



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CHAPECÓ
CURSO DE GEOGRAFIA**

**PROCESSOS EROSIVOS GERADOS APÓS A INSTALAÇÃO DE GRANDES
OBJETOS TÉCNICOS:**

UMA ABORDAGEM SOBRE A USINA HIDRELÉTRICA FOZ DO CHAPECÓ

GABRIEL KREUZ

CHAPECÓ

2015

Gabriel Kreuz

**Processos erosivos gerados após a instalação de grandes objetos técnicos:
uma abordagem sobre a Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geografia - Licenciatura da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do título de Licenciado em Geografia.

Orientadora: Prof^a Dr^a Gisele Leite de Lima.

Chapecó

2015

Gabriel Kreuz

Processos erosivos gerados após a instalação de grandes objetos
técnicos: uma abordagem sobre a Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geografia -
Licenciatura da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para
obtenção do título de Licenciado em Geografia.

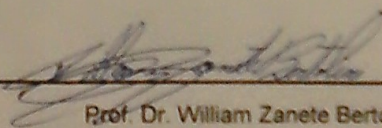
Orientadora: Profª Drª Gisele Leite de Lima.

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e Aprovado pela banca
em: 11 / 12 / 2015.

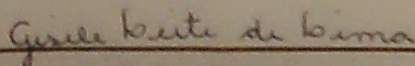
BANCA EXAMINADORA:



Profª Me. Cristina Otsuschi - UFSM (doutoranda)



Prof. Dr. William Zanete Bertolini - UFFS



Profª Drª Gisele Leite de Lima - UFFS

DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação

Kreuz, Gabriel

PROCESSOS EROSIVOS GERADOS APÓS A INSTALAÇÃO DE
GRANDES OBJETOS TÉCNICOS: UMA ABORDAGEM SOBRE A USINA
HIDRELÉTRICA FOZ DO CHAPECÓ/ Gabriel Kreuz. -- 2015.
26 f.:il.

Orientadora: Gisele Leite de Lima.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
geografia , Chapecó, SC, 2015.

1. Precipitação. 2. Erosão. 3. Impacto ambiental. 4.
Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó. 5. Risco pluvial. I.
Lima, Gisele Leite de, orient. II. Universidade Federal
da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

AGRADECIMENTOS:

É com muito prazer que concluo esta monografia. Obtendo através destes quatro anos e meio uma diferenciada visão de mundo e dos processos nos quais fazemos parte neste planeta extremamente dinâmico, e onde delimitamos o rumo de nossas vidas. Visão que somente o curso de Geografia - Licenciatura da UFFS pode proporcionar.

Agradeço a minha orientadora e amiga, professora Gisele Leite de Lima, que sempre esteve presente para me ajudar, disponibilizando suas experiências e conhecimentos, orientando e mediando minhas dúvidas e sugerindo os melhores caminhos para uma monografia.

Aos participantes da banca de avaliação prof. William Zanete Bertolini, Prof^a. Cristina Otsuschi e aos demais professores do curso de Geografia - Licenciatura que contribuíram para minha formação acadêmica, o meu muito obrigado por tudo.

À minha esposa Indiamara Brighenti, pessoa com que amo partilhar a vida. Com você tenho me sentido mais vivo de verdade. Obrigado pelo carinho, e a paciência na correria de cada semestre.

A minha família, em especial ao pai José Pedro Kreuz e a minha mãe Vera Lúcia Reckziegel Kreuz, pois, foram impedidos de continuar seus estudos, e mesmo assim sempre me apoiaram.

Aos meus irmãos Ismael Kreuz, Daniel Rodrigo Kreuz e a caçula Kelli Maria Kreuz, que sempre estiveram presentes durante toda minha formação pessoal e intelectual na universidade.

Agradecer aos meus amigos e colegas da universidade que sempre estavam do meu lado, são grandes as amizades que surgiram, e que estarão sempre comigo. Aos colegas de turma que durante todos esses anos tiveram atuação fundamental na minha formação, que se fizeram presentes nas horas de estudo e nos momentos de divers.

E por último, a todos que de uma ou outra forma estão vendo essa etapa chegar ao fim. Muito obrigado a todos!!!

Dedico esta monografia a todos que contribuíram de uma forma ou de outra para essa caminhada, em especial a minha família, professores e amigos, pois me deram forças para questionar as realidades e proporcionar uma nova leitura de mundo.

Agradeço a todos, pois não mediram esforços para que esta etapa fosse superada.

***“Não há comparação
Entre o que se perde por
fracassar
E o que se perde por não tentar”***

Francis Bacon

Resumo

O crescente aumento da demanda elétrica no Brasil traz consigo a necessidade de implantação de empreendimentos hidrelétricos para suprir os gastos da indústria e da população. A questão abordada não é somente delimitar como a água remove, transporta e deposita sedimentos, mas evidenciar a grande força da erosão e seus impactos ao meio ambiente. Desenvolvendo uma análise abordando os principais agentes que contribuíram para a degradação dos solos, delimitando a área que sofreu com os processos erosivos nas margens à jusante do vertedouro da Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó, identificando as causas, os processos e ao final a área erodida em metros quadrados, para deste modo, conceituar os impactos ambientais decorrentes dos elevados níveis pluviométricos, elaborando uma verdadeira análise ambiental sobre a área que abrange a UHE Foz do Chapecó. Com este argumento, aprofundar o estudo sobre o impacto ambiental gerado após a instalação deste empreendimento, analisando as realidades dos processos de erosão ocasionados pelo grande nível de precipitação gerado no final do mês de julho de 2014.

Palavras-chave: Precipitação. Erosão. Risco pluvial. Impacto ambiental. Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó.

Abstract

The increasing demand for electricity in Brazil brings with it the need to implement hydropower projects to meet the industry's spending and the population. The question addressed is not only define as water removes, transports and dumps sediments, but demonstrate the great strength of erosion and its impact on the environment. Developing an analysis addressing the key players who have contributed to soil degradation, defining the area that suffered from the erosion on the banks downstream of the spillway of the hydroelectric plant Foz do Chapecó, identifying the causes, processes and the end area eroded in square meters, to thus conceptualizing the environmental impacts of the high rainfall levels, developing a real environmental analysis of the area covering the UHE Foz do Chapecó. With this argument, further study on the environmental impact generated after installation of this enterprise, analyzing the realities of erosion caused by the high level of rainfall generated at the end of July 2014.

Keywords: Rainfall. Erosion. Rain risk. Environmental impact. Hydroelectric plant Foz do Chapecó.

Lista de fotos

Foto 1: Área á jusante do vertedouro da Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó.....	3
Foto 2. Erosão da margem direita Águas de Chapecó.....	3
Foto 3. Erosão por solapamento de base da margem esquerda Alpestre-RS.....	14

Lista de Figuras

Figura 1: Localização da Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó.....	5
Figura 2: Tipos de solos na região de interferência da UHE Foz do Chapecó.....	12
Figura 3: Precipitação entre Janeiro e Setembro de 2014 da estação automática A858 de Xanxerê-SC. Observar pico chuvoso em 27/07/2014 as 00:00 de 92mm...	18
Figura 4: Precipitação entre junho e julho de 2014 da estação automática A854 de Frederico Westphalen-RS, com um pico chuvoso em 25/07/2014 as 00:00 de 103 mm.....	19
Figura 5: Precipitação entre maio e julho de 2014 da estação convencional 83883 de Chapecó-SC, observando o pico chuvoso em 27/07/2014 de 136 mm.....	20
Figura 6: municípios atingidos nas inundações de julho de 1983 e precipitação diária.....	22

Lista de Imagens

Imagem 1: Canteiro de obras e barragem da UHE Foz do Chapecó.....	15
Imagem 2: Fotografia aérea da área de estudo 1:25000.....	17
Imagem 3: Fotografia aérea com a área de interferência dos processos erosivos..	17

Lista de tabelas

Tabela 1: Pontos cotados baseados nas fotografias aéreas 1:25000.....	16
--	-----------

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO.....	1
2- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	5
3- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	8
4- PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	13
5- APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	14
6- DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	18
7- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	23
8- BIBLIOGRAFIA.....	24

1-INTRODUÇÃO

A crise do setor energético que o Brasil sofreu em 2001, acabou gerando um grande racionamento de energia. Daí por diante com todo o cenário de incertezas, foi instituído em 2002 o Comitê de Revitalização do Modelo do Setor Elétrico, o qual fez inúmeras mudanças no setor elétrico brasileiro. Assim, a matriz energética brasileira hoje é uma das que tem maior percentual de geração através de fontes renováveis comparada com outros países. Atualmente cerca de 76% provém de fontes renováveis, sendo aproximadamente 75% gerados por hidrelétricas (ANEEL, 2015).

A Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó, objeto deste trabalho, obra que custou mais de 2 bilhões de reais, foi construída neste contexto histórico.

A área onde foi construída a Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó é estudada desde 1966, em razão do seu potencial para aproveitamento hidrelétrico (ANDREIS, 2008) e a partir de 1984 o local foi denominado Foz do Chapecó, área de implantação de melhor aproveitamento da espacialidade e da energia, e com o menor impacto socioambiental, segundo os estudos preliminares.

Com a localização já definida, começaram então as projeções da instalação do canteiro de obras, das propriedades que seriam inundadas, das áreas que seriam atingidas pelas torres de transmissão e pelo lago e outras localidades que seriam atingidas direta ou indiretamente.

O presente trabalho tem como um de seus objetivos analisar as alterações ocasionadas pela interferência antrópica no meio natural, dando ênfase aos processos de erosão fluvial e a ocorrência e evolução das áreas erodidas à jusante do vertedouro da Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó. Questões estas que estão diretamente relacionadas com a construção e a geração de energia elétrica deste empreendimento.

Analisar os processos erosivos desenvolvidos após a implantação da Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó, na área de vazão reduzida a jusante do vertedouro, foi o objetivo principal deste estudo, dando ênfase aos seguintes direcionamentos:

- Entender a erodibilidade e erosividade como processos que geram a degradação dos solos e dos corpos líquidos dentro da bacia hidrográfica;
- Avaliar as ações humanas sobre o ambiente e os processos a ele relacionados (infiltração, escoamento, erosão, assoreamento, inundação);

- Evidenciar a degradação erosiva à jusante do vertedouro e suas consequências para o Rio Uruguai.

Observar e comparar as modificações espaciais e os novos arranjos da paisagem causados pela Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó, foi uma das principais metas a serem atingidas durante a elaboração deste trabalho, visando compreender o processo de erosividade ocasionado pela grande vazão das comportas da barragem motivadas pela cheia do Rio Uruguai no final do mês de julho de 2014.

Observa-se hoje, que a UHE foz do Chapecó não está tratando a questão dos impactos ambientais de modo a resolver os danos ocasionados pelas fortes chuvas do ano de 2014. Percebe-se, em uma análise preliminar, que esse é um dos assuntos pouco abordados tanto no meio acadêmico como no meio social das cidades em torno da hidrelétrica.

Em outro viés, vale lembrar e apontar as principais facetas que ocasionaram as cheias de julho/agosto de 2014 e que levou boa parte do centro do município de Águas de Chapecó a sofrer com o repentino aumento do nível das águas do Rio Chapecó. Definindo as principais características que levaram a erosividade (causada pelas chuvas) e erodibilidade (causada pelas propriedades do solo) das margens esquerda (Alpestre-RS) e direita (Águas de Chapecó-SC) da jusante do vertedouro da UHE foz do Chapecó, como exemplificadas nas fotos 1 e 2.

Foto 1: Área á jusante do vertedouro da Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó. Detalhe ao fundo da imagem a margem esquerda, Alpestre-RS, e a margem direita, Águas de Chapecó-SC.



Fonte: Arquivo pessoal Gabriel Kreuz, 29/03/2015.

Foto 2: Erosão da margem direita em Águas de Chapecó.



Fonte: Arquivo pessoal Gabriel Kreuz, 11/10/2015.

Os impactos causados pela implantação de hidrelétricas são extremamente complexos, pois muitas vezes vão além da região receptora do empreendimento, e sempre acreditando que os benefícios iriam ser maiores que os pontos negativos. Portanto, as regiões receptoras de grandes objetos técnicos são, de certo modo, mascaradas pela ideia de ampliação do setor elétrico do Brasil, esta ainda mais imposta depois da crise de energia elétrica em meados de 2001. Neste ponto, SANTOS esclarece que:

“Quando nos dizem que as hidrelétricas vêm trazer, para um país ou para uma região, a esperança de salvação da economia, da integração no mundo, a segurança do progresso, tudo isso são símbolos que nos permitem aceitar a racionalidade do objeto que, na realidade, ao contrário, pode exatamente vir destroçar a nossa relação com a natureza e impor relações desiguais” (Santos, 1999, p. 173).

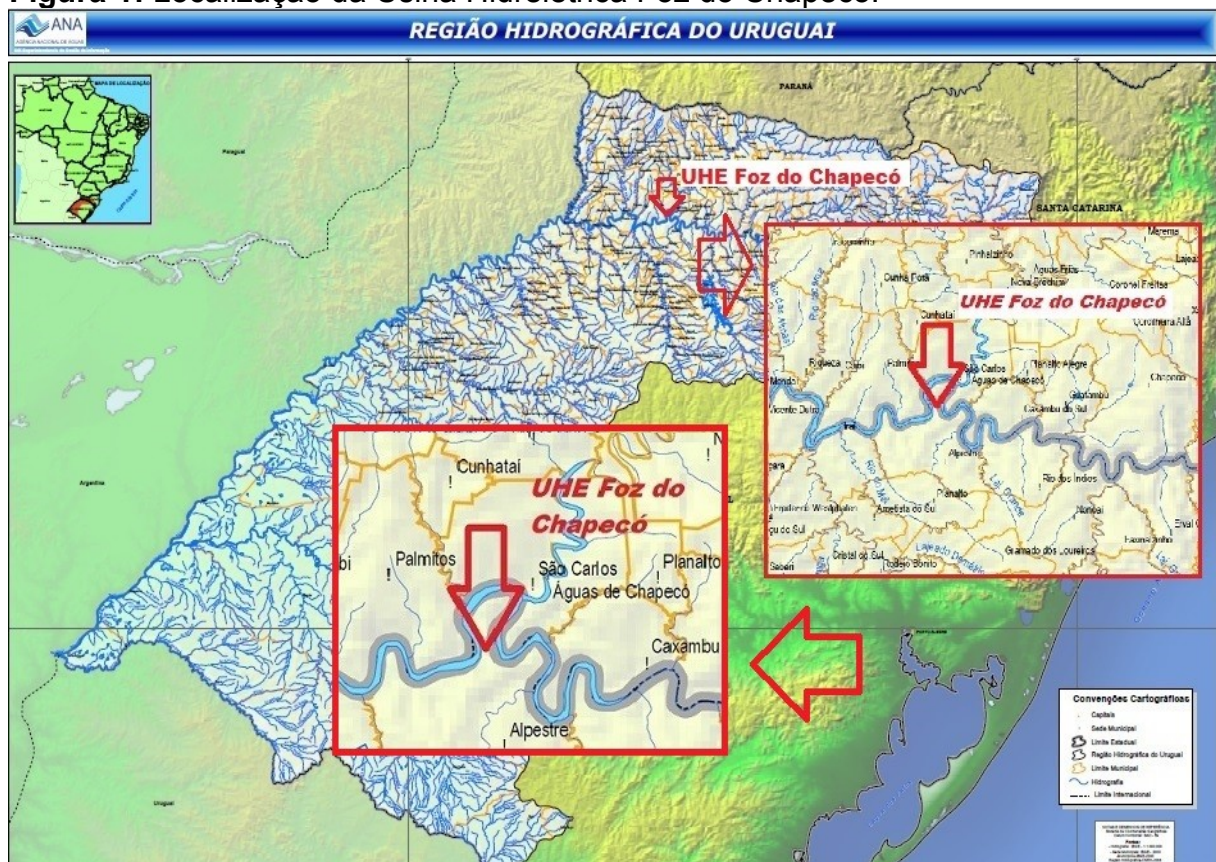
No Brasil são inúmeras as obras que acontecem sem que haja pesquisa sobre seus impactos ambientais na construção destes grandes empreendimentos. E nesta visão, a construção da Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó também não obteve êxito, pois os impactos na economia dos municípios foram pequenos e não duradouros e os impactos erosivos de grande avaria, até mesmo agora, depois que o empreendimento já está em operação. Tais impactos, como a susceptibilidade do solo a erodibilidade, não são abordados tanto no início de sua construção quanto ao final. Assim, a realidade da jusante do vertedouro é sem dúvida uma grande obra destrutiva que se impõe perante o aspecto natural da paisagem.

