

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**VARIABILIDADE TEMPORAL DA DESEMBOCADURA DO
ARROIO CHUÍ PELA FIXAÇÃO ATRAVÉS DE MOLHES**

GIULIANA ANDRÉIA SFREDO

ORIENTADOR – Prof. Dr. Ricardo Norberto Ayup-Zouain

CO-ORIENTADORA – Prof^a. Dra. Tatiana Silva da Silva

Volume I

Porto Alegre – 2017

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**VARIABILIDADE TEMPORAL DA DESEMBOCADURA DO ARROIO CHUÍ PELA
FIXAÇÃO ATRAVÉS DE MOLHES**

GIULIANA ANDRÉIA SFREDO

ORIENTADOR – Prof. Dr. Ricardo Norberto Ayup-Zouain

CO-ORIENTADORA – Prof^a. Dra. Tatiana Silva da Silva

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr^a. Flavia Cristiane Farina – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Iran Carlos Stalliviere Correa – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Nelson Luiz Sambaqui Gruber – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dissertação de Mestrado apresentada
como requisito parcial para a obtenção do
título de Mestre em Geociências.

Porto Alegre – 2017

CIP - Catalogação na Publicação

Sfredo, Giuliana Andréia
Variabilidade temporal da desembocadura do Arroio
Chuí pela fixação através de molhes / Giuliana Andréia
Sfredo. -- 2017.
64 f.

Orientador: Ricardo Norberto Ayup Zouain.
Coorientador: Tatiana Silva da Silva.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências,
Programa de Pós-Graduação em Geociências, Porto
Alegre, BR-RS, 2017.

1. Geomorfologia. 2. Geoprocessamento. 3.
Geologia costeira. I. Ayup Zouain, Ricardo Norberto
, orient. II. Silva, Tatiana Silva da, coorient.
III. Título.

“Incrível como é fácil fazer planos sobre um papel vazio. E como, ainda que vagas, algumas linhas traçadas tornam-se tão importantes. Ou perigosas. Difícil mesmo seria imaginar aonde me levariam essas linhas”.

Amyr Klink – Paratii: Entre dois polos

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais João e Josete, e minha irmã Giordana, por terem apoiado e incentivado a decisão de cursar mestrado, por nunca desistirem de mim, por me acolherem nos momentos difíceis, pelos conselhos e orações e por me amarem tanto. Não poderia deixar de destacar o meu agradecimento à minha irmã Giordana, pelas correções dos meus textos ao longo de todo o mestrado. Tenho a sorte de ter uma professora de Português como irmã. Amo vocês!

Ao Paulo, que me incentivou, me apoiou e cuidou de mim, principalmente neste último semestre. É importante saber que tenho você por perto. Amo você!

Aos meus tios Silvío e Miriam, por terem me acolhido nesta reta final. Sem vocês não seria possível concluir esta etapa!

Ao meu orientador, Professor Dr. Ricardo Norberto Ayup-Zouain, pela idealização do projeto de dissertação, orientação, ideias e compreensão nos momentos difíceis. Infelizmente nos deixou, mas nunca será esquecido! Muito obrigada por tudo!

A minha co-orientadora, Professora Dra. Tatiana Silva da Silva, que tem um coração imenso, me acolheu neste final de mestrado e me ajudou com tudo. Não imagino como eu teria conseguido sem a tua ajuda. Muito, muito, muito obrigada!

Aos amigos, colegas e professores do Laboratório de Modelagem de Bacias e do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, muito obrigada por terem me recebido tão bem quando eu “caí de paraquedas aqui”, pelas palavras de incentivo ao longo do curso, pelas ótimas conversas e pela ajuda. A presença de vocês fez o meu mestrado ser mais feliz!

Ao CNPq e ao Programa de Pós-graduação em Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por propiciar a minha formação acadêmica, através da bolsa de estudos.

A todos os professores que contribuíram para minha formação.

RESUMO

O Balneário Chuí é uma estreita feição costeira de traçado irregular, assimétrico, adjacente a uma feição de falésias erosivas, que são produtos da Barreira III, desgastada pela ação dos agentes mesológicos atuantes. O Arroio Chuí, por sua vez, é um sistema de drenagem, localizado exclusivamente na zona costeira, que nasce a partir do banhado Canelões, ao sul do banhado do Taim, e segue quase paralelo à costa no sentido sul até o Balneário Barra do Chuí, onde deságua no Oceano Atlântico. A construção dos molhes para a fixação da desembocadura se fez necessária já que, anteriormente à construção dos molhes, iniciada em 1975, o arroio migrava ao longo da linha de costa, provocando, em algumas situações, o total fechamento da barra. Em 1978 foi finalizada a obra que fixou a desembocadura do Arroio Chuí através de molhes, contribuindo para a consolidação do limite territorial entre o Brasil e o Uruguai. Este estudo tem como propósito identificar e descrever a evolução da desembocadura do Arroio Chuí após a sua fixação, a fim de auxiliar no gerenciamento do uso e da ocupação antrópica desta área. Para tornar possível a análise da variabilidade temporal, foram utilizadas fotografias aéreas, uma carta topográfica e imagens de satélite de diferentes datas. As imagens passaram por um pré-processamento, foram vetorizadas manualmente e tiveram suas análises realizadas em ambiente SIG. Os resultados mostraram que a obra de fixação através de molhes causou uma variação de posição da desembocadura de 1260 m na direção sul entre 1964, data das imagens mais antigas disponíveis para a região, e 1975, ano do início da construção dos molhes. Este segmento costeiro representou uma perda de 0,16 km² ao Uruguai. Além disso, não foi observada tendência erosiva no balneário brasileiro, como resultado da interrupção do transporte de sedimentos pela deriva litorânea. Espera-se que a análise contribua para a efetuação de um melhor planejamento ambiental e urbano, auxilie ações de gerenciamento costeiro nos balneários Barra do Chuí (BR) e Barra del Chuy (UY) e motive a geração de mais estudos nesta área costeira ainda pouco estudada.

Palavras-Chave: Desembocadura; Molhes; SIG

ABSTRACT

The balneary of Barra do Chuí is a narrow coastal feature with irregular layout, asymmetrical, adjacent to a set of erosive cliffs, which are products of Barrier III, eroded by the action of the mesological agents acting. The Arroio Chuí, in turn, is a drainage system, located exclusively in the coastal zone, which rises from the Canelões wetlands, to the south of the Taim wetlands, and follows almost parallel to the coast in the south direction, marking the border between the balnearies Barra do Chuí (BR) and Barra del Chuy (UY) until draining into the Atlantic Ocean. The construction of the jetties for the fixation of the mouth was necessary because, prior to construction, started in 1975, the rivulet migrated along the coastline, causing, in some situations, the complete closure of the bar. In 1978, the work that established the mouth of the Arroio Chuí was finalized, contributing for the consolidation of the territorial limit between Brazil and Uruguay. This study aims to identify and describe the evolution of the mouth of the Arroio Chuí after its fixation, with the purpose of assisting in the management of the use and the anthropic occupation of this area. To make possible the analysis of the temporal variability were used aerial photographs, a topographic chart and satellite images of different dates. The images were pre-processed, manually vectored and analyzed in a GIS environment. The results showed that the work of fixation through jetties caused a position change of the mouth of 1260 m in the south direction between 1964, date of the oldest images available for the region, and 1975, year of the beginning of the jetties construction. This coastal segment represented a 0.16 km² loss to Uruguay. In addition, no erosive trend was observed in the brazilian balneary, as a result of the interruption of sediment transport by the coastal drift. It is expected that the analysis will contribute to better environmental and urban planning, assist coastal management actions in the Chuí (BR) and Barra del Chuy (UY) balnearies and motivate the generation of further studies in this coastal area that has not been studied yet.

