

DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO PARA A AMAZÔNIA

Darleny do Carmo do Rosário¹; Claudio José Cavalcante Blanco² & Mariane Furtado Gonçalves³

RESUMO - Através da análise estatística dos dados históricos de chuva da região hidrográfica da Calha Norte - Pará, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um modelo para estimativas de precipitação para a Amazônia. Para tal, foram selecionadas 15 estações pluviométricas com séries históricas com período interrompido acima de 10 anos. Para cada estação pluviométrica selecionada, foram utilizadas variáveis na análise estatística, tais como: Longitude, Latitude, Altitude e Média anual de precipitação. Sendo essas variáveis independentes submetidas primeiramente à análise de multi-colinearidade, para a verificação do nível de correlação entre as mesmas e posteriormente aplicou-se a técnica da regressão múltipla para a estimativa de chuva, utilizando-se como critério de desempenho, o erro relativo percentual entre a precipitação observada e a precipitação estimada. Os modelos de regressão adotados foram: linear, e modelos de potência. Tendo como resultado, para uma melhor estimativa de chuva, o modelo linear, apresentando menores erros percentuais.

ABSTRACT- The objective of this work is to develop a model for estimating precipitation in the Amazon, this was done by statistical analysis of historical data of rainfall of the Calha Norte hydrography region. Fifteen rainfall stations with uninterrupted time series (10 years) were selected. Some variables were used in statistical analysis, such as geographic coordinates, height relative to sea level and average annual rainfall for all rainfall stations selected. These variables were analyzed for multi-collinearity, to verify the level of correlation between variables and later we applied multiple regression analysis to estimate the rain, using as performance criteria, the relative error between the percentage observed precipitation and precipitation estimated. Regression models adopted in the research were: linear and two models of potency. The linear model resulting to a better estimate of rainfall, with smaller percentage errors.

Palavras-Chave: Precipitação, Regressão múltipla, Amazônia.

1) Graduanda do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFPA, ITEC, Av. Augusto Corrêa, 01, 66075-110. E-mail: darlenycarmo@hotmail.com

2) Professor da FAESA – Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do PPGEC – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e do PRODERNA – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia/ITEC/UFPA, Av. Augusto Corrêa, 01, 66075-110. E-mail: blanco@ufpa.br

3) Doutoranda do PRODERNA /ITEC/UFPA, Av. Augusto Corrêa, 01, 66075-110. E-mail: marianefg@ufpa.br

1 - INTRODUÇÃO

Com intuito de estimar a precipitação média anual em locais carentes de dados hidrometeorológicos por meio de características físico-climáticas da Amazônia, foi feito um estudo da região hidrográfica Calha Norte (Figura 1), localizada no Estado do Pará. A região ocupa uma área de 21,5% do estado, sendo constituída pelas bacias do rio Nhamundá, Trombetas, Cuminapanema, Maicuru, Paru e Jarí; sendo formada pelos seguintes municípios: Oriximiná, Óbidos, Alenquer, Faro, Terra Santa, Curuá, Monte Alegre, Prainha e Almeirim.



Figura 1 – Mapa da Região Hidrográfica Calha Norte

A escassez de dados hidrológicos nesta região hidrográfica é um dos impedimentos na obtenção do conhecimento mais abrangente dos recursos hídricos dessa região. Tal problema é causado, em parte, pela dimensão da região, o que aumenta os custos de implantação e operacionalização da rede, bem como os custos de logística de deslocamento das equipes de técnicos responsáveis por medições e coleta de dados.

Uma alternativa a favor da solução deste problema é o desenvolvimento de modelos de estimativa de chuvas em bacias sem postos pluviométricos. Para tal, um pré-requisito indispensável é análise estatística dos dados de chuva, aos quais se pretende aplicar modelos de regressão múltipla, a fim de melhor conhecer o comportamento de chuvas nessa região.

