



CHUVAS INTENSAS EM CASCAVEL, FOZ DO IGUAÇU E TERRA RICA: VAZÕES E INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA.

Milena Viais Amorim¹, Thailiny Bernardo², Thamyris Caldas Pitta³

RESUMO: As equações de chuvas intensas têm sido usadas como importante ferramenta para o dimensionamento de obras hidráulicas, visto que a frequência de inundações têm aumentado. Com o intuito de reduzir as inundações, o dimensionamento de obras hidráulicas é realizado com base em dados de vazões, que podem ser determinados por meio de equações de chuvas intensas. Devido à falta de informação sobre o assunto nas cidades de Cascavel, Foz do Iguaçu e Terra Rica, todas localizadas no estado do Paraná, o trabalho teve como objetivo obter essas equações para os três municípios, a partir dos parâmetros determinados para os dois modelos de distribuição de probabilidade, foram geradas as curvas de intensidade-duração-frequência para cada região, para os tempos de retorno de 5, 10, 50 e 100 anos e duração de 5, 10, 20, 50 e 100 minutos. A região de Cascavel consiste em uma exceção no terceiro planalto, onde a maior parte dos municípios da região oeste possui clima subtropical mesotérmico. Isto ocorre devido à sua altitude consideravelmente elevada, aproximando-se da altitude de municípios do primeiro e segundo planalto.

PALAVRAS-CHAVES: Chuvas intensas; IDF intensidade-duração-frequência; obras hidráulicas.

1 INTRODUÇÃO

O estudo das características de chuvas intensas é fundamental no dimensionamento de estruturas hidráulicas, a fim de prever a intensidade máxima da chuva a partir de equações específicas para cada região, garantindo projetos seguros e economicamente racionais (CARDOSO et al., 1998).

Segundo Lorenzoni et al (2013), o dimensionamento de projetos hidráulicos é realizado com base nos dados de vazões, que pode ser determinado através do cálculo das equações de chuvas intensas. Estas têm aumentado a frequência de inundações e ocorrem devido às mudanças climáticas.

A obtenção de dados para o processamento e análise de chuvas intensas se dá através de postos de medição de chuvas ou estações pluviométricas. O objetivo destes postos é registrar uma série de dados ao longo dos anos sem interrupções. Apesar de simples, a aquisição de dados de chuva de boa qualidade é difícil (TUCCI, 2009). Devido à dificuldade na obtenção dos dados de pluviográficos, a maioria dos estudos de chuvas intensas possui séries inferiores àquela recomendada pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM), que é de 30 anos (SILVA et al., 2002).

Segundo Garcez e Alvarez(1988), a relação entre intensidade e duração pode ser determinada empiricamente por meio de análise estatística de uma longa série de observações. Essas longas séries históricas são obtidas através de pluviógrafos específicos, porém a falta de estações pluviométricas dificulta a análise de chuvas intensas em algumas regiões. Devido à falta de séries históricas de dados de estações pluviográficas, é possível avaliar chuvas de 24 horas de determinada frequência, para obter, a partir de dados pluviométricos, chuvas de menor duração com a mesma frequência, conhecido como o método de desagregação de chuvas de 24 horas (SOUZA et al., 2012).

O objetivo do presente trabalho é a obtenção das equações e resultados de intensidade, duração e frequência de chuvas para os municípios de Cascavel, Foz do Iguaçu e Terra Rica, através do método da desagregação de chuvas diárias dos dados pluviométricos coletados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi desenvolvido a partir da análise dos dados da precipitação, realizada pelo software Pluvio 2.1 para três municípios, sendo eles: Cascavel (Latitude: 24° 57' 21" S, Longitude: 53° 27' 19" W, Altitude: 815m), Foz do Iguaçu (Latitude: 25° 33' S, Longitude: 54° 36' W, Altitude: 178m) e Terra Rica (Latitude: 22° 43' S, Longitude: 52° 38' W, Altitude: 442m).