De tal forma, questões pertinentes sobre quais as dimensões do processo erosivo nas margens do Rio Uruguai? Quais são os processos erosivos em destaque na área estudada? Quais aspectos contribuem para os riscos e a vulnerabilidades do solo? Quais os impactos destes para a bacia do Rio Uruguai? Quais as áreas com maior suscetibilidade aos processos erosivos? Qual a formação pedológica e geomorfológica da área? Tais questões delimitam e direcionaram o caminho desta pesquisa para uma intensa análise e à obtenção de dados plausíveis sobre a questão de impactos erosivos a jusante da Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó.

2-CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó está localizada no Rio Uruguai, entre os municípios de Águas de Chapecó, em Santa Catarina, e Alpestre, no Rio Grande do Sul. Sua construção e implantação do canteiro de obras foi iniciada em 2007 e finalizada em 30 de dezembro de 2010 quando entra em operação a terceira unidade geradora. A casa de força, onde as unidades geradoras estão abrigadas, fica totalmente localizada em Alpestre. O eixo da barragem encontra-se nas coordenadas geográficas 27° 08' 22,75" de latitude sul e 53° 02' 50,59" de longitude oeste (ENGEVIX, 2000).

Figura 1: Localização da Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó.



Fonte: ANA, Mapa da Região Hidrográfica do Uruguai, modificado por Gabriel Kreuz, 2015.

A região que comporta a bacia do rio Uruguai possui grande importância para o país possibilitando uma maior funcionalidade das atividades agroindustriais desenvolvidas e pelo seu potencial hidrelétrico. O rio Uruguai possui cerca de 2.200 km de extensão originando-se da confluência dos Rios Pelotas e Canoas. O rio possui direção Leste-Oeste, delimitando o limite territorial entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A bacia hidrográfica do Rio Uruguai possui dentro do

território brasileiro 174.533 km² de área, o que equivale a 2% do território nacional (ANA, 2015).

A região é caracterizada por apresentar uma grande rede de drenagem principalmente pelos Rios Uruguai e Chapecó, juntamente com seus afluentes, que ora são encaixados em vales com encostas íngremes, com um grande fluxo e uma mata ciliar ainda preservada, e ora com um relevo suave ondulado com curvas sinuosas e pouca mata ciliar, que dão lugar a agricultura e a pecuária, ou seja, uma região bastante desigual e com irregularidades no que toca às feições da paisagem (FOZ DO CHAPECÓ, 2009).

A área onde foi instalada a usina está assentada sobre rochas da sequência de derrames basálticos, com ocorrência de rochas efusivas básicas, intermediárias e ácidas da Formação Serra Geral. Os derrames basálticos são representados por basalto denso, geralmente cinza escuro, sobreposto por basalto cinza claro e, acima deste, uma brecha basáltica que faz contato com outro derrame. Dessas rochas originaram-se solos profundos, argilosos, arroxeados ou avermelhados, com altos teores de ferro em áreas de relevos suaves, e solos rasos e de coloração brunada, nas áreas de relevo mais movimentado (FOZ DO CHAPECÓ, 2009).

De mesmo modo, o planalto do oeste de Santa Catarina possui um relevo escalonado típico das áreas cobertas por lençóis de lavas basálticas, assim, os rios são fortemente irregulares e longitudinais, incluindo o Rio Uruguai, que parte de uma altitude de 364 m na foz do Rio do Peixe a aproximadamente 200 metros na foz do Rio Peperi-Guaçu (PELUSO JÚNIOR, 1986).

A região está inserida em duas grandes unidades geomorfológicas, o Planalto dos Campos Gerais e o Planalto Dissecado do Rio Iguaçu/ Rio Uruguai. O Planalto dos Campos Gerais é o mais extenso e é representado por uma ampla área elevada, cujo relevo varia do suave ondulado ao ondulado. Os vales são abertos com aprofundamento médio em torno de 70 m e o espaçamento entre as drenagens variando entre 1,4 km a 3,5 km. Os rios dessa unidade apresentam-se encaixados, com patamares embutidos nas encostas e cursos tortuosos e, geralmente, apresentam corredeiras, pequenas cachoeiras e lajeados (FOZ DO CHAPECÓ, 2009).

Quanto ao clima da região é classificado como mesotérmico úmido (sem estação seca), incluindo dois subtipos: Cfa e Cfb. O subtipo Cfa é caracterizado por apresentar temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e temperatura média

no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco freqüentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. O subtipo Cfb apresenta temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C, com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida (PANDOLFO *et al.*, 2002).

Com relação à cobertura vegetal na área de abrangência da obra, se destacam três diferentes tipos de formação vegetal: Floresta do Rio Uruguai ou Floresta Estacional Decidual, que se localiza nas margens do Rio Uruguai e afluentes; Floresta com Araucária ou Floresta Ombrófila Mista, que ocorre nas altitudes mais elevadas que 500 metros de altitude e região de campos em áreas planas.

3-FUNAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na análise de processos de erosão hídrica, há de se levar em consideração a ação das chuvas e sua atuação na superfície e subsuperfície. Deste modo, a erosão dependerá da capacidade erosiva da chuva e da suscetibilidade dos materiais que compõem o solo erodido.

Os solos tendem a possuir diferentes vulnerabilidades à ação erosiva, o que esta diretamente ligada às suas características estruturais como a presença de areia, argila, consistência, predominância de material orgânico entre outros.

De um modo geral, solos que apresentam em suas características estruturais como a predominância de argila possuem menor suscetibilidade a erosão, pois, seus agregados possuem melhor coesão. Já os solos com maior presença de areia, são mais vulneráveis aos processos erosivos, pois, seus agregados permitem maior permeabilidade e conseqüentemente um fluxo maior em subsuperfície. Porém, vale lembrar, que não se trata de uma definição exata, pois as taxas de erosão podem variar dependendo das condições atmosféricas, das taxas pluviométricas e outras condições do solo.

Grande parte dos autores conceitua os processos erosivos como “um fenômeno natural, através do qual a superfície terrestre é desgastada e afeiçãoada por processos físicos, químicos e biológicos de remoção, que modelam a paisagem” (SUGUIO, 2003). Deste modo, destacam a erosão sem interferência antrópica e seus agentes modeladores seriam as águas pluviais, fluviais e marinhas, os ventos e geleiras. Todos estes agentes envolvidos são delimitados pelas águas, ventos, pelo gelo e pela atração da gravidade, assim, as partículas de minerais envolvidas tem a tendência de deslizar ou cair das partes com maior altitude para as partes inferiores.

A erodibilidade é definida, principalmente, pela geologia local, assim, a litologia e a estrutura do solo são de fundamental importância em estudos sobre a suscetibilidade do solo a erosão.

No mesmo sentido, SUGUIO destaca que:

“A erosão do solo é exacerbada por desequilíbrio ambiental, (...). Em relação a erosão do solo têm sido usado dois parâmetros importantes: erodibilidade (erodibility) e erosividade (erosivity). O primeiro expressa a facilidade com que este material é removido pela água ou pelo vento, dependendo dos teores de areia, silte e argila, além da porosidade, teores de matéria orgânica, água, etc. A erosividade, que pode ser expressa pela

energia sinética, é uma propriedade das águas das chuvas em provocar a erosão do solo” (SUGUIO, 2003, p. 27).

Assim, a erosão não é só um problema a montante das usinas hidrelétricas, mas principalmente a jusante. Deste modo, a água liberada das comportas tendem a erodir as bordas, fato também destacado por COIADO (2001) pois, onde esta localizado o vertedouro, “(...) tem-se como consequência principal, o aumento da erosão devido ao desequilíbrio provocado pela retirada da carga natural de sedimentos do escoamento” (COIADO, 2001, p.395).

