

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

JÉSSICA FERNANDA OGASSAWARA

**ANÁLISE MORFOMÉTRICA DOS AFLUENTES PRINCIPAIS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO URUGUAI E SUA INFLUÊNCIA NAS ENCHENTES NA
CIDADE DE ITAQUI - RS**

Itaqui

2015

JÉSSICA FERNANDA OGASSAWARA

**ANÁLISE MORFOMÉTRICA DOS AFLUENTES PRINCIPAIS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO URUGUAI E SUA INFLUÊNCIA NAS ENCHENTES
NA CIDADE DE ITAQUI - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Pampa, campus Itaqui, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: M.Sc. Sidnei Luís Bohn Gass

Itaqui

2015

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

034a Ogassawara, Jéssica Fernanda
ANÁLISE MORFOMÉTRICA DOS AFLUENTES PRINCIPAIS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO URUGUAI E SUA INFLUÊNCIA NAS ENCHENTES NA
CIDADE DE ITAQUI - RS / Jéssica Fernanda Ogassawara.
23 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA, 2015.
"Orientação: Sidnei Luís Bohn Gass".

1. Bacia hidrográfica. 2. Estudos morfométricos. 3.
Impactos ambientais. I. Título.

JÉSSICA FERNANDA OGASSAWARA

**ANÁLISE MORFOMÉTRICA DOS AFLUENTES PRINCIPAIS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO URUGUAI E SUA INFLUÊNCIA NAS ENCHENTES
NA CIDADE DE ITAQUI - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Pampa, campus Itaqui, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 24 de junho de 2015.
Banca examinadora:

Prof. M.Sc. Sidnei Luís Bohn Gass
Orientador
Unipampa Campus Itaqui

Prof. Dr. Leydimere Janny Cota Oliveira
Unipampa Campus Itaqui

Prof. M.Sc. Indiara Bruna Costa Moura Moraes
Unipampa Campus Itaqui

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo estudar a bacia do rio Uruguai e seus afluentes principais, levando em consideração as três regiões delimitadas ao longo da bacia (alto, médio e médio baixo rio Uruguai), aplicando os parâmetros morfométricos, analisando a declividade e altitude das distintas regiões, com intuito de identificar a influência das mesmas nas enchentes que ocorrem na área urbana e em regiões ribeirinhas no município de Itaqui – RS. A delimitação da bacia e das sub-bacias bem como os demais processamentos necessários para se chegar aos resultados pretendidos foram realizados no software ArcGIS 10.2.2 utilizando os Modelos Digitais de Elevação SRTM, disponibilizados pela NASA. De forma geral, levando em consideração a bacia do rio Uruguai e seus afluentes principais, constatou-se que a área em estudo possui pouca propensão a enchentes, ou seja, possuem valores do coeficiente de compacidade, índice de circularidade e fator de forma afastados da unidade. Através da curva hipsométrica e analisando a declividade do rio Uruguai, foi possível observar que as maiores altitudes se encontram na região do alto rio Uruguai com a predominância de um relevo ondulado. A região do médio rio Uruguai apresenta altitudes medianas em relação ao alto e médio baixo rio Uruguai e também possui predominância de um relevo ondulado. Logo o médio baixo rio Uruguai apresenta baixas altitudes em relação ao nível do mar e a classe de declividade com maior ocorrência é o suave ondulado. Esses parâmetros possuem influência em relação à velocidade do escoamento superficial da bacia, sendo que os picos de enchente, infiltração e susceptibilidade para erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia. Dessa maneira, foi possível constatar que a intensificação da ocorrência de enchentes na cidade de Itaqui – RS, ocorrem em função do represamento das águas tanto no rio Ibicuí, localizado a jusante da área urbana, quanto no próprio rio Uruguai, levando em consideração a declividade e a altitude da região.

Palavras-Chave: Bacia hidrográfica. Estudos morfométricos. Impactos ambientais.

ABSTRACT

This work aimed to study the basin of the Uruguay River and its main tributaries, taking into account the three regions defined along the basin (high, medium and medium low Uruguay river), applying the morphometric parameters, analyzing the slope and altitude differences in the defined regions, aiming to identify the influence of those in the floods occurring in urban and riparian areas in the municipality of Itaqui - RS. The delimitation of the basin and sub-basins as well as other processing required to reach the desired results were achieved in ArcGIS 10.2.2 software using Digital Elevation Models SRTM, provided by NASA. Overall, taking into account the Uruguay river basin and its main tributaries, it was found that the study area has little propensity to flooding, or have values of compactness coefficient, circularity index and form factor away from unit. With the hypsometric curve, and analyzing the slope of the Uruguay River, it was observed that the highest peaks are found in the upper Uruguay River region with the predominance of a wavy relief. The region of the middle Rio Uruguay presents medians altitudes compared to the high and medium low Uruguay River and also has predominance of a wavy relief. Soon the medium low river Uruguay has low altitudes compared to sea level and the slope class with higher occurrence is gently rolling. These parameters have influence on the speed of runoff basin, and the flood peaks, infiltration and susceptibility to soil erosion depend on how quickly the runoff occurs on the grounds of the basin. Thus, it was found that the intensification of the occurrence of floods in the city of Itaqui - RS, occur due to the damming of waters both in the river Ibicuí, located downstream from the urban area, and in the river itself Uruguay, taking into account the slope and the altitude of the region.

Keywords: Watershed. Morphometric studies. Environmental impacts.

SUMÁRIO

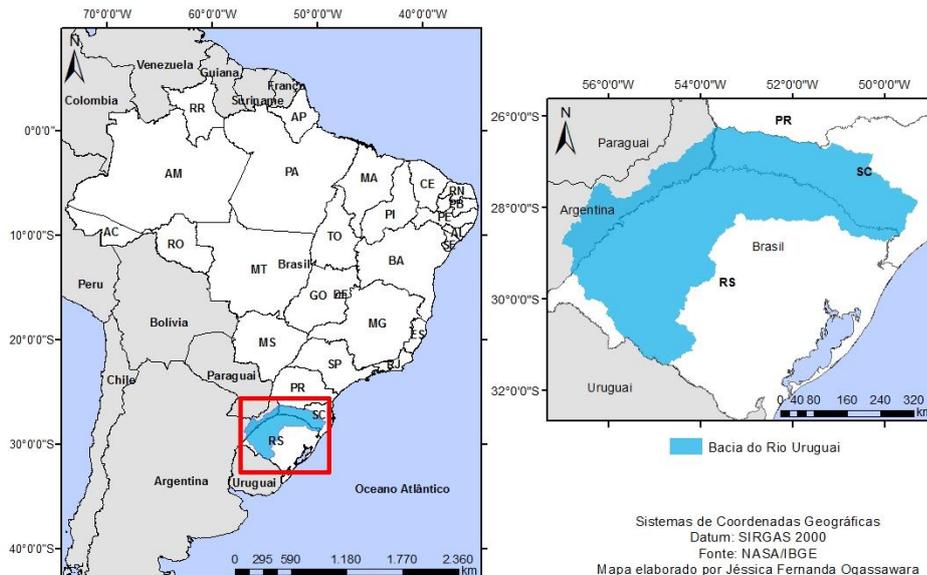
1 INTRODUÇÃO.....	8
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo Geral	12
2.2 Objetivos específicos.....	12
3 JUSTIFICATIVA.....	12
4 MATERIAIS E MÉTODOS	13
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	15
6 CONCLUSÃO.....	23
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

