

IX-025 – CHUVAS INTENSAS NO AMAZONAS: POLOS ALTO SOLIMÕES, MÉDIO SOLIMÕES, VALE DO RIO MADEIRA, MÉDIO AMAZONAS E BAIXO AMAZONAS

Elias Simão Assayag⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Amazonas. Mestre em Ciências do Ambiente pelo Centro de Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Amazonas. Professor do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas. Coordenador do Programa de Extensão em Saneamento no Amazonas.

Guilherme Freire Vieiralves⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Amazonas. Engenheiro colaborador do Programa de Extensão em Saneamento no Amazonas, da Universidade Federal do Amazonas.

Endereço⁽¹⁾: Avenida General, 6200, Coroado I – Campus Universitária da UFAM, Faculdade de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil. Manaus – AM, CEP 69077-000. Tel: (92) 99190 2885 – e-mail: elias_assayag@yahoo.com.br

Endereço⁽²⁾: Avenida General, 6200, Coroado I – Campus Universitária da UFAM, Faculdade de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil. Manaus – AM, CEP 69077-000. Tel: (92) 98423 4493 – e-mail: gvieiralves@gmail.com

RESUMO

Este trabalho apresenta o estudo da relação intensidade – duração – frequência para precipitações intensas prováveis, na forma de equação de chuva (curvas IDF) para os municípios que compõem os polos de atuação do Programa de Extensão em Saneamento no Amazonas. Os polos são: Alto Solimões, Médio Solimões, Vale do Rio Madeira, Médio Amazonas e Baixo Amazonas. Os dados de precipitação foram obtidos na base de dados hidrológicos da Agência Nacional de Águas, HidroWeb. Com esses dados foram construídas séries históricas. Para verificar o ajuste dos dados a um modelo de distribuição de probabilidade, cada série foi submetida ao teste de Kolmogorov Smirnov (KS), com $\alpha=5\%$. Foi possível construir as curvas IDF para os municípios de São Paulo de Olivença, Benjamin Constant, Tabatinga, Atalaia do Norte, Fonte Boa, Beruri, Coari, Tefé, Borba, Manicoré, Humaitá, Autazes, Itacoatiara, Rio Preto da Eva, Nova Olinda do Norte, Parintins, Barreirinha, Maués, Nhamundá e Boa Vista do Ramos. Para os outros municípios dos polos não foi possível formular equações por falta de dados confiáveis. As equações estão disponíveis para serem utilizadas em outros estudos, tais como planos municipais de saneamento, planos diretores, projetos e obras de drenagem, entre outros.

PALAVRAS-CHAVE: Equações de Chuva, Curva Intensidade duração frequência, IDF, Programa de Extensão em Saneamento no Amazonas.

INTRODUÇÃO

Quando se volta o olhar para a região norte do Brasil, verifica-se que existe um grande déficit de conhecimento e informações hidrológicas referentes aos pequenos e médios municípios da Amazônia. No estado do Amazonas isso não é diferente.

Para Souza et al. (2011), atualmente a melhor solução para a caracterização e estimativa da precipitação intensa é a utilização de curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF), as quais consistem em modelos matemáticos semi-empíricos que preveem a intensidade precipitada por meio da duração e distribuição temporal.

Desde a segunda metade do século XX a determinação da precipitação intensa provável tem sido estudada no Brasil. Existe uma boa literatura disponível, inclusive com propostas de diferentes metodologias. Em geral essas metodologias utilizam dados de pluviógrafos para determinação das curvas IDF com os respectivos parâmetros calibrados para cada local. Usualmente as curvas propostas são da seguinte forma:

$$i = (K Tr^m) / (t + t_0)^n \quad \text{equação (1)}$$

Onde: i = intensidade [mm/min] ou [mm/h];
 Tr = Período de Retorno ou Tempo de Recorrência [anos];
 t = duração [min];
 K, m, n, t_0 são parâmetros locais.

Pedrosa, desde 1957, propõe o processo da linearização e dos mínimos quadrados para determinação dos parâmetros das curvas IDF. Garcez e Alvarez (1988) indicam o processo para obtenção das equações das curvas IDF por meio da análise estatística de longas séries de observações pluviográficas locais, indicando como mais usuais as séries das máximas anuais.