Key-Words: Inlet; Jetties; GIS

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
SUMÁRIO	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	xi
CAPÍTULO 1	12
1.1. INTRODUÇÃO	13
1.1.1. <i>Justificativas</i>	14
1.1.2. <i>A definição de limites: Fundação da Colônia do Sacramento até a Construção dos molhes da Barra do Chuí</i>	14
1.1.3. <i>Utilização de molhes</i>	27
1.2. ÁREA DE ESTUDO	27
1.2.1. <i>Contexto geológico e geomorfológico</i>	29
1.2.2. <i>Clima, Temperatura e Precipitação</i>	35
1.3. OBJETIVOS	38
1.3.1. <i>Objetivo geral</i>	38
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	38
1.4. REFERÊNCIAS	38
CAPÍTULO 2	43
2.1. ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA BRASILEIRA DE GEOMORFOLOGIA	44
ANEXOS	59
<i>Anexo I: Carta de Submissão do Artigo</i>	60
<i>Anexo II: Fotografias panorâmicas da área de estudo</i>	61
<i>Anexo III: Resumo da I Semana Acadêmica dos Pós-Graduandos do Instituto de Geociências da UFRGS</i>	62
<i>Anexo IV: Resumo do 48º Congresso Brasileiro de Geologia</i>	63
<i>Anexo V: Histórico do Curso</i>	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tratados de Limites entre Brasil e Uruguai anteriores a 1851. Retirado de Piña <i>et al.</i> (2013).	17
Figura 2. Desembocadura do Arroio Chuí vista do alto do farol na década de 1930. Retirada do filme "Município de Santa Victoria do Palmar"	20
Figura 3. Fotografia tirada onde hoje está o Balneário Alvorada. Ao fundo se vê o Farol do Chuí.....	20
Figura 4. Vista aérea da barra móvel em frente ao Farol Stella Maris. A barra foi fixada posteriormente no ponto definido pela interseção da linha que parte do farol em direção perpendicular à linha geral da costa. Retirado de Portobrás (1976).....	21
Figura 5. Vista da pedreira nas proximidades do Forte de São Miguel. Retirada de Portobrás (1976).	23
Figura 6. Anteprojeto da construção dos molhes de fixação do Arroio Chuí. Retirado de Portobrás (1976).	24
Figura 7. Vista aérea da zona de fronteira do Arroio Chuí em dezembro de 1976. Observar que a barra não fixada se estende em direção nordeste. Retirado de Portobrás (1976).	24
Figura 8. Colocação de tetrápode no paramento externo do molhe uruguaio. Retirado de Portobrás (1978a).....	25
Figura 9. Vista aérea do norte para o sul da desembocadura do Arroio Chuí após a fixação da barra. Retirado de Portobrás (1978b).	25
Figura 10. Configuração atual da desembocadura do Arroio Chuí. Arquivo pessoal, 2016.	26
Figura 11. Curso do Arroio Chuí. Notar a faixa costeira adjacente ao molhe da margem uruguaia. Arquivo pessoal, 2016.....	26
Figura 12. Localização da área de estudo na região sul do estado do Rio Grande do Sul.....	28
Figura 13. Unidades geomorfológicas no estado do Rio Grande do Sul. Retirado de http://www.ufrgs.br/museum/min/MINMineraisRS.htm	29
Figura 14. Mapa geológico simplificado da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Retirado de Villwock & Tomazelli (2007).....	30

Figura 15. Mapa geomorfológico da Província Costeira do Rio Grande do Sul. Modificado de Villwock (1984).....	31
Figura 16. Barreira III exposta e escarpada pela dinâmica praial, próximo ao balneário Barra do Chuí. Arquivo pessoal, 2016.	34
Figura 17. Atuação das massas de ar no Brasil: Verão e Inverno. Adaptado de TUBELIS <i>et al</i> , 1980.....	36
Figura 18. Esquema de um anticiclone (sistema de alta pressão) e de um ciclone (sistema de baixa pressão) para o Hemisfério Sul.	36
Figura 19. Médias climatológicas de precipitação anual (mm). Retirado de Camargo <i>et al</i> . 2002.....	37

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação de mestrado está estruturada em torno de artigos submetidos em periódicos ou publicações equivalentes. Sua organização compreende os seguintes capítulos principais, conforme Norma 03 do Programa de Pós-Graduação em Geociências:

1. Introdução sobre o tema e descrição do objeto da pesquisa de mestrado, onde estão sumarizados os objetivos e a filosofia de pesquisa desenvolvida e o estado da arte sobre o tema de pesquisa.
2. Artigos publicados em periódicos ou submetidos a periódicos com corpo editorial permanente e revisores independentes, ou publicações equivalentes (capítulo de livro de publicação nacional ou internacional, com corpo de revisores independentes), escritos pelo autor durante o desenvolvimento de seu Mestrado.
3. Anexos, compreendendo: artigo(s) nos quais o pós-graduando é co-autor, resumo(s) e artigo(s) publicado(s) em eventos, relacionado(s) ao tema central da dissertação, bem como documentação pertinente de natureza numérica (tabelas, cálculos), gráfica (figuras, diagramas, mapas, seções) e fotográfica que, por sua dimensão e/ou natureza não pode ser incluída no(s) artigo(s).

CAPÍTULO 1



1.1. INTRODUÇÃO

Zona Costeira é definida por Gomes (2007) como a porção de território influenciada direta e indiretamente em termos biofísicos pelo mar (ondas, marés, ventos, biota ou salinidade) e que pode ter para o lado de terra largura tipicamente de ordem quilométrica e se estende, do lado do mar, até ao limite da plataforma continental. A Lei Nº 7.661 a considera como sendo o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos ambientais, abrangendo as faixas marítima e terrestre (BRASIL, 1988); resultando em processos hidrodinâmicos e deposicionais complexos (BROWN & MCLACHLAN, 1990), o que coloca esse ambiente dentre os mais dinâmicos existentes no planeta.

O Arroio Chuí é um sistema de drenagem, localizado exclusivamente na zona costeira, no sul do estado do Rio Grande do Sul. Rambo (1994) descreve os cursos de água oriundos do próprio litoral como pouco largos, sujeitos a um fraco declive e com areias porosas, dentre os quais o Arroio Chuí é o mais notável, com 66 km de percurso. O arroio nasce a partir do banhado Canelões, localizado ao sul do banhado do Taim e segue quase paralelo à costa no sentido sul até o Balneário do Chuí, onde deságua no Oceano Atlântico.

O Balneário Chuí, localizado no município de Santa Vitória do Palmar-RS, é uma estreita feição costeira de traçado irregular, assimétrico, adjacente a uma feição de falésias erosivas, que são produtos da Barreira III, desgastada pela ação dos agentes mesológicos atuantes. O surgimento do balneário data do início do século XX. O limite geomorfológico da divisa internacional com o Balneário Barra del Chuy (Uruguai) se dá através do Arroio Chuí. Anteriormente à construção dos molhes em 1975, o arroio migrava ao longo da linha de costa, para norte ou para sul, provocando, em algumas situações, o total fechamento da barra, como resultado dos ventos e outros fatores meteorológicos. Em 1978 foi finalizada a obra que fixou a desembocadura do Arroio Chuí através de molhes, contribuindo para a consolidação do limite territorial entre o Brasil e o Uruguai.

Silva (2012) aborda que não há uma única barra natural que não tenha sofrido modificações de origem antrópica nos últimos 50 anos. O autor conceitua “barra” como sendo uma forma litoral em areia, a qual corta a linha da foz de um canal ejetor com o oceano – seja ele canal estuarino ou lagunar – e é formada pela deposição sedimentar que ocorre quando as águas perdem velocidade e, portanto,

competência de transporte e naturalmente abandonam os sedimentos, junto à foz, numa área perpendicular ao injetor do canal.

A classificação proposta por Smith (1974) discrimina 4 tipos de barras, conforme a morfologia: Barras longitudinais, barras transversais, barras de pontal e barras diagonais. As barras longitudinais, a qual se inclui a barra do Chuí antes da construção dos molhes, são definidas pelo autor como formas alongadas, com fluxo paralelo ao seu eixo maior e que se formam em trechos rasos e retilíneos.

O propósito deste estudo é identificar e descrever a evolução da porção final do arroio Chuí e de sua desembocadura após a obra de construção dos molhes, a fim de auxiliar no gerenciamento do uso e da ocupação antrópica, com vistas ao planejamento e uso sustentável desta área. Para tanto, foi necessário obter as imagens da área de estudo e realizar as etapas de georreferenciamento e mosaicagem; fotointerpretação e vetorização manual; rasterização e análise em SIG. A análise em SIG utilizou o módulo *Land Change Modeler* do software Terrset.

1.1.1. *Justificativas*

Santa Vitória do Palmar é enquadrado como município costeiro, possuindo extensa linha de costa. A análise da variabilidade temporal da fixação dos molhes na Barra do Chuí é fundamental, considerando que gera informações de suporte às ações de gestão ambiental da cidade e da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, auxilia uma melhor interpretação das áreas de risco ambiental decorrentes dos eventos meteorológicos e dos processos de dinâmica costeira, colabora para a solução de programas de definição de obras e para retificação de limites de natureza cartográfica.

1.1.2. *A definição de limites: Fundação da Colônia do Sacramento até a Construção dos molhes da Barra do Chuí*

As fronteiras do Sul do Brasil foram objeto de disputa, durante muitos séculos, entre portugueses e espanhóis. Com o passar do tempo, vários tratados de limites foram formulados e as fronteiras mudaram várias vezes de posição.