1 INTRODUÇÃO

O rio Uruguai é um rio sul-americano localizado na divisa entre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Brasil), formado pela confluência dos rios Canoas e Pelotas, na Serra Geral. É considerado um rio fronteiriço, pois delimita a fronteira entre o Brasil e Argentina depois de sua confluência com o rio Peperi-Guaçu, e logo após receber a afluência do rio Quaraí marca a fronteira entre o Brasil, a Argentina e o Uruguai, desaguando no rio da Prata (GT ÁGUAS, s/d). Podemos observar o mapa de localização da porção da bacia do rio Uruguai em estudo na figura 1.

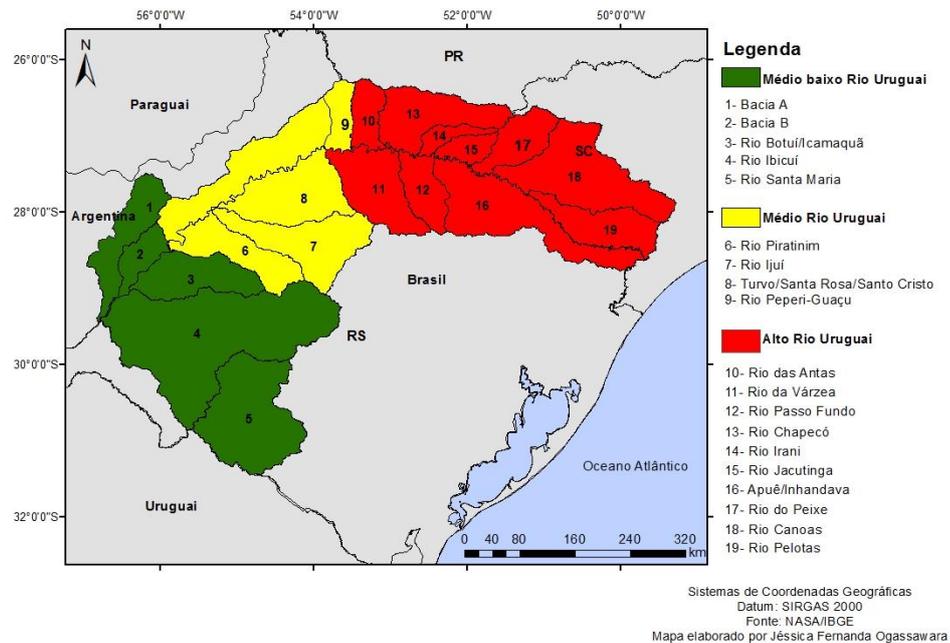
Ao longo do rio Uruguai podem ser identificadas três regiões distintas, as quais estão associadas ao relevo regional e às bacias hidrográficas que compõe a bacia do rio Uruguai, a saber: a) Alto rio Uruguai: caracterizado por um forte gradiente topográfico, o qual possui grande potencialidade para construções de hidrelétricas, b) Médio rio Uruguai: região propícia para a agricultura de soja e milho devido ao clima e ao relevo, c) Médio baixo rio Uruguai: abrange as áreas da Campanha Gaúcha, onde suas águas são utilizadas para irrigação da cultura de arroz (BRASIL, 2006). Podemos visualizar essas três regiões na figura 2.

Figura 1: Mapa de localização da porção da bacia do Rio Uruguai em estudo



Fonte: Elaborado por OGASSAWARA (2015), a partir de imagens SRTM disponíveis na NASA e dados cartográficos disponíveis no IBGE

Figura 2: Regiões da bacia do Rio Uruguai associadas ao relevo regional e seus afluentes principais



Fonte: Elaborado por OGASSAWARA (2015), a partir de imagens SRTM disponíveis na NASA e dados cartográficos disponíveis no IBGE

Conforme Lemos et al. (2006), a bacia Hidrográfica do rio Uruguai compreende uma área de aproximadamente 384.000 km², dos quais 176.000 km² se localizam no Brasil. Sua porção brasileira encontra-se na região sul, sendo que 46.000 km² localizam-se no estado de Santa Catarina e 130.000 km² no estado do Rio Grande do Sul.

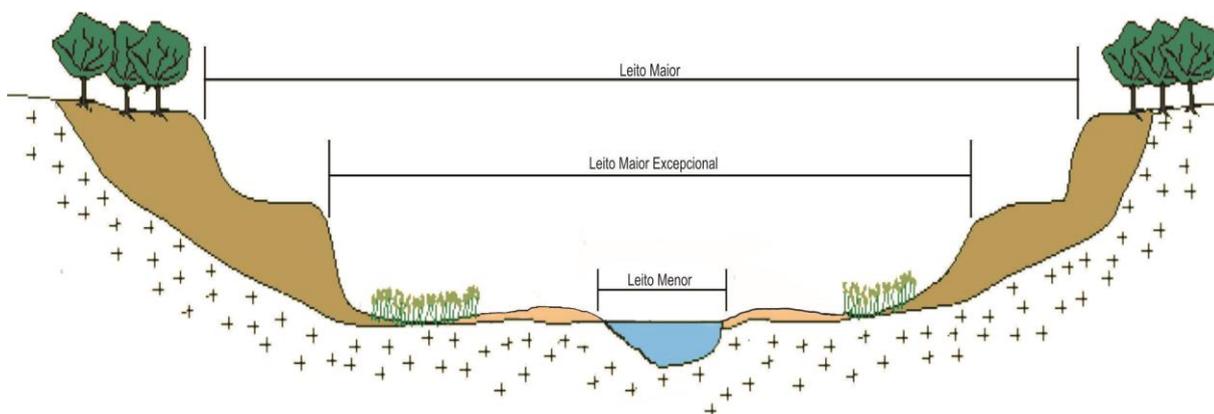
As enchentes na região banhada pelo rio Uruguai são constantes e atingem, na maioria das vezes, as populações ao longo do rio e de alguns de seus afluentes. Este problema em áreas urbanas encontra-se em muitos municípios brasileiros, devido ao assoreamento do leito dos rios, impermeabilização das áreas de infiltração na bacia de drenagem, fatores climáticos, entre outras causas.

