35,2	17,4
Jul/09	135,6	99,2	117,4	25,7	21,9
Ago/09	74,1	54,6	64,4	13,8	21,4
Set/09	63,0	37,0	50,0	18,4	36,8
Out/09	31,0	16,9	23,9	10,0	41,7
Nov/09	22,0	12,7	17,4	6,6	37,7
Dez/09	147,9	124,3	136,1	16,7	12,3
Jan/10	331,6	321,8	326,7	6,9	2,1
Fev/10	236,3	225,0	230,6	8,0	3,5
Mar/10	211,8	199,7	205,8	8,6	4,2
Abr/10	329,2	346,2	337,7	12,0	3,6
Mai/10	371,4	370,5	371,0	0,6	0,2
Jun/10	172,3	150,6	161,4	15,3	9,5
Jul/10	128,1	109,8	117,4	12,9	3,5
Ago/10	120,1	108,5	117,4	8,3	2,2
Set/10	42,0	42,5	371,0	0,4	0,1
Out/10	69,9	60,9	371,0	6,4	1,7

Onde: D.P é o desvio padrão e C.V é o coeficiente de variação (%).

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que o pluviômetro utilizando a garrafa PET foi eficiente para a medida de precipitação, pois a diferença entre as medidas da quantidade de precipitação feita por eles é pequena. Então ele pode ser utilizado para medidas espaciais de precipitação em uma determinada região, pois é mais acessível, devido ao baixo custo de aquisição em relação ao pluviômetro *Ville de Paris*. Além disso, o conhecimento da variação espacial da precipitação auxilia as políticas públicas para tomadas de decisões, que podem fazer um melhor planejamento ajuda à população, alertando para os riscos dos eventos extremos. Pois a chuva influencia diretamente as atividades econômicas, sociais e ambientais de uma cidade. Desta maneira o conhecimento sobre a quantidade de precipitação que ocorre em uma região, contribui para diminuir os danos causados à sociedade.

REFERENCIAS

ASSUNÇÃO, H. F. da; ASSIS, I. C. de. *Construção de uma mini-estação agroclimatológica de baixo custo*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEREOLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. **Anais do X Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia; Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz / USP, 1997. p.237-239.

BRAGA, R. H. M.; COHEN, J. C. P. Estudo termodinâmico de casos de linhas de instabilidade no leste da Amazônia. caso 1: linha de instabilidade marítima. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza. **Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Fortaleza: SBMET, 2004. 1 CD-ROM.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. 5 ed. São Paulo. Saraiva, 2002.

CARVALHO, R. P. de.; ASSAD, E. D. Análise espacial da precipitação pluviométrica no estado de São Paulo: Comparação de métodos de interpolação. **Engenharia e Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n. 2, p. 377-384, maio/ago. 2005.

COHEN, J. C. P.; DIAS, M. A. F. S.; NOBRE, C. A. Aspectos climatológicos das linhas de instabilidade na Amazônia. **Climanálise – Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v.4, n.11, p.34-40. 1989.

De Souza, E.B. et al. On the influences of the El Niño, La Niña and Atlantic dipole pattern on the Amazonian rainfall during 1960-1998. **Acta Amazônica**, v. 30(2), p. 305-318, 2000.

Emergency Events Database - EM-DAT, 2010. Disponível em: < <http://www.emdat.be/Database/Trends/trends.html> >. Acesso em: 20 dez. 2010.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Clima da Amazônia. **Boletim do Climanálise Especial – Comemoração dos 10 anos**, São Paulo, 1996. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a>. Acesso em: 27 dez 2010.

FITZJARRALD, D. R.; SAKAI, R. K.; MORAES, O. L. L.; OLIVEIRA, R. C.; ACEVEDO, O. C.; CZIKOWSKY, M. J.; BELDINI, T.; Spatial and temporal rainfall variability near the Amazon-Tapajo's confluence. **Journal of Geophysical Research**, v. 113, n. G00B11. 2008. doi:10.1029/2007JG000596,

GAMACHE, J. F.; HOUZE JR., R. A. Mesoscale air motions associated with a tropical squall line. **Mon. Wea. Rev.**, v. 110, pp. 118-135. 1982.