Portugal fundou em 1660 a Colônia do Sacramento, constituindo um importante entreposto comercial. Tratava-se, porém, de um posto avançado muito longe de outras terras portuguesas. No início do século XVIII, Laguna, em Santa Catarina, era o ponto lusitano mais próximo de Sacramento (NOGUEIRA-NETO, 1993). Havia a necessidade de estabelecer uma nova povoação e, em 1725, João

de Magalhães partiu para o Sul, junto de 30 homens, com essa finalidade. Essa expedição não teve o sucesso esperado. Segundo Mirco (1987) a efetiva ocupação da região foi realizada mais tarde, em 19 de fevereiro de 1737, pelo Brigadeiro José da Silva Paes, ao desembarcar no Norte da Península existente atrás da Barra do Rio Grande, com 254 soldados e dando início à construção do Forte Jesus-Maria-José.

O povoado localizava-se em uma região de restingas na planície costeira com presença de dunas, de lençóis de areia, de sequências lagunares e de banhados. Além disso, possuía vegetação campestre pobre e sofria com a ocorrência de ventos constantes. Tais condições adversas, contudo, não foram suficientes para refrear o valor estratégico da região, visto que o território era suscetível à implantação portuária e de defesa, por ser porta de entrada ao sul do estado do Rio Grande do Sul e por permitir a navegação pela Lagoa dos Patos, alcançando o interior do continente.

Além disso, foram estabelecidos dois postos avançados, colocando trincheiras no Arroio do Taim e na Mangueira (Mirco, 1987). Desse modo, a área do Taim foi consolidada como parte do domínio lusitano. Queiróz (1987) relata que havia pequenos povoados de guarda em direção ao sul do estado, com soldados no Taim, Passo da Mangueira, Albardão e Chuí. Essas guardas deram início a povoações, sendo que a ocupação da Vila do Taim e do Chuí permanece até os dias atuais.

Em 1750 foi assinado o Tratado de Madrid, o qual estabeleceu o princípio do *uti possidetis*, princípio do direito internacional que, em disputas envolvendo soberania territorial, reconhece a legalidade e a legitimidade do poder estatal que exerce controle político e militar sobre os territórios efetivamente ocupados. Através desse princípio, as terras do Chuí ficaram sob o domínio português.

Nos anos de 1760, as disputas entre Portugal e Espanha intensificaram-se. Em 1762, a Colônia do Sacramento foi tomada pelas forças espanholas, que, em seguida, marcharam em direção a Rio Grande de São Pedro. Entre os anos de 1763 e 1776, espanhóis ocuparam a Vila do Rio Grande e a população de origem açoriana dispersou-se, contribuindo para a formação de núcleos de povoação no “Continente” (QUEIRÓZ, 1987). Em 1776, a Vila foi reconquistada pelo Governo Português, através da ação do Sargento-Mor Rafael Pinto Bandeira. Relatos

históricos descrevem que após a retirada dos espanhóis foi necessário trabalho árduo para tornar o povoado habitável outra vez.

Em 1777, Portugal e Espanha firmaram o Tratado de Santo Idelfonso, o qual voltou a reconhecer o princípio do *uti possidetis*. Assim, a área abrangida da Vila de Rio Grande de São Pedro até o Taim voltou a Portugal. No Taim foram construídos quatro marcos de pedra para delimitar a fronteira. Ao sul dos marcos começava o território dos “Campos Neutrais”, fazendo com que as lagoas Mirim e Mangueira, assim como o território do Chuí, deixassem de fazer parte da América Portuguesa. Do outro lado da Lagoa Mirim, os Campos Neutrais se estendiam a partir das margens da lagoa para a direção Noroeste, um território que em sua maior parte pertence ao Uruguai, atualmente.

Em 1801, através do Tratado de Badajós, o Chuí voltou a ser a fronteira da América Portuguesa. Os Campos Neutrais se dissolveram, sendo que parte deles passou para o domínio português e a outra parte passou para o domínio espanhol. Nesse período, não existia Brasil e Uruguai como países independentes.

A Guerra da Cisplatina, entre 1825 e 1828, que envolveu a República das Províncias Unidas do Rio da Prata e o Império do Brasil, resultou na emancipação política do Uruguai, através da assinatura da Convenção da Paz em 27 de agosto de 1828. Contudo, uma questão fundamental, como a dos limites com que esta nova nação surgia, permaneceu sem resolução ao deixar o tema para uma convenção posterior que nunca se realizou (PINÃ *et al.*, 2013). Com o passar do tempo, vários tratados de limites foram formulados (Figura 1), e a questão se arrastou até o fim da Guerra Civil do Uruguai, quando em 12 de outubro de 1851, os limites foram fixados por acordos e convenções pelo Tratado de Limites. Pinã *et al.*, (2013) destaca que este foi o primeiro tratado de limites que o Império do Brasil firmava e executava desde a sua independência da Coroa Portuguesa, em 1822, e em muitos aspectos serviu de modelo para os que posteriormente firmaria com outros países limítrofes.



Figura 1. Tratados de Limites entre Brasil e Uruguai anteriores a 1851. Retirado de Piña *et al.* (2013).

O Tratado de Limites de 1851 estabelece em seu artigo 3º que:

§ 1º – Da embocadura do Arroyo Chuy no Oceano subirá a linha divisoria pelo dito Arroyo na extensão de meia legoa, e do ponto, em que terminar a meia legoa, tirar-se-á uma recta, que, passando pelo Sul do Forte de S. Miguel, e atravessando o arroio desse nome, procure as primeiras pontas do Arroyo Palmar, Das pontas do Arroyo Palmar descerá a linha pelo dito Arroyo até encontrar o Arroyo que a Carta do Visconde de S. Leopoldo chama = S. Luiz =, e a Carta do Coronel Engenheiros José Maria Reys chama = India Muerta=, e por este descerá ate a lagoa Mirim; e circulará a margem occidental della na altura das maiores aguas até a boca do Jaguarão.

§ 2º – Da bôca do Jaguarão seguirá a linha pela margem direita do dito Rio, acompanhando o galho mais ao sul, que tem sua origem no Valle de Aceguá e Serras do mesmo nome; do ponto dessa origem tirar-se-á uma recta que atravesse o Rio Negro em frente da embocadura do Arroyo S. Luiz, e continuará a linha divisoria pelo dito Arroyo S. Luiz acima ate ganhar a Cochilla de Santa Anna; segue por essa Cochilla e ganha a de Haedo até

o ponto em que começa o galho de Quaraim denominado Arroyo da Invernada pela Carta do Visconde de S. Leopoldo, e sem nome na Carta do Coronel Reys, e desce pelo dito galho até entrar no Uruguay; pertencendo ao Brasil a Ilha ou – Ilhas que se achão na embocadura do dito Rio Quaraim no Uruguay (BRASIL, 1851).

O texto acima foi alterado pelo Tratado Modificativo de Algumas Estipulações do Tratado de Limites de 12 de outubro de 1851, assinado em 15 de maio de 1852 em Montevidéu, o qual passou a considerar em seu artigo 1º:

O § 1º do Artigo 3º do Tratado de limites fica alterado do seguinte modo: Da embocadura do arroio Chuy no Oceano subirá a linha divisória pelo dito arroio até o seu Passo geral; deste correrá o rumo direito para o Passo geral do Arroio São Miguel na Costa meridional da Lagoa Mirim; e continuará deste ponto circulando a margem ocidental da mesma Lagoa até a foz do Jaguarão (BRASIL, 1852).

Com os limites acordados, a Comissão dos Limites se deslocou até o Chuí em 15 de junho de 1853 para demarcar a linha de fronteira entre Brasil e Uruguai, lavrando a Ata número 1, cujo texto segue:

Que o primeiro marco seja collocado na margem esquerda do arroio Chuy junto á sua embocadura no Oceano e em lugar a que as vagas do mar e seos effeitos destruidores não possam chegar. Este marco terá as seguintes legendas, principiando do Nascente e depois Norte, Poente e Sul. Long. Oeste Greenwich 53º 25' 05"; Lat. Sul 33º 45' 00" (BRASIL, 1853).

A delimitação da fronteira junto à desembocadura do Arroio Chuí provocou objeções e interpretações controversas, pois o arroio apresentava uma barra móvel e instável. Na mesma Ata encontra-se o relato:

Que não permitindo por sua natureza a desembocadura do arroio Chuy, fixar com precisão o ponto permanente de sua entrada no Oceano, por quanto a maior ou menor altura de sus marés, invade ou abandona o seo leito, pronunciando-se por suas praias nas baixantes de um modo variavel, ter-se-ha comtudo entendido que ainda quando a colocação do marco estabelecido se ache a algumas braças ao Sul daquella por não offerecerem as arêas um lugar mais conveniente para situar-o, isso não obstará a que se considerem suas margens respectivas como propriedade de um e outro dominio, qualquer que venha a ser a situação de sua fóz em suas alterações futuras (BRASIL, 1853).