Segundo Tucci (1997), de acordo com eventos chuvosos extremos, as enchentes sucedem pelo processo natural onde o rio abrange seu leito maior, obtendo em média dois anos de tempo de retorno. Desta maneira as enchentes ocorrem quando a população ocupa o leito maior do rio, causando um grande impacto as áreas ribeirinhas.

Conforme Guerra (1980), o leito fluvial é constituído por três setores: a) o leito maior, b) o leito maior excepcional e c) o leito menor, conforme mostra a figura 3. O leito maior possui sua área localizada acima do nível das águas na estação seca e é ocupado, durante todo

o ano, em época de grandes chuvas, assim podendo ser denominado também de terraço. O leito maior excepcional é inundado na ocorrência das maiores cheias e ocorre em intervalos descontínuos. Por fim, o leito menor consiste no canal por onde correm as águas de um rio, ou seja, é o nível de sua normalidade.

Figura 3: Setores de um leito fluvial



Fonte: Imagem alterada por OGASSAWARA (2015), utilizando como fonte o Glossário "Geodinâmica Externa e Risco Geológico"

A periodicidade e amplitude das enchentes vêm aumentando devido a ocupação do solo com superfícies impermeáveis e rede de condutos de escoamentos, além do crescimento e o desenvolvimento urbano também contribuírem para o mau escoamento, como aterros, pontes, escoamento junto a condutos e assoreamentos, e drenagens inadequadas (OLIVEIRA et al., 2010).

As ações humanas agem direta ou indiretamente nas condições naturais das bacias, devido à expansão territorial, crescimento populacional e o desenvolvimento econômico dos municípios que estão situados dentro de uma bacia hidrográfica. Dentre elas, pode ser citada a supressão da mata ciliar, a urbanização, a industrialização, a construção de aterros, canalizações e represamento dos rios (BARRELLA & BRUNSTEIN, 1995).

A maneira pela qual o homem procura combater esta catástrofe é realizando construções de represas e diques, desviando o curso natural dos rios. Embora com todo afincado empregado, as enchentes prevalecem, trazendo grandes prejuízos as populações afetadas. (TUCCI & BERTONI, 2003).

Os rios ao serem represados, desenvolvem um ecossistema artificial com ciclos dinâmicos dependentes das atividades humanas (ARAUJO, 1996). Dessa maneira, as populações presentes ao redor do rio estão sujeitas a uma constante mudança, a qual não

possibilita uma evolução equilibrada, comprometendo a produtividade do ecossistema. (PETESSE, 2006). É de importância ressaltar que tais mudanças, muitas vezes provocadas pelo homem, estão ocorrendo com muita rapidez, impedindo a adaptação e sobrevivência da população (METZGER & CASATTI, 2006).

Desde a promulgação da Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a bacia hidrográfica passou a ser definida como a unidade territorial para a gestão dos recursos hídricos, aderindo a definição de bacias hidrográficas como unidade de estudo. Portanto, é de grande importância para gestores e pesquisadores o entendimento do conceito de bacia hidrográfica e de suas subdivisões.

As definições propostas para bacia hidrográfica e suas subdivisões assemelham-se ao conceito dado por Barrella (1989), onde:

uma bacia hidrográfica constitui-se de um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes. Seu contorno é limitado pelas partes mais altas do relevo, conhecidas como divisores de água. As águas que caem das chuvas escoam superficialmente ou infiltram-se no solo para a formação de nascentes e do lençol freático. As cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas, e à medida que as águas descem juntam-se com a de outros riachos aumentando o volume formando os primeiros rios.

As características físicas de uma bacia hidrográfica compõem elementos de grande magnitude para estudos hidrológicos em relação ao seu comportamento, dessa maneira, a caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos procedimentos triviais e efetivos em análises hidrológicas, tendo como finalidade, a capacidade de explicar diversas questões associadas ao entendimento da dinâmica ambiental local e regional (TEODORO et al., 2007).

O principal objetivo de uma análise morfométrica é designar as relações entre os parâmetros mensuráveis de uma bacia hidrográfica e os seus condicionantes, ou seja, a caracterização fisiográfica de uma bacia. Esta caracterização auxilia com indicadores para previsão do grau de vulnerabilidade da bacia em relação a fenômenos como enchentes, inundações, erodibilidade e outros (VILLELA & MATTOS, 1975; CARDOSO et al., 2006).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

A presente pesquisa tem como objetivo estudar a bacia do rio Uruguai e seus afluentes principais, levando em consideração as três regiões delimitadas ao longo da bacia, sendo elas: alto rio Uruguai, médio rio Uruguai e médio baixo rio Uruguai, com intuito de identificar a influência das mesmas nas enchentes causadas na área urbana e em regiões ribeirinhas no município de Itaqui - RS.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos definidos para a presente pesquisa são:

- a) Determinar os afluentes principais em relação às regiões do alto, médio e médio baixo rio Uruguai;
- b) Aplicar e estudar os parâmetros morfométricos da bacia e das sub-bacias do rio Uruguai;
- c) Analisar a declividade e a altitude de cada região da bacia do rio Uruguai;
- d) Compreender os fatores que influenciam nas enchentes do rio Uruguai afetando a área ribeirinha e urbana do município de Itaqui - RS.

3 JUSTIFICATIVA

As enchentes são fenômenos de ordem natural, mas devido à ação antrópica nas áreas urbanas e rurais localizadas nas proximidades do rio Uruguai, a frequência e expansão deste fenômeno vêm ocorrendo com mais agressividade. Devido a esses eventos, a sociedade sofre grandes consequências, ressaltando, neste caso, os moradores que residem na região de várzea onde muitos vivem da pesca, e também aos habitantes das áreas urbanas que ocupam às margens do rio Uruguai, afetando como um todo a cidade de Itaqui-RS.

Alguns fatores importantes para o conhecimento e avaliação do comportamento hidrológico de uma bacia estão relacionados as suas características físicas, onde a análise da declividade, da altitude e dos aspectos relacionados a morfometria podem levar a elucidação

de diversas questões relacionadas a dinâmica ambiental local, logo a compreensão dos fatores que influenciam as enchentes no município em questão.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para se realizar um estudo hidrológico é necessário obter um conjunto de informações, as quais são derivadas da análise da bacia de contribuição. Dessa maneira, foi utilizado os Modelos Digitais de Elevação (MDE), os quais representam o relevo de forma fidedigna e asseguram a convergência do escoamento superficial ao longo da drenagem mapeada, garantindo assim a sua consistência hidrológica (CHAVES, 2002).