Para estabelecer o modelo mais adequado para estimativas de chuva na Região da Calha Norte, foi utilizado à técnica da regressão múltipla. Inúmeros trabalhos têm sido desenvolvidos com

o auxílio desta técnica para estimar valores de precipitação, a exemplo de HONG WEI *et al.* (2005); e de vazão, a exemplo de MIMIKOU e KAEMAKI (1985); e PESSOA *et al.*, (2011).

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.1- Formação do banco de dados

Os dados pluviométricos utilizados nesta pesquisa foram extraídos do site da Hidroweb – ANA (Agência Nacional de Águas), juntamente com as respectivas características físicas da região hidrográfica da Calha Norte. Tais dados foram organizados em planilhas eletrônicas, de acordo com os períodos mais longos, escolhendo-se as estações que apresentaram um período sem interrupção acima de 10 anos, totalizando 15 estações pluviométricas (Tabela 1). Em seguida, elaborou-se um banco de dados com as precipitações referentes à região hidrográfica em estudo, com o nome das estações, código, localização geográfica, altitude, precipitação total média anual, o número de anos sem falhas e o período das séries históricas das estações pluviométricas selecionadas.

Tabela 1 – Estações pluviométricas selecionadas da Região Hidrográfica da Calha Norte

Estação Pluviométrica	Código ANA	Latitude	Longitude	Altitude (m)	PTMA* (mm)	Anos	Período
Alenquer	00154003	-1:56:34	-54:44:21	21	1587	17	1991-2007
Almeirim	00152005	-1:31:35	-52:34:42	14	1809	12	1996-2007
Apalai	08154000	1:13:13	-54:39:22	14	1979	19	1990-2008
Arapari	00154000	-1:46:25	-54:23:50	140	1695	16	1973-1988
Boca do Inferno	00154001	-1:30:0	-54:52:17	10	2165	16	1991-2006
Cachoeira da Porteira Conj. 1	00157000	-1:5:15	-57:2:49	34	2929	12	1993-2004
Fazenda Paqueira	00053000	-0:25:0	-53:42:0	10	2263	16	1973-1988
Juruti	00256001	-2:9:8	-56:5:15	10	2126	15	1993-2007
Monte Alegre	00254002	-2:0:8	-54:4:35	146	1661	16	1975-1990
Óbidos	00155001	-1:54:5	-55:31:7	37	1824	17	1981-1997
Oriximiná	00155000	-1:45:35	-55:51:41	11	2385	16	1992-2007
Prainha	00153000	-1:48:4	-53:28:48	14	1687	12	1997-2008
Santa Cruz	00253000	-1:10:44	-53:35:58	400	1633	10	1994-2003
Vila Curuá	00155002	-1:53:17	-55:6:56	15	2422	13	1995-2007
Vista Alegre Conj. 2	00156000	-1:7:49	-56:3:12	15	2594	11	1994-2004

*PTMA: Precipitação total média anual

2.2 - Análise de multi-colinearidade

A análise de multi-colinearidade foi realizada com o intuito de avaliar o nível de correlação entre as variáveis independentes: Longitude, Latitude, Altitude e Média anual de precipitação. A

multi-colinearidade sucede devido às relações lineares exatas ou aproximadamente exatas das variáveis independentes, sendo inseridas em um intervalo de 0 – 1, de acordo com o grau de ocorrência de cada uma. Naghettini e Pinto (2007) partem do princípio que para impedir que a multi-colinearidade ocorra, caso as variáveis independentes apresentem coeficiente de correlação superior a 0,85, é necessário eliminar uma entre cada conjunto de duas variáveis independentes.

A Eq (1) define a correlação entre duas variáveis X1 e X2 através do coeficiente de regressão simples r . Este coeficiente varia de -1 a 1. Caso r seja positivo indica que há uma tendência de crescimento conjunto de X1 e X2. Caso r seja negativo indica que maiores valores de X1 são integrados a menores valores de X2. Logo, quanto mais próximo da unidade, melhor será a correlação entre X1 e X2.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_{1,i} X_{2,i} - \sum_{i=1}^n X_{1,i} \cdot \sum_{i=1}^n X_{2,i}}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_{1,i}^2 - (\sum_{i=1}^n X_{1,i})^2] \cdot [n \sum_{i=1}^n X_{2,i}^2 - (\sum_{i=1}^n X_{2,i})^2]}} \quad (1)$$

A correlação entre as variáveis pode ser classificada em: fraca ($0 \leq |r| \leq 0,5$); moderada ($0,6 \leq |r| \leq 0,7$); forte ($0,85 \leq |r| \leq 1$).