Azambuja (1978) relata que no fim do século XIX um temporal lançou à terra uma embarcação brasileira nas proximidades da desembocadura do arroio Chuí, em território que antes pertencera ao Brasil, quando a foz se encontrava mais ao sul,

mas que nestes dias estava deslocada mais ao norte, em virtude de sua mobilidade, pertencendo, portanto, ao Uruguai. As autoridades daquele país decidiram apreender o barco, alegando estar em jurisdição do seu país e provocando fervoroso protesto por parte do governo brasileiro. Problemas dessa natureza decorriam da imprecisão da linha demarcatória da fronteira entre Brasil e Uruguai, como o autor relata no trecho abaixo:

O marco nº 1 da Barra do Chuí é, pois, o término do limite pelo rio Chuí, cujo marco foi levantado na linha mais alta de maré [...]. Dentro dessa lógica, o limite pelo mar seria uma linha reta norte-sul, a partir do marco, ou seja, a beira da praia; daí, em sentido ascendente, o rio divide o território e, numa linha leste-oeste, o marco assinala a divisa com o mar. Na maré baixa, o rio pende para o leste, na jurisdição territorial brasileira, margeando as barrancas da Barra, numa extensão que chegou a atingir 4 km, o que demonstra sua oscilação, formando uma desembocadura temporária segundo os ventos e outros fatores meteorológicos. Nas enchentes do mar, a desembocadura desaparece, para ficar o limite na altura do marco. Sendo assim, esse prolongamento do rio, a partir do marco, nada mais é do que um largo deixado pelo mar na maré vazante, sendo portanto uma parte do mesmo, variável e intermitente, dependente dos ventos predominantes de sul, oeste e sudoeste, os quais provocam a preamar e dão velocidade às correntes marítimas forçando o pequeno rio, em sua foz, a pender para o leste a partir da desembocadura convencional na margem limítrofe ao marco. Conclui-se, pois, e isto meridianamente, que a praia frente ao farol, por onde desliza o rio em seu prolongamento, é mar, simplesmente mar, e não limite de fronteira, como equívocas interpretações quiseram fazer crer, gerando uma série de inconvenientes capazes mesmo de provocar uma atitude das chancelarias dos países limítrofes, forçando uma decisão que, no caso, redundou na construção dos molhes, ou seja, a última definição de limites (AZAMBUJA, 1978).

As figuras 2 e 3, obtidas antes da obra que fixou os molhes do Arroio Chuí permitem visualizar a barra móvel, que avançava em direção a nordeste, assim como a figura 4, obtida logo após o início da construção dos molhes.



Figura 2. Desembocadura do Arroio Chuí vista do alto do farol na década de 1930. Retirada do filme "Município de Santa Victoria do Palmar".



Figura 3. Fotografia tirada onde hoje está o Balneário Alvorada. Ao fundo se vê o Farol do Chuí.



Figura 4. Vista aérea da barra móvel em frente ao Farol Stella Maris. A barra foi fixada posteriormente no ponto definido pela interseção da linha que parte do farol em direção perpendicular à linha geral da costa. Retirado de Portobrás (1976).

A fim de identificar as respectivas áreas de jurisdição marítima, é assinado em 10 de maio de 1969 a Declaração Brasileiro-Uruguaia sobre Limites de Jurisdições Marítimas, que resolve:

1. Que o Govêno brasileiro e o Govêno uruguaio reconhecem como limite lateral das respectivas jurisdições marítimas a linha mediana, cujos pontos sejam equidistantes dos pontos mais próximos da linha de base, e que, partindo do ponto em que a fronteira dos dois países alcança o Oceano Atlântico, se prolongue em direção às zonas do mar adjacente.
2. Que os dois Govênos, por intermédio da Comissão Mista de Limites e Caracterização da Fronteira Brasil-Uruguai, assessorada pelos serviços hidrográficos de ambos os países, decidem tomar as providências adequadas a fim de que, com a possível brevidade, o traçado da linha mediana a que se refere o item anterior possa ser claramente caracterizado e conhecido, com vistas à mais perfeita identificação das respectivas áreas de jurisdição marítima e a mais fácil orientação das embarcações e aeronaves que trafegam pela zona limítrofe (BRASIL, 1969).

Reuniu-se, em 21 de julho de 1972, a Comissão Mista de Limites e Caracterização da Fronteira Brasil-Uruguai, no Rio de Janeiro, com o objetivo de dar formal cumprimento à mencionada Declaração Conjunta sobre Limite de Jurisdições Marítimas. Ficou estabelecido que:

[...] a Comissão Mista de Limites e Caracterização da Fronteira Brasil-Uruguai, em Ata da referida XXXVIIIª Conferência, realizada no dia 12 de

outubro de 1971, fixou a barra do arroio Chuí, cujo leito é de instabilidade reconhecida desde a primeira Ata de Limites, de 15 de junho de 1853, como segue: a barra do arroio Chuí será fixada no ponto definido pela interseção da linha que parte do atual farol do Chuí, em direção sensivelmente perpendicular à linha geral da costa com o azimute do próprio limite lateral marítimo (a seguir especificado), com o Oceano Atlântico. O limite lateral marítimo entre os dois países será definido pela linha loxodrômica que, partindo do ponto acima estabelecido, terá o azimute de cento e vinte e oito graus sexagesimais (a contar da direção do norte verdadeiro), atingindo o limite exterior do mar territorial de ambos os países. O prolongamento dessa loxodrômica para dentro da terra passa pelo farol do Chuí. Declaram ainda os senhores Delegados-Chefes que o marco principal número um (de referência), erigido pelos Delegados Demarcadores no ano de mil oitocentos e cinquenta e três, próximo à margem esquerda do arroio Chuí, e em terreno firme para melhor proteção dos efeitos das marés e das vagas marítimas, será mantido em sua posição original e que, em ocasião oportuna, serão executadas as obras necessárias que assegurem a normal desembocadura do arroio Chuí no ponto que foi acima fixado (BRASIL, 1971).

O acordo transcrito acima sobre a definitiva fixação da barra do Arroio Chuí e do limite lateral marítimo Brasil-Uruguai é promulgado através do Decreto Nº 75.891, de 23 de Junho de 1975 (BRASIL, 1975).

O projeto consistiu de duas linhas de molhes que partem sobre a maré alta na enfrentura do marco nº 1, na dobra do rio, junto à ponte internacional, daí seguindo paralelamente as falésias e à praia, quando formando um ângulo quase reto com a linha do farol, segue para o mar adentro por 200 m, desde a maré baixa (AZAMBUJA, 1978).

As obras foram iniciadas em junho de 1976 pela empresa Transpavi-Codrasa S/A - Terraplenagem, Construções e Drenagens sob a supervisão da Empresa de Portos do Brasil S.A - Portobrás. A obra utilizou rochas de uma pedreira nas proximidades do Forte de São Miguel (Figura 5).



Figura 5. Vista da pedreira nas proximidades do Forte de São Miguel. Retirada de Portobrás (1976).

O anteprojeto do Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias - INPH (Figura 6) previu a construção de dois molhes. O molhe sul, no Uruguai, com cerca de 1200 metros de comprimento e o molhe norte, no Brasil, com aproximadamente 300 metros. Foi determinado que as paredes de contenção dos molhes fossem enraizadas na profundidade de -1 metro. Os molhes foram dimensionados a resistir a ondas até 4 metros de altura, o que pode ser considerado um superdimensionamento visando à sua estabilidade. Foram previstos enrocamentos até 7 toneladas no capeamento dos dois molhes e nos respectivos cabeços (PORTOBRÁS, 1976).

A obra teve 3 inspeções durante sua realização. A primeira, em dezembro de 1976 (Figura 7), descreve que a obra se encontrava na seguinte situação, conforme Portobrás (1976):

Dragagem a -1 metro seguida do assentamento do molhe em território uruguaio.

A empreiteira já vem preparando o acesso ao enraizamento do molhe brasileiro.

Do ponto de vista estrutural fomos alertados pela fiscalização quanto à granulometria que vem sendo empregada no núcleo, porque o projeto pede pedras de 0,1 Ton a 3 Ton.

A empreiteira alega que as pedreiras uruguaias, embora graníticas, são fraturadas, o que não vem permitindo a obtenção da pedra com a granulometria desejada.