O estado brasileiro do Paraná é dividido geograficamente em dez mesorregiões: a cidade de Terra Rica localiza-se na mesorregião do Nordeste Paranaense, onde os solos desta mesorregião apresentam grande

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Cesumar – UNICESUMAR, Maringá – PR. amorim93@hotmail.com

² Acadêmico do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Cesumar – UNICESUMAR, Maringá – PR. thailinyg@gmail.com

³ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Cesumar – UNICESUMAR, Maringá – PR. thamyris_pitta@hotmail.com



vulnerabilidade quanto à erosão hídrica, tornando necessário o conhecimento de equações de chuvas intensas para o correto dimensionamento de obras hidráulicas na região.

Terra Rica é um município localizado no Norte do estado do Paraná, a uma altitude de 442m. O Clima é subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes com tendência de concentração das chuvas (temperatura média superior a 22° C nos meses mais quentes), e invernos com geadas pouco frequentes (temperatura média inferior a 18° C nos meses mais frios), sem estação seca definida.

Já as cidades de Cascavel e Foz do Iguaçu encontram-se na mesorregião do Oeste Paranaense. Foz do Iguaçu, conhecida pelas cataratas do Iguaçu, localizada no extremo oeste do terceiro planalto paranaense e com altitude variando entre 178 metros. No verão, com temperatura média de 26°C e tem uma grande incidência de chuvas. No inverno, a temperatura média é de 18°C e a probabilidade de chuva é menor. Cascavel também está situada no terceiro planalto do estado, na região oeste, com uma altitude variando em torno dos 815 metros. O clima é subtropical mesotérmico superúmido com temperatura média anual em torno de 19°C.



Figura 1 – Mapa do estado do Paraná destacando as três cidades analisadas.

2.2 PRECIPITAÇÃO E VAZÃO

Para o cálculo da precipitação foram utilizados tempos de retorno de 5,10,50 e 100 anos com duração de 5,10,20,50 e 100 minutos, utilizando-se a fórmula conforme segue abaixo:

$$i = \frac{k T^a}{(t + b)^c} \quad \text{(Equação 1)}$$

em que:

- i - intensidade média da precipitação intensa, mm h⁻¹;
- t - duração da precipitação, min;
- T - período de retorno, anos; e
- k, a, b, c – constantes de ajuste locais.

Os dados das constantes “k”, “a”, “b”, “c” foram obtidos a partir do



software Plúvio 2.1 que utiliza o método do inverso da quinta potência da distância, tendo um erro médio percentual igual a 19,37%, sendo aceitável em se tratando de chuvas intensas.

Considerando a área de contribuição para superfície plana inclinada (NBR 10844, 1988) tem-se: $A = (a+h/2)b = (6 + 2/2)10 = 70 \text{ m}^2$. Utilizando-se a equação de chuvas intensas e aplicando-se o método racional (BIDONE e TUCCI, 1995; CHOW, MAIDMENT e MAYS, 1988), que é dado pela equação: $Q = (c.i. A) / 60\text{min}$; onde Q é a vazão de projeto em l/min, A é a área de contribuição em m^2 , c=coeficiente de escoamento superficial (considera-se $c=1$); e i é a intensidade pluviométrica em mm/h.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi realizada comparação dos resultados obtidos na cidade de Terra Rica – PR com os que já haviam sido fornecidos em Foz do Iguaçu-PR e Cascavel- PR para os tempos de retorno de 5, 10, 50 e 100 anos e também com o tempo de chuva nestas cidades de 5, 10, 20, 50, 100 minutos.

Segue abaixo os resultados das constantes “k”, “a”, “b” e “c”, obtidos através do software **Plúvio 2.1**:

Cascavel: $k= 1062,92$; $a= 0,141$; $b= 5$; $c= 0,776$

Foz do Iguaçu: $k= 2853,479$; $a= 0,125$; $b= 25,674$; $c= 0.925$

Terra Rica: $k=1981,466$; $a= 0,116$; $b= 27,520$; $c= 0,825$

Em seguida estão representadas as tabelas e gráficos referentes aos resultados obtidos através da fórmula de precipitação:

Tabela 1 – Resultados dos cálculos da precipitação para 5, 10, 50 e 100 anos em 5, 10, 20, 50 e 100 minutos.