2.3 - Regressão múltipla

A análise de regressão múltipla (HAIR, TATHAM e BLACK (2005)) é uma técnica estatística utilizada para avaliar a relação entre no mínimo duas variáveis independentes (X1, X2, X3,..., Xn) e uma única variável dependente (Y). Tal análise tem por objetivo prever os valores da variável dependente, que se deseja encontrar, em função das variáveis independentes já conhecidas. Informado o número das variáveis independentes, o qual é alterado de uma aplicação para outra, o modelo é denominado de regressão simples, quando apresentar somente uma variável independente, e regressão múltipla, quando apresentar mais de uma variável independente. Sendo necessária em alguns casos mais de uma variável independente (X1, X2,..., Xn) para se encontrar o valor da variável dependente, por meio do método dos mínimos quadrados, identificado na Eq. (2).

$$v_i = b_0 + b_1 X_{1i} + b_2 X_{2i} + \dots + b_k X_{ki} + \epsilon_i \quad (2)$$

Sendo; sua forma mais simplificada apresentada na Eq. (3)

$$Y = bX + \epsilon \quad (3)$$

Onde; Y é a variável dependente, X_i são as variáveis independentes, b_i são os coeficientes de regressão e o termo ϵ , representa o erro de aproximação.

As equações normais de regressão são representadas pelo sistema, mostrado na Eq.(4).

$$[X]^T \cdot [Y] = [X]^T \cdot [X \cdot \hat{b}] \quad (4)$$

As soluções da Eq.(4) são encontradas pela multiplicação dos termos da equação por $([X]^T \cdot [X])^{-1}$.

Nesse sentido, a Eq.(5) representa a solução do vetor correspondente ao estimador de mínimos quadrados de $[\hat{b}]$.

$$[\hat{b}] = ([X]^T [X])^{-1} \cdot [X]^T \cdot [Y] \quad (5)$$

Desse modo, o somatório total dos quadrados pode ser representado pela Eq.(6).

$$[Y^T][Y] = n \cdot \bar{Y}^2 + ([\hat{b}]^T [X^T][Y] - n \cdot \bar{Y}^2) + ([Y^T][Y] + [\hat{b}]^T [X^T][Y]) \quad (6)$$

Por se tratarem de quatro variáveis independentes, aplicou-se a regressão múltipla entre os parâmetros b_0, b_1, b_2, b_3 (constantes da regressão, determinadas via método dos mínimos quadrados), com intuito de determinar a variável dependente Y e os modelos estatísticos, tais como: modelo linear Eq. (7), de potência Eq. (8) e segundo modelo de potência Eq.(9), para determinar as variáveis independentes. Objetivando-se simular neste estudo os valores de precipitação com base nas características fisiográficas da região amazônica, as Equações de (7-9) foram transformadas nas equações de (10-12), sendo observado abaixo:

$$V=b_0 + b_1.V_1 + b_2.V_2 + b_3.V_3 \quad (7) \Rightarrow P_s=a + b.LO + c.LA + d.H \quad (10)$$

$$V=b_0.V_1^{b_1}.V_2^{b_2}.V_3^{b_3} \quad (8) \Rightarrow P_s =a.LO^b.LA^c.H^d \quad (11)$$

$$V=b_0.V_3^{b_1} \cdot (V_1/V_2)^{b_2} \quad (9) \Rightarrow P_s =a.H^b \cdot (LO/LA)^c \quad (12)$$

Onde:

Ps: Precipitação simulada;

LO: Longitude;

LA: Latitude;

H: Altitude;

a, b, c e d: Coeficientes de regressão.