As eventuais mudanças num curso d'água natural, em função da instalação da UHE Foz do Chapecó, podem causar uma instabilidade no sistema fluvial principalmente na questão do fluxo anormal a jusante do vertedouro aumentando a turbulência da vazão e, conseqüentemente, a erosão fluvial das bordas laterais. Assim, Manyari (2007, p. 36) destaca que os “fluxos turbulentos exercem maior estresse que laminares para o mesmo gradiente de velocidade. (...) que valores representativos da viscosidade e do gradiente de velocidade junto ao leito são difíceis de se obter em razão da irregularidade do fluxo turbulento”.

Deste modo, o ajustamento do canal se dá por meio da erosão das margens e pela migração lateral do canal. Considerando um curso fluvial natural, dois processos se fazem importantes, a ação hidráulica e a remoção dos materiais. O primeiro processo está intimamente ligado com a composição mineralógica do solo as margens do canal, assim, a remoção de material esta estritamente ligada à velocidade do fluxo, o que determina a magnitude da tensão hidráulica. A assimetria do fluxo tem um profundo efeito na velocidade junto às margens e, portanto, de grande importância para a ocorrência de processo erosivo na base do talude marginal (MANYARI, 2007).

Esta intensidade do fluxo pode ser identificada nas vazões das comportas do vertedouro da UHE Foz do Chapecó, a intensificação e a grande velocidade do fluxo nas bases do talude das margens direita e esquerda acarretaram em uma grande retirada de materiais do solo devido à oscilação da vazão do empreendimento.

A falta de dados anteriores a construção da barragem impossibilita uma análise nas dimensões exatas da largura, profundidade do talvegue e dos materiais que sofreram processos de erosão, dificultando os resultados de degradação e, sobretudo, da erosão marginal à jusante do vertedouro da usina.

Neste viés, as análises sobre a hidrodinâmica do Rio Uruguai, a vazão fluvial da Foz do Chapecó, medidos em m^3/s , o nível e a velocidade do fluxo são alguns dos fatores que compõem os processos erosivos presentes na área da Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó.

Como na área de influência da usina o relevo tem uma importância estrutural muito grande, tanto para o entroncamento da barragem, quanto para a formação do lago, este é o fator que eleva a taxa de erosão das margens do Rio Uruguai, pois, a estreita calha de água auxiliada por uma maior declividade, em determinadas localidades, aumenta o fluxo e a retirada de materiais das encostas, fato que é imensamente engrandecido pela vazão anormal das comportas do vertedouro da barragem, favorecendo as erosões marginais e o solapamento das bases.

Deste modo, a região que abrange a bacia hidrográfica do Uruguai apresenta uma declividade elevada aliada a uma rede de drenagem densa. Essas características, conjuntamente com as características geológicas, dos solos, cobertura vegetal, e um regime climático com uma média de 1000 mm anuais de excedentes hídricos, o que ocasiona escoamentos superficiais rápidos, originando regimes torrenciais no Rio Uruguai. Nesta linha, as consequências são concentrações de precipitações elevadas formando cheias muito rapidamente. Com vales profundos e estreitos, estas cheias impactam severamente na retirada de materiais ao longo das bordas dos canais fluviais, que no decorrer dos anos são mais intensos no período de junho a outubro, quando as médias mensais são mais elevadas que as médias anuais (FOZ DO CHAPECÓ, 2009).

Neste sentido, a erosão das bordas laterais à jusante do vertedouro da usina é, de modo geral, causada pelo desgaste do solo e pelo solapamento das bases do talude, processo acelerado pela ação antrópica na construção da Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó e pelos altos índices de pluviosidade em junho de 2014, auxiliados pela abertura das comportas e, conseqüentemente, a grande vazão d'água. Deste modo, a erosão das bordas laterais tem início quando o nível das águas excede e entra em contato com as partes superiores dos taludes, ocasionando atrito e posteriormente o desgaste e a remoção dos materiais das margens para o canal pluvial.

Neste sentido, Bandeira (2005) esclarece que:

“A modificação brusca no regime hídrico e a alteração no comportamento de descarga e transporte da carga sólida do rio têm contribuído para um forte desequilíbrio, gerando impactos ambientais negativos em todo o vale, como a aceleração da erosão nos taludes marginais (SANTOS, 2002). As grandes barragens, na medida em que estabelecem um novo regime hidrosedimentológico, induzem a um novo comportamento morfodinâmico para o rio, consideradas como as responsáveis primárias pela atual fase de erosão marginal acelerada e de disseminação de focos erosivos” (BANDEIRA, 2005, p.42).

O programa de controle de processos erosivos da UHE Foz do Chapecó foi destinado às ações que visavam preservar a estabilidade das encostas marginais do reservatório e de eventuais cortes, aterros, fundações e outras obras de engenharia que seriam implantadas, pois, o enchimento e posterior operação da UHE Foz do Chapecó poderiam modificar as propriedades e condições hidrogeológicas das encostas naturais (FOZ DO CHAPECÓ, 2009).

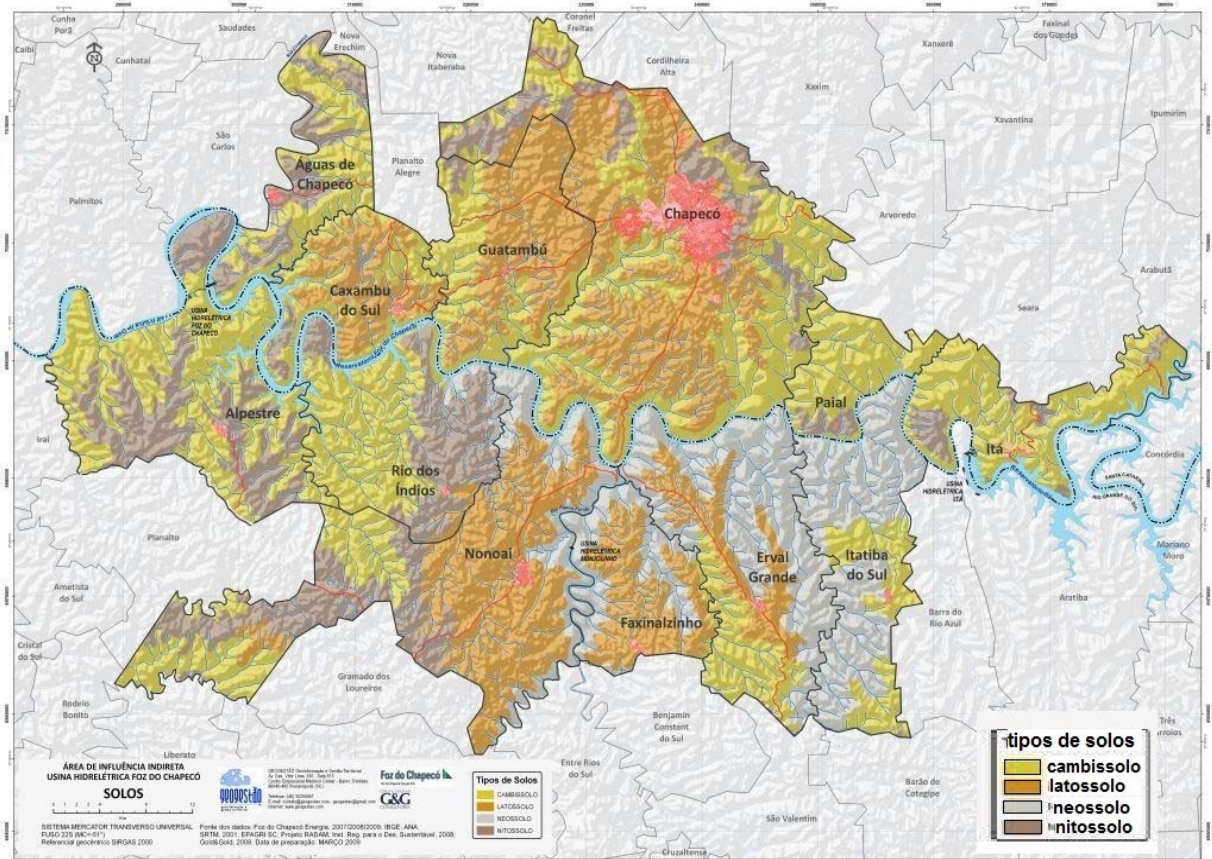
Outro fator que favorece a erosão das encostas e o solapamento das bases é a estruturação do solo. Assim, a unidade geomorfológica planalto dos Campos Gerais, que regionalmente apresenta-se distribuída em blocos isolados pela Unidade geomorfológica Planalto Dissecado do Rio Uruguai/Iguaçu, corresponde a restos de uma superfície de aplainamento; e a fragmentação em blocos ou compartimentos, regionalmente conhecidos como planaltos, apresenta relevo suave ondulado a ondulado. Ocupam os divisores de águas e esta unidade geomorfológica relaciona-se com os latossolos e cambissolos, registrando-se também a presença de Nitossolos (Terra Roxa Estruturada Eutrófica) e neossolos litólicos (FOZ DO CHAPECÓ, 2009).