Cidades	T (min)	I (mm/h) 5 anos	I (mm/h) 10 anos	I (mm/h) 50 anos	I (mm/h) 100 anos
Cascavel	5	223,3857	246,3205	309,0689	340,8008
	10	163,0829	179,8265	225,6361	248,8019
	20	109,7119	120,9760	151,7938	167,3783
	50	59,5023	65,6114	82,3254	90,7777
	100	36,0257	39,7244	49,8440	54,9614
Foz do Iguaçu	5	147,0562	160,3659	196,1026	213,8514
	10	127,8853	139,4599	170,5377	185,9727
	20	101,7541	110,9637	135,6913	147,9724
	50	63,7852	69,5583	85,0590	92,7575
	100	39,8973	43,5084	53,2040	58,0193
Terra Rica	5	135,0650	146,3735	176,4180	191,1888
	10	120,0329	130,0828	156,7835	169,9103
	20	98,7743	107,0443	129,0162	139,8182
	50	65,9631	71,4859	86,1590	93,3728
	100	43,7487	47,4116	57,1433	61,9276

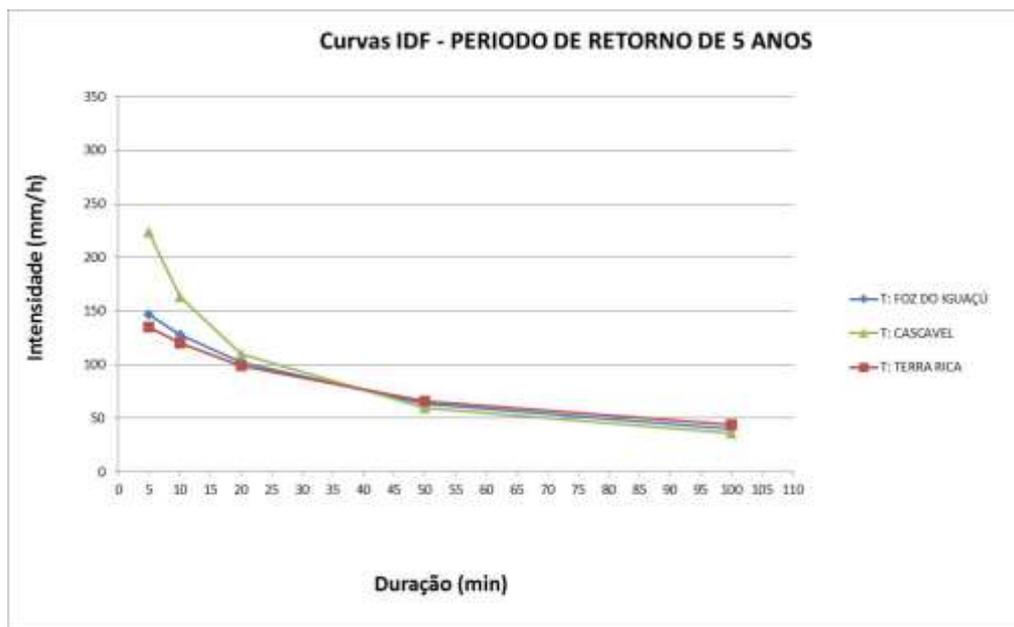


Figura 2 – Curvas IDF para o período de retorno de 5 anos.

Como pode observar no gráfico acima, Cascavel obteve a maior intensidade (mm/h) entre 5 e 35 minutos aproximadamente em relação a Foz do Iguaçu e Terra Rica, entre 35 e 100 minutos, a média de intensidade entre as cidades se equivalem com Foz do Iguaçu alcançando o maior índice aos 100 minutos.