Para a análise de regressão múltipla foi utilizado o aplicativo Statistica 6.0[®], desenvolvido pela “StatSoft” e organizada em planilhas do Microsoft Excel 2010[®].

2.4 - Critérios de desempenho

Para análise do desempenho do modelo de regressão múltipla, o critério adotado foi o erro relativo percentual, ϵ , entre a precipitação observada e a estimada Eq.(13).

$$\epsilon = \left(\frac{P_i - \hat{P}_i}{P_i} \right) \cdot 100 \quad (13)$$

Onde P_i é a precipitação observada (mm) e \hat{P}_i é a precipitação estimada (mm) pela regressão múltipla.

3 - RESULTADOS

Para chegar a um modelo das estimativas das alturas de precipitação via regressão múltipla apresentam-se, a seguir, os processos de calibração e validação para toda a Região Hidrográfica Calha Norte. Na calibração, foram testados 3 (três) modelos matemáticos: linear, potência, e segundo modelo de potência, já a etapa de validação, foi feita apenas para o modelo que apresentou menores erros percentuais na etapa de calibração.

3.1- Calibração dos modelos

Primeiramente foi feita uma análise de multi-colinearidade (linha reta) entre as variáveis independentes: longitude (LO), latitude (LA) e altitude (H). A Tabela 2 apresenta os coeficientes de correlação entre as variáveis independentes, demonstrando que nenhuma das variáveis são multi-colineares, assim, todas as variáveis independentes foram utilizadas na etapa de calibração.

Tabela 2 – Matriz de correlação entre as variáveis independentes

	Long.(°)	Lat.(°)	Altitude (m)
Long.(°)	1		
Lat.(°)	-0,111588971	1	
Altitude (m)	0,297220939	-0,137403167	1

Neste trabalho, foi aplicada a regressão múltipla entre os parâmetros e as variáveis independentes: linear (14), Potência (15) e segundo modelo de potência (16) para as 15 estações alvo analisadas na calibração, por meio das equações de regressão, a saber:

$$P_s = a + b.LO + c.LA + d.H \quad (14)$$

$$P_s = a.LO^b . LA^c . H^d \quad (15)$$

$$P_s = a.H^b . (LO/LA)^c \quad (16)$$

As equações apresentadas abaixo, para cada estação alvo, refletem os valores dos coeficientes a , b , c e d , quando substituídos nas equações de regressão (14), (15) e (16).