Partindo deste pressuposto, o trabalho se iniciou com a delimitação da área de contribuição da bacia em estudo utilizando o software ArcGIS 10.2.2 ©ESRI (Environmental Systems Research Institute Inc, 2014). Esse processo foi realizado a partir dos Modelos Digitais de Elevação SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), os quais são disponibilizados pela NASA (National Aeronautics and Space Administration).

Para a delimitação da porção da bacia do rio Uruguai em estudo, foram considerados os afluentes principais em relação às regiões distintas da bacia (alto, médio e médio baixo rio Uruguai), desde sua nascente no rio Pelotas em Santa Catarina até a foz do rio Ibicuí no Rio Grande do Sul, sendo também considerados os afluentes da Argentina, priorizando a influência dos mesmos nas enchentes no município de Itaqui-RS. É possível observar a delimitação da bacia em estudo e de seus afluentes principais na figura 2.

Para delimitar a bacia foram utilizadas as seguintes ferramentas presentes no software ArcGIS 10.2.2: a) Mosaic To New Raster: cria o mosaico a partir do Modelo Digital de elevação (MDE), b) Fill: remove as depressões espúrias do mosaico, c) Flow Direction: determina a direção do fluxo de escoamento em cada pixel do MDE, d) Flow Accumulation: determina o escoamento acumulado; e) Flow Length: determina a distância de cada ponto até o leito principal, f) Stream Order: identifica a ordem dos cursos d'água, g) Con: função de condição para escolha dos cursos d'água de ordem maior, h) Stream To Feature: converte os cursos d'água em polilinhas e i) Watershed: delimita a área de drenagem a montante do ponto escolhido, ou seja, a área da bacia em estudo.

Após a realização da delimitação da bacia do rio Uruguai, foi feita a análise morfométrica da bacia e das sub-bacias em estudo. A análise morfométrica de uma bacia hidrográfica é um método que vem sendo bastante utilizado por diversos pesquisadores, pois é um mecanismo que facilita a compreensão de forma integrada dos processos

hidrogeomorfológicos que se sucede em uma bacia hidrográfica (STRIPP et al., 2010).

Após serem aplicados os parâmetros morfométricos na bacia do rio Uruguai e em seus afluentes principais em estudo, obtém-se a forma da bacia e das sub-bacias, a qual é determinada por índices que se relacionam com formas geométricas conhecidas, aplicando o fator de forma (F), índice de circularidade (Ic) e coeficiente de compacidade (Kc). Quanto maior for o coeficiente de compacidade, mais irregular é a bacia e quanto mais baixo for o fator de forma, menos sujeita a enchentes ela está. (VILLELA & MATTOS, 1975). Os índices que irão determinar a forma da bacia são:

- a) O Coeficiente de Compacidade (Kc): Relaciona a bacia com um círculo de mesma área da bacia, sendo que quanto mais próximo da unidade, maiores as chances de inundação. É definido pela relação entre o perímetro da bacia e o perímetro do círculo de igual área. Assim, sendo A a área da bacia, P o seu perímetro e r o raio do círculo (BARBOSA JR, 2013). O coeficiente é:

$$Kc = \frac{P}{2\pi r} \Rightarrow Kc = \frac{P}{2\pi \sqrt{\frac{A}{\pi}}} \Rightarrow Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \text{Eq. (1)}$$

- b) O Índice de Circularidade (Ic): Tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular, onde é definido pela relação entre o perímetro e a área da bacia. Assim, sendo A a área da bacia e P o seu perímetro (MILLER, 1953). O índice é:

$$Ic = \frac{4\pi A}{P^2} \Rightarrow Ic = \frac{12,57 \times A}{P^2} \quad \text{Eq. (2)}$$

- c) O Fator de Forma (F): É a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (Lax), onde, o comprimento axial é comprimento do curso d'água principal da bacia mais a distância da sua nascente ao divisor topográfico (BARBOSA JR, 2013). É calculado por:

$$F = \frac{A}{Lax^2} \quad \text{Eq. (3)}$$

A forma de uma bacia hidrográfica é essencial na designação do tempo necessário para que toda a bacia contribua para a sua saída após uma precipitação, sendo assim denominado de tempo de concentração. Quanto maior o tempo de concentração, menor a vazão máxima de enchente, se mantidas constantes as outras características da bacia (VILLELA & MATTOS, 1975).

Também foi possível determinar a altitude média da bacia e das sub-bacias, sendo ela

responsável por influenciar na quantidade de radiação recebida, na evapotranspiração, na temperatura e na precipitação (CASTRO & LOPES, 2001). Quanto maior a altitude das bacias e das sub-bacias, menor será a quantidade de energia solar que o ambiente adquire, conseqüentemente, menos energia estará acessível para esses fenômenos. (TONELLO et al., 2006).

Além de influenciar na energia, a altitude também influencia na temperatura, quando ocorrem grandes alterações na altitude também ocorrem grandes alterações na temperatura, que, por sua vez, também causa variações na evapotranspiração. Dessa forma, a análise da altitude foi de total importância para as observações de diferentes elementos climáticos e de diferentes áreas de acumulação e erosão (TONELLO et al., 2006).

Por fim, foi analisado a declividade do rio Uruguai, sendo esse fator muito importante para os estudos de bacias e sub-bacias hidrográficas, pois a inexistência de cobertura vegetal, o tipo de solo, e a intensidade das precipitações, agregado a uma maior declividade, acarretará uma maior velocidade de escoamento e menor quantidade de água armazenada no solo. Este fator pode, portanto, resultar em grandes enchentes levando a bacia à degradação. (SILVA et al., 2006).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia em estudo possui uma área de 239.898Km², sendo 176.000Km² localizados no Brasil e 63.898Km² localizados na Argentina. A distribuição da área dentro das regiões consideradas para o estudo está assim composta: 94.565,86Km² no alto rio Uruguai, 57.307,86 Km² no médio rio Uruguai e 88.024,27Km² no médio baixo rio Uruguai.

Foram determinados os afluentes principais da bacia do rio Uruguai em estudo, considerando as regiões distintas da bacia e a influência destas nas enchentes causadas no município de Itaqui-RS. Após a determinação dos afluentes principais, foram aplicados os parâmetros morfométricos nos mesmos, sendo possível analisar os valores resultantes destes parâmetros na tabela 1.