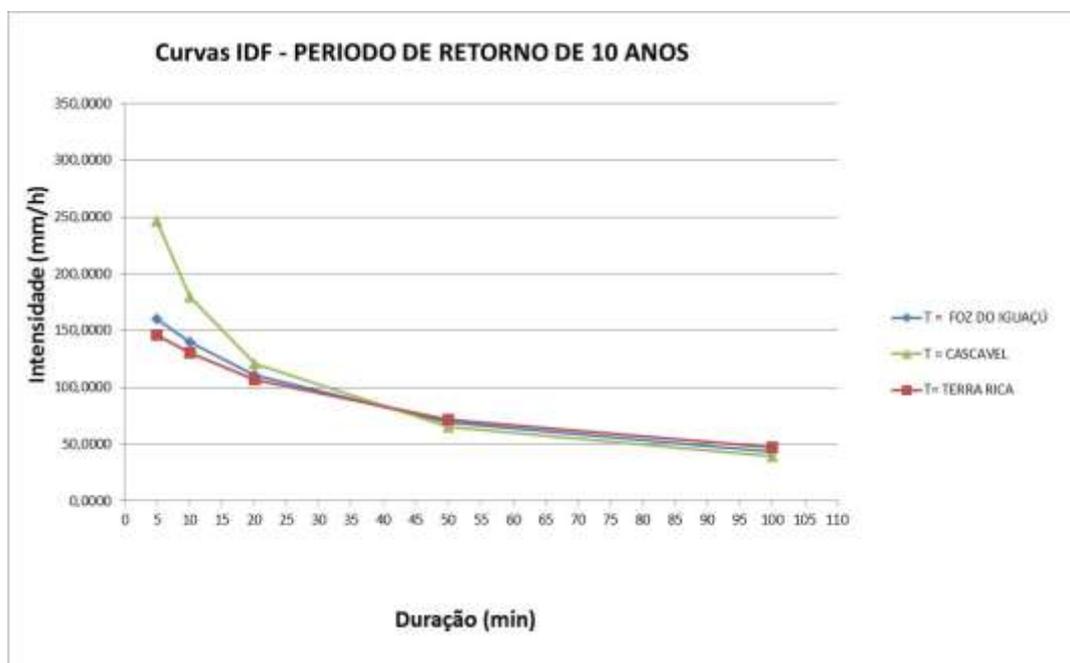


Figura 3 – Curvas IDF para o período de retorno de 10 anos.

Analisando o gráfico acima, Cascavel continua com a maior intensidade (mm/h) do período inicial até, aproximadamente, os 40 minutos, em relação a Foz do Iguaçu e Terra Rica. Após os 50 minutos até o período final avaliado, as cidades possuem uma média de intensidade equivalente.

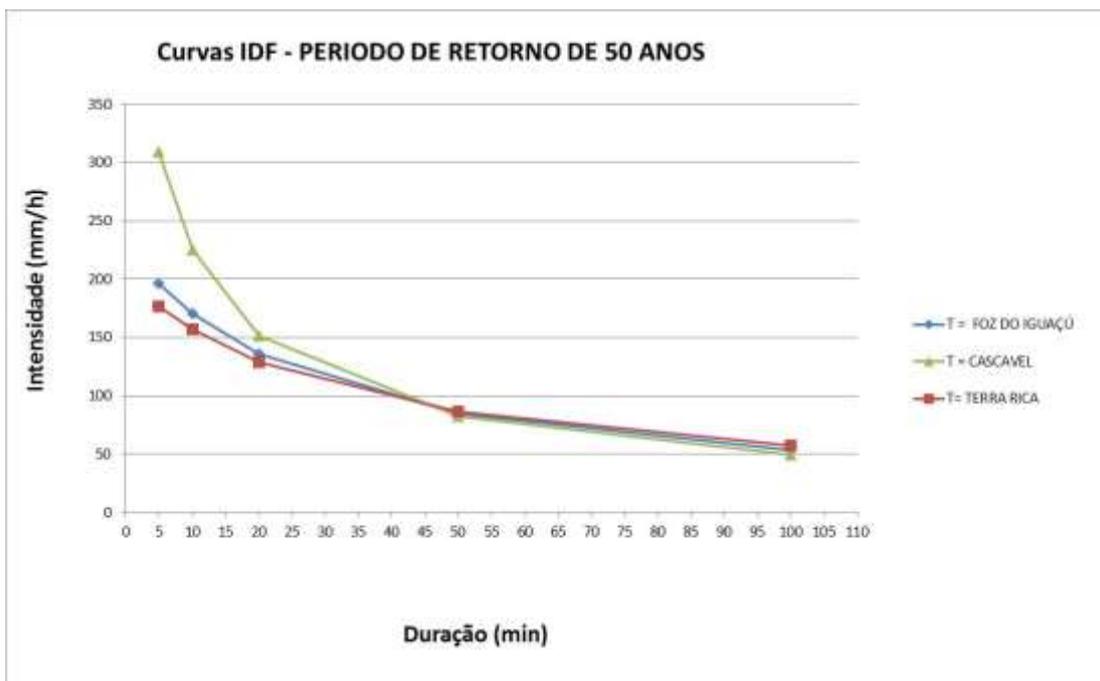


Figura 4 – Curvas IDF para o período de retorno de 50 anos.

