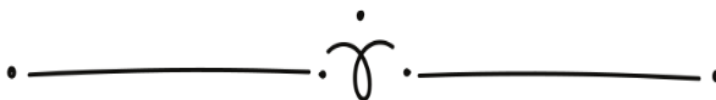


CAPÍTULO 1



ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS PRECIPITAÇÕES E EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS NO MUNICÍPIO DE RIACHO DAS ALMAS – PE

*Aysllandson Carlos da Silva¹
Wendell José Soares dos Santos²*

RESUMO

No Brasil o constante aumento da urbanização de forma desordenada nas cidades vem causando grande impacto na qualidade de vida da população. Durante a urbanização ocorre a substituição da cobertura vegetal, natural, por pavimentos impermeáveis e isso gera alterações significativas em alguns componentes do ciclo hidrológico. Entre as alterações destaca-se: redução na taxa de infiltração e aumento no escoamento superficial, conseqüentemente essas alterações no ciclo hidrológico geram um aumento na frequência e proporção das inundações e alagamentos nas cidades. Estes problemas surgem devido à falta de planejamento sustentável durante a urbanização, falta de controle do uso do solo, assim como, ocupações de áreas de risco e sistemas de drenagem inadequados. Sendo assim, este

¹ aysllandon@outlook.com

² wendell.santos@professores.unifavip.edu.br

trabalho tem como objetivo analisar o regime e a tendência das precipitações e suas chuvas intensas no município de Riacho das Almas - PE se utilizando de uma análise estatística usando como base os dados pluviométricos do posto (56) de onde foi analisada uma série histórica de 1993-2019. O regime pluviométrico para essa série caracterizou-se com valor médio anual de 366,9 mm, com uma leve tendência de decréscimo dos totais anuais nos últimos anos. Foi constatado que o período de chuvas ocorre entre os meses de fevereiro a julho, sendo junho o mês mais chuvoso. Em relação a importância das equações de chuvas intensas, elas são essenciais para elaboração de projetos hidráulicos e hidrológicos que necessitam definir a chuva de projeto para poder obter a vazão de projeto. Por conta da pouca quantidade de informações no estado de Pernambuco quanto às equações de chuvas intensas foi determinado às relações intensidade-duração-frequência para o município de Riacho das Almas, a partir da estação 56, por meio da análise estatística dos dados pluviométricos coletados do posto.

Palavras-chave: Precipitação. Chuvas intensas. Drenagem urbana.

INTRODUÇÃO

Quando se inicia a urbanização de uma região antes não ocupada, essa região passa por inúmeras mudanças que podem gerar grandes alterações na topografia do local assim como no seu ciclo hidrológico. Por esse motivo deve-se realizar antes um estudo do local para analisar os impactos dessa urbanização além de estabelecer um planejamento a fim de lidar com eventuais problemas como a drenagem urbana do local.

Diante disso, tem-se o município de Riacho das Almas, localizado no agreste pernambucano, com clima semiárido onde alguns meses concentram a maior parte da precipitação, e o restante do ano sofre com o período de estiagem. Logo, compreender como se comporta a distribuição das chuvas ao longo do ano se faz importante, pois contribuirá para o planejamento das diversas atividades desenvolvidas no município.

Desse modo, esse trabalho tem como objetivo analisar o regime e a tendência das precipitações e suas chuvas intensas no município de Riacho das Almas a partir de uma análise estatística e com isso contribuir para o desenvolvimento do município.

METODOLOGIA

O trabalho teve as referências teóricas adquiridas por meio de uma revisão bibliográfica correspondentes a diversos aspectos relacionados a análise pluviométricas e métodos estatísticos, através dos dados obtidos na revisão bibliográfica foi analisado a tendência e o regime pluviométrico no município de Riacho das Almas – PE.

Área de estudo

Fundado em 27/12/1953 o município de Riacho da Almas (Figura 1) está localizado na região do agreste Pernambucano. Apresentando um clima semiárido onde alguns meses concentram a maior parte da precipitação, e o restante do ano sofre com o período de estiagem.

De acordo com o IBGE (2019), o município se encontra com uma população aproximada de 20.546 habitantes, uma área de 314,003 Km² e uma densidade demográfica de 61,02 hab/Km².

Figura 1 - Localização do município de Riacho das Almas.



Fonte: Santos (2012).