Tabela 1: Valores resultantes dos parâmetros morfométricos

Sub-bacias (Alto rio Uruguai)	Kc⁽¹⁾	Ic⁽²⁾	F⁽³⁾
Rio das Antas	1,7409	0,3252	0,3190
Rio da Várzea	1,7264	0,3306	0,3148
Rio Passo Fundo	1,6015	0,3842	0,2749
Rio Chapecó	1,8422	0,2904	0,1916
Rio Irani	1,9969	0,2471	0,1133
Rio Jacutinga	1,7188	0,3336	0,3234
Rio Apuê	1,7410	0,3251	0,4510
Rio Inhandava	1,8763	0,2799	0,2594
Rio do Peixe	1,7762	0,3124	0,2139
Rio Canoas	1,9532	0,2583	0,1836
Rio Pelotas	2,2483	0,1950	0,5721
Sub-bacias (Médio rio Uruguai)	Kc⁽¹⁾	Ic⁽²⁾	F⁽³⁾
Rio Piratinim	1,9491	0,2594	0,2716
Rio Ijuí	1,7887	0,3080	0,2032
Rio Turvo	2,0596	0,2323	0,1427
Rio Santa Rosa	1,9507	0,2590	0,1763
Rio Santo Cristo	1,7576	0,3190	0,2095
Rio Peperi-Guaçu	1,6569	0,3590	0,2751
Sub-bacias (Médio baixo rio Uruguai)	Kc⁽¹⁾	Ic⁽²⁾	F⁽³⁾
Bacia A	1,9664	0,2549	0,1422
Bacia B	1,5186	0,4273	0,9375
Rio Botuí	1,7992	0,3044	0,2294
Rio Icamaquã	1,9668	0,2548	0,1995
Rio Ibicuí	1,7619	0,3175	0,2694
Rio Santa Maria	1,5920	0,3888	0,3812

⁽¹⁾ Coeficiente de Compacidade
⁽²⁾ Índice de Circularidade
⁽³⁾ Fator de Forma

Fonte: Elaborado por OGASSAWARA (2015)

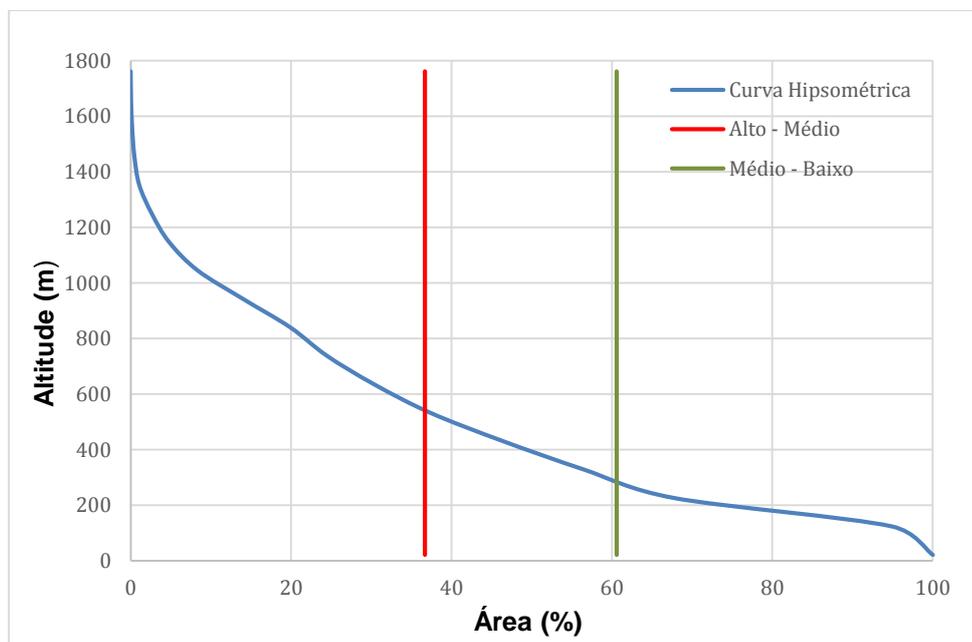
Analisando os resultados obtidos através da aplicação dos parâmetros morfométricos, é possível observar que os coeficientes de compacidade e índices de circularidade apresentam valores afastados da unidade, o que indica que as sub-bacias possuem maior tempo de

concentração de água da chuva. Outro fato observado, é que as sub-bacias não possuem formato semelhante ao de uma circunferência, e sim correspondem a sub-bacias alongadas, esse fato pode ser comprovado devido aos baixos valores dos fatores de forma.

Da mesma maneira, foram aplicados os parâmetros morfométricos na bacia do rio Uruguai, resultando também em uma bacia com índice de compacidade (2,5292) e de circularidade (0,1541) afastados da unidade e com o fator de forma baixo (0,2147), correspondendo a uma bacia com forma alongada, sendo assim, possível observar que bacias mais alongadas possuem menos concentração de deflúvio. Dessa forma, a bacia e as sub-bacias do rio Uruguai apresentam menos risco de enchentes nas condições normais de precipitação (VILLELA & MATTOS, 1975).

A curva hipsométrica da bacia foi elaborada com o intuito de representar graficamente a variação da elevação dos vários terrenos da bacia com referência ao nível médio do mar (CARVALHO & SILVA, 2006). Sabendo que a área do alto, do médio e do médio baixo rio Uruguai correspondem a 39,42%, 23,89% e 36,69% respectivamente da área total da bacia, foi possível perceber, observando a figura 4, que as maiores altitudes se encontram na região do alto rio Uruguai, logo o médio baixo rio Uruguai se encontra em áreas rebaixadas, apresentando baixas altitudes em relação ao nível do mar, o que favorece a amplitude das enchentes nesta região.

Figura 4: Curva hipsométrica da bacia do rio Uruguai em estudo

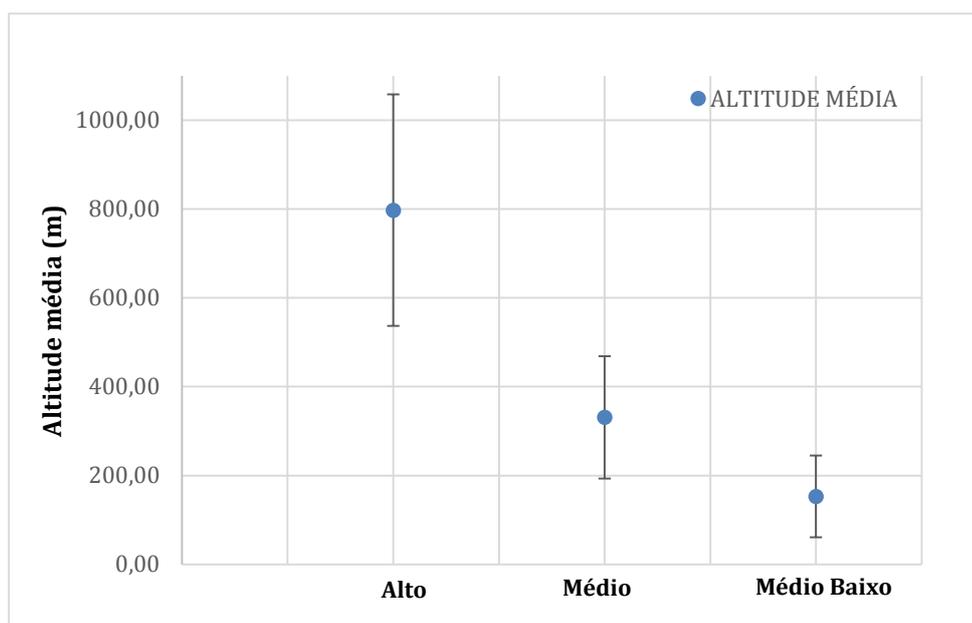


Fonte: Elaborado por OGASSAWARA (2015)

A intensificação das enchentes na região do médio baixo rio Uruguai está associada a amplitude altimétrica e a velocidade de escoamento de uma bacia hidrográfica, ou seja, quanto maior a variação de altitude de uma região mais rápido será o escoamento superficial, reduzindo assim o acúmulo de água nas sub-bacias a montante e aumento o acúmulo de água nas sub-bacias a jusante (BRUBACHER et al., 2011).