Souza (2007) analisou os dados anuais de chuvas máximas diárias de 30 estações pluviométricas situadas na região norte do estado do Maranhão. Coletou uma quantidade de dados superior a 20 anos de observações e que seguiam a distribuição de Gumbel, a qual foi utilizada para a elaboração das equações.

Para estudos da precipitação no estado do Pará, Moraes (2005) indica a distribuição Normal (distribuição de Gauss) como a que melhor se ajuste aos registros de dados pluviométricos. Coimbra (1982) recomenda a utilização da distribuição Normal para as regiões de várzeas na Amazônia. O mesmo Coimbra (1982) com base nos estudos do DNOS, apresenta as razões constantes entre precipitações máximas anuais de um dia (dados de pluviômetro) e precipitações de 24 horas e outras durações (dados de pluviógrafos) para a Amazônia.

OBJETIVOS

Ao planejar as ações do Programa de Extensão em Saneamento no Amazonas, entre outras coisas, se evidenciou que não são conhecidas as equações de chuva (curvas IDF) para os 35 municípios onde o Programa atua. Foi então que se decidiu trabalhar com o objetivo de propor curvas IDF para toda a área de atuação do programa.

METODOLOGIA

As alturas das precipitações máximas anuais de um dia (dados de pluviômetro) para cada um dos 35 municípios que constituem a área de atuação do Programa de Extensão em Saneamento do Amazonas foram levantadas junto aos registros do banco de dados hidrológicos da Agência Nacional de Águas, HidroWeb, disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>.

Para cada município foi construída a série anual de observações pluviométricas máximas (série parcial). Teve um caso particular do município de Fonte Boa o qual não possuía estação localizada na região urbana, contudo contatou-se duas estações pluviométricas (266000 e 266005) as quais encontravam-se a uma distância de 4 e 8 quilômetros respectivamente da cidade de Fonte Boa, portanto a série de observação desse município foi construída como uma associação dos dados dessas duas estações que eram complementares.

Para verificar o ajuste dos dados a um modelo de distribuição de probabilidade, a série foi submetida ao teste de Kolmogorov Smirnov (KS), com $\alpha=5\%$. Uma vez que o teste forneceu $D_{max} \leq D_{lim}$ admitiu-se que a série de observações ajusta-se ao modelo predeterminado. Aplicando o modelo de distribuição de probabilidade foram obtidas as alturas máximas prováveis de 1 dia (h) para os períodos de retorno (Tr) de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos. Na maioria dos casos, o ajuste deu-se em função da Distribuição de Probabilidade de Gaus (distribuição Normal), com exceção do município de Coari em que a sua série ajustou-se à distribuição de Gumbel.

Utilizando as razões constantes entre precipitações máximas anuais de um dia (dados de pluviômetro) e precipitações de 24 horas e outras durações (dados de pluviógrafos), propostas por Antônio Coimbra em “Drenagem de Várzeas da Amazônia Ocidental”, foram estimadas as alturas máximas prováveis (h) para as durações (t) de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos e ainda para 1, 6, 8, 10, 12 e 24 horas.

Com as alturas máximas prováveis (h) para as durações (t) de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos e 1, 6, 8, 10, 12 e 24 horas, foram calculadas as intensidades máximas prováveis (i), para as mesmas durações (t) de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos e 1, 6, 8, 10, 12 e 24 horas, dadas por:

$$i \text{ [mm/min]} = h \text{ [mm]} / \text{duração [min]} \quad \text{equação (2)}$$

Para o cálculo dos parâmetros K, m, To e n foi utilizado a ferramenta Solver da planilha Excell, sendo empregado os seguintes parâmetros:

Tempo Máximo = 100 segundos

Interação = 100

Precisão = 0,000001

Tolerância = 5%

Convergência = 0,0001

RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados, que são as curvas IDF para cada município de cada polo (equações 3 a XX). As unidades das variáveis são: Tr[anos]; t [min] e i [mm/min]. São também apontados os municípios onde não foi possível propor uma equação por falta de dados confiáveis.