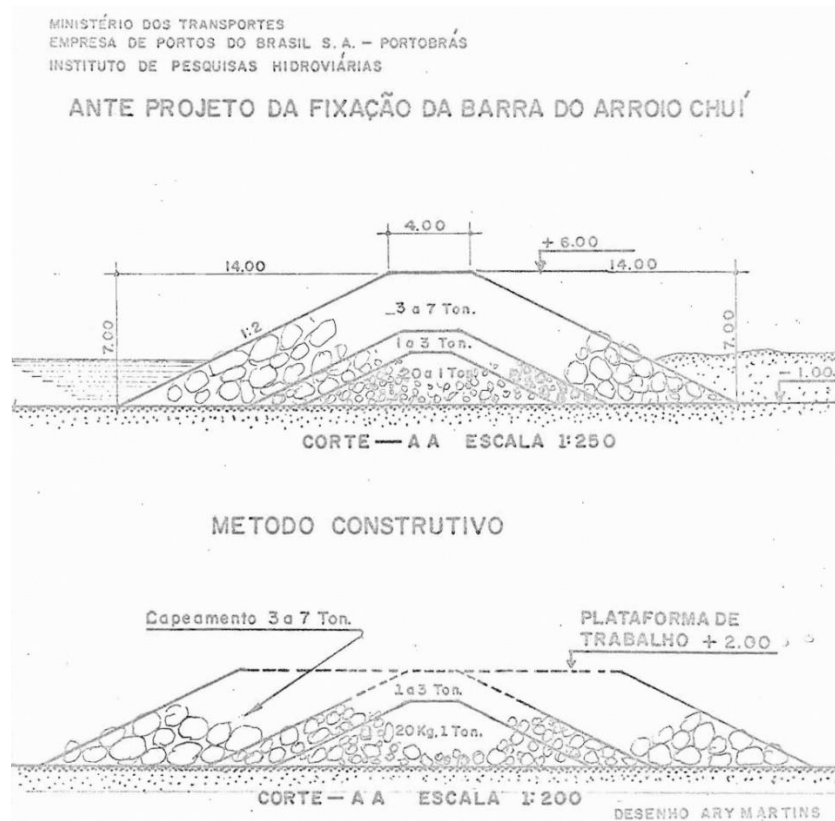


Figura 6. Anteprojeto da construção dos molhes de fixação do Arroio Chuí. Retirado de Portobrás (1976).



Figura 7. Vista aérea da zona de fronteira do Arroio Chuí em dezembro de 1976. Observar que a barra não fixada se estende em direção nordeste. Retirado de Portobrás (1976).

A dificuldade na obtenção de enrocamentos naturais de boa qualidade e no peso requerido pela obra levou ao uso de blocos artificiais no término dos molhes no mar. Foram utilizados blocos de concreto em forma de tetrápodes de 4 e 8 toneladas na parte externa dos molhes (Figura 8). Esses blocos contam com 4 protuberâncias que facilitam o encaixe mútuo e evitam rolamentos. Em setembro de 1978 a obra estava praticamente terminada (Figura 9).



Figura 8. Colocação de tetrápode no paramento externo do molhe uruguaio. Retirado de Portobrás (1978a).



Figura 9. Vista aérea do norte para o sul da desembocadura do Arroio Chuí após a fixação da barra. Retirado de Portobrás (1978b).

A atual configuração da desembocadura do Arroio Chuí, bem como, a faixa costeira adjacente pode ser observada nas figuras 10 e 11. No anexo II são encontradas fotografias panorâmicas da área de estudo.



Figura 10. Configuração atual da desembocadura do Arroio Chuí. Arquivo pessoal, 2016.



Figura 11. Curso do Arroio Chuí. Notar a faixa costeira adjacente ao molhe da margem uruguaia. Arquivo pessoal, 2016.

1.1.3. Utilização de molhes

Historicamente, tem havido inúmeras situações em que a evolução natural de uma desembocadura levou à construção de molhes. O termo desembocadura refere-se a um canal estreito que liga o oceano a um estuário, baía ou rio. Devido à sua alta importância comercial, recreativa e ecológica e à influência que exercem sobre a zona costeira adjacente, as desembocaduras têm sido objeto de muitos estudos dentro das ciências costeiras e da engenharia (VILA-CONCEJO *et al.*, 2004; KIESLICH, 1981; MEHTA, 1996). Soluções tradicionais de engenharia para riscos costeiros em desembocaduras são técnicas de proteção complexas, como a estabilização de entrada através de molhes (VILA-CONCEJO *et al.*, 2004).

Um molhe é definido como “uma estrutura que provê que um ou mais ancoradouros fiquem a certa distância da costa” (BRITISH STANDARDS INSTITUTION, 1988). Um molhe exposto refere-se a “uma estrutura sólida vertical ou aberta empilhada, possivelmente com travessas cruzadas, proporcionando ancoradouros construídos em um local onde as forças de onda têm uma influência significativa sobre o projeto. Estas estruturas podem estar afastadas da terra em águas profundas (onde a influência de águas rasas é pequena) ou em locais expostos, como cais marginais (onde a influência de impactos de águas rasas é mais significativa)” (MCONNELL *et al.*, 2004).

Os molhes estabilizam a desembocadura ao interceptar a deriva litorânea e prevenir ou minimizar a deposição no canal da desembocadura. Os molhes também minimizam os efeitos da ação das ondas e das correntes nos navios que transitam pelo canal da desembocadura. Contudo, tais estruturas apresentam graves problemas ambientais, tais como a interrupção do transporte de sedimento e implicam em um elevado impacto estético (PILKEY & WRIGHT III, 1988).

1.2. ÁREA DE ESTUDO

Na porção sul da unidade geomorfológica da Planície Costeira do Rio Grande do Sul está o Balneário Barra do Chuí, onde se insere a desembocadura do Arroio Chuí, pertencente ao município de Santa Vitória do Palmar (Figura 12). Sua área territorial é de 5.244,353 km² e a população estimada em 2015 foi de 31.436 habitantes, segundo dados e estimativas do IBGE. Limita-se territorialmente com o município de Rio Grande ao norte, com os municípios de Chuí (BR) e Chuy (UY) ao sul, com a Lagoa Mirim a leste e com o Oceano Atlântico a oeste.

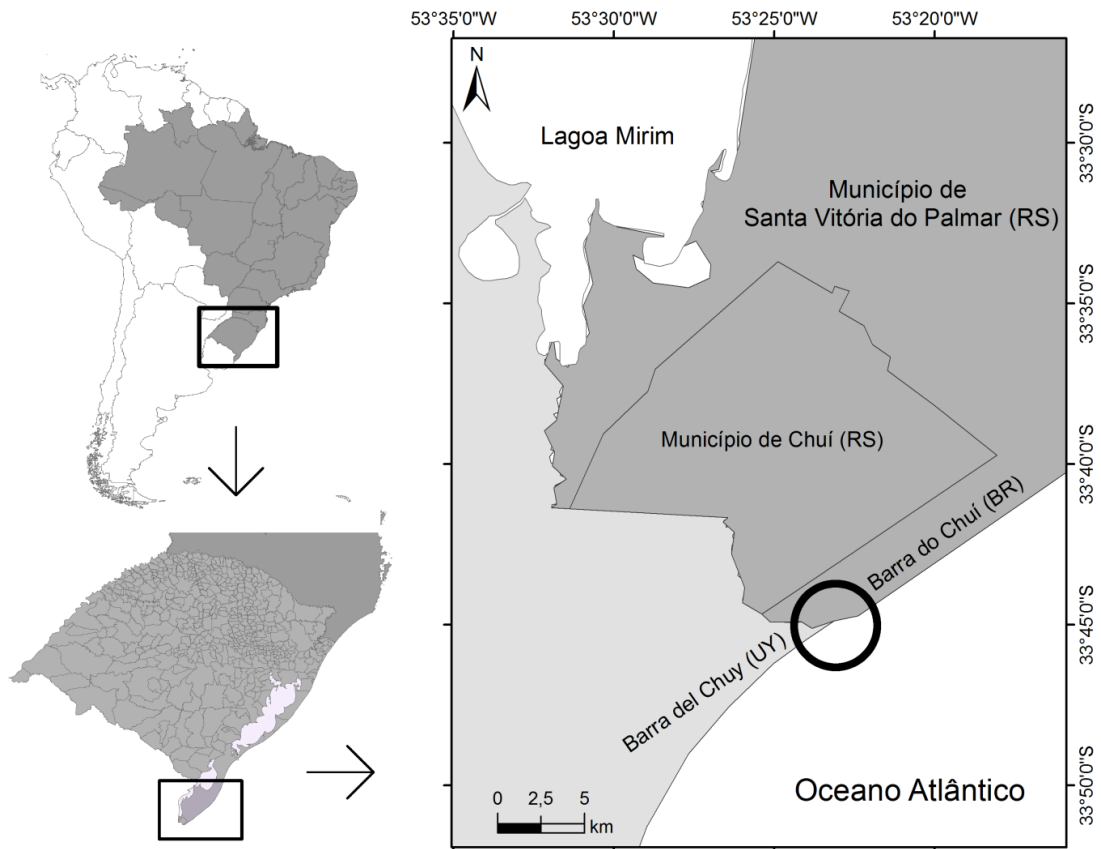


Figura 12. Localização da área de estudo na região sul do estado do Rio Grande do Sul.

Santa Vitória do Palmar tem como principal via de acesso a BR-471, que a interliga com os municípios do Rio Grande e Chuí. Já o balneário Barra do Chuí tem a RS-699 como principal acesso, que conecta o balneário ao município do Chuí.