Observando o gráfico acima, vemos que Cascavel continua com maior intensidade (mm/h) inicialmente e prevalecendo até os 40 minutos em relação a Foz do Iguaçu e Terra Rica, sendo que no período final analisando as três cidades, sua intensidade são aproximadas.

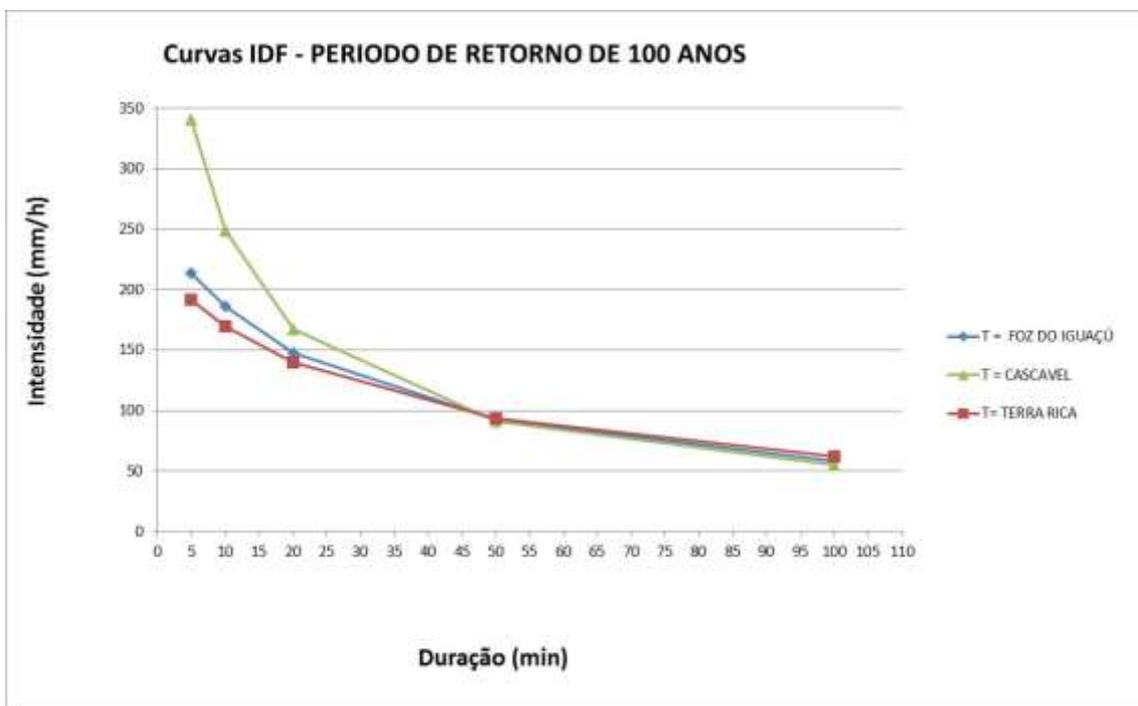


Figura 5 – Curvas IDF para o período de retorno de 100 anos.

Considerando o gráfico acima, novamente é observado que a cidade de Cascavel obteve o maior índice de intensidade (mm/h) em relação as cidades de Foz do Iguaçu e Terra Rica, porém aos 40 minutos,



aproximadamente, Foz se equivale a Cascavel. Nos últimos 20 minutos as cidades obtêm uma intensidade semelhante.

Comparando-se o resultado obtido para Terra Rica com os resultados de Cascavel e Foz do Iguaçu, tem-se a média das intensidades de todos os anos.

Tabela 2 - Intensidade Pluviométrica

CIDADES	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA (mm/h)
Cascavel	137,28
Foz do Iguaçu	117,18
Terra Rica	111,39

Isto nos mostra que se o engenheiro projetista adotar o valor de intensidade da chuva de Terra Rica para uma obra hidráulica em Cascavel cometerá um erro na vazão de projeto de $(173,31 - 129,97 = 43,34\text{l/min})$, e quando se utilizar dados de Foz do Iguaçu ocorrerá um erro de $(173,31 - 136,72 = 36,59\text{l/min})$.