Na sequência do trabalho, foi executado o cálculo da altitude média de cada região da bacia do rio Uruguai. Para verificar a dispersão destes valores foi calculado o desvio padrão de ambos, obtendo-se: a) $797,39 \pm 260,80$ altitude do alto rio Uruguai, b) $331,07 \pm 137,67$ altitude do médio rio Uruguai, c) $152,81 \pm 92,00$ altitude do baixo médio rio Uruguai. Os resultados obtidos podem ser verificados na figura 5.

Figura 5: Altitude média das regiões da bacia do rio Uruguai



Fonte: Elaborado por OGASSAWARA (2015)

Pode-se perceber, que quanto maior for a variação da altitude mais acentuada será a declividade, sendo maior o desvio padrão encontrado. Porém se a declividade for menos acentuada menor será a variação de altitude, resultando em um menor desvio padrão.

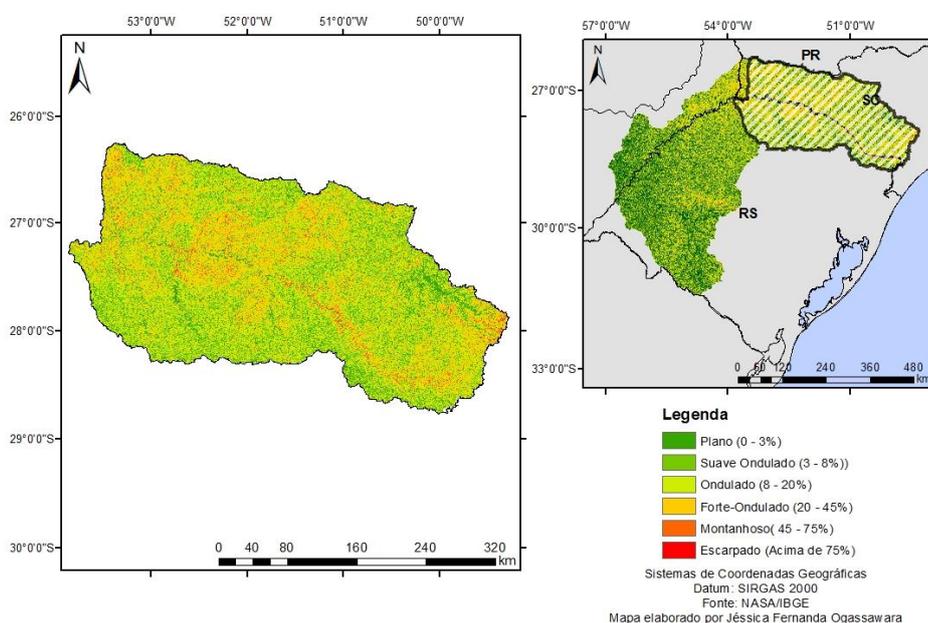
A declividade é um fator importante para a compreensão da dinâmica natural de uma bacia hidrográfica, pois revela o grau de inclinação de uma superfície. Segundo Villela e Matos (1975), também podemos relacionar a declividade com a velocidade do escoamento superficial de uma bacia, que por sua vez, acaba afetando o tempo de concentração das

precipitações nos leitos fluviais que constituem a rede de drenagem das bacias, sendo que os picos de enchente, infiltração e susceptibilidade para erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia.

Corroborando o exposto, foi analisada a declividade de cada região da bacia do rio Uruguai, sendo possível observar a predominância das classes segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, da EMBRAPA, (SANTOS et al., 2013) nas referidas regiões de estudo.

Analisando o mapa de declividade do alto rio Uruguai na figura 6 e a tabela 2, é possível perceber que esta região apresenta a predominância da classe de relevo ondulado com 40,46% da área total da região. Também se destaca a classe forte-ondulado em 25,30% de sua área, além de possuir uma inclinação suave ondulado em 19,68% de sua área.

Figura 6: Declividade do alto rio Uruguai



Fonte: Elaborado por OGASSAWARA (2015), a partir de imagens SRTM disponíveis na NASA e dados cartográficos disponíveis no IBGE

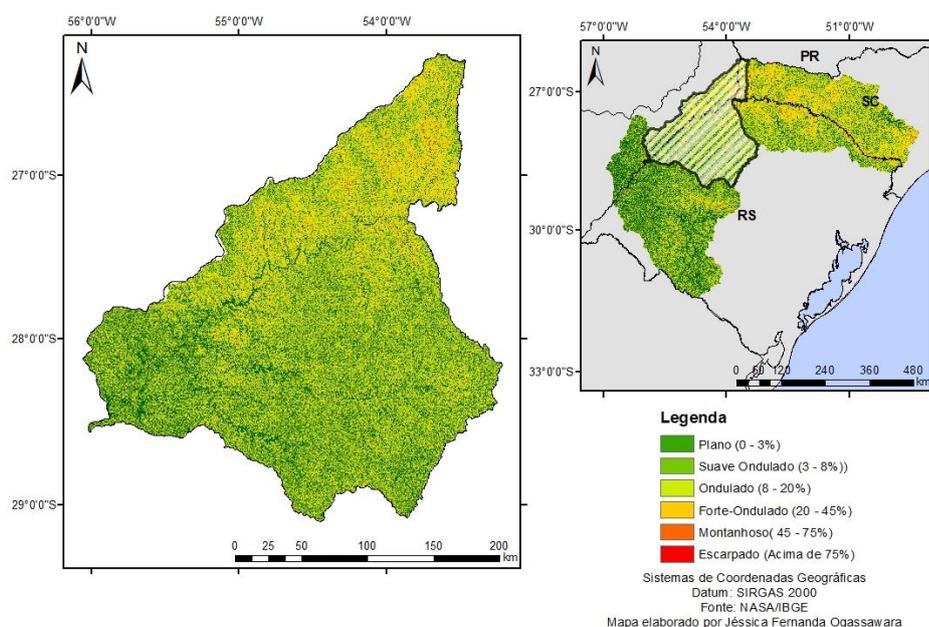
Tabela 2: Declividade do alto rio Uruguai