Nesta região, os campos ocupam áreas amplas, sendo cortados por florestas de galeria e, eventualmente, associados a savanas de palmeiras e leguminosas (CABRERA & WILLINK, 1980). A atual distribuição de campos e florestas seria consequência das sucessivas mudanças climáticas ocorridas na região. Até aproximadamente 10 mil anos atrás, o clima do estado foi frio; no período compreendido entre 10 mil e 3 mil anos atrás, foi quente e seco, de 3 mil a 1 mil anos atrás o clima foi mais frio e úmido e, a partir de 1 mil anos atrás até o momento, mais quente e úmido. Desse modo, a umidificação do clima provocou um avanço progressivo das espécies arbóreas a partir das margens dos rios e lagos (BURIOL *et al.*, 2007).

No que tange a economia, as atividades mais importantes são a agricultura, com destaque ao arroz e à soja, e a pecuária, com relevância para a produção bovina de corte e ovina de lã. A importância do cultivo de arroz para a economia do município é evidenciada pela retificação do curso do Arroio Chuí, na década de

1960, para se obter um melhor aproveitamento na produção de arroz. Recentemente, a instalação do Complexo Eólico Campos Neutrais nas cidades de Santa Vitória do Palmar e Chuí vem movimentando a economia. Estima-se que 4,8 mil empregos diretos e indiretos estão sendo gerados, o que provoca o aquecimento do terceiro setor e movimenta o turismo (Brasil, 2015).

1.2.1. Contexto geológico e geomorfológico

O estado do Rio Grande do Sul pode ser compartimentado em quatro grandes unidades geomorfológicas, com base no arcabouço estrutural e nas feições arquiteturais presentes (CARRARO *et al.*, 1974): Planalto das Araucárias, Depressão Periférica, Escudo Sul-Riograndense e Planície Costeira (Figura 13).

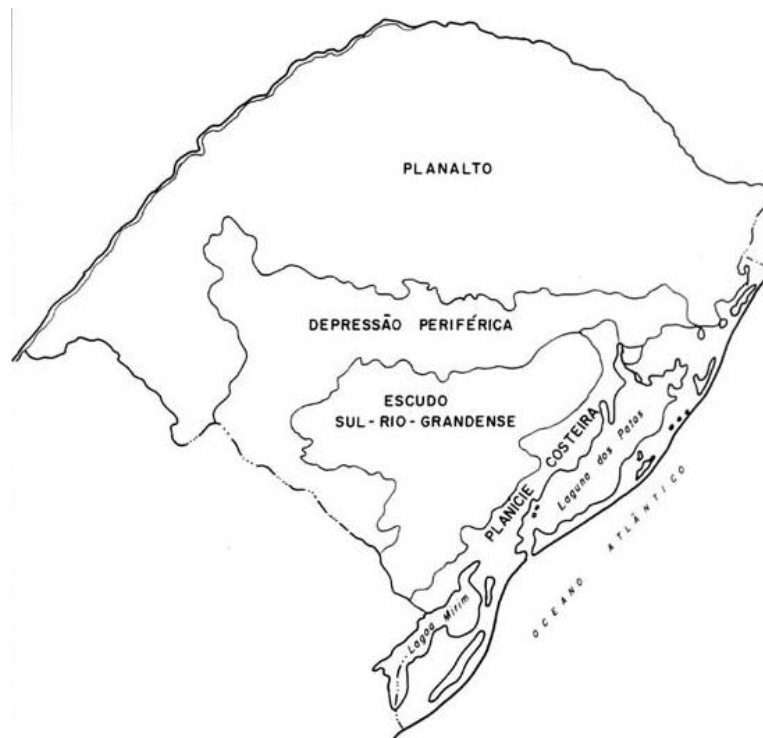


Figura 13. Unidades geomorfológicas no estado do Rio Grande do Sul. Retirado de <http://www.ufrgs.br/museum/min/mineraisRS.htm>

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) é composta, na maior parte, por sedimentos neógenos, assinalados por um conjunto de sistemas deposicionais, cuja estruturação é originada a partir do retrabalhamento da porção superficial da Bacia de Pelotas por ciclos transgressivos e regressivos do nível médio relativo do mar, relacionados às variações glacioeustáticas durante o período Quaternário (CARRARO *et al.*, 1974), o que resultou em uma sequência deposicional complexa do tipo laguna-barreira (Figura 14).

A PCRS estende-se por mais de 620 km de comprimento e até 120 km de largura, onde falésias, cristas de praia, pontais arenosos suspensos, campos de dunas e feixes de cristas de praia compõem um sistema complexo de barreiras arenosas que aprisionam um grande sistema lagunar (Sistema Patos-Mirim), e uma série de outros corpos de água de proporções inferiores (VILLWOCK, 1984). Do litoral norte para o litoral sul, a PCRS se torna mais larga e tem seu limite interno nos terrenos muito dissecados do escudo Sul-Riograndense e Uruguai.

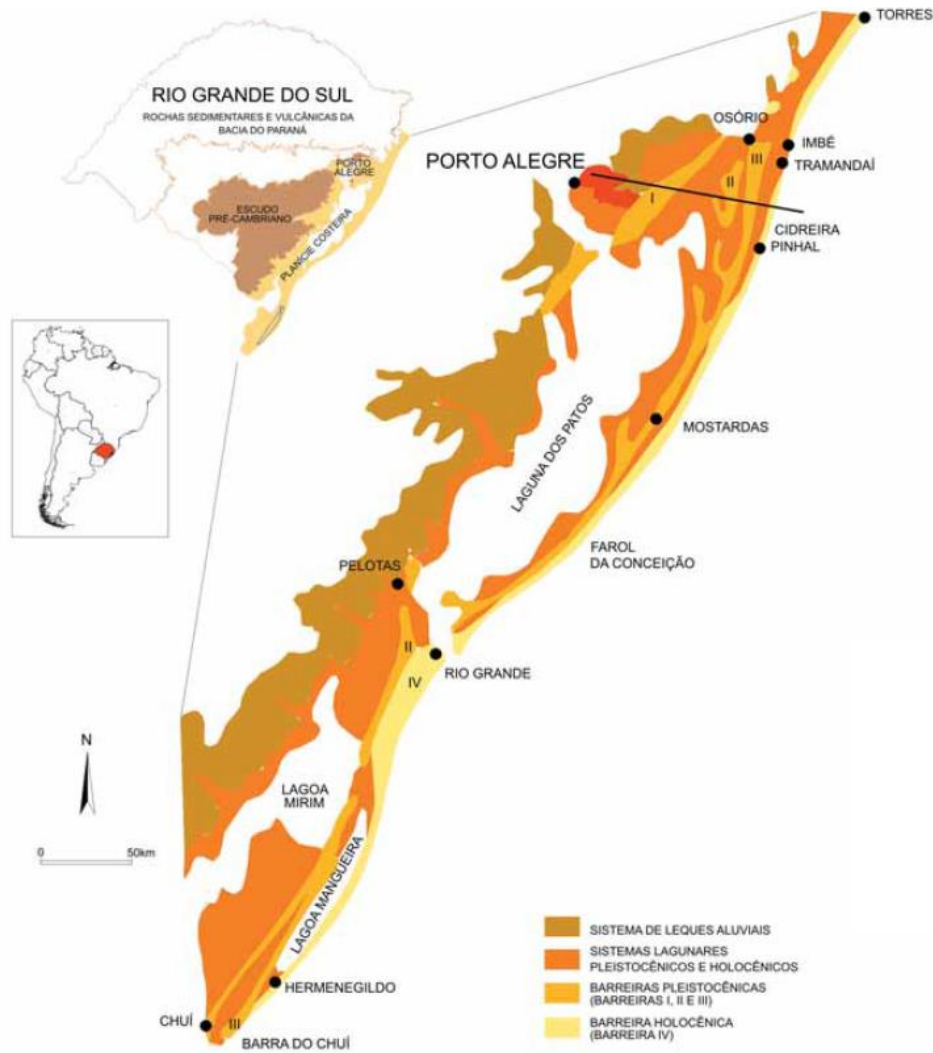


Figura 14. Mapa geológico simplificado da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Retirado de Villwock & Tomazelli (2007).

A PCRS, juntamente com a Plataforma Continental, formam as Terras Baixas, caracterizadas por receberem os sedimentos clásticos terrígenos que são erodidos e transportados a partir das Terras Altas. Essas últimas agrupam o Escudo Sul-Riograndense, a Depressão Periférica e o Planalto das Araucárias. As Terras Baixas e as Terras Altas constituem a Província Costeira do Rio Grande do Sul (Figura 15).

As Terras Baixas, de interesse desse estudo, podem ser compartimentadas em Planície Aluvial Interna, Barreira das Lombas, Sistema Lagunar Guaíba-Gravataí, Barreira Múltipla Complexa e Sistema Lagunar Patos-Mirim, descritos a seguir com base em Villwock & Tomazelli (2007).

