



**XIII SIMPÓSIO DE
RECURSOS HÍDRICOS
DO NORDESTE**

ARACAJU - SERGIPE - BRASIL

ESTIMATIVAS DE EVENTOS DE CHEIA NA REGIÃO CENTRAL DO MUNICÍPIO DE VIDEIRA – SC

¹Leno Claudinei Dal Bosco Carlesso; ²Mauricio Perazzoli ³Laís Bruna Verona & ⁴Andrei Goldbach

RESUMO – O município de Videira- SC registra eventos críticos de enchentes com determinada frequência. Tais eventos causam danos materiais e risco a saúde pública bem como risco de vida a população que vive às margens do rio. O objetivo desse trabalho é correlacionar os dados hidrológicos provenientes da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe com as cotas e vazão do Bairro Alvorada, a fim de estabelecer um esboço de um sistema de alerta contra enchentes. O projeto consistiu em realizar levantamentos de dados hidrológicos dos últimos trinta anos, regionalizando-os por meio de fórmulas matemáticas, a fim de obter as, vazões máximas, mínimas e médias, bem como precipitações, máximas mínimas e médias. Após a obtenção de dados foi possível determinar as principais vazões de referência, estabelecer graficamente a curva de permanência, definir o tempo de retorno para a seção estudada, enquadrar as vazões máximas no período de retorno, e por fim correlacionar os dados hidrológicos com as cotas das principais enchentes que atingiram o Bairro Alvorada.

ABSTRACT – The municipality of Videira - SC registers critical events of floods with certain frequency. Such events cause property damage and risk to public health as well as life-threatening to people who lives along the river. The aim of this study is to correlate the hydrological data from the Basin of Peixe River with the quotas and flow of Alvorada Subdivision, in order to establish an outline of a warning system against floods. The project consisted in carrying out hydrological data collections from the past thirty years by localizing them through mathematical formulas in order to get the, maximum, minimum and average flow rates and precipitation, maximum and minimum averages. After obtaining data it was possible to determine the main flow of reference, graphically establish the duration curve, set the return time for study section, frame the peak flows in the return period, and finally correlate the hydrological data with the quotas major floods that hit the Alvorada neighborhood.

Palavras-Chave –. Eventos de cheia. Estudos Hidrológicos. Recursos Hídricos

¹ Afiliação: UNOESC – Universidade do Oeste de Santa Catarina, CEP: 89560-000, Videira – SC. Fone: (49) 3566-7408. E-mail: leno.carlesso@hotmail.com.

² Afiliação: UNOESC – Universidade do Oeste de Santa Catarina. CEP: 89580-000, Fraiburgo – SC. Fone: (49) 9912-2131. E-mail: mauricio.perazzoli@gmail.com.

³ Afiliação: UNOESC – Universidade do Oeste de Santa Catarina. CEP: 89560-000, Videira – SC. Fone: (49) 8862-0182. E-mail: brunaverona13@hotmail.com.

⁴ Afiliação: UNOESC – Universidade do Oeste de Santa Catarina . CEP: 89560-000, Videira – SC. Fone: (49) 8401-3857. E-mail: andrei.goldbach@unoesc.edu.br.

1 – INTRODUÇÃO

A água exerce um fundamental papel no meio ambiente e também na sociedade onde vivemos. Haja vista que é utilizada em diversas atividades e econômicas, em todo o mundo um novo conceito sobre gestão dos recursos hídricos vem sendo discutido e aplicado. Proporcionando uma qualidade de vida melhor para a população, utilizando os recursos disponíveis de maneira consciente.

Assim como benefícios, em casos de evento críticos a água pode oferecer riscos à população. Esse quadro é observado atualmente, onde milhares de pessoas sofrem perdas constantes em enchentes. Para amenizar tal situação, devem ser realizados estudos e monitoramentos periódicos, a fim de desenvolver ações que diminuam os impactos causados por esses desastres naturais.

Os eventos críticos de enchentes e inundações tem se mostrado cada vez mais presentes principalmente no cenário estadual, Santa Catarina tem registrado inúmeras ocorrências de eventos de cheias em seus municípios. Segundo Ledra (2014), só na segunda quinzena do mês de junho de 2014, o número de pessoas afetadas no estado devido às chuvas se aproximava de 650 mil. Na ocasião, 48 municípios decretaram situação de emergência, a maioria deles pertencente ao grande Oeste Catarinense.