Coleta de dados

Os dados pluviométricos utilizados foram obtidos a partir da estação Riacho das Almas (código 56 da APAC). Dessa estação foi extraída uma série histórica de 26 anos, que conta com dados a partir do ano de 1993 a 2019.

Análise estatística

A partir da análise da precipitação total anual da série histórica será obtido seu índice pluviométrico médio assim como o ano mais seco e chuvoso dessa série.

O período seco e chuvoso do município será caracterizado a partir de um valor de referência médio mensal obtido a partir da precipitação média anual acumulada no período de 1993 a 2019.

Com o intuito de analisar o comportamento global do regime pluviométrico da cidade de Riacho das Almas e determinar os valores discrepantes (*outliers*), será construído um gráfico *box-plot* a partir dessa série histórica.

A partir de uma análise descritiva referente aos dados mensais e anuais da série histórica, foi construído um quadro contendo informações como: a mediana, média, desvio padrão, valor máximo e mínimo, coeficiente de curtose (CK), coeficiente de assimetria (CAS), coeficiente de variância (CV) e limite superior e inferior do intervalo com 95% de confiança para a média.

Para analisar a tendência das precipitações para esse histórico, foram construídos gráficos de média móvel para 2, 5 e 10 anos. Esta análise tem como objetivo, verificar a variabilidade temporal da precipitação no município de Riacho das Almas.

Análise de frequência de chuvas

A estimativa da frequência de chuva, foi realizada a partir da distribuição de Gumbel-Chow, onde foram estimados os valores de chuva para períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 50 e 100 anos.

Em relação as alturas pluviométricas, foi necessário ajustar os intervalos de tempo de modo a definir para cada ano os valores extremos de precipitação como proposto por Pizarro (2003). Desta forma, foram determinadas as alturas máximas referentes a durações de 5, 10, 20, 30, 60, 360, 480, 600, 720, e 1440 minutos. Consequentemente, foram geradas as séries de máximas precipitações anuais para cada duração e em seguida foi obtida a curva IDF.

De acordo com Tucci (2001), a curva IDF pode ser adaptada a equações genéricas, que fornecem relações matemáticas entre a intensidade, duração e frequência das precipitações. Essas equações são chamadas de equações de chuvas intensas, e são geralmente expressas pela Equação 1:

$$i = \frac{K.T^a}{(t+b)^c} \quad (1)$$

Onde:

i = intensidade da precipitação (mm/h);

T = tempo de retorno (anos);

t = duração (min)

K, a, b, c = parâmetros locais

Para esse estudo foi utilizado uma variação da Equação 1 proposta por Aparício (1997) onde ele estabelece uma alternativa para obter uma equação que gera as curvas da IDF por meio de um modelo de regressão linear, a fim de extrapolar a equação gerada, para áreas que carecem de registros pluviométricos. Portanto, para análise do comportamento das variáveis envolvidas neste estudo, relacionando simultaneamente as três variáveis em uma família de curvas, sendo expressa pela Equação 2:

$$I = \frac{k.T^m}{D^n} \quad (2)$$

Onde:

I = intensidade da precipitação (mm/h);

T = tempo de retorno (anos);

D = duração (min);

K, m, n = constantes de regressão linear.

Para obter a expressão na forma de um modelo de regressão linear múltipla, os logaritmos que foram aplicados à Equação 2, são expressos pela Equação 3 como:

$$\log I = \log K + m \log T - n \log D \quad (3)$$

A Equação 3 também pode ser expressa de outra forma como mostrado na Equação 4:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 \quad (4)$$

Onde:

$$y = \log I \quad a_0 = \log K$$

$$X_1 = \log T \quad a_1 = m$$

$$X_2 = \log D \quad a_2 = -n$$

A partir disso, calculados os coeficientes a_0 , a_1 e a_2 foi possível encontrar os valores de k , m e n . Substituindo os parâmetros estimados na equação de chuvas intensas (Equação 1), obtém-se a equação IDF específica para o município de Riacho da Almas referente a estação (56).