Declividade	Área em Km ²	% da Área
Plano (0 – 3%)	10.835,97	11,46
Suave Ondulado (3 – 8%)	18.607,55	19,68
Ondulado (8 – 20%)	38.258,85	40,46
Forte-Ondulado (20 – 45%)	23.920,53	25,30
Montanhoso (45 – 75%)	2.800,36	2,96
Escarpado (Acima de 75%)	142,61	0,15
Área total das classes	94.565,87	100

Fonte: Elaborado por OGASSAWARA (2015)

Em relação ao mapa de declividade do médio rio Uruguai (figura 7) e analisando a tabela 3, é possível perceber que nesta região há também a predominância da classe de relevo ondulada com 41,52% da área, além de possuir 29,42% e 16,14% de sua área classificada como suave ondulado e plano respectivamente.

Figura 7: Declividade do médio rio Uruguai



Fonte: Elaborado por OGASSAWARA (2015), a partir de imagens SRTM disponíveis na NASA e dados cartográficos disponíveis no IBGE

Tabela 3: Declividade do médio rio Uruguai

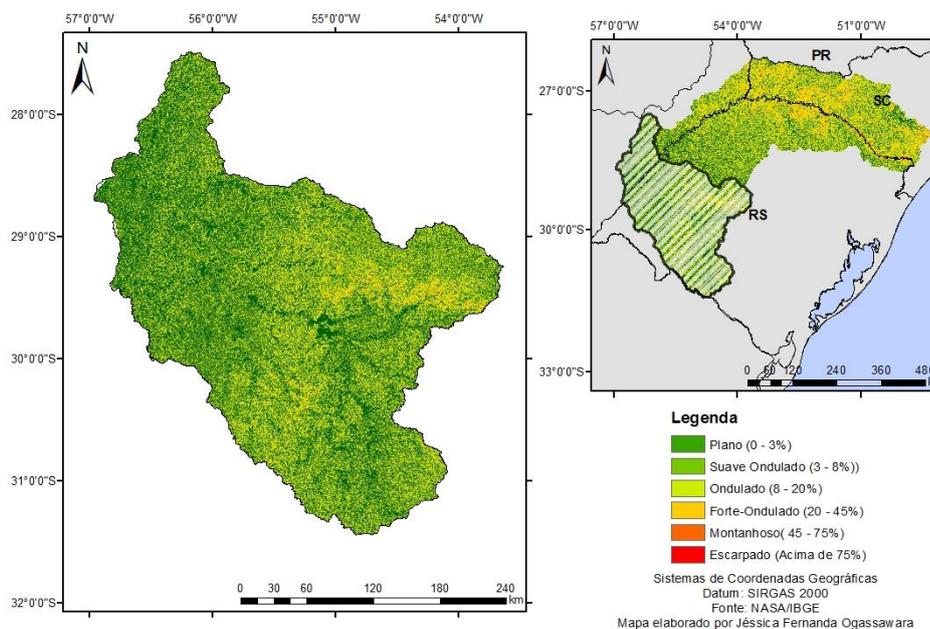
Declividade	Área em Km²	% da Área
Plano (0 – 3%)	9.252,13	16,14
Suave Ondulado (3 – 8%)	16.859,95	29,42
Ondulado (8 – 20%)	23.793,14	41,52
Forte-Ondulado (20 – 45%)	6.976,10	12,17
Montanhoso (45 – 75%)	417,44	0,73
Escarpado (Acima de 75%)	9,10	0,02
Área total das classes	57.068,92	100

Fonte: Elaborado por OGASSAWARA (2015)

Dessa maneira, observa-se que a inclinação do alto rio Uruguai e médio rio Uruguai é significativa, o que acaba atuando no rápido escoamento superficial, podendo assim exercer influência na ação erosiva causadas nos relevos desta região.

A declividade do médio baixo rio Uruguai (figura 8) apresenta um relevo plano e um relevo suave ondulado (tabela 4) com 28,42% e 30,35% de sua área respectivamente, porém seu relevo com maior ascendência é o suave ondulado com 37,12% de sua área total. Dessa maneira, observa-se que a inclinação nesta região não é significativa aumentando o tempo de concentração das precipitações nos leitos fluviais, que por sua vez não contribui nas ocorrências de enchentes.

Figura 8: Declividade do médio baixo rio Uruguai



Fonte: Elaborado por OGASSAWARA (2015), a partir de imagens SRTM disponíveis na NASA e dados cartográficos disponíveis no IBGE

Tabela 4: Declividade do médio baixo rio Uruguai

Declividade	Área em Km ²	% da Área
Plano (0 – 3%)	25.013,09	28,42
Suave Ondulado (3 – 8%)	32.671,91	37,12
Ondulado (8 – 20%)	26.714,16	30,35
Forte-Ondulado (20 – 45%)	3.406,36	3,87
Montanhoso (45 – 75%)	209,04	0,24
Escarpado (Acima de 75%)	9,72	0,01
Área total das classes	88.024,27	100

Fonte: Elaborado por OGASSAWARA (2015)

Dessa maneira, o município de Itaqui acaba sendo prejudicado pela ocorrência de enchentes, pois a maior velocidade das águas nas regiões do alto e médio rio Uruguai, associada à grande área de contribuição, pode fazer com que esse escoamento influencie no represamento das águas tanto no rio Ibicuí, que está localizado no município, quanto no próprio rio Uruguai, aumentando o nível de água em ambos. Como a cidade de Itaqui se encontra em um relevo menos acentuado a velocidade de escoamento é menor, assim, o rio

Uruguai e o rio Ibicuí demoram a atingir o seu nível normal, intensificando o efeito das enchentes no município de Itaqui.

6 CONCLUSÕES

Após a obtenção e análise dos resultados, torna-se possível estabelecer a relação de qual região é mais propensa à ocorrência de enchentes e também a influência destas regiões, juntamente com seus afluentes principais, nas enchentes causadas na cidade de Itaqui-RS.

De acordo com os índices morfométricos, as regiões do alto e médio rio Uruguai são menos propícias a grandes enchentes, com predominância de declividade ondulada, além de possuírem altitudes elevadas em relação ao médio baixo rio Uruguai, fatores estes que contribuem para o rápido escoamento superficial. A região do médio baixo rio Uruguai também apresentou resultados de sub-bacias com baixa tendência a grandes enchentes, porém a declividade é de uma região mais plana.