• Resultados para o polo Alto Solimões

O Polo Alto Solimões é constituído pelos municípios: Benjamin Constant (sede), Tabatinga, São Paulo de Olivença, Atalaia do Norte, Santo Antônio do Içá, Tonantins, Fonte Boa, Jutai e Amaturá (Figura 1)

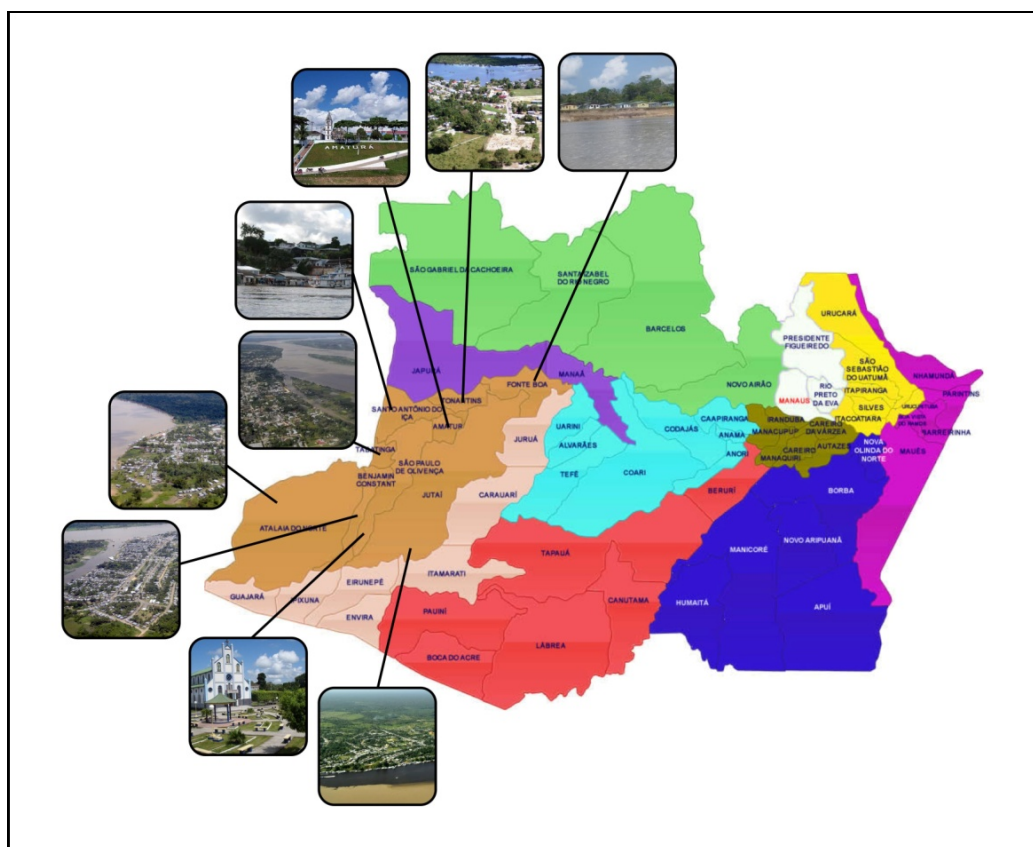


Figura 1 – Polo Alto Solimões

São Paulo de Olivença

$$i = 16,8623Tr^{0,113} / (t + 9,7822)^{0,7242} \quad \text{equação (3)}$$

Benjamin Constant

$$i = 17,3486Tr^{0,0998} / (t + 9,7860)^{0,7243} \quad \text{equação (4)}$$

Tabatinga

$$i = 17,8857Tr^{0,1625} / (t + 9,7828)^{0,7242} \quad \text{equação (5)}$$

Atalaia do Norte

$$i = 19,7580Tr^{0,1531} / (t + 9,7841)^{0,7242} \quad \text{equação (6)}$$

Fonte Boa

$$i = 13,5709Tr^{0,1036} / (t + 9,7844)^{0,7242} \quad \text{equação (7)}$$

Para os municípios de Santo Antônio do Içá, Tonantins, Jutai e Amaturá não foram encontrados dados suficientes para a formulação das equações.

• Resultados para o polo Médio Solimões

O Polo Médio Solimões é constituído pelos municípios: Coari (sede), Tefé, Anori, Anamá, Beruri, Codajás, Maraã (Figura 2).