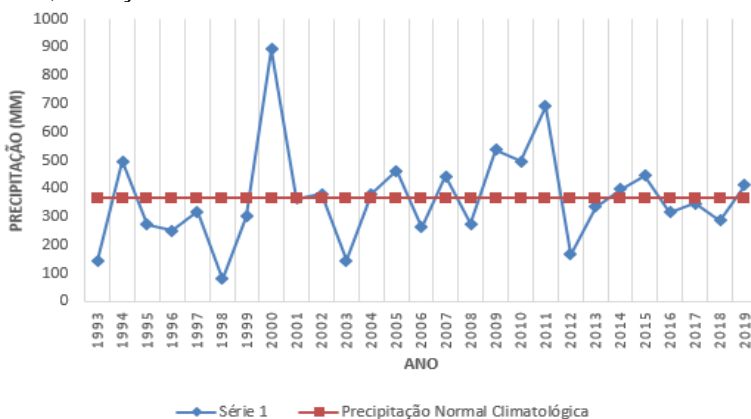
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise de dados de pluviometria

O Gráfico 1 a seguir apresenta a distribuição do total anual das precipitações ocorridas no município de Riacho das Almas, entre os anos 1993 a 2019. O município apresenta um índice pluviométrico médio para esse período de 366,9

mm anuais. Segundo o gráfico o ano de 2000 foi o ano mais chuvoso com cerca de 894,4 mm e o ano 1998 foi o menos chuvoso com 79,1 mm.

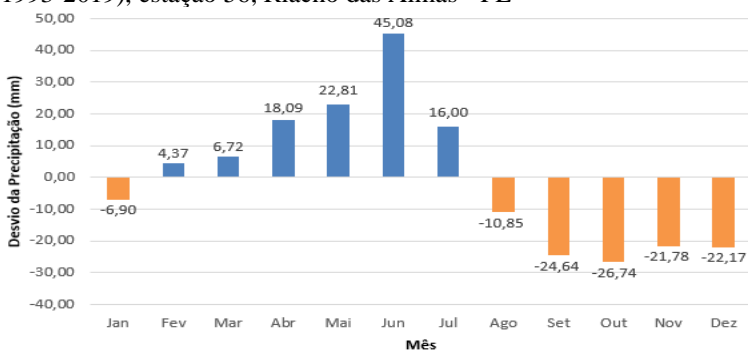
Gráfico 1 - distribuição do total anual das precipitações (1993-2019), estação 56, Riacho das Almas – PE.



Fonte: Autoria própria.

Para determinar o período seco e chuvoso, foi utilizado um valor médio mensal obtido da precipitação média anual acumulada entre os anos de 1993 a 2019, valor esse de 30,58 mm. Adotando esse valor como divisor entre os períodos de seca e chuva foi criado o Gráfico 2. Diante desse gráfico é possível notar que o período de chuvas do município ocorre entre os meses de fevereiro e julho, tendo os meses de junho e outubro sendo respectivamente, o mês mais chuvoso e mais seco do ano.

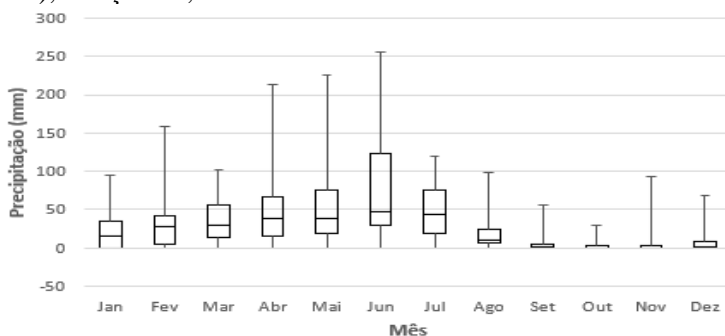
Gráfico 2 - Parâmetros estatísticos da precipitação média mensal (1993-2019), estação 56, Riacho das Almas - PE



Fonte: Autoria própria.

A partir do gráfico *box-plot* (Gráfico 3), é possível notar que o período de chuvas do município ocorrer entre os meses de fevereiro a julho, tendo eles médias maiores que a média anual de 30,58mm. Nesses meses mais chuvosos observou-se uma maior variabilidade em torno da média.

Gráfico 3 - Gráfico Box-plot da precipitação média mensal (1993-2019), estação 56, Riacho da Almas – PE.



Fonte: Autoria própria.

O Quadro 1 apresenta os resultados da estatística descritiva da precipitação acumulada mensal e anual. Pode-se observar que junho teve a maior precipitação média, sendo ela de 75,66 mm e outubro a menor apresentando 3,84 mm.

