



CORRELAÇÃO PLUVIÓGRAFO X RADAR PARA FINS DE CALIBRAÇÃO ENTRE OS METODOS DE MEDIDAS DE PRECIPITAÇÃO PARA O MUNICÍPIO DE PORTO VELHO – RO

DIEGO C. SILVA¹, KARIME LÔBO², JOSÉ C. MORAES³, HENRIQUE BERNINI⁴, IAGO S. BARBOSA⁵, ANA C. S. S. CORRÊA⁶, NILENA B. M. SOUZA⁷, JAQUELINE HARMATIUK⁸, RYDIANNE C. MOURA⁹ & ASTREA A. JORDÃO¹⁰

¹Bac.Meteorologista, Bolsista/ CNPq, Divmet, Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM, Porto Velho – RO Fone: 69-32176314 ,

diego.silva@sipam.gov.br;

² Gaauanda em Geografia, Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Porto Velho -RO karime.lobol4@gmail.com;

³ M.Sc Meteorologia, Depto de Geociencias, Universidade Federal do Pará – UFPA, Belém -PA carvalho@ufpa.br;

⁴ M.Sc Geografia, Prof , Faculdade de Rondônia – FARO e Bolsista, Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM - CRPV,

henriquebernini@hotmail.com;

⁵ Graduando em Eng. Civil, Estagiário, Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM, Porto Velho - RO

iago.barbosa@sipam.gov.br;

⁶ Dr^a Geotecnia, Coordenadora de Operações, Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM, Porto Velho -RO,

ana.strava@sipam.gov.br;

⁷ Eng^a Civil, Bolsista/ CNPq, DivAmb, Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM, Porto Velho - RO,

nilena.souza@sipam.gov.br;

⁸ Eng^a Florestal, Bolsista/CNPq, DivAmb, Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM, Porto Velho -RO,

jaqueline.harmatiuk@sipam.gov.br;

⁹ Geografa, Bolsista/CNPq, DivAmb, Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM, Porto Velho -RO,

rydianne.moura@sipam.gov.br;

¹⁰ Bióloga, Chefe de Divisão, DivAmb, Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM – Porto Velho - RO,

astrea.jordao@sipam.gov.br

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Para,Belém, PA.

RESUMO: Com o objetivo de desenvolver metodologia para alerta de cheias e inundações na região urbana de Porto Velho-RO, este trabalho traz algumas comparações de estações de superfície para calibrar o Radar Meteorológico do Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM-CR/PV, Para que, este radar seja utilizado como ferramenta capaz de estimar a precipitação em curto prazo “nowcasting”. Foram analisados, o Coeficiente de Determinação e Correlação entre os acumulados de precipitação em 24h dos pluviógrafos pertencentes ao Projeto Bacias Urbanas, correlacionando-os com a matriz de precipitação acumulada em 24h em superfície retirada do Radar Meteorológico no mesmo ponto onde estão situadas os Pluviógrafos. O critério de escolha dos eventos analisados baseou-se em identificar se todos os Pluviógrafos registraram o evento e se o mesmo obteve a soma de 100 mm em todos os Pluviógrafos. Este trabalho conclui que a correlação entre os Pluviógrafos e Radar tem resultados qualitativos mesmo tendo diferenças quantitativas, com isso a calibração entre os instrumentos é possível. O avanço deste estudo se dará em encontrar a curva chave para relacionar os valores em dBZ do Radar Meteorológico com as cotas das Bacias Urbanas do Município de Porto Velho, para a otimização do Sistema de Alertas





de Cheias.

PALAVRAS-CHAVE: RADAR, Calibração, Porto Velho-RO.