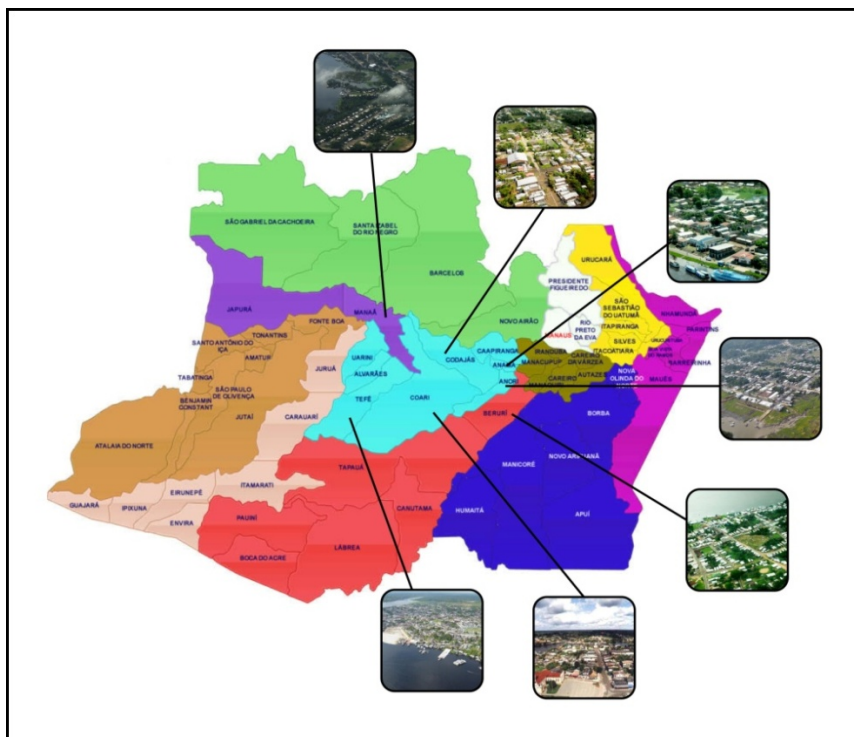


Figura 2 – Polo Médio Solimões

$$i = 17,1134Tr^{0,135} / (t + 9,7855)^{0,7243} \quad \text{equação (8)}$$
$$i = 35,9808Tr^{0,2743} / (t + 9,7878)^{0,7243} \quad \text{equação (9)}$$
$$i = 16,7212Tr^{0,1125} / (t + 9,7877)^{0,7243} \quad \text{equação (10)}$$

- **Resultados para o polo Vale do Rio Madeira**

Mapa do Estado do Rio de Janeiro com os municípios coloridos e imagens aéreas de áreas urbanas. As imagens aéreas mostram: uma área urbana densa (topo direito), uma via principal com comércio (meio direito), uma área industrial ou portuária (fundo direito), uma área urbana com infraestrutura (fundo esquerdo) e uma área urbana com infraestrutura (fundo esquerdo).

$$i = 18,1573 \text{Tr}^{0,1549} / (t + 9,7853)^{0,7243} \quad \text{equação (11)}$$
$$i = 57,4786 \text{Tr}^{0,1812} / (t + 9,7866)^{0,7243} \quad \text{equação (12)}$$
$$i = 12,3084 \text{Tr}^{0,1852} / (t + 9,7841)^{0,7243} \quad \text{equação (13)}$$

5

- Resultados para o polo Médio Amazonas

Os municípios que constituem o Polo Médio Amazonas são: Itacoatiara (sede), Autazes, Silves, Rio Preto da Eva, Itapiranga, Nova Olinda do Norte, São Sebastião do Uatumã, Urucará e Urucurituba (Figura 4).