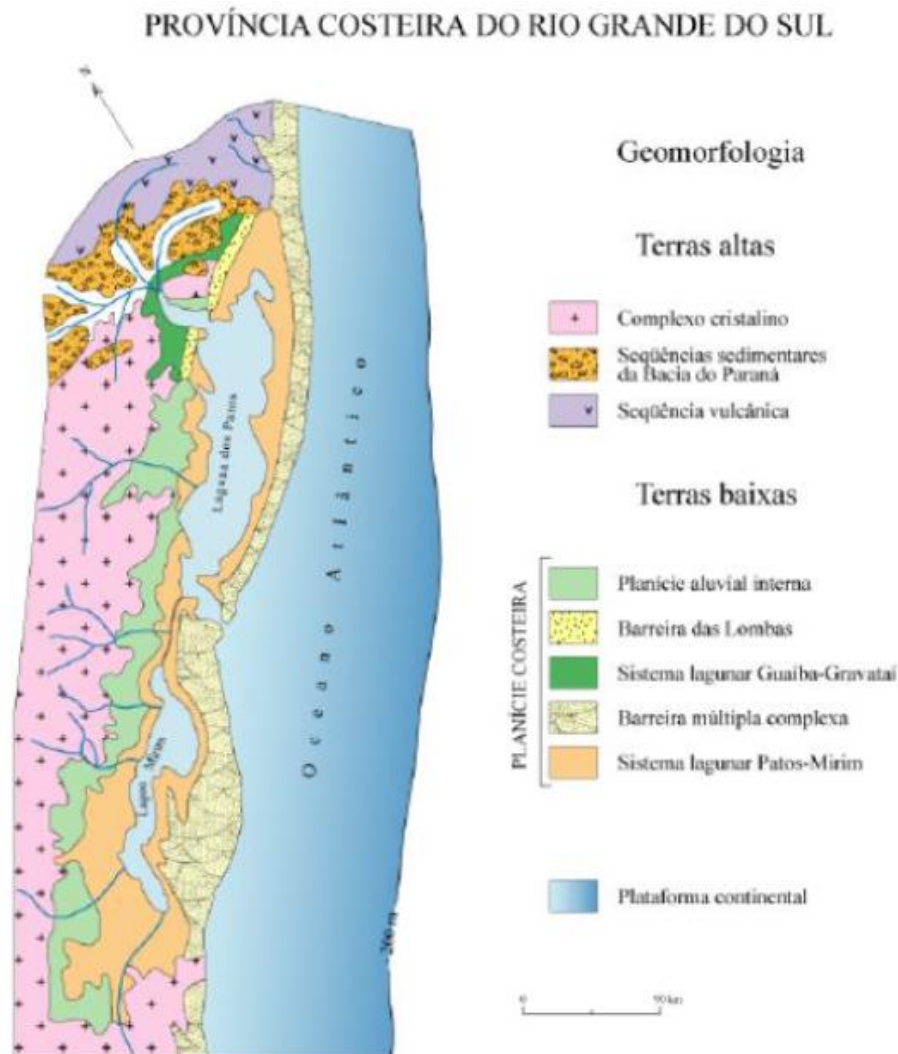


Figura 15. Mapa geomorfológico da Província Costeira do Rio Grande do Sul. Modificado de Villwock (1984).

A Planície Aluvial Interna corresponde à faixa de terra, levemente inclinada para o leste, que se estende entre as terras altas do Escudo Sul-Riograndense e os grandes corpos de água do Sistema Lagunar Patos-Mirim. É constituída por depósitos de materiais desagregados das bordas do escudo, que foram transportados por fluxos gravitacionais e depositados nos antigos sopés, formando depósitos de leques marginais distais e proximais, muito dissecados pela drenagem atual. Esses depósitos se acumularam a partir do Terciário e tiveram suas porções distais retrabalhadas no decorrer do Quaternário, em ambiente marinho e lagunar.

A Barreira das Lombas (Barreira I) corresponde a uma faixa alongada na direção NE-SO, com cerca de 250 km de extensão, entre os municípios de Osório e Tapes. É constituída por coxilhas arredondadas que chegam a ultrapassar 100 m de altura, representando resquícios de um antigo sistema de ilhas-barreira. Seu desenvolvimento se deu principalmente a partir da acumulação de sedimentos praias eólicos que se ancoraram sobre altos do embasamento. Em sua extremidade NE estes altos são representados pelas rochas sedimentares e vulcânicas da Bacia do Paraná e, na parte central e SW, pelas rochas cristalinas do Batólito de Pelotas. Esse sistema foi formado a partir das variações do nível do mar no Pleistoceno médio, que foi responsável por isolar o Sistema Guaíba-Gravataí do mar. Remanescentes de sedimentos correlativos à Barreira I ocorrem também a oeste da lagoa Mirim.

O sistema lagunar Guaíba-Gravataí constitui uma área de terras baixas que evoluiu de uma ampla laguna para pântanos costeiros, parcialmente retrabalhados pela drenagem atual. O isolamento originou as atuais bacias hidrográficas do Guaíba e do rio Gravataí.

O sistema de Barreiras Múltiplas Complexas corresponde à faixa de terra que se estende, ao norte, entre o Planalto das Araucárias e o Oceano Atlântico e que, ao sul, foi responsável pelo isolamento do Sistema Lagunar Patos-Mirim. Esse sistema consiste numa sucessão de terraços, bastante aplainados, intercalados com depressões alongadas, ocupadas por lagunas, lagos e pântanos em diferentes estágios evolutivos. As Barreiras Múltiplas Complexas são ainda divididas em mais três sistemas do tipo laguna-barreira adicionadas à planície costeira no decorrer dos três últimos grandes ciclos de variação do nível do mar. Vilcock & Tomazelli (1995) definem esses sistemas como sistemas laguna-barreira II e III (sistemas pleistocênicos) e o sistema laguna-barreira IV (sistema holocênico).

O Sistema Lagunar Patos-Mirim foi estabelecido durante a primeira fase de formação da Barreira Múltipla Complexa e evoluiu durante os avanços e retrocessos do mar. As variações de nível do mar proporcionaram a abertura e o fechamento das áreas de comunicação com o mar ao longo da construção das barreiras II, III e IV, mas o confinamento só foi consolidado a partir da formação da barreira III, responsável por formar a Lagoa dos Patos.

Os sistemas deposicionais referentes às barreiras costeiras se configuram como os principais elementos deposicionais e geomorfológicos nas costas

dominadas por ondas, ocorrendo mundialmente em áreas onde o gradiente topográfico é suave e onde ocorre abundância de sedimentos arenosos (DILLENBURG & HESP, 2009). A PCRS evoluiu para leste através da aglutinação lateral de quatro sistemas deposicionais do tipo “laguna-barreira”, e cada um destes sistemas registra o pico de uma transgressão seguida de um evento regressivo, sendo o Sistema Laguna-Barreira I o mais antigo e mais interiorizado e o Sistema Laguna-Barreira IV o mais recente e mais externo.

O mais antigo sistema deposicional, denominado Laguna-Barreira I, se desenvolveu como resultado de um primeiro evento transgressivo-regressivo pleistocênico. A idade absoluta desse sistema é difícil de ser determinada, tendo em vista a escassez ou mesmo inexistência de materiais apropriados a datações geocronológicas, mas é provável que este sistema corresponda ao estágio isotópico 11, na curva isotópica do oxigênio, o que lhe confere uma idade absoluta de aproximadamente 400 mil anos (VILLWOCK & TOMAZELLI, 2007). Como já abordado, esse sistema está confinado entre os municípios de Osório e Tapes, com remanescentes a oeste da Lagoa Mirim, não ocorrendo nas proximidades da área de estudo.

O sistema deposicional Laguna-Barreira II evoluiu através do segundo evento transgressivo-regressivo pleistocênico, cujo pico transgressivo pode ser correlacionado com o estágio isotópico de oxigênio 9, estimado em, aproximadamente, 325 mil anos. A determinação da idade absoluta desse sistema apresenta o mesmo problema descrito para Laguna-Barreira I. Este sistema corresponde ao primeiro estágio na evolução da “Barreira Múltipla Complexa” (VILLWOCK, 1984), que permitiu, mais tarde, o isolamento do atual Sistema Lagunar Patos-Mirim.

O sistema deposicional Laguna-Barreira III é associado a um terceiro evento transgressivo-regressivo pleistocênico, cujo pico transgressivo é estimado em, aproximadamente, 120 mil anos. É atribuído ao Sistema deposicional Laguna-Barreira III, a implantação final do Sistema Lagunar Patos-Mirim. Esse sistema se encontra muito bem preservado no presente e se estende, de maneira quase contínua, ao longo de toda a planície costeira, desde Torres até o Chuí. Na porção meridional da planície, entre Rio Grande e Chuí, os depósitos correspondentes à Barreira III se estendem igualmente, de forma contínua, sendo que nas proximidades do banhado do Taim a Barreira III está ancorada nos depósitos da

Barreira II e, mais ao sul, se apresenta de forma regressiva e forma um sistema de depósitos fluvio-lacustres entre as duas barreiras, onde hoje drena o Arroio Chuí (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995). A área de estudo está situada neste sistema, correspondendo à única região do estado onde a barreira III aflora ao nível do mar.