A tipologia e a estrutura do solo da região bem como suas propriedades físicas definem o modo como ocorre o movimento dos sedimentos no canal e na sua área de influência, podemos definir as margens da jusante do vertedouro do empreendimento, segundo a figura 2, com grande presença de nitossolos e cambissolos.

Assim, a área possui uma estrutura bem coesa entre suas partículas estruturais quanto as propriedades do solo, com os materiais como o silte e a argila com uma boa resistência a processos erosivos, porém, o fluxo turbulento exercido pelo fluido sobre os grãos das margens delimita uma ação de grande retirada de partículas estruturais, vencendo a resistência do solo e delimitando a erosão não pela erodibilidade mas pela intensa erosividade exercida pela liberação do grande

fluxo de fluido pelas comportas da UHE Foz do Chapecó no final do mês de julho de 2014. Portanto, a erosão é um processo natural, porém, na área de estudo foi intensificada pela ação antrópica com a instalação do empreendimento, aumentando drasticamente a taxa de material retirado das bordas do canal fluvial à jusante da usina.

Figura 2: Tipos de solos na região de interferência da UHE Foz do Chapecó.



Fonte: FOZ DO CHAPECÓ, 2009, projeto PACUERA. Legenda modificada por Gabriel Kreuz, 2015.

4-PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho de pesquisa é baseado na fotointerpretação de imagens, pesquisa bibliográfica e observações a campo, correlacionando processos erosivos e suas formas.

Foram adotados os seguintes procedimentos metodológicos no decorrer do desenvolvimento da pesquisa:

- Levantamento e análise de dados bibliográficos e cartográficos relacionados com a área que abrange a Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó em livros, dissertações, teses, revistas e anais de encontros científicos.

- Interpretação de fotografias aéreas das áreas próximas à barragem. Para esta etapa foram utilizadas fotos aéreas do levantamento aerofogramétrico do Estado de Santa Catarina, realizado entre os anos 1977 e 1979.

- Trabalho de campo, com o objetivo de pontuar e realizar registros fotográficos, os trabalhos de campo foram realizados em 29/03/2015, 15/08/2015, 22/08/2015 e 11/10/2015.

A partir das fotografias aéreas e dos trabalhos de campo, foram mapeados e definidos os principais feições erosivas que se acentuaram após as cheias do final de julho de 2014 e delimitadas as áreas de interferência dos processos erosivos, para deste modo, calcular a área real erodida e seu impacto no meio ambiente.

5-APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A erosão fluvial em destaque na área da Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó é também denominada por Suguio (2003, p. 26) como “erosão normal em geomorfologia ou de erosão geológica em geologia, referindo-se ao trabalho de remodelamento do relevo exercido pelos rios nas vertentes e interflúos”.

A erosão provocada diretamente pelas águas do Rio Uruguai, obteve um agravante, a liberação quase que total das comportas do vertedouro no final de junho de 2014, o que acarretou uma erosão em grande escala nas margens direita (Águas de Chapecó-SC) e esquerda (Alpestre-RS) a jusante da barragem e um grande depósito de materiais na parte central da calha atual do rio e abaixo das bordas erodidas, como observado na imagem abaixo.

Foto 3. Erosão por solapamento de base da margem esquerda Alpestre-RS.



Fonte: Arquivo pessoal Gabriel Kreuz IMG_2027, 29-03-2015. As setas indicam formas erosivas por solapamento de base.

Como o solo da área de estudo é argiloso, com pouca presença de areia, e com uma grande consistência e pouca porosidade, é um solo, em termos estruturais,

bem formado e com pouca suscetibilidade aos processos erosivos, porém, não é o que se aplica na realidade dos processos erosivos encontrados na área do entorno da Usina Foz do Chapecó.

Imagem 1: Canteiro de obras e barragem da UHE Foz do Chapecó.



Fonte: Foz do Chapecó, disponível em: <http://www.fozdochapeco.com.br/>, imagem ilustrativa modificada por Gabriel Kreuz, 18/11/2015, data da imagem 2010.

Neste sentido, para delimitar a área erodida com as chuvas de julho de 2014, foram cotados alguns pontos nas imagens aéreas em escala 1:25.000, delimitando assim a distância aproximada da largura do Rio Uruguai antes das margens serem erodidas. Calculando nestas imagens a área triangular (ver imagem 1) localizada na margem direita no município de Águas de Chapecó (SC) e a área retangular da margem esquerda em Alpestre (RS), e, portanto, delimitar a área erodida em m² (metros quadrados). Assim, temos no retângulo a distância de 1.187,5 m por 9,5 metros, e para delimitar a área em metros quadrados temos a seguinte equação $A = a \cdot b$, ou seja, 11281,25 m² aproximadamente de área erodida.

Na margem direita, temos um triângulo que seria calculado pela equação $A = b \cdot h / 2$, porém, as medidas do triângulo são diferentes em todos os seus lados, portanto, foi aplicado a fórmula de HERON segundo FREITAS:

“Considere o perímetro de um triângulo de lados a , b e c , ou seja, $2p = a + b + c$. O valor do semiperímetro dessa figura é $p = a + b + c/2$. A área do triângulo citado pode ser expressa pela fórmula $A = \sqrt{p \cdot (p - a) \cdot (p - b) \cdot (p - c)}$, que é chamada fórmula de Heron” (FREITAS, 2008, p. 23).

A partir desta equação, e sabendo as medidas dos lados do triângulo em destaque, correspondente pelos pontos **2→4**, 218,5m, **2→7**,342m e **4→7** com 304 m, temos uma área de 32.701,90 m² de área erodida. Com uma área total erodida de 43.983m², aproximadamente, somando a margem esquerda e direita do vertedouro da UHE Foz do Chapecó.

Deste modo temos a seguinte tabela:

Tabela 1: Pontos cotados baseados nas fotografias aéreas 1: 25.000.

Ponto cotado	Distância em metros	Ponto cotado	Área erodida em m ²	Total de área erodida em m ²
2→4	218,5	2→4, 2→7, 4→7	32701,890112	43983,140112
2→7	342	8→1→3→5→9	11281,25	
4→7	304			
1→2	475			
3→4	475			
5→6	585,5			
8→1→3→5→9	1187,5			

Fonte: Elaborado por Gabriel Kreuz, 18/11/2015.

Imagem 2: Fotografia aérea da área de estudo em escala 1:25000.



Fonte: Levantamento aerofogramétrico de Santa Catarina, realizado entre os anos 1977 e 1979.

Imagem 3: Fotografia aérea com a área de interferência dos processos erosivos.