CORRELATION PLUVIOGRAPHS X RADAR FOR PURPOSES OF CALIBRATION BETWEEN METHODS OF MEASUREMENTS OF PRECIPITATION FOR THE MUNICIPALITY OF PORTO VELHO - RO

ABSTRACT: Aiming to develop a methodology for flood warning and flooding in urban Porto Velho-RO, this work brings some comparisons of surface stations to calibrate the Meteorological Radar System Amazon Protection – SIPAM-CR/PV, For this radar is used as a tool to estimate the short-term precipitation in "nowcasting". Were analyzed, the Coefficient of Determination and Correlation between accumulated rainfall in 24 hours of rain gauges belonging to the Urban Watershed Project, correlating them with the array of accumulated rainfall in 24 hours in the area set aside Weather Radar at the same point where the rain gauges are located. The criterion for choosing the events analyzed based on identifying if all rain gauges recorded the event and if it obtained the sum of 100 mm in all rain gauges. This paper concludes that the correlation between radar and rain gauges have the same qualitative results with quantitative differences, with that calibration between the instruments is possible. The advancement of this study will be in finding the curve key to relate the values of dBZ Weather Radar with quotas Basins of the Urban Municipality of Porto Velho, to optimize the Flood Alert System.

KEYWORDS: RADAR, Calibration, Porto Velho-RO..

INDRODUÇÃO

No Brasil é mais comum e mais importante a precipitação pluviométrica de gotículas de água, chuva. Convém mencionar que a chuva é um dos parâmetros meteorológicos de difícil medição, devido ocorrer sobre uma área, e ter grande variabilidade tanto espacial como temporal. A unidade de medição habitual é o milímetro de chuva, que corresponde ao volume de um litro por metro quadrado de superfície (TUCCI, 2001). A chuva é medida pontualmente, através dos pluviômetros ou pluviógrafos e espacialmente, por radares. Os pluviógrafos e os pluviômetros são aparelhos que medem precipitações. A diferença entre ambas é que o pluviógrafo registra automaticamente, ao contrário do pluviômetro que requer leituras manuais a intervalos de tempo fixos (CHEVALLIER, 2004). O radar meteorológico que são sistemas constituídos de um transmissor de ondas eletromagnéticas, um receptor e uma antena. Seu princípio de funcionamento consiste em emitir um pacote de ondas que ao atingir um alvo é espalhado e parte desta energia espalhado é recebido de volta pela antena, conhecido como fator refletividade, Z.A determinação da intensidade da precipitação é importante para o controle de inundação e a erosão do solo (TUCCI, 2001). A correlação de ambos métodos de Estimativa de Precipitação pode avaliar Qualitativamente e Quantitativamente tanto o Radar Meteorológico quanto os



Pluviógrafos, podendo provar assim a possível calibração entre os métodos melhorando a ferramenta para o Sistema de Alerta de Cheias e inundações Objetivando assim esse trabalho.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO: Segundo Bezerra et. al (2012) e CPRM, (1997) *in* Santos, (2009) Porto Velho localiza-se no estado de Rondônia, na Amazônia Ocidental, a margem direita do Rio Madeira. A área urbana tem em torno de 66 km² em 2008 e se encontra em constante estágio de ampliação de áreas construídas. Possui um sítio urbano com relevo relativamente plano, é banhada por igarapés, afluentes da margem direita do rio Madeira, dos quais se destacam o Bate-Estacas, Belmont, Tanques, Grande e Periquitos (CPRM, 1999). São densamente povoados e por isso, encontram-se descaracterizados pela terraplanagem e arruamentos, que já causou o desaparecimento de parte de seus canais de drenagem. SILVA et al (2005) comenta que o regime pluviométrico desta região é caracterizado por um período mais chuvoso, que está compreendido entre os meses de novembro a abril, com precipitações superiores a 2200 mm. O período mais seco se inicia em maio e termina em setembro, com precipitações inferiores a 55 mm, sendo o mês de julho mais seco e janeiro o mais chuvoso com média de 330 mm.