Dentre esses municípios atingidos pelas enchentes de 2014, está a cidade de Videira, a mesma está situada no Vale do Rio do Peixe, Meio Oeste Catarinense, com área de 377,852 km², tem 47.188 habitantes pelo censo do IBGE de 2010, sendo que desses 42.856 vivem na zona urbana da cidade. O Rio do Peixe, principal rio da região, e alguns de seus afluentes cortam zonas de intensa povoação e atividades. No decorrer de sua história a cidade de Videira registrou inúmeros eventos de cheia, os principais ocorreram nos anos 1983,1992, 1999, 2010 e 2014, gerando uma série de problemas para os órgãos públicos bem como causando inúmeros prejuízos à população.

Devido aos prejuízos causados por esses eventos, existe a necessidade de realizar a busca por soluções a fim de minimizar e diminuir os impactos provenientes destes desastres. Em seu estudo, Ledra (2014) explica que a busca por alternativas para solucionar tal problema passa pela aplicação de medidas estruturais e não estruturais. As medidas não estruturais estão ligadas aos procedimentos burocráticos: leis de preservação, monitoramento, delimitação de áreas ocupáveis, etc. São mais rápidas de serem implantadas e, quando eficientes, reduzem as perdas humanas e financeiras. Já as medidas estruturais são aquelas que requerem mudanças de fato, principalmente nas estruturas físicas dos rios e de seus entornos, como barragens de contenção e diques.

Para a implantação de tais medidas é necessário um estudo hidrológico aprofundado que compreenda séries históricas de alguns parâmetros principais como: dados de vazão, dados pluviométricos e dados de cotas de enchente.

No presente trabalho foi realizado um levantamento de dados pluviométricos, hidrométricos e dados referente a vazão. Tais dados foram correlacionados a fim de projetar medidas não estruturais que possam ser aplicadas à realidade da nossa cidade. Tal relação proporcionou elaborar um esboço de sistema de alerta capaz de prever possíveis pontos de alagamentos a partir de previsões de precipitações pluviométricas.

2 – METODOLOGIA

A metodologia do trabalho foi dividida nas seguintes etapas apresentadas:

- I. Foi realizado um levantamento da área de estudo que compreende a Bacia hidrográfica do Rio do Peixe e sua Sub Bacia Rio das Pedras, bem como delimitado o Alvorada como bairro a ser trabalhado devido a sua importância e os constantes eventos críticos de cheia que o atingem.
- II. Após delimitação da área de estudo, foi realizada a aquisição de dados hidrológicos de séries históricas, no site HIDROWEB da ANA. Esses dados são compostos por dados de vazão, precipitação e dados hidrométricos.
- III. Os dados obtidos foram tratados no software Microsoft Excel®, afim de obter dados pluviométricos, de vazão e de cota de todos os dias de 01 de janeiro de 1982, até 31 de dezembro de 2014.
- IV. Após corrigir e tratar os dados obtidos, foram tabeladas: - Vazões de referência Q50, Q85, Q90, Q95, Q98; -Precipitação máxima, mínima e média; - Vazão máxima, mínima e média; - Cotas máximas, mínimas e médias; -Dados de vazão, cota e índice pluviométricos dos dez maiores eventos corridos nesse período; -Vazões com Período de Retorno de 5, 10, 20, 30, 40 ,50 e 100 anos.
- V. A partir dos dados obtidos foram gerados gráficos das curvas de permanência e relação de quantidade de chuva/cota/vazão.
- VI. Por último foi comparado os principais eventos críticos e encaixados nos períodos de retorno, e comparadas às cotas obtidas por georreferenciamento das principais enchentes com os dados coletados das estações hidrométricas e pluviométricas.

A área estudo desse projeto é a bacia hidrográfica do Rio do Peixe (Figura 1) e a sub-bacia do Rio dos Pedras.



Figura 1- Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe.

Para o desenvolvimento desse foi trabalhado apenas com um bairro da cidade de Videira, o Alvorada (Figura 1), o qual é cortado pelo Rio as Pedras. O bairro Alvorada tem uma população de 1448 habitantes (IBGE, 2010), que correspondia a aproximadamente 3% da população da cidade em 2010. A escolha da área de estudo foi determinada em razão da sequência históricas de eventos críticos que atingiram a região.

Para o presente trabalho o período de estudo considerado foi de 01 de janeiro de 1982, até 31 de dezembro de 2014. A delimitação do período de estudo, foi objetivando o realizar levantamento de dados hidrometeorológicos dos principais eventos críticos da bacia hidrográfica em questão.