- **Estação alvo 1:** Apalai

Potência: $P = 0,000068.LO^{4,3596} . LA^{0,0266} . H^{-0,0831}$

Linear: $P = -6716,15 - 160,803.LO - 0,4844.LA - 1,4772.H$

Potência mod. 2: $P = 2618,414.H^{0,00028} . (LO/LA)^{-0,0793}$

- **Estação alvo 2:** Alenquer

Potência: $P = 0,000094.LO^{4,28} . LA^{0,027} . H^{-0,085}$

Linear: $P = -6723,75 + 161,63.LO + 0,45.LA - 1,59.H$

Potência mod. 2: $P = 2671,98.H^{0,00017} . (LO/LA)^{-0,081}$

- **Estação alvo 3:** Almeirim
Potência: $P=4,26 \cdot 10^{-6} \cdot LO^{5,04} \cdot LA^{0,023} \cdot H^{-0,07}$
Linear: $P=-8248,46+188,4 \cdot LO+0,44 \cdot LA-1,39 \cdot H$
Potência mod. 2: $P=2687,34 \cdot H^{0,000076} \cdot (LO/LA)^{-0,085}$
- **Estação alvo 4:** Arapari
Potência: $P=6,3 \cdot 10^{-5} \cdot LO^{4,38} \cdot LA^{0,03} \cdot H^{-0,083}$
Linear: $P=-6560,5+157,94 \cdot LO+0,49 \cdot LA-1,38 \cdot H$
Potência mod. 2: $P=2520,56 \cdot H^{0,0005} \cdot (LO/LA)^{-0,068}$
- **Estação alvo Alvo 5:** Boca do Inferno
Potência: $P=6,69 \cdot 10^{-5} \cdot LO^{4,36} \cdot LA^{0,027} \cdot H^{-0,081}$
Linear: $P=-6702,67+160,29 \cdot LO+0,49 \cdot LA-1,43 \cdot H$
Potência mod. 2: $P=2605,68 \cdot H^{0,00013} \cdot (LO/LA)^{-0,08}$
- **Estação alvo 6:** Cachoeira da Porteira
Potência: $P=1,93 \cdot 10^{-5} \cdot LO^{4,68} \cdot LA^{-0,014} \cdot H^{-0,08}$
Linear: $P=-8046,62+195,42 \cdot LO-350,22 \cdot LA-1,78 \cdot H$
Potência mod. 2: $P=2598,98 \cdot H^{-0,000013} \cdot (LO/LA)^{-0,087}$
- **Estação alvo 7:** Fazenda Paquirá
Potência: $P=5,4 \cdot 10^{-7} \cdot LO^{5,59} \cdot LA^{-0,22} \cdot H^{-0,081}$
Linear: $P=-9181,47+219,17 \cdot LO-437,57 \cdot LA-1,92 \cdot H$
Potência mod. 2: $P=2171,72 \cdot H^{0,00033} \cdot (LO/LA)^{-0,032}$
- **Estação alvo 8:** Juruti
Potência: $P=3,42 \cdot 10^{-8} \cdot LO^{6,27} \cdot LA^{-0,15} \cdot H^{-0,082}$
Linear: $P=-9914,22+230,78 \cdot LO-380,93 \cdot LA-1,85 \cdot H$
Potência mod. 2: $P=2266,68 \cdot H^{0,0003} \cdot (LO/LA)^{-0,042}$
- **Estação alvo 9:** Monte Alegre
Potência: $P=4,74 \cdot 10^{-8} \cdot LO^{6,19} \cdot LA^{-0,18} \cdot H^{-0,086}$
Linear: $P=-10040,88+234,1 \cdot LO-423,12 \cdot LA-1,96 \cdot H$
Potência mod. 2: $P=2149,24 \cdot H^{0,00034} \cdot (LO/LA)^{-0,023}$
- **Estação alvo 10:** Óbidos
Potência: $P=6,41 \cdot 10^{-8} \cdot LO^{6,11} \cdot LA^{-0,15} \cdot H^{-0,074}$
Linear: $P=-10268,55+236,93 \cdot LO-359,23 \cdot LA-1,85 \cdot H$
Potência mod. 2: $P=2274,64 \cdot H^{0,0003} \cdot (LO/LA)^{-0,041}$
- **Estação alvo 11:** Oriximiná
Potência: $P=0,00012 \cdot LO^{4,29} \cdot LA^{0,03} \cdot H^{-0,08}$

Linear: $P = -5972,6 + 146,8 \cdot LO + 0,53 \cdot LA - 1,4 \cdot H$

Potência mod. 2: $P = 2520 \cdot H^{0,0003} \cdot (LO/LA)^{-0,071}$

- **Estação alvo 12: Prainha**

Potência: $P = 3,21 \cdot 10^{-7} \cdot LO^{5,71} \cdot LA^{-0,16} \cdot H^{-0,078}$

Linear: $P = -9532,3 + 224,04 \cdot LO - 389,95 \cdot LA - 1,85 \cdot H$

Potência mod. 2: $P = 2394 \cdot H^{0,003} \cdot (LO/LA)^{-0,054}$

- **Estação alvo 13: Santa Cruz**

Potência: $P = 8,34 \cdot 10^{-8} \cdot LO^{6,03} \cdot LA^{-0,19} \cdot H^{-0,05}$