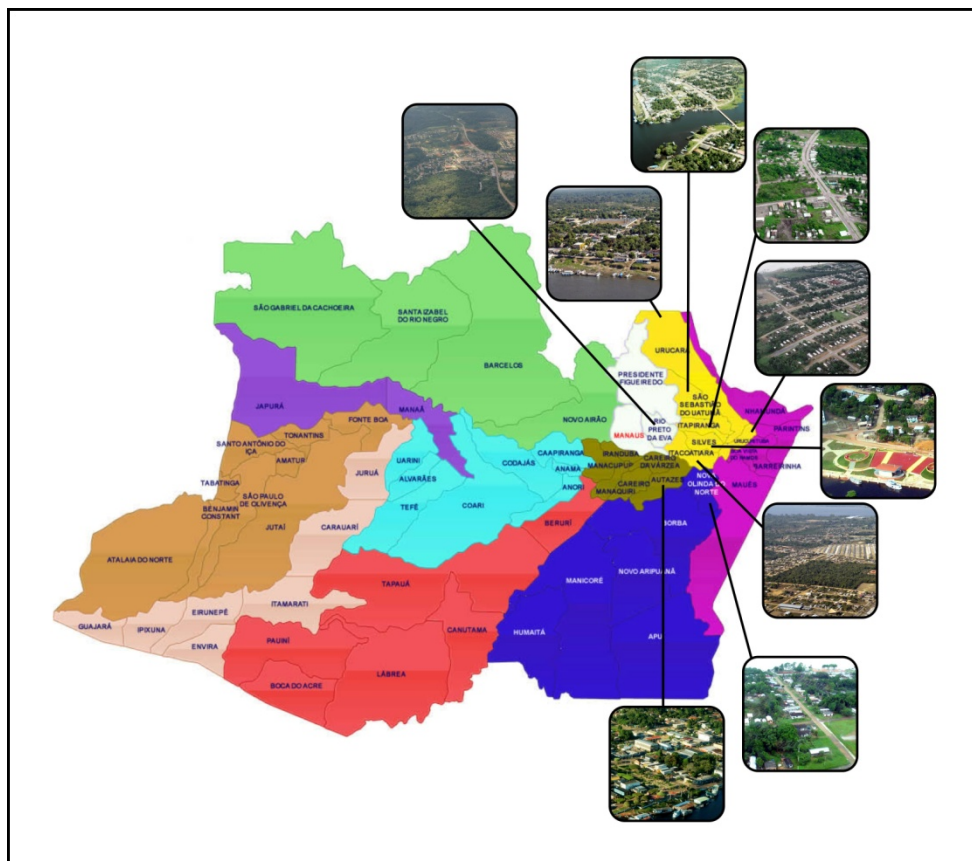


Figura 4 – Polo Médio Amazonas

Autazes

$$i = 13,3862Tr^{0,1263} / (t + 9,7867)^{0,7243} \quad \text{equação (14)}$$

Itacoatiara

$$i = 17,2050Tr^{0,1010} / (t + 9,7862)^{0,7243} \quad \text{equação (15)}$$

Rio Preto da Eva

$$i = 12,3722Tr^{0,0789} / (t + 9,7852)^{0,7243} \quad \text{equação (16)}$$

Nova Olinda do Norte

$$i = 15,2625Tr^{0,1133} / (t + 9,7854)^{0,7243} \quad \text{equação (17)}$$

Para os municípios de Silves, Itapiranga, São Sebastião do Uatumã, Urucará e Urucurituba não foram encontrando dados para a formulação das equações.

- Resultados para o polo Baixo Amazonas

Os municípios que constituem o Polo Médio Amazonas são: Parintins (sede), Barreirinha, Boa Vista do Ramos, Maués e Nhamundá (Figura 5).