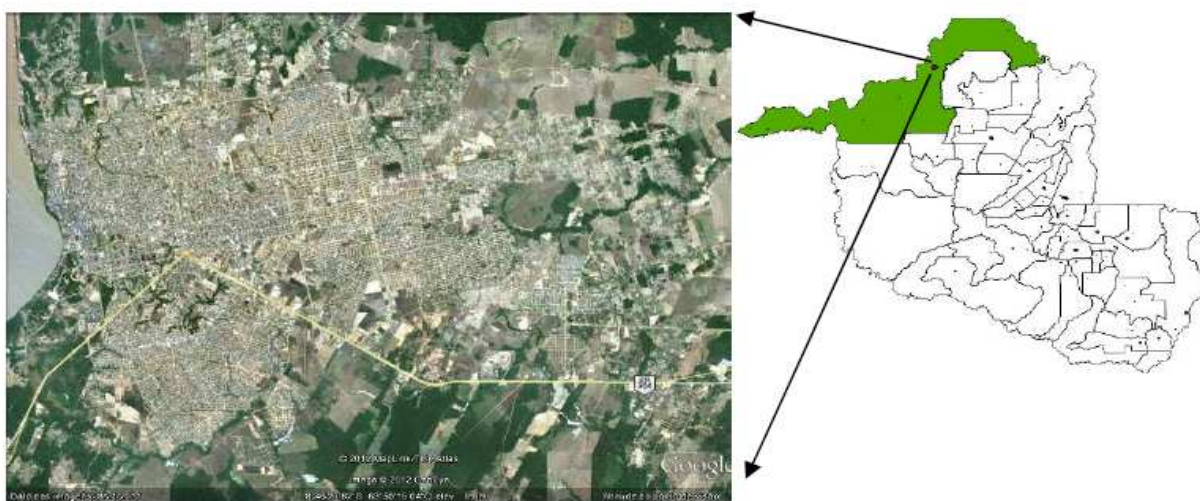


Figura 01 – Localização da área urbana de Porto Velho – RO.

SILVA et al (2005) também comenta que nos meses chuvosos, os mecanismos dinâmicos que atuam sobre a precipitação são essencialmente de grande escala, porém nos meses secos há que se considerar as atividades convectivas de escala local. Os de grande escala são a Alta da Bolívia (**AB**) – anticlone que se forma em alto nível da atmosfera (200hPa) durante os meses de verão e situa-se sobre o altiplano boliviano; a Zona de convergência do Atlântico Sul (**ZCAS**) – é um sistema caracterizado por uma região de convergência de umidade orientada de noroeste a sudeste com formação de uma banda de nebulosidade profunda capaz de gerar chuvas abundante; a Zona de



convergência Intertropical (**ZCIT**), e as Linhas de instabilidade (**LIs**) – conglomerados de nuvens cumulonimbus que se formam na costa N-NE do oceano Atlântico devido à circulação de brisa marítima. As **LIs** apresentam-se com maior ou menor intensidade dependendo do comportamento sazonal e a intensidade da ZCIT. Os fenômenos atmosféricos que provocam chuva na região são às altas convecções diurnas – água, evaporada no local e a evapotranspiração – resultante do aquecimento das superfícies de água, floresta e vegetação, ou seja, os mecanismos de escala local que estão associados aos de grande escala.

MATERIAIS

PLUVIÓGRAFOS: Adquiridos pelo Projeto Bacias Urbanas foram instalados nos Colégios distribuídos na cidade de Porto Velho, e sua série histórica compreende dados desde 2011. Todavia, estes pluviógrafos estão calibrados para coletar informações sobre a precipitação a cada 10 minutos, possibilitando o estudo detalhado de eventos críticos. Em relação a distância entre os Pluviógrafos da estação do INMET, os Pluviógrafos do colégio Vicente Rondon e SESI possuem uma distância de 3,8 km aproximadamente e a do Guadalupe 6 km.. Para efeito de nosso estudo adotamos o critério de considerar precipitação significativa apenas aquelas que totalizassem acima de 100 mm na soma dos Pluviógrafos e que tivesse registro em todos os Pluviógrafos.