Para a obtenção dos dados de precipitação de chuva até 2010 foram utilizadas as médias de precipitação pluviométrica obtida por Lindner (2007) e utilizada também por Litrento (2012), que utilizaram dados de 6 estações da região alta da bacia. A partir de 2010 a 2014 foi utilizado os dados da estação pluviométrica de Irakitan (Videira) n°02651001, S-27°00'42'' e W-51°02'22'' operada pela Agência Nacional de Águas.

Os dados foram obtidos pelo sistema *online* de informações hidrológicas, presente no site Hidroweb, que é gerenciado pela Agência Nacional de Águas. Após extraídos os dados foram compilados no software Microsoft Excel. Onde foram obtidas as precipitações máximas, mínimas e

médias, bem como as precipitações das séries de eventos críticos ocorridos na bacia hidrográfica do Rio do Peixe.

Para a obtenção dos dados de vazão e cotas, foi utilizada a estação fluviométrica de Rio das Antas identificadas pelo código 72715000, S -26:53:45, W -51:4:32, com 801km² de área de drenagem também gerenciada pela Agência Nacional de Águas (ANA).

Tantos os dados pluviométricos como os fluviométricos foram obtidos dessas estações mencionadas em virtude, de não existir estações fluviométricas e pluviométricas em Videira com um histórico de dados consistentes para a realização desse projeto. Os dados das estações foram transpostos para a região do estudo através da regionalização de dados hidrológicos, baseados na vazão específica e na área de drenagem. Para a regionalização de dados foi utilizada a equação 1, conforme determina Tucci (2002):

$$Q_r = \frac{A_r}{A_1} \cdot Q_1 \quad (1)$$

Onde Q_r = vazão regionalizada; A_r = Área de drenagem regionalizada; A_1 = Área de drenagem do posto de referencia; Q_1 = vazão do posto de referencia.

Os dados foram obtidos da mesma forma pelo sistema *online* de informações hidrológicas, presente no site Hidroweb, e após extraídos os dados foram compilados no software Microsoft Excel. Onde foram obtidas as vazões máximas, mínimas, médias e as vazões de referência Q_{50} , Q_{85} , Q_{95} , Q_{98} . Através das planilhas foram identificados os principais eventos críticos e comparados com as vazões de tempo de retorno.

Para determinar as vazões máximas para um determinado tempo de retorno (TR) na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe, foram utilizadas as equações 2 e 3 baseadas na Distribuição de Gumbel (GUMBEL, 1941):

$$Q = 889,7 \times y + 1148 \quad (2)$$

$$y = -\ln\left\{-\ln\left[\frac{TR-1}{TR}\right]\right\} \quad (3)$$

Q = a vazão em m³/s, y é a variável reduzida de Gumbel, expressa para o período de retorno de igualdade ou excelência de um evento com determinada magnitude, TR é o tempo de recorrência ou retorno.

3. RESULTADOS

Através dos dados obtidos e da metodologia empregada foi possível obter os resultados e conclusões acerca da área e do assunto trabalhado.

A partir da relação dos dados hidrológicos das series históricas obtidos no site da ANA foi possível identificar as maiores enchentes que atingiram a bacia hidrográfica do Rio do Peixe (Tabela 01) as quais são apresentadas por ordem de precipitação pluviométrica.

Tabela 01 - Vazões máximas registradas no período estudado

	Data	Vazão (m³/s)	Precipitação (mm)	Cota (m)
1°	11/10/1997	1367,4	76,8	1058,0
2°	12/10/1997	1059,3	30,7	915,4
3°	10/10/1997	988,37	47,1	883,2
4°	29/05/1992	926,9	43,4	853,3
5°	27/06/2014	858,9	103,1	817,6
6°	08/09/2011	814,2	74,4	794,6
7°	09/09/2011	803,9	57,8	788,9
8°	22/09/2013	789,5	59,6	779,7
9°	28/05/1992	768,5	102,0	770,5
10°	23/09/1983	765,4	106,1	768,2

Fonte: o autor.

Litrento (2012) realizou um estudo semelhante, indicando os principais picos de vazão e de precipitação da área da bacia de Rio das Antas. Conforme é demonstrado nas tabelas 02 e 03.