GANDIN, L. S. The planning of meteorological station networks. **World Meteorological Organization**, Geneva, WMO. Technical Note, v. 111, n. 265, pp. 35. 1970.

JUDICE, M. G.; MUNIZ, J. A.; CARVALHEIRO, R. Avaliação do coeficiente de variação na experimentação com suínos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 170-173, jan./mar. 1999.

LOPES, M.N.G. Aspectos regionais da variabilidade de precipitação no estado do Pará: estudo observacional e modelagem climática em alta resolução. 2009. 117f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, UFPa, 2009.

MELLAART, E.A.R. Small-scale spatial rain distribution: the effect of temporal and spatial rain distribution on drought and crop yield at village level. **Nelspruit: Institute for Soil, Climate and Water**, p.18. 1999.

MELLO, M.H.A.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; LOMBARDI NETO, F. Hidrologia, Climatologia e Agrometeorologia. In : BERTOLINI, D.; CARRARO, E.; LOMBARDI NETO, F.; LEPSCH, I.F.; MELLO, M.H.A.; DRUGOWICH, M.I.; PEDRO JÚNIOR, M.J. & BELLINAZZI JÚNIOR, R. **Potencialidades agrícolas das terras do Estado de São Paulo**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, p.23-41. 1994. (Manual técnico, 39).

MOLION, L. C. B.; Climatologia dinâmica da região Amazônica: mecanismos de precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 2, p.107-117. 1987.

MOLION, L.C.B. Amazonia rainfall and its variability. In: BONELL, M., HUFSCHEMIDT, M.M., GLADWEL, J.S. (eds.). **Hydrology and water management in the humid tropics**. Reino Unido: Cambridge University Press, Cambridge, , 1993. p. 99 – 111. (International Hydrology Series).

MORAES, B. C. de, COSTA, J. M. N., COSTA, A. C. L. COSTA, M. H. Variação espacial e temporal da precipitação no Estado do Pará. **Acta Amazônica**. v. 35(2), p. 207 – 214. 2005.

MOTA, M. A. S.; OLIVEIRA, M. C. F.; SOUZA, P. F. S.; RIBEIRO, J. B. M. Space variation of the precipitation in Belém in year of El Niño. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF BIOMETEOROLOGY & INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATOLOGY, 99., 1998, Sidney-Australia. **Proceedings**. Sidney-Austrália: [s.n.], 1998. 1 CDROM

MOTA, M. A. S.; SILVA, L. M.; GARCÊZ, S. L. A.; ALBUQUERQUE, M. F.; CAMPOS, T. L. O. B.; SILVA, I. M. O. Estudo da Variabilidade da Precipitação em Belém e Região Metropolitana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 4., 2009, Dourados-MS. **Anais do IV Congresso Brasileiro de Extensão Universitária**, Dourados-MS:, UFMS, 2009. 1 CDROM.

Nobre, P.; Shukla, J. Variations of SST, wind stress and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Journal of Climate**, v. 9, p. 2464-2479, 1996.

PINHEIRO, L. C.; DEREZYNSKI, C. P.; HORA, A. F da. Utilização do pluviômetro PET como sistema de alerta de chuvas intensas. In: Seminário Internacional de Defesa Civil – 5., 2009, São Paulo. **Anais Eletrônicos do V Seminário Internacional de Defesa Civil**, São Paulo: DEFENCIL. 2009.

QUADRO, M.F.L. **Estudo de episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**.1994. 97f. Tese (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994.

SOUZA, E. B.; KAYANO, M. T.; AMBRIZZI, T. Intraseasonal and submonthly variability over the eastern Amazon and Northeast Brazil during the autumn rainy season. **Theoretical and Applied Climatology**, v.81, p.177-191. 2005.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A.R. Meteorologia e aplicações. Viçosa: UFV, p. 449.1991.

VIEIRA, S.R.; CARVALHO, J.R.P. de. Estudo da periodicidade temporal de chuvas em bacia hidrográfica dos Rios Turvo/Grande - uma proposta. Campinas: **Embrapa Informática Agropecuária**, p.17(Doc.10). 2001.