ESTAÇÕES	LONGITUDE(W)	LATITUDE(S)
Marcelo Cândia	-63,81	-8,78
Guadalupe	-63,86	-8,74
Sesi	-63,87	-8,77
Tiradentes	-63,88	-8,74
Vicente Rondon	-63,88	-8,79
Embrapa	-63,85	-8,79

Tabela 01 – Localização, Lat e Long dos Pluviógrafos na cidade de Porto Velho.





Figura 02 – Distribuição dos Pluviógrafos instalados nos colégios de Porto Velho.

RADAR METEOROLÓGICO: Pertence ao Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM, instalado próximo o Centro Regional de Porto Velho. (Lat 8° 42'55.96" S, Lon 63° 53'39.41" O) dele foram retirados os valores extraídos da matriz precipitação estimada acumulada em 24h em superfície.

MÉTODOS

CORRELAÇÃO: Depois de classificadas as precipitações significativas, fez-se a Correlação entre os dados de precipitação retirados dos Pluviógrafos e da matriz precipitação do Radar Meteorológico, de posse desses dados pode-se tirar os Coeficientes de Correlação e de Determinação (R^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Classificando as precipitações significativas registradas nos Pluviógrafos instalados na Embrapa e nas escolas em Porto Velho no período de outubro de 2011 a março de 2012 foram selecionadas as precipitações dos dias 13 e 18 de outubro de 2011, 25 de dezembro de 2011 e 14 de março de 2012. A tabela 02. Mostra os valores de Precipitação dos Pluviógrafos instalados nas Escolas e os valores extraídos da matriz precipitação estimada pelo radar meteorológico para as respectivas precipitações registradas nos aparelhos instalados nas escolas, isto é, foi feita uma superposição da imagem do radar com a estimativa de precipitação feita pelo radar com rede de Pluviógrafos instalados nas escolas, e A última coluna os valores de R^2 (Coeficiente de Determinação) para cada Estação. “-”, significa falta de dados e “#” RAD/PLUV.



Estações	#	13/10/11	18/10/11	25/12/11	14/03/12	R ²
MA	RAD	46,5	10,2	160,1	34	1
	PLUV	105,8	21,2	68,4	9,6	
GUA	RAD	17,6	66,2	221,4	44,4	0,95
	PLUV	47,8	56,4	190	31	
SESI	RAD	15,2	82,9	233,8	44	0,03
	PLUV	8,4	54,4	-	-	
TIRA	RAD	13,7	129,5	285,8	45,6	0,95
	PLUV	14,4	54,8	213,9	22,4	
VICE	RAD	20,7	88,3	205,7	58,1	0,88
	PLUV	2,4	9,8	103,1	30	
EMB	RAD	42,2	71,8	198	34,7	0,95
	PLUV	-	6	118,4	10,2	
Coefficiente de Correlação		0,59	0,87	0,24	0,09	

Tabela – 02 – Tabela de Correlação para os eventos selecionados nas Estações Avaliadas.

Eventos dos Dias 13/10/11 e 18/10/11 – RAD/PLUV

De acordo com as Análises feitas entre o Radar Meteorológico e os Pluviógrafos nos colégios, os eventos que mostraram uma melhor correlação entre os dados foram os dos dias 13 e 18 de outubro de 2011, que obtiveram o Coeficiente de Correlação de 0,59 e 0,87 respectivamente, onde observa-se que as estações situadas nas escolas Guadalupe, Tiradentes tem os melhores comportamentos, tendo um bom Coeficiente de Determinação (R²) 0,95 ambos. Observa-se que embora o SESI apresente R² baixo, ele mostra um bom comportamento em ambos eventos, isso pode ser explicado, por falta de dados em algum momento na Estação mostrando seu mal funcionamento. Pode-se Observar também que a Estação situada na escola Marcelo Cândia (MA), tem um valor de Determinação excelente R²=1, Porém não houve uma correlação entre os dados cruzados entre o Radar e Pluviógrafo, porém observa-se um mesmo comportamento e também um mesmo gradiente de ~ 2,5% entre seus valores.