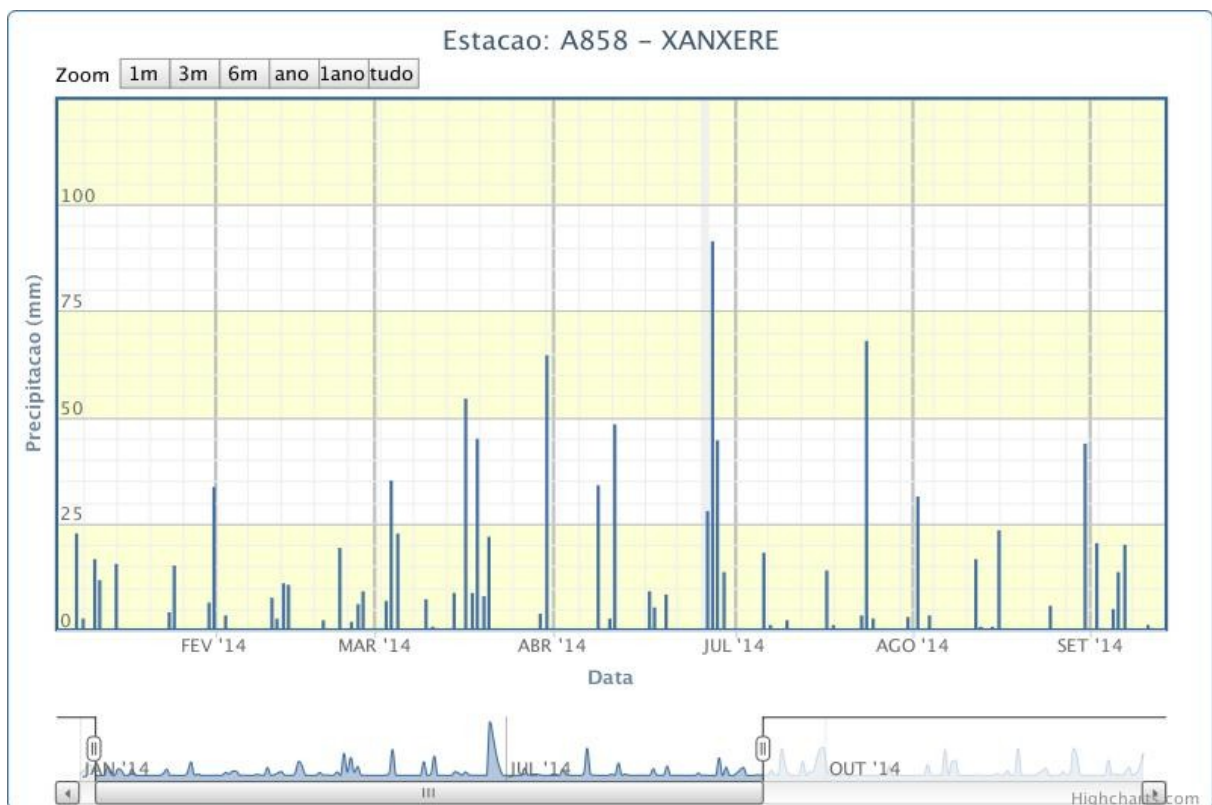


Fonte: Levantamento aerofogramétrico do Estado de Santa Catarina, realizado entre os anos 1977 e 1979. Modificado por Gabriel Kreuz, 2015.

6- DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No estudo da erosão de solos outro fator que há de se levar em consideração é a distribuição ou a concentração de chuvas em um determinado número de dias, o que acarreta na intensificação dos processos erosivos fluviais. Deste modo, a concentração de chuvas nos dias 26/07/2014 à 29/07/2014 foi registrada pela estação automática de Xanxerê-SC, à aproximadamente 60 km de distância do município de Águas de Chapecó-SC. Observado a figura 3, é possível perceber pico de 92 mm às 00:00 no dia 27/07/2014, sendo um dos maiores picos chuvosos registrado no ano de 2014 na região que abrange a Usina Foz do Chapecó.

Figura 3: Precipitação entre Janeiro e Setembro de 2014 da estação automática A858 de Xanxerê-SC. Observar pico chuvoso em 27/07/2014 as 00:00 de 92mm.



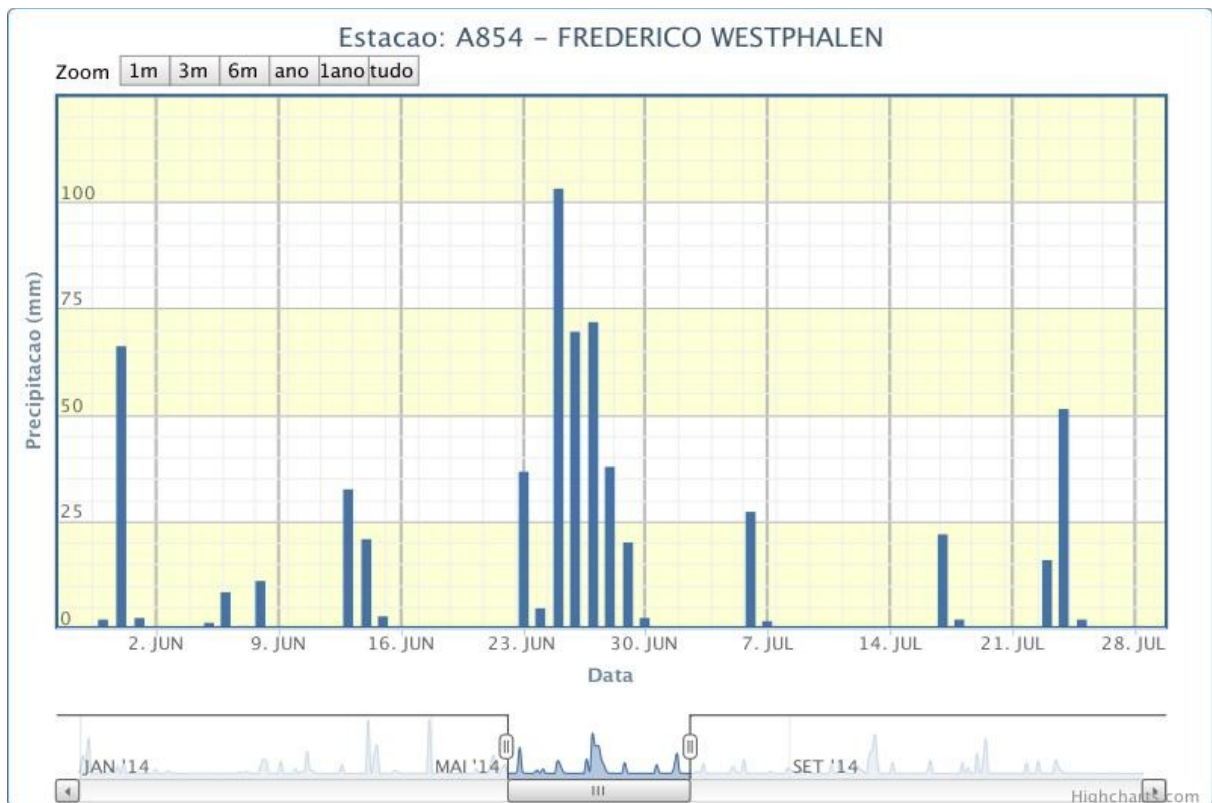
Fonte: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf

Há de se destacar que os intensos picos chuvosos entre os dias 24/07/2014 e 28/07/2014 foram registrados também pelas estações automáticas de Frederico Westphalen-RS (figura 4) e pela estação convencional de Chapecó-SC (figura 5).

Estes dados sobre a intensidade dos episódios chuvosos na região que abrange o empreendimento são de fundamental relevância, entretanto, é difícil