Tabela 02 – Dias de vazão máxima na sub-bacia Pe₁ (801 km²)

Data	Vazão (m³/s)	Vazão (mm/d)
11/10/1997	596	64,1
12/10/1997	462	49,7
10/10/1997	431	46,4
29/05/1992	404	43,5
08/09/2011	355	38,2
09/09/2011	350	37,7
28/05/1992	335	36,0
23/09/1983	334	35,9
30/06/1992	332	35,7
23/04/2010	319	34,4

Fonte: LITRENTO, 2012.

Relacionando os resultados obtidos por Litrento (2012), com os resultados obtidos nesse trabalho, é possível observar que ocorre uma variação na vazão encontrada, isso deve-se a que a área

de contribuição trabalhada nesse projeto é de 1800km² enquanto a da estação fluviométrica é apenas 803km². Conseqüentemente a vazão obtida foi mais elevada que a da área da estação de Rio das Antas.

Da mesma forma foram identificados os dias de precipitação máxima registrada, conforme a Tabela 03.

Tabela 03 - Precipitações máximas registradas nos dias estudados

	Data	Vazão (m³/s)	Precipitação (mm)	Cota (m)
1º	23/04/2010	110,9	747,8	7,64
2º	23/09/1983	106,1	781,0	7,83
3º	27/06/2014	103,1	876,6	8,34
4º	28/05/1992	102,0	784,3	7,86
5º	03/07/1999	101,4	529,5	6,43
6º	07/07/1983	100,4	641,4	7,04
7º	30/06/1992	99,0	777,7	7,81
8º	01/05/2014	98,1	101,3	4,01
9º	26/06/2014	97,3	273,6	5,01
10º	20/06/1997	96,9	628,8	3,77

Fonte: o autor.

De acordo com análise dos resultados obtidos e comparando com os resultados de Litrento (2012) é perceptível que os dias de vazão máxima nem sempre estão relacionados aos dias de maior precipitação, portanto nem sempre os dias de maiores vazões necessitam estar relacionado ao dia de maior precipitação

A resolução do CONAMA N° 129/2011 define que, vazão de referência é aquela que representa a disponibilidade hídrica do curso de água, associada a uma probabilidade de ocorrência. Então ao associarmos todas as vazões obtidas no período estudado foi possível por meio de formulas probabilísticas determinar aproximadamente as vazões de referência conforme demonstra a Tabela 04.

Tabela 04 - Vazões de Referência

Vazões de Referência	Valores Obtidos (m³/s)	Lindner (2007) (m³/s)
Q ₅₀	27,4	16,7
Q ₈₅	8,2	-
Q ₉₀	5,8	5,7
Q ₉₅	3,7	4,1
Q ₉₈	1,6	-

Fonte: o autor e Lindner (2007)

Ao comparar as vazões de referência obtidas através da regionalização de vazões, é possível observar que no trabalho de Lindner (2007), os valores se assemelham. A variação na vazão de

referência Q_{50} é observada devido ao processamento de dados por meio da regionalização das vazões, na qual as vazões foram convertidas estatisticamente para a área de estudo. Como a área de contribuição é maior que a de Lindner (2007) o valor da vazão de referência Q_{50} está acima do trabalho anterior.

Foi realizado também a regionalização das vazões por meio de formulas matematicas, bem como realizado a equação do Período de Retorno para 5, 10, 30, 30, 40, 50 e 100 anos. O período de retorno indica a frequência com que um evento hidrológico poder ser igualado ou superado pelo menos uma vez (Perazzoli, 2012). As vazões de retorno estão demonstradas na Tabela 05.

Tabela 05 – Tempo de retorno de vazões máximas.

Tempo de Retorno	Q máximas (m³/s)
TR5	767,0
TR10	907,6
TR20	1.042,4
TR30	1.120,0
TR40	1.174,7
TR50	1.216,9
TR100	1.347,7

Fonte: o autor

Ao analisar os dados da Tabela 06 é possível observar o tempo no qual a vazão máxima voltára a ocorrer em um evento de cheia. Após obtidas as vazões máximas de retorno foi possível correlacionar com as maiores vazões registradas no período estudado. A Tabela 06 correlaciona as vazões de retorno com as vazões máximas obtidas (Tabela 03).

Tabela 06 - Caracterização de vazões extremas de acordo com período de retorno

Data	Vazões (m³/s)	Tempo de Retorno
11/10/1997	1.367,3	TR100
12/10/1997	1.059,2	TR20
10/10/1997	988,3	TR10
29/05/1992	926,8	TR10
27/06/2014	858,9	TR10
09/09/2011	814,2	TR5
09/09/2011	803,9	TR5
22/09/2013	789,5	TR5
28/05/1992	768,5	TR5
23/09/1983	765,3	TR5

Fonte: o autor.