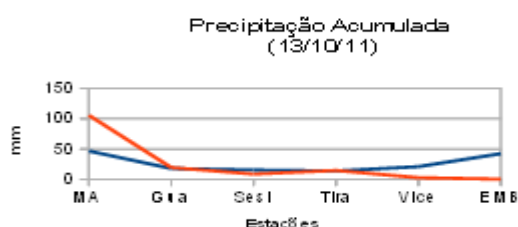


Figura – 04 – Precipitação Acumulada (13/10/11)

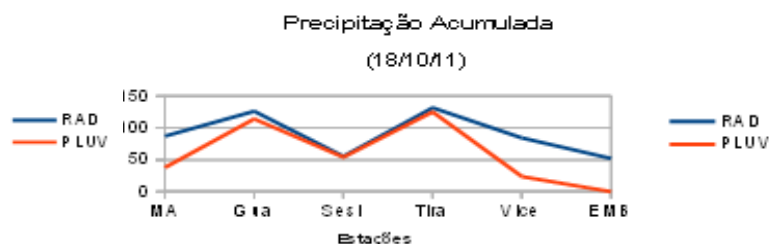


Figura – 05 – Precipitação Acumulada (18/10/11)

Eventos dos Dias 25/12/11 e 14/03/12 – RAD/PLUV

Para estes eventos se observa que houve um Coeficiente de Correlação muito fraco, Porém somente o SESI obteve um Coeficiente de Determinação igualmente fraco, isso pode ser explicado por falha dos dados na Estação para esse Período, onde pode-se ver na tabela 02 que houve valores de Zero, exatamente nesse período, sugerindo falha na calibração da Estação. Isso também pode ser observado no gráfico notando o declínio no ponto correspondente ao SESI, mas verifica-se que as estações: Marcelo Cândia, Guadalupe e Tiradentes apesar de terem valores não correspondentes se comportam da mesma maneira no gráfico.

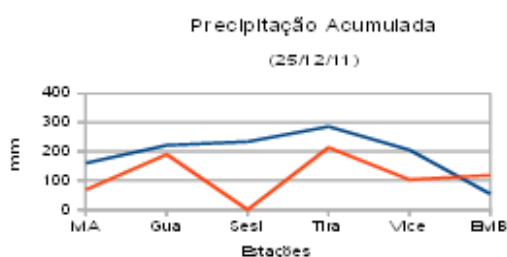


Figura – 06 – Precipitação Acumulada (25/12/11)

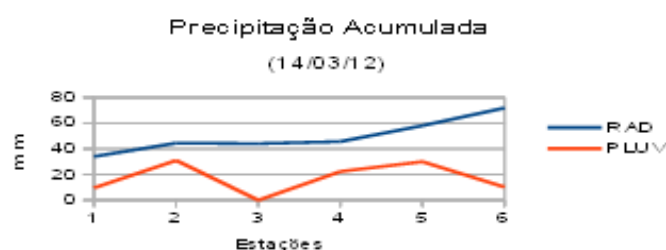


Figura – 07 – Precipitação Acumulada (14/03/12)

Avaliando o Coeficiente de Determinação (R^2) que mostra o percentual da variância de uma das variáveis que pode ser explicado a partir do valor da outra, com exceção do SESI que obteve os valores de Determinação muito baixos, possivelmente explicado por apresentar diversas falhas nos dados caracterizando mal funcionamento do equipamento, as demais Estações apresentaram coeficientes de Determinação ótimos a cima de 80% chegando a ser excelente na Estação instalada na Escola Marcelo Cândia, onde o valor foi de $R^2 = 1$, uma vez que o R^2 varia entre 0 e 1. Quanto maior o R^2 , mais explicativo é o modelo, melhor ele se ajusta à amostra. O Coeficiente de Correlação (r) que indica a força e a direção do relacionamento linear entre duas Variáveis Aleatórias, assume valores entre -1 e 1, Adotado por Santos (2007) que $r = 1$ Perfeita positiva, $0,80 \leq r < 1$ Forte positiva, $0,50 \leq r < 0,80$, Moderada positiva, $0,10 \leq r < 0,50$ Fraca positiva, $0 < r < 0,10$ Ínfima positiva, 0 Nula, Percebe-se que os eventos dos dias 25/12/2011 e 14/03/2012 obtiveram correlação fraca e ínfima respectivamente, explicado pela ausência de dados nos pluviógrafos do SESI nos dias do evento, os dias 13 e 18/10/2011, respectivamente tiveram correlação Moderada e Forte, no primeiro caso podendo ser explicado pela falta de dados na estação da EMBRAPA no dia do evento.