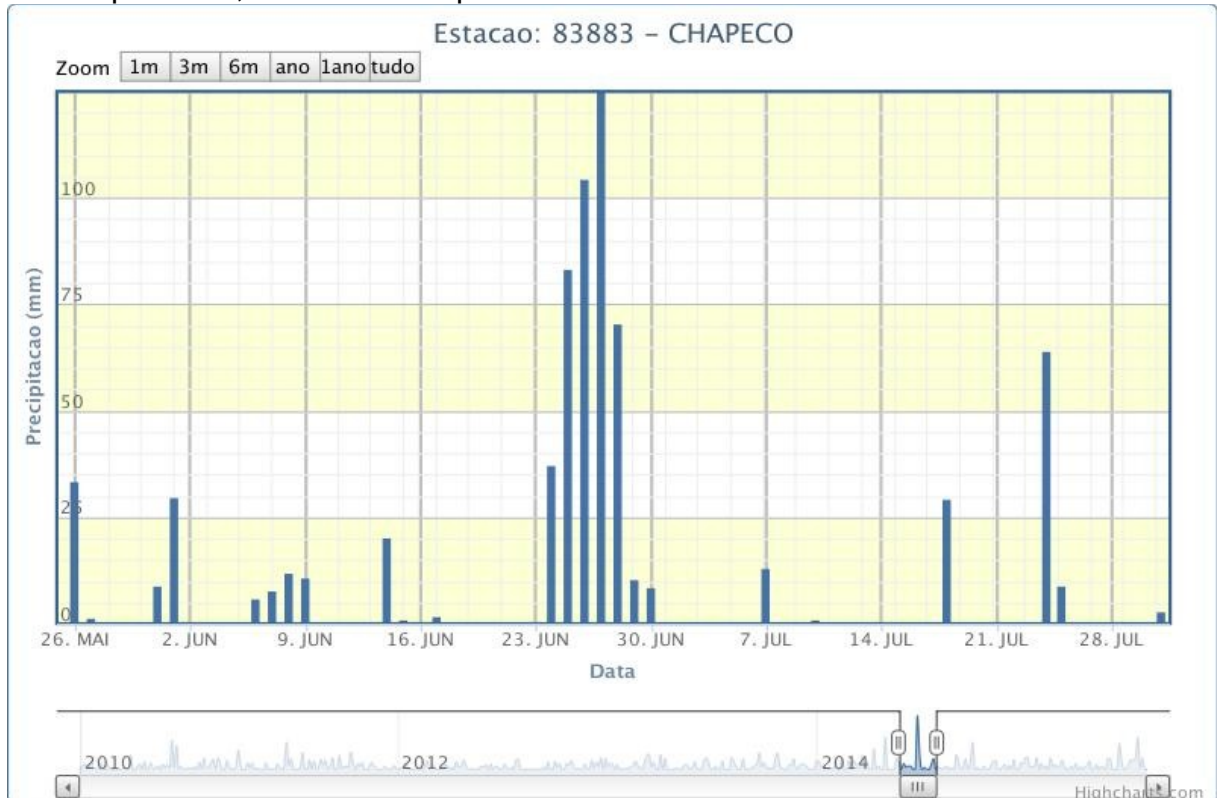
estabelecer um nível de precipitação para o início da deflagração do potencial erosivo, pois, os processos erosivos dependem de vários fatores como a distribuição das chuvas no tempo, as características estruturais do solo, a condição de energia térmica, a capacidade de infiltração no solo e a evapotranspiração. Deste modo, foram considerados valores de precipitação pluvial maiores que 10 mm em uma hora, como representação de eventos com grande possibilidade de provocar erosão (BOIN, 2000).

Figura 4: Precipitação entre junho e julho de 2014 da estação automática A854 de Frederico Westphalen-RS, com um pico chuvoso em 25/07/2014 as 00:00 de 103 mm.



Fonte: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf

Figura 5: Precipitação entre maio e julho de 2014 da estação convencional 83883 de Chapecó-SC, observando o pico chuvoso em 27/07/2014 de 136 mm.



Fonte: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_conv_graf

Neste viés, ainda que estes dados sobre as intensidades e picos pluviométricos obtidos entre os dias 24/07 e 30/07 não abranjam totalmente e diretamente os objetivos desta pesquisa, que seria detalhar os processos erosivos na região que abrange a jusante da Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó e suas feições geomorfológicas, estes dados pluviométricos objetivaram a compreensão de como e porque as comportas do vertedouro foram abertas repentinamente e com grande vazão, o que ocasionou a erosão antrópica das bordas laterais da jusante da barragem.

Com esses grandes episódios torrenciais chuvosos o solo argiloso encharcou rapidamente aumentando drasticamente o fluxo dos Rios Uruguai e Chapecó, o que ocasionou a abertura das comportas para comportar o nível máximo que a barragem suporta nos seus 48 metros de altura.

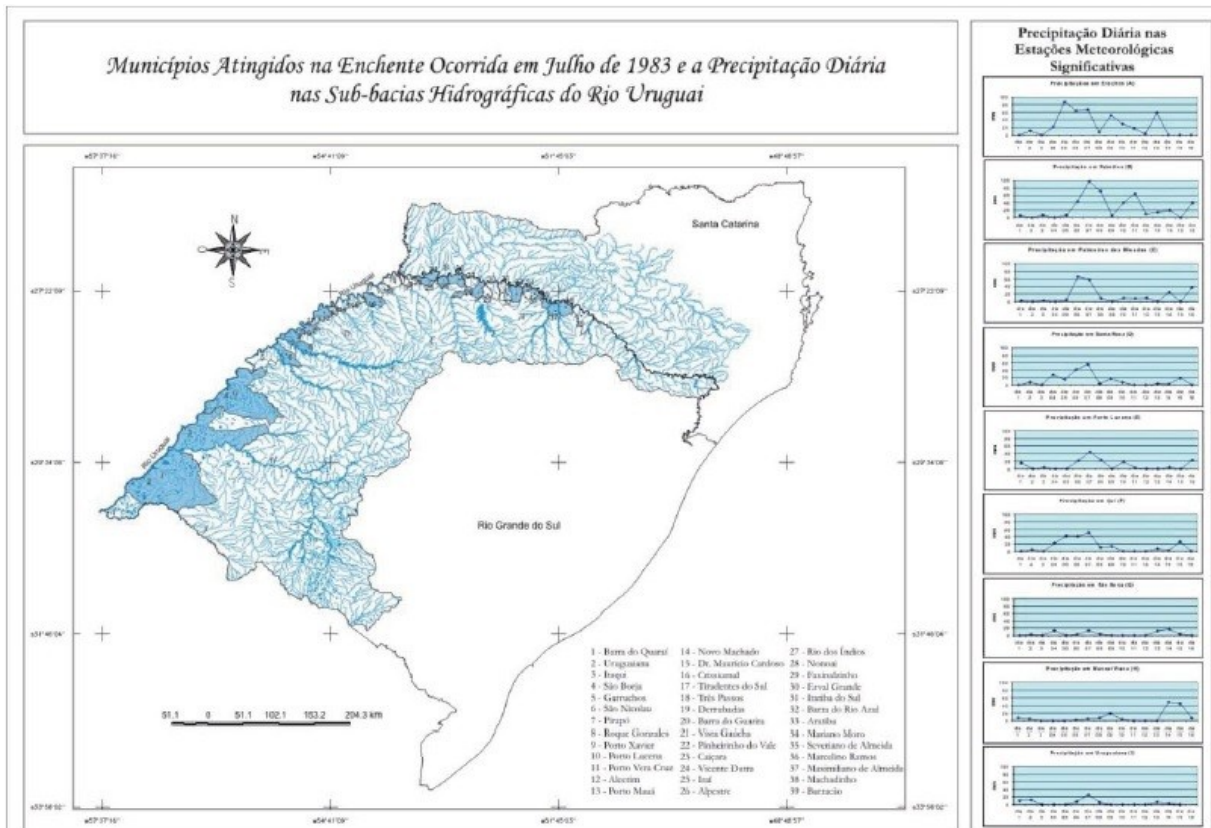
Com estes altos índices de pluviosidade registrado no final de junho de 2014 fica evidente a grande vazão de 24,9 mil m³/s (JORNAL FOLHA POPULAR, 2014) das comportas do empreendimento na sexta-feira dia 27 de junho de 2014, justamente nos dias em que se obtiveram os maiores índices de pluviosidade na

estação convencional 83883 de Chapecó-SC. Sendo que a descarga média mensal do Rio Uruguai na série histórica de 1931 até 1994 é de 1247 m³/s, e a maior média anual é do ano de 1983 é de 3283,7 m³/s e com o mês de julho de 1983 com uma média de 11213 m³/s (ENGEVIX, 2000).

Deste modo, se analisarmos a erosão a jusante da barragem podemos delimitar que a causa principal foi a grande vazão do Rio Uruguai aliada a abertura das comportas do empreendimento. Estes altos níveis pluviométricos já foram registrados em outros anos, porém, não comportando tamanho estrago erosivo.

Na enchente de 1983, que atingiu vários municípios do entorno da hidrelétrica, com chuvas principalmente entre os dias 04 e 14 de julho (Figura 6), os índices ficaram em torno dos 100 mm. No ano de 1983 o evento *El Niño* foi considerado de grande intensidade, afetando grande parte do estado do Rio Grande do Sul e parte de Santa Catarina, com grandes excessos de precipitação pluvial, porém, a região mais afetada foi o noroeste gaúcho, com excedentes pluviométricos em torno dos 300 mm, ocasionando grandes enchentes em boa parte dos municípios que circundam o Rio Uruguai. Nesta abordagem, os maiores níveis pluviométricos foram medidos no estado de Santa Catarina, levando muitos municípios decretarem situação de emergência e calamidade pública, no Rio Grande do Sul, os municípios que decretaram situações de emergência foram Aratiba, Marcelino Ramos, Iraí e Nonoai entre outros (RIGHI & ROBAINA, 2010).