Todos os meses tiveram uma distribuição assimétrica positiva, indicando que os valores médios são maiores que a mediana de modo que mais da metade dos dados se encontram abaixo da média. Todos os meses tiveram um coeficiente de variação (Cv) acima de 50% e em relação aos coeficientes de curtose (Ck) calculados para cada mês, eles variam entre valores positivos e negativos, indicando uma distribuição de frequência platicúrtica (menor que a distribuição normal) e leptocúrtica (maior que a distribuição normal).

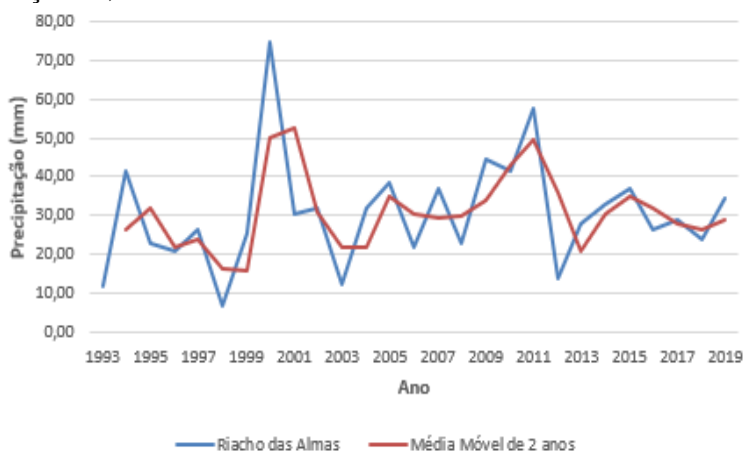
Quadro 1 - Parâmetros estatísticos da precipitação média mensal, estação 56, Riacho das Almas – PE.

Mês	n	Média	LI 95%	LS 95%	Mínimo	Máximo	Mediana	Desvio padrão	Coeficientes		
									Cv	Cas	Ck
Jan	27	23,68	12,95	34,41	0	94,8	16,3	28,45	120,14	1,28	0,80
Fev	27	34,95	19,42	50,48	0	158	28,4	41,17	117,80	1,84	3,25
Mar	27	37,30	26,11	48,49	0	101,4	29	29,67	79,56	0,67	-0,47
Abr	27	48,67	31,35	65,99	0	213,5	38,6	45,91	94,34	1,95	5,41
Mai	27	53,39	33,95	72,82	0	225,6	37,9	51,52	96,51	1,80	3,93
Jun	27	75,66	50,68	100,65	0	256	47	66,23	87,54	1,04	0,48
Jul	27	46,57	33,88	59,27	0	119,7	43,2	33,65	72,25	0,38	-0,89
Ago	27	19,73	11,36	28,09	0	98,6	10,3	22,17	112,42	2,08	5,24
Set	27	5,94	1,57	10,31	0	56,6	2,1	11,58	194,95	3,56	14,62
Out	27	3,84	0,91	6,76	0	29	0	7,75	202,00	2,21	4,18
Nov	27	8,80	0,66	16,94	0	93	0	21,57	245,09	3,11	9,86
Dez	27	8,41	2,10	14,72	0	69,2	1	16,73	198,87	2,74	7,47

Fonte: Autoria própria.

No Gráfico da média móvel a cada 2 anos (Gráfico 4), é possível notar que durante todo o histórico ocorre uma grande variação nos valores entre as precipitações totais anuais. Durante grande parte do histórico a precipitação anual se encontra superior à média, indicando anos chuvosos.

Gráfico 4 - Média móvel da precipitação total anual a cada 2 anos, estação 56, Riacho das Almas - PE

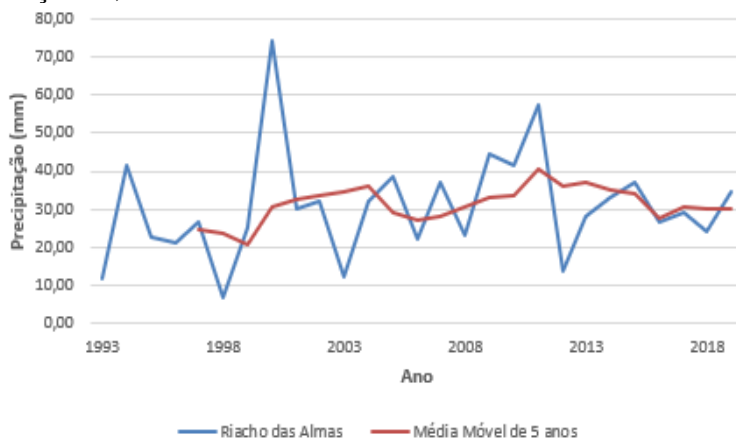


Fonte: Autoria própria.