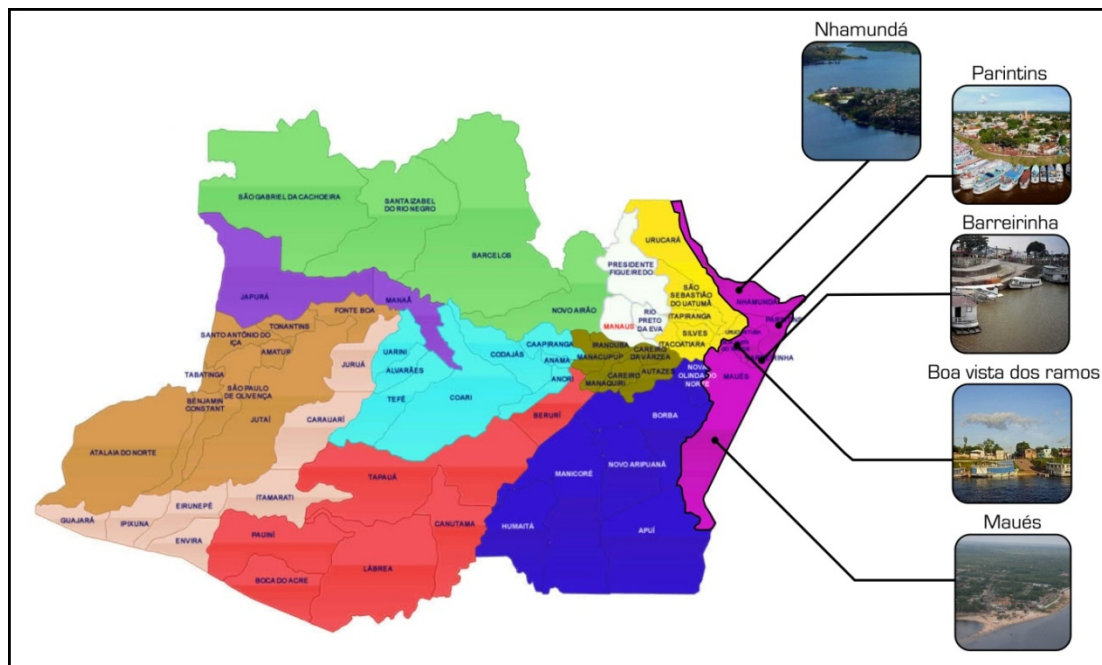


Figura 5 – Polo Baixo Amazonas

Parintins

$$i = 15,9160Tr^{0,0944} / (t + 9,7839)^{0,7242} \quad \text{equação (18)}$$

Barreirinha

$$i = 16,8474Tr^{0,1391} / (t + 9,7822)^{0,7242} \quad \text{equação (19)}$$

Maués

$$i = 13,1995Tr^{0,1470} / (t + 9,7859)^{0,7243} \quad \text{equação (20)}$$

Nhamundá

$$i = 17,5171Tr^{0,0630} / (t + 9,7864)^{0,7243} \quad \text{equação (21)}$$

Boa Vista do Ramos

$$i = 16,0375Tr^{0,1406} / (t + 9,7860)^{0,7243} \quad \text{equação (22)}$$

CONCLUSÕES

Com o crescente crescimento populacional e adensamento dos aglomerados urbanos no interior da Amazônia, cada dia fica mais importante estudar e conhecer o comportamento provável das precipitações intensas desses municípios, principalmente daqueles onde estão sendo implantadas atividades modificadoras

do meio ambiente com obras de engenharia como urbanização, serviços de saneamento em geral, inclusive drenagem urbana.

A metodologia empregada levou a determinação da equação da relação intensidade – duração - frequência (IDF) possibilitando a estimativa da precipitação de máxima intensidade provável para os principais municípios do Polo Alto Solimões, Médio Solimões, Vale do Rio Madeira, Médio Amazonas e Baixo Amazonas, que agora estão disponíveis para livre utilização em de estudos e projetos de drenagem urbana. No entanto, a falta de dados ainda impede a determinação das curvas IDF para os municípios menores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. COIMBRA, Antônio R. S. R. Drenagem de várzeas da Amazônia Ocidental: Hidrologia. Brasília: Universidade de Brasília, [1982]. p.14-22.
2. GARCEZ, Lucas Nogueira; ALVAREZ, Guillermo Acosta. Hidrologia. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. p. 88-92.
3. PEDROSA, Homero Xavier de Andrade. Hidráulica aplicada: hidrologia. Rio de Janeiro: Científica, 1957. p.15-23.
4. SOUZA, V. A. S. et all. Revista Pesquisa & Criação - Volume 10, Número 2, Julho/Dezembro de 2011: 139-151.
5. MORAES, B.C; COSTA, J.M.N; COSTA, A.C.L; COSTA, M.H. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. ACTA AMAZONICA, Belém, v.35, n. 2, p. 207-214, 2005.
6. SOUSA, S.B. Equações de chuva para 30 localidades maranhenses. I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste, Cuiabá, 2007.