Figura 6: Municípios atingidos nas inundações de julho de 1983 e precipitação diária.



Fonte: RIGHI & ROBAINA 2010.

Neste viés, podemos definir que as feições erosivas encontradas a jusante do vertedouro da Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó está restritamente relacionado com a grande vazão do Rio Uruguai e a abertura das comportas da usina, delimitando deste modo as grandes áreas erodidas nas margens esquerda e direita. Deste modo, os altos índices de pluviosidade registrados em julho de 2014 não seriam suficientes para delimitar tamanha faixa erosiva, pois, estes índices já foram registrados em 1983, e não acarretaram em tamanha erosão das bordas do vertedouro.

7-CONSIDERAÇÕES FINAIS

As discussões sobre os impactos advindos da instalação de grandes hidrelétricas somam um enorme arcabouço teórico, porém, a maturidade destes estudos que abordam a erosão a jusante dos vertedouros ainda é precária, principalmente na relação do planejamento ambiental que antecede a implantação destes empreendimentos.

Com esta problemática, o trabalho objetivou observar e analisar a realidade dos processos erosivos desencadeados através dos grandes fluxos das comportas da UHE Foz do Chapecó. Portanto, delimita-se a necessidade de ajustamento e incorporação da área a jusante do vertedouro de hidrelétricas como áreas que tendem a ter uma influência direta de processos erosivos.

Deste modo, as precipitações de grande intensidade e a variabilidade da vazão das comportas aumentam o potencial de fluxo do fluido e o resultado é a grande e desastrosa instabilidade das bases marginais, acarretando em um processo erosivo muito acelerado e com efeitos danosos para o quadro ambiental local.

Com a finalidade de delimitar a área de influência destes processos erosivos, a utilização de fotografias aéreas foi muito eficaz, possibilitando obter resultados plausíveis sobre as áreas que sofreram com o grande fluxo turbulento provocado pela abertura das comportas decorrentes dos grandes índices de pluviosidade no final de julho de 2014, delimitando um novo padrão de erosão e de mudanças danosas ao ecossistema fluvial local do Rio Uruguai.

Portanto, em linhas finais, fica evidente uma abordagem sobre os impactos dos processos erosivos à jusante nos estágios que precedem a instalação destes grandes objetos técnicos e que definem sua paisagem mesmo após o término de sua construção, assegurando a estabilidade ambiental com a geração de energia elétrica para o país.

8. BIBLIOGRAFIA

- ANA – Agência Nacional de Águas. **Rio Uruguai**. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/uruguai.aspx> Acesso em: 04/11/2015 as 23h05min.
- ANDREIS, Solano. **Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó: Remanejamento da população e avaliação de imóveis rurais**. Florianópolis / SC. 2008.
- Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, 2015. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil>, Acesso em: 11/05/2015 as 22h42min.
- BANDEIRA, Arilmara Abade. **Evolução do processo erosivo na margem direita do rio São Francisco e eficiência dos enrocamentos no controle da erosão**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Núcleo de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Maio de 2005.
- BOIN, Marcos Norberto. **Chuvvas e erosões no oeste paulista: uma análise climatológica aplicada**. Tese - Doutorado em Geociências e Meio Ambiente. UNESP, Rio Claro-SP, 2000.
- BORTOLETTO, Elaine M. **A implantação de grandes hidrelétricas: desenvolvimento, discurso e impactos**. In: Geografares, Vitória, nº 2, jun. 2001.
- COIADO, E. M. **Assoreamento de reservatórios**. In: PAIVA E. M.C.D. (Orgs.). **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001 P. 395-426.
- CONSÓRCIO ENERGÉTICO FOZ DO CHAPECÓ – CEFC. **Aproveitamento Hidrelétrico Foz do Chapecó – Critérios e Procedimentos para Indenizações de Propriedades do AHEFC**. 2005.
- ECSA Engenharia Socioambiental. **ECSA Engenharia Socioambiental**. Disponível em: <http://www.ecsa-sc.com.br>, Acessado em: 13/04/2015.
- DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO—BRASIL. **Folha cartográfica de Palmitos-SC**. Fotografia aérea de 1975 do serviço de aerolevantamento Cruzeiro do Sul S.A. Apoio de campo realizado em 1975. Restituição fotogramétrica realizada em aparelho de 2ª ordem em 1976 em escala de 1: 50.000.
- ENGEVIX. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA**. UHE Foz do Chapecó. Chapecó (SC), 2000.
- FOZ DO CHAPECÓ ENERGIA S.A. **Usina e Desenvolvimento Regional**. Disponível em: <<http://www.fozdochapeco.com.br>>. Acesso em: 04 nov. de 2015.

FOZ DO CHAPECÓ ENERGIA S.A. **Plano de conservação ambiental e de usos da água e do entorno do reservatório.** Relatório consolidado volume 1, outubro de 2009.

FREITAS, Elizabete Alves de. **Matemática: Calculando áreas geométricas de figuras planas.** Governo Federal, Ministério da Educação. Secretaria de educação à distância SEDIS-UFRN, 2008. Disponível em: http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_amb_saude_seguranca/tec_seguranca/matematica/061112_mat_a05.pdf, acesso dia 18/11/2015 as 22:10 horas.

FUDIMORI, Marcos H. [et al.]. **Medidas estruturais em bacias de dissipação para redução de erosões a jusante do dissipador.** XXIX Seminário Nacional de grandes barragens. Porto de Galinhas-PE, abril de 2013.

GUERRA, Antonio J. T; CUNHA, Sandra B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** 10ª ed. Rio de Janeiro: Bertrandt Brasil, 2011.

GUERRA, A.J.T. (1998). **Processos erosivos nas encostas.** *In:* Guerra, A.J.T., e CUNHA, S.B. **Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos.** Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 3ª ed., 149-209.

Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>, acesso às 21h36min do dia 19/10/2015.

Alexander C. Vibrans. [et al.]. **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina: resultados resumidos.** Blumenau-SC, Universidade Regional de Blumenau, 2013.

MAIA, Adelenia Gonçalves. **As consequências do assoreamento na operação de reservatórios formados por barragens.** Tese de doutorado, Escola de engenharia de São Carlos-SP, Universidade de São Paulo, 2006.

MENDONÇA, Francisco de Assis. **Geografia e meio ambiente.** 8ª Ed. 2ª impressão, São Paulo: contexto, 2008.

PANDOLFO, C; et al. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina.** Florianópolis: Epagri, 2002.

ROSS, Jurandyr L. Sanches. **Geografia do Brasil.** 6ª Ed. 1ª reimpressão. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2011.

SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço: espaço e tempo, razão e emoção.** 3ª ed. São Paulo: Hucitec, 1999.

SUGUIO, Kenitiro. **Geologia sedimentar.** São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 1ª ed. 2003.

TEIXEIRA, Wilson. FAIRCHILD, Thomas R. TOLEDO, M. Cristina M. de. TAIOLI, Fabio. **Decifrando a Terra.** 2ªed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009.

VAINER, C. B.; ARAUJO, F. G. B. de. **Grandes projetos hidrelétricos e desenvolvimento regional**. Rio de Janeiro: CEDI, 1992.

VENTURI, Luis Antonio Bittar. **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental**. São Paulo: oficina de textos, 2009.

PELUSO, VICTOR A. J.; **O RELEVO DO TERRITORIO CATARINENSE**. *GEOSUL - N92*, 1986.

Jornal Folha popular. <http://folhapopular.com.br/> acesso dia 20/10/2015 as 00h11min.

Klein, R.M. 1978. **Mapa fitogeográfico do estado de Santa Catarina**. In: Reitz, R. (ed.). **Flora Ilustrada Catarinense**. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí. 24p.

RIGHI, Eléia; ROBAINA, Luis Eduardo de Souza. **Enchentes do Rio Uruguai no Rio Grande do Sul entre 1980 e 2005: uma análise geográfica**. [online]. 2010, vol.22, n.1, pp. 35-54. ISSN 1982-4513. Disponível em :<http://dx.doi.org/10.1590/S1982-45132010000100004>. Acesso em: 15/11/2015.

MANYARI, Waleska Valença. **Impactos ambientais a jusante de hidrelétricas o caso da usina de Tucuruí, PA**. Rio de Janeiro, Tese – Universidade do Rio de Janeiro, COPPE, dezembro de 2007.