Na maioria das vezes, no interior de sub-bacias com elevadas altitudes e declividade acentuada, ocorrem poucas enchentes de longa duração, pois mais rápido é o escoamento superficial, porém, esse fluxo em alta velocidade pode promover o efeito das enchentes à jusante das sub-bacias, ou seja, podendo acentuar à ocorrência de enchentes na região do médio baixo rio Uruguai.

Além dos fatores abordados, é importante ressaltar que parte da expansão urbana da cidade de Itaqui, bem como a histórica ocupação das regiões ribeirinhas, em especial por famílias de pescadores, vem ocorrendo às margens do rio Uruguai, colocando tal população em situação de vulnerabilidade perante a ocorrência das enchentes.

Por fim, cabe ressaltar que, tomando por base a dimensão da bacia hidrográfica do rio Uruguai (aproximadamente 384.000 Km²), as enchentes que nela ocorrem são de pequena proporção se avaliadas pelo aspecto dimensional. Contudo, os processos de ocupação humana que ocorrem ao longo do seu leito principal, pelo impacto que sofrem com as enchentes, devem ser considerados e reavaliados pelos processos de planejamento municipal.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, L. R. et al., Caracterização morfométrica e pluviométrica da bacia do rio Manso-MT. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. **Revista Geociências**. São Paulo: UNESP, v.27 n.2 São Paulo abr./jun. 2008. Disponível em: <www.ppegeo.igc.usp.br/>. Acesso em 15 fev. 2015.
- ARAÚJO, F. G. Composição e estruturas da comunidade de peixes do médio e baixo Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Biologia**. Rio de Janeiro, 1996. Disponível em: <www.revistas.pucsp.br/>. Acesso em 15 fev. 2015.
- BARBOSA-Jr, A. R. **Elementos de hidrologia aplicada a estudos de graduação**. Material de aula. Disponível em:<www.em.ufop.br/>. Acesso em 14 abr. 2015.
- BARRELLA, W.D.: BRUNSTEIN, I. **Sistemas Flexíveis de Informações Baseadas em Medidas de Produtividade**. Dissertação de Mestrado da Escola Politécnica da USP– São Paulo, Maio 1995.
- BARRELLA, W. **Estrutura da comunidade de peixe do Rio Jacaré-Pepira em diferentes biótopos**. Dissertação (Mestrado em Ecologia) –UNICAMP, Campinas, 1989.
- BRASIL. Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09 jan. 1997.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. **Caderno da Região Hidrográfica do Uruguai**. Brasília: MMA, 2006. Disponível em: www.mma.gov.br/. Acesso 3 jul. 2015.
- BRUBACHER, J. P. et al. Suscetibilidade de enchentes a partir da análise das variáveis morfométricas na bacia hidrográfica do rio dos Sinos/RS. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, v. 15, p. 1863-1870, 2011.
- CARDOSO, C.A.et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ.**Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006. Disponível em: <www.scielo.br/>. Acesso em 15 fev. 2015.
- CARVALHO, D. F.; SILVA L. D. B.**Hidrologia**. Instituto de Tecnologia – Departamento de Engenharia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <www.ufrjr.br/>. Acesso em 13 jun. 2015.
- CASTRO, P.; LOPES, J.D.S. **Recuperação e conservação de nascentes**. Viçosa, MG: CPT, 2001. 84p.
- CHAVES, M. A. **Modelos digitais de elevação hidrológicamente consistentes para a Bacia Amazônica**. 2002. 113 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) –Programa de Pós Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- ©ESRI. **ArcGIS for Desktop, version 10.2.2**. Environmental Systems Research Institute Inc, California, EUA, 2014.
- GT ÁGUAS - Grupo de Trabalho Águas. **Rio Uruguai e sua região hidrográfica**. 4ª Câmara de coordenação e revisão do Ministério Público Federal. Meio ambiente e patrimônio cultural. São Paulo s/d. Disponível em: <www.revistadasaguas.pgr.mpf.mp.br/>. Acesso em 15 fev. 2015.
- GUERRA, A. T. **Dicionário geológico - geomorfológico**. 6ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1980.
- LEMOS, C. A. et al. **Hidrelétricas na bacia do rio Uruguai**. Guia para ONGs e movimentos sociais. Porto Alegre – POA, março 2006. Disponível em: <www.natbrasil.org.br/>. Acesso em 15 fev. 2015.
- LIMA, W. P. **Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de bacias Hidrográficas**. Departamento de Ciências Florestais Piracicaba – São Paulo, dezembro de 2008. Disponível em: <www.ipef.br/>. Acesso em 15 fev. 2015.

METZGER, J. P.; CASATTI, L. Do diagnóstico à conservação da biodiversidade: o estado da arte do programa BIOTA/FAPESP. **Biota Neotropica**. 2. ed. São Paulo: Portuguesa, 2006.

MÜLLER, V.C. **A quantitative geomorphology study of drainage basin characteristic in the Clinch Mountain Area**. New York: Virginia and Tennessee. Dept. of Geology. n. 3, p. 30, 1953.

OLIVEIRA, G. G. et al. Influência de variáveis morfométricas e da distribuição das chuvas na previsão de enchentes em São Sebastião do Cai, RS. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 3, Set. 2010. Disponível em: <www.revista.ufpe.br/>. Acesso em 15 fev. 2015.

PETESSE, M. L. **Caracterização da ictiofauna da represa de Barra Bonita (SP) e adaptação do Índice de Integridade Biótica (IIB)**. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Rio Claro, 2006.

PINTO, N. L. S. et al. **Hidrologia Básica**. 1ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. 279 p.

SANTOS, H. G. dos; et al. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 3ª ed. Brasília: Embrapa, 2013.

SILVA, F. D. et al. **Organismos de bacias hidrográficas: experiências na América Latina e América Central**. In: RODRIGUES, V. A.; BUCCI, L. A. (Orgs.). Manejo de microbacias hidrográficas: experiências nacionais e internacionais. Botucatu: FEPAF, 2006. p. 162.

STRIPP, N. A. F. et al., **Análise Morfométrica da bacia hidrográfica do rio Taquara – Uma contribuição para o estudo das ciências ambientais**. Portal da Cartografia, Londrina v. 3 n. 1, 2010.

TEODORO, V. L. I. et al. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**. Araraquara, n. 20, p. 137-157. 2007. Disponível em: <www.uniara.com.br/>. Acesso em 15 fev. 2015.

TONELLO, K.C. et al. Morfometria da bacia hidrográfica da cachoeira das pombas, Guanhães - MG. **Revista Árvore**, Viçosa. v.30, n° 5, p. 849-857, 2006. Disponível em: <www.scielo.br/>. Acesso em 15 fev. 2015.

TUCCI, C. E. M. **Água no Meio Urbano**. In: Aldo da Cunha REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). Águas Doces no Brasil. São Paulo: Escrituras, 1999.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (Org). **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

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