De acordo com o gráfico da média móvel a cada 5 anos (Gráfico 5), é possível notar uma maior amplitude na precipitação anual se comparado a média móvel a cada 2 anos. A maioria dos valores anuais está abaixo da média,

indicando que para a média móvel a cada 5 anos houveram mais anos secos.

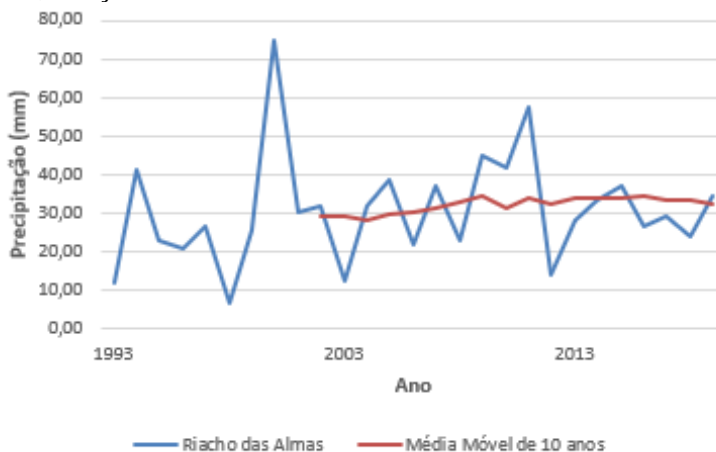
Gráfico 5 - Média móvel da precipitação total anual a cada 5 anos, estação 56, Riacho das Almas - PE



Fonte: Autoria própria.

No caso do gráfico da média móvel a cada 10 anos (Gráfico 6), ao comparar com os gráficos da média móvel cada 2 e 5 anos, é possível notar que quanto mais aumenta o período da média, menor se torna a variação da tendência, a tornando quase linear. A linha de tendência disposta entre os anos 2002 a 2019 permanece estável oscilando entre 28,24 mm e 34,55 mm

Gráfico 6 - Média móvel da precipitação total anual a cada 10 anos, estação Riacho das Almas – PE.



Fonte: Autoria própria.

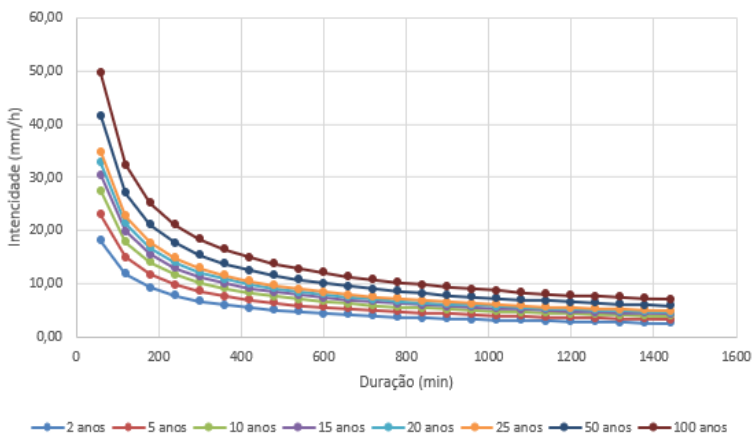
Análise de chuvas intensas

O Gráfico 7 apresenta a curvas IDF, para o período de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos, com uma duração de chuva de 1.440 minutos (24 horas) e com a intensidade de chuva sendo expressa em mm/hora.

A partir da análise dos dados pluviométricos da estação 56 do município de Riacho das Almas, foi possível a criação da equação de chuva do município como mostrado na Equação 5 sendo:

$$I = \frac{188,7819.T^{0,257713}}{D^{0,61639}} \quad (5)$$

Gráfico 7 – Curva IDF para o período de 1997 a 2019, estação 56, Riacho da Almas-PE.



Fonte: Autoria própria.