Linear: $P = -9832,18 + 229,85 \cdot LO - 412,76 \cdot LA - 1,37 \cdot H$

Potência mod. 2: $P = 2462,67 \cdot H^{0,008} \cdot (LO/LA)^{-0,093}$

- **Estação alvo 14: Vila Curuá**

Potência: $P = 0,502 \cdot LO^{2,13} \cdot LA^{-0,11} \cdot H^{-0,06}$

Linear: $P = -1578,58 + 75,67 \cdot LO - 295,3 \cdot LA - 1,13 \cdot H$

Potência mod. 2: $P = 2654,86 \cdot H^{-0,00034} \cdot (LO/LA)^{-0,083}$

- **Estação alvo 15: Vista Alegre**

Potência: $P = 3,104 \cdot 10^{-7} \cdot LO^{5,72} \cdot LA^{-0,157} \cdot H^{-0,075}$

Linear: $P = -9535,4 + 223,87 \cdot LO - 386,12 \cdot LA - 1,82 \cdot H$

Potência mod. 2: $P = 2263,79 \cdot H^{0,0025} \cdot (LO/LA)^{-0,044}$

Utilizando-se os valores de *a*, *b*, *c* e *d* das equações dos modelos de regressão múltipla, foram obtidos os erros quadráticos relativos percentuais para cada estação pluviométrica em estudo.

De acordo com o Quadro 1, nota-se que o modelo Linear apresentou valores de erros quadráticos relativos percentuais com médias abaixo de 13 %, com exceção da estação pluviométrica alvo 8 - Juruti, com erro de 29,36%, enquanto que o modelo de Potência, valores abaixo de 12%, com exceção da estação pluviométrica alvo 8 - Juruti, com erro de 28,75%.

Quadro 1 - Resultado da média da calibração do modelo – Região Hidrográfica Calha Norte

	MPE(%)*	ML(%)**	MPE(%) II***
Estação Alvo 1: Apalai			
Média	8,7268	9,1972	15,5726
Estação Alvo 2: Alenquer			
Média	7,0115	8,2836	14,8490
Estação Alvo 3: Almeirim			
Média	8,6615	8,7067	15,5201
Estação Alvo 4: Arapari			
Média	8,9973	8,8047	13,7872
Estação Alvo 5: Boca do Inferno			
Média	8,9905	9,0703	14,8746

Estação Alvo 6: Cachoeira da Poretira			
Média	7,2168	6,7641	14,8262
Estação Alvo 7: Fazenda Paquirá			
Média	8,0950	7,1214	16,2283
Estação Alvo 8: Juruti			
Média	28,7530	29,3602	23,4831
Estação Alvo 9: Monte Alegre			
Média	7,6721	6,6998	16,0389
Estação Alvo 10: Óbidos			
Média	7,4043	6,4178	17,0071
Estação Alvo 11: Oriximiná			
Média	8,7838	8,7569	13,6441
Estação Alvo 12: Prainha			
Média	8,0368	7,3199	16,5030
Estação Alvo 13: Santa Cruz			
Média	7,3242	7,2208	17,1710
Estação Alvo 14: Vila Curuá			
Média	11,9304	12,6336	17,9128
Estação Alvo 15: Vista Alegre			
Média	7,9720	6,1183	14,6306

*: Modelo de Potência Erro Quadrático Relativo Percentual

** : Modelo Linear Erro Quadrático Relativo Percentual

***: Modelo de Potência II Erro Quadrático Relativo Percentual

3.2 - Validação

Na validação, as estimativas de precipitação foram obtidas a partir da substituição dos valores de LO (longitude), LA (latitude) e H (altitude) das estações alvos, nas equações de regressão citadas anteriormente. Sendo assim, houve a comparação entre a precipitação simulada pelo modelo e a precipitação observada, para as quinze (15) estações pluviométricas da Região Hidrográfica da Calha Norte no Estado do Pará.

Nesta etapa, o erro quadrático relativo percentual observado na Figura 2, refere-se ao modelo linear (ML), o qual apresentou a estação alvo 2 – Alenquer com um maior erro percentual (31,8%) e a estação alvo 15 – Vista Alegre com um menor erro percentual (1,5%).