CONCLUSÃO

O radar meteorológico estima indiretamente a precipitação através das características radiométricas da nuvem, segundo a equação proposta por Mash Palmer, desenvolvida para operar em latitudes médias nos Estados Unidos, que pode apresentar



diferença quantitativa se não for devidamente calibrado para outras regiões, como a nossa Amazônia Tropical. Apesar de quantitativamente os valores serem diferentes, os valores do radar sempre superior aos dos Pluviógrafos, qualitativamente, os resultados foram considerados satisfatórios, como se observa alguns coeficientes de correlação acima de 0,59 Moderada Positivo segundo Santos (2007). Uma vez ajustados e calibrados os radares meteorológicos podem prever com algumas horas de antecedência o local e intensidade de ocorrência de tempestades. Poder operacionalizar um sistema de alerta meteorológico. Já é possível confeccionar a curva chave para relacionar os valores em dBZ do Radar Meteorológico com as cotas das Bacias Urbanas do Município de Porto Velho, otimizando assim o Sistema de Alertas de Cheias.

AGRADECIMENTOS: A pesquisa faz parte do projeto “Desenvolvimento de metodologia para alerta de cheias e inundações na área urbana de Porto Velho (RO)”, e conta com o fomento do CNPq e Ministerio das Cidades, através do Edital/Chamada MCTI/CNPq/MCIDADES N° 11/2012.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEZERRA, S. F. et al. (2012). **diagnóstico, avaliação e monitoramento das áreas de risco na bacia do igarapé grande – porto velho-ro.** *Revista Geonorte*, Edição Especial V.1, N.4, p.599 – 611, 2012.

CARVALHO, ANTÔNIO. **a precipitação: um elemento do clima.** Disponível em: http://www.citi.pt/citi_2005_trabs/antonio_carvalho/Precipitacao.htm. Acesso em 25 de Junho de 2012.

CHEVALLIER, J., **l'état post-moderne**, 2004.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **uso e ocupação do solo e levantamento preliminar dos aspectos ambientais na região de porto velho – ro.** Porto Velho – RO, 1997.

KOKITSU J.M., **manual do títan**, IPMet/UNESP, Bauru, Brasil, 2008.

MORAES, JOSÉ CARVALHO DE. **notas de aula de hidrometeorologia**, IV Curso de Especialização em Hidrometeorologia, Belém-Pará, Brasil, 1999.

PEREIRA, CARLOS SIMÕES; NETO, BERNARDINO SIMÕES. **uso do software títan, sipam (sistema de proteção da amazônia)**, Belém-Pará, Brasil, 2009.

SANTOS, C. M. A. **estatística descritiva: manual de auto-aprendizagem**, Lisboa: Sílabo, 2007.

SANTOS, J. P. **avaliação da qualidade da água na rede hídrica superficial de porto**





XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013
**Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia**



velho/ro/brasil, 2009.

SILVA, M. J. G; SARAIVA, F.A. M; ARAÚJO, M.L.T. (2004). **aspectos climáticos de porto velho – rondônia**. In *Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Fortaleza, Set. 2004.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **hidrologia: ciência e aplicação. 2.** ed. Porto Alegre: ABRH, 1997. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4).



Secretaria do XVIII Congresso Brasileiro e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia – 2013
Rua Augusto Corrêa, 01. Cidade Universitária Prof. José da Silveira Netto
CEP 66075-900 Guamá. Belém - PA - Brasil
<http://www.sbagro.org.br>