Tabela 3 – Vazão média de todos os anos.

CIDADES	Qm (mm/h)
Cascavel	173,31
Foz do Iguaçu	136,72
Terra Rica	129,97

Tabela 4- Resultados dos cálculos da precipitação para 5, 10, 50 e 100 anos em 5, 10, 20, 50 e 100 minutos.

Cidades	T (min)	Q (l/min) 5 anos	Q (l/min) 10 anos	Q (l/min) 50 anos	Q (l/min) 100 anos
Cascavel	5	260,64	287,39	360,59	397,62
	10	190,30	209,81	263,25	290,28
	20	128,01	141,17	177,10	195,28
	50	69,43	76,56	96,06	105,91
	100	42,04	46,36	64,14	64,14
Foz do Iguaçu	5	171,57	187,10	228,80	249,51
	10	149,21	162,71	198,97	216,98
	20	118,72	129,47	158,32	172,65
	50	74,43	81,16	99,24	108,46
	100	46,55	50,77	62,08	67,69
Terra Rica	5	157,59	170,78	205,83	223,06
	10	140,05	151,78	182,93	198,24
	20	115,25	124,90	150,53	163,13
	50	76,97	83,41	100,52	108,95
	100	51,05	55,33	66,68	72,26

Estes resultados nos mostram que os valores de intensidade da chuva variam muito de região para região. Se um engenheiro projetista adotar o valor de intensidade de Terra Rica para uma obra em Cascavel, cujo projeto



esteja relacionado à drenagens urbanas ou instalações hidráulicas, este estará cometendo um erro por falta na vazão de projeto.

Em Cascavel existe uma pluviosidade significativa ao longo do ano, destacando-se em todos os gráficos analisados, mesmo o mês mais seco ainda assim tem muita pluviosidade.

Contudo, Terra Rica obtém um perfil próximo ao de Foz do Iguaçu quando relacionados a intensidade das chuvas, ambos possuem uma intensidade pluviométrica entre 110mm/h e 120mm/h.

4 CONCLUSÃO

Com a determinação dos parâmetros da equação de intensidade, duração e frequência, pode-se perceber que a concentração e ocorrências de chuvas estiveram maiores na cidade de Cascavel, devido a sua altitude e agentes climáticos. No decorrer dos minutos, as cidades de Terra Rica e Foz do Iguaçu mantiveram um padrão semelhante em relação a intensidade das chuvas, podendo assim concluir que as três cidades obtêm um valor muito próximo de intensidade uma das outras quando a duração passa dos 45 minutos.

Os parâmetros de chuvas intensas podem ser empregados no dimensionamento de obras hidráulicas, exclusivamente para a região onde foram determinados, a importância da utilização adequada da equação de chuvas intensas para o local em que se implantará a obra é devido a utilização de curvas IDF, que serve como instrumento para medição de dimensionamento de tubulação (velocidade e vazão de projeto).

REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional das Águas. **Hidroweb**: Sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>> Acessado em 20 de agosto de 2015.

BELTRAME, L.F.S.; LANNA, A.E.L.; LOUZADA, J.A.S. **Chuvas intensas**. Porte Alegre: IPH- Instituto de Pesquisas Hidráulicas - UFRGS, Porto Alegre, 1991, 69 p.

FENDRICH, R. **Chuvas intensas para obras de drenagem do Estados do Paraná**. Curitiba: Champagnat, 1998. 99 p.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. São Paulo, Edgard Blucher LTDA.1988. 291 p.

INMET- **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>> Acessado em 19 de agosto de 2015.

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Leituras regionais: Mesorregião Geográfica Noroeste Paranaense**. BRDE, Curitiba, 2004.141p.

Nimer, E.; IBGE. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, SUPREN, 1979. 421p.

SILVA, A. M. da; MELLO, C. R. de. **Hidrologia: Precipitação**. Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras. 2009. 67 p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia, ciência e aplicação**. Quarta edição. Porto Alegre,UFRGS. EDUSP/ABRH, 2009. 943 p.

VILLELA, S., MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil.1975. 245 p.