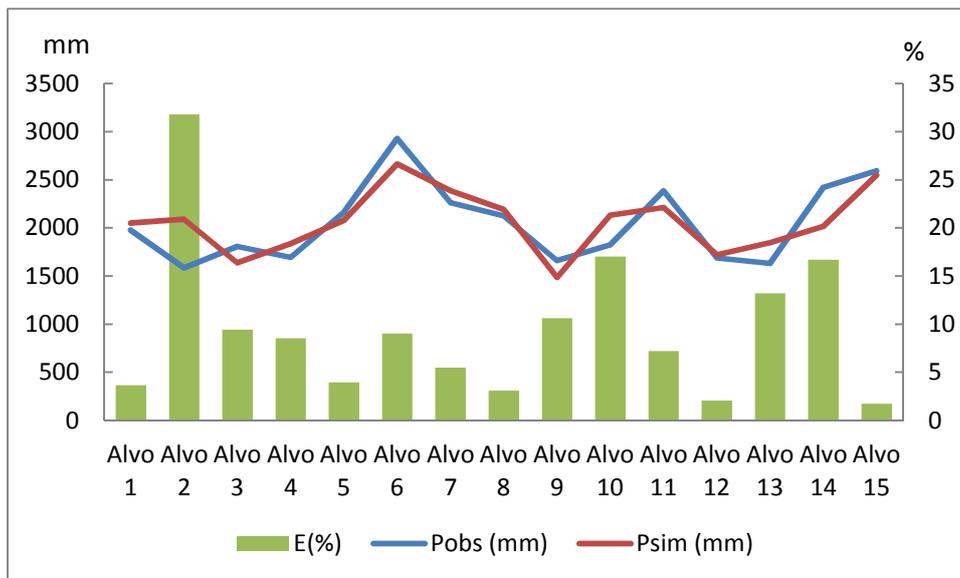


Figura 2 - Resultado de estimativa de precipitação para a Região hidrográfica da Calha Norte

4 - CONCLUSÃO

Apesar dos períodos e comprimentos das séries pluviométricas analisadas, não serem homogêneas, a aplicação do método de regressão múltipla foi capaz de estimar razoavelmente as precipitações da região hidrográfica da Calha Norte. Entretanto, antes da aplicação da regressão múltipla, as variáveis independentes, LO (longitude), LA (latitude) e H (altitude), foram testadas via análise de multi-colinearidade. Esta análise demonstrou que as três variáveis eram importantes para a calibração dos modelos.

Nesse caso, foram testados três modelos: um linear e dois de potência. Na etapa de calibração, o modelo linear foi o que apresentou menores erros relativos percentuais nas estimativas, variando de 1,72 a 31,8%, para as quinze estações pluviométricas analisadas.

Logo, acredita-se que a metodologia apresentada estimou razoavelmente os dados de precipitação média anual da região da Calha Norte – Pará, contudo, não se pode deixar de considerar a não-homogeneidade dos dados usados nessa análise. Assim, mesmo com essa limitação dos dados, que se estende a toda a Amazônia, a metodologia pode ser considerada como uma ferramenta alternativa para se estimar dados de precipitação na Amazônia.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq/PIBIC/UFPA pela concessão de uma bolsa de iniciação científica.

BIBLIOGRAFIA

ANA – Agência Nacional de Águas. (2010). *Inventário das estações e Séries Históricas*. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>. Acesso em maio de 2012.

HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E. TATHAM, R. L., BLACK, W. C. (2005). *Análise Multivariada de Dados*. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman.

HONG WEI, JIAN- LONG LI, TIAN- GANG LIANG. Study on the estimation of precipitation resources for rainwater harvesting agriculture in semi-arid land of China. *Agricultural Water Management* 71 (2005) 33–45.

MIMIKOU, M. and KAEMAKI, S. (1985), Regionalization of flow duration characteristics. *Journal of Hydrology* 82, 77-91.

NAGHETTINI, Mauro; PINTO, Éber José de Andrade. (2007). *Hidrologia Estatística*. Belo Horizonte: CPRM.

PESSOA, F.C.L; BLANCO, C.J.C; MARTINS, J.R. Regionalização de curvas de permanência de vazão da região da Calha Norte no Estado do Pará. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH*. V 16 n2. 2011.