CONCLUSÃO

A partir da análise dos dados pluviométricos da série histórica para o município de Riacho das Almas, foi constatado que o município apresenta um índice pluviométrico médio de 366,9 mm anuais, tendo seu período de chuvas composto pelos meses de fevereiro a julho e os anos de 1993 e 2000 sendo respectivamente o ano mais seco e chuvoso da série.

Analisando os gráficos da média móvel é possível notar uma tendência crescente entre os anos de 2004 a 2011, de modo que esse período deve ser levado em consideração para elaboração de projetos hidráulicos e hidrológicos, por

apresentar uma precipitação anual com uma variação elevada e distinta.

A partir da análise dos dados também foi possível a elaboração do gráfico da curva IDF, juntamente com a elaboração da equação de chuva do município.

Existem poucos estudos científicos para o município de Riacho das Almas no que diz respeito a área hidrológica, em razão disso, o conteúdo elaborado tem como objetivo contribuir significativamente para a elaboração de futuros projetos hidráulicos e hidrológicos e incentivar o desenvolvimento de mais estudos para o município.

REFERÊNCIAS

APARICIO, F. **Fundamentos de Hidrologia de Superfície**. Belderas: Limusa, 1997. 303 p.

BRACARENSE, P.A. **Estatística aplicada às Ciências Sociais**. Curitiba: IESDE Brasil S. A. 2012.

CAZORLA, I. et al. **Estatística para os anos iniciais do ensino fundamental**. 1º. ed., Brasília: Sociedade Brasileira de Educação Matemática - SBEM, p. 121, 2017.

GUEDES, Terezinha Aparecida et al. Estatística descritiva. In: **Projeto de ensino aprender fazendo estatística**. São Paulo: USP, 2005, p. 1-49. Disponível em:<http://www.each.usp.br/rvicente/Guedes_et al_Estatistica_Descritiva.pdf>.

KIST, A.; VIRGENS FILHO, J. S. Análise probabilística da distribuição de dados diários de chuva no estado do Paraná. **Revista Ambiente & Água**. 10.1: p. 172-181, 2015.

LATORRE, M. R. D.; Cardoso, M. R. A. Análise de séries temporais em epidemiologia: Uma Introdução Sobre os Aspectos Metodológicos. **Revista Brasileira de Epidemiologia**. 4: p.145-152, 2001.

MELLO, C. R.; VIOLA, M. R. Mapeamento de chuvas intensas no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 37.1: p.37-44, 2013.

MELLO, C. R. et al. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 27.5: p.925-933, 2003.

MELLO, Y. R.; OLIVEIRA, T. M. N. Análise estatística e geoestatística da precipitação média para o município de Joinville (SC). **Revista Brasileira de Meteorologia**. 31.2: p.229-239, 2016.

NAGHETTINI, M. C.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 561 p.

NETO, P. V. **Estatística descritiva: Conceitos básicos**. São Paulo. 2004.

PIZARRO, R., ABARZA, A., FARÍAS, C., & JORDÁN, C. (2003). **Construcción de curvas IDF (Intensidad-Duracion-Frecuencia) em zonas semiáridas de Chile central**. In: XII Congreso Forestal Mundial (p. 11). Québec - Canada.

PORTELA, M. M. et al. Tendências em séries temporais de variáveis hidrológicas. **Re- vista Recursos hídricos**. 32: p.43-60, 2011. Disponível em:
<http://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/1302/3/artigo_JFS_RRH_2011.pdf>

SANTOS, J. J. **Avaliação do arranjo produtivo local de confecção no município de riacho das almas no estado de Pernambuco**. Recife, PE, 2012. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 2012.

SILVA, B. M. et al. Chuvas Intensas em localidades do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. 17.3: p.135-147, 2012.

SILVEIRA, A. L. L. **Provável efeito urbano nas relações IDF das chuvas de Porto Alegre**. 2.2: p.93-107, 1997.

Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Andre_Luiz_Lopes_Da_Silveira/publication/242591438_Provavel_efeito_urban_o_nas_relacoes_IDF_das_chuvas_de_Porto_Alegre/links/540224460cf2bba34c1b7d42.pdf>

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**, 2a ed. Porto Alegre: Editora Universidade/ UFRGS: ABRH, 2001. 943 p.

TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. Gerenciamento da drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. 7.1: p.5-27, 2001.