Obtendo os tempos de retorno para a bacia hidrografica estudada, foi possivel correlacionar com as vazões máxima registradas na bacia, Onde que a vazão com periodo de retorno de 100 anos

foi registrada 11/10/1997 e a de 20 anos 12/10/1997, a vazão de retorno de 40 e 50 anos não foram registradas no período estudado. As demais vazões demonstradas na tabela 9 foram registradas no período de retorno de 10 e 5 anos. Ao observar a frequência com que os eventos com período de retorno de 05 anos são apresentados indica-se que para projetos de engenharia seja o utilizado tal período de retorno.

Após realizado o levantamento e tabelado os principais eventos de cheia foi possível realizar a correlação entre o índice pluviométrico e as cotas enchentes que foram registradas. Para a obtenção das cotas enchentes foi realizado georreferenciamento afim de determinar o nível aproximado em que a água chegou nas principais enchentes que atingiram o Bairro Alvorada, a partir dessas cotas foi possível correlacionar com a quantidade de chuva em milímetros que caiu naquele dia.

A Tabela 07 demonstra a correlação entre os dados registrados nos eventos críticos na bacia hidrográfica do Rio do Peixe com as cotas enchentes obtidas no Bairro Alvorada.

Tabela 07- Correlação de Dados de enchentes

Período	Precipitação acumulada em 3 dias (mm)	Vazão m³/s	Cota enchente Dados Estatísticos (cm)	Cota Enchente Dados de Campo (cm)
06-07-08/07/83	239	628,6	533,6	884,9
18-19-20/06/97	102,2	616,2	683,1	574,5
22-23-24/04/10	185,1	732,9	748,6	439,5
26-27-28/06/14	257,0	858,9	817,6	500,3

Fonte: O autor.

Ao analisarmos a Tabela 07, observa-se que os dias de principais precipitações destacadas nesse trabalho estão relacionados com os principais eventos críticos que atingiram o bairro Alvorada. Existe uma divergência entre a caracterização dos maiores evento, as cotas registradas no Bairro Alvorada, caracterizam em ordem diferente de magnitude os eventos ocorridos. Ao correlacionar as cotas é possível ver que ocorreu essa variação, isso deve-se a regionalização das cotas, bem como a diferença de vazão do Rio do Peixe e de seu afluente Rio das Pedras.

De acordo com os dados hidrológicos obtidos no período estudado é possível identificar qual precipitação acumulada máxima que deve ocorrer para que se possa ser registrado um novo evento de cheia. Porém não é possível prever com antecedência nem com precisão qual será a cota enchente que atingirá o Bairro Alvorada. Para que se possa elaborar um sistema de alerta efetivo é necessário mais pontos de monitoramentos de dados hidrológicos afim de estabelecer uma série história mais confiável.

BIBLIOGRAFIA

CONAMA. Ministério do Meio ambiente. Lei Nº 129, DE 29 DE JUNHO DE 2011. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acessado em novembro de 2015;

GUMBEL, E. J. *The Return Period of Flood Flows*. Ann. Math. Statist. 12 (1941), Nº. 2, 163-190.

HIDROWEB. *Séries Históricas – estações pluviométricas e fluviométricas*. 2012. Disponível em: <www.hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb>. Acesso em: Out. 2015;

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. BAIRRO ALVORA. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acessado em novembro de 2015;

LEDRA, L. (2014). *Estudo para prevenção e adequação do município de rio do sul às enchentes e inundações*. Trabalho de Conclusão de Curso. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC. Joinville.

LINDNER, E.A. (2007). *Estudo de eventos hidrológicos extremos na Bacia do Rio do Peixe – SC com aplicação de índice de umidade desenvolvido a partir do Tank Model*. Tese (doutorado em Engenharia Ambiental). UFSC, Florianópolis.

LITRENTO, T. H. (2012). *Processamento e análise de dados de precipitação e vazão da Bacia do Rio do Peixe/SC*. Trabalho de conclusão de Curso. UNOESC, Joaçaba.

PERAZZOLI, M. (2012). *Avaliação das Mudanças Climáticas e do uso do solo nas vazões e nos sedimentos da Bacia do Ribeirão Concórdia Lontras - SC*. Dissertação de Mestrado. FURB. Blumenau.

TUCCI, C. E.M. 2002. *Regionalização de vazões*. Editora da Universidade. UFRGS. 1ª edição. Porto Alegre.