Lima *et al.* (2013) abordaram que a barreira pleistocênica foi reativada em alguns pontos entre os balneários Barra do Chuí e Hermenegildo, onde estão expostas barrancas escarpadas da face marinha da barreira III (Figura 16). Dessa forma, sedimentos de idade pleistocênica passam a se remobilizar através da dinâmica costeira atual e fazem parte do sistema praiado na faixa costeira compreendida entre esses balneários.



Figura 16. Barreira III exposta e escarpada pela dinâmica praiado, próximo ao balneário Barra do Chuí. Arquivo pessoal, 2016.

Por fim, o Sistema Laguna-Barreira IV é o sistema deposicional mais recente da PCRS. Desenvolveu-se durante o Holoceno, como consequência da última grande transgressão pós-glacial, cujo pico transgressivo é estimado em 5 mil anos. No pico transgressivo holocênico, o nível do mar alcançou, na região costeira, aproximadamente 5 m acima do nível atual e possibilitou a formação de uma barreira constituída essencialmente por areias praiadas e eólicas. Esta barreira, instalada graças à elevada disponibilidade de sedimentos arenosos existentes na plataforma continental interna, progradiu lateralmente durante a fase regressiva que se seguiu. Esta progradação se desenvolve principalmente através da construção de

cordões litorâneos regressivos (*beach ridges*). Esse sistema tem seu limite de ocorrência junto ao Balneário do Hermenegildo, não ocorrendo na área de estudo.

1.2.2. *Clima, Temperatura e Precipitação*

O clima do Rio Grande do Sul é do tipo Temperado Moderado Chuvoso ou “C”, de acordo com o sistema proposto por Koeppen (1948 *apud* Moreno, 1961). Essa classificação, em primeira ordem de importância, considera as isotermas de temperatura do mês mais frio (Julho) e classifica como “C” àquelas regiões que estão submetidas a temperaturas que variam entre -3°C e 18°C , nesse mês. Em sequência, aparecem as isotermas do mês mais quente (Janeiro). As regiões com temperaturas do mês mais quente superiores a 22°C são classificadas como “Cfa”, incluindo nessa categoria o município de Santa Vitória do Palmar (RS).

As mudanças nas condições meteorológicas observadas na região Sul do Brasil estão geralmente associadas à passagem, formação ou intensificação de frentes frias, sistemas meteorológicos típicos de latitudes médias e atuantes no litoral brasileiro em todas as épocas do ano (KOUSKY, 1979; SATYAMURTY *et al.*, 1998).

Rossato (2011) relaciona a gênese do clima no Rio Grande do Sul com a maior influência exercida pelos sistemas polares e menor influência dos sistemas tropicais, em conjunto com a influência do relevo e da corrente fria das Malvinas.

Durante o inverno, em alguns anos, a Massa Polar Atlântica (mPa) tem a sua influência constante e, em outros, a sua influência é alternada com a Massa Tropical (Figura 17). No primeiro caso, a temperatura permanece fria durante todo o inverno. No segundo caso, dão-se grandes variações, acompanhadas de bruscos contrastes térmicos (MORENO, 1961).

A Massa Polar Atlântica (mPa) é a responsável por alimentar os Anticiclones Migratórios Polares (AMPs) que atingem o estado durante o inverno. Os anticiclones são centros de alta pressão atmosférica que se caracterizam por possuir um padrão de circulação que apresenta subsidência e divergência de ar na superfície, com circulação de ar anti-horária no Hemisfério Sul (Figura 18). Tais características resultam em condições de tempo nas quais predominam estabilidade atmosférica, céu limpo e baixa umidade (MUSK, 1988).

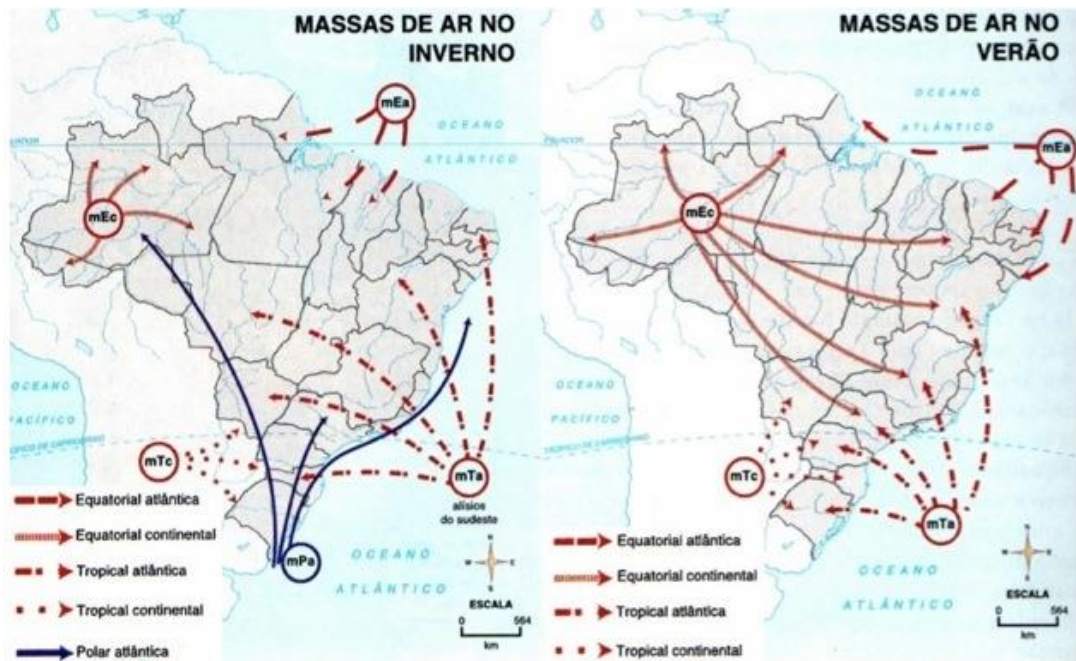


Figura 17. Atuação das massas de ar no Brasil: Verão e Inverno. Adaptado de TUBELIS *et al*, 1980.

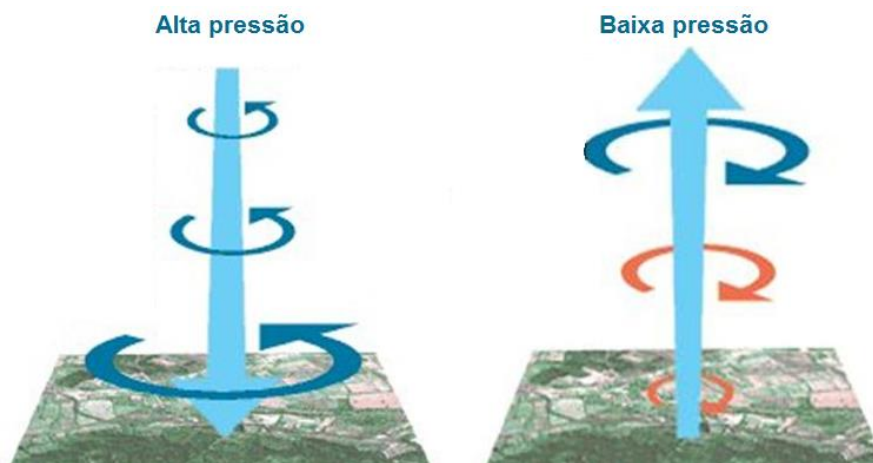


Figura 18. Esquema de um anticiclone (sistema de alta pressão) e de um ciclone (sistema de baixa pressão) para o Hemisfério Sul.

Os AMPs são alimentados por massas de ar frio das altas latitudes e se caracterizam por transportarem ar frio, denso e seco e por serem responsáveis pela geração dos ventos provenientes dos quadrantes sudoeste e sul (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Com a chegada da primavera, há o aumento de intensidade do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), associado à Massa Tropical Atlântica (mTa), a qual se caracteriza por altas temperaturas e elevada umidade específica sobre o oceano (NIMER, 1989). Os ventos resultantes desse sistema são oriundos dos quadrantes leste-nordeste e atuam ao longo de toda costa do RS.

As chuvas são bem distribuídas ao longo do ano. As flutuações inter-regionais dentro do Estado são de pequena magnitude, podendo-se notar uma tendência a índices de precipitação anuais crescentes no sentido Sul-Norte (Figura 19), variando entre 1200 mm e 2500 mm anuais (CAMARGO *et al* 2002). De acordo com Moreno (1961) Santa Vitória do Palmar é a estação menos chuvosa do Estado, com 1186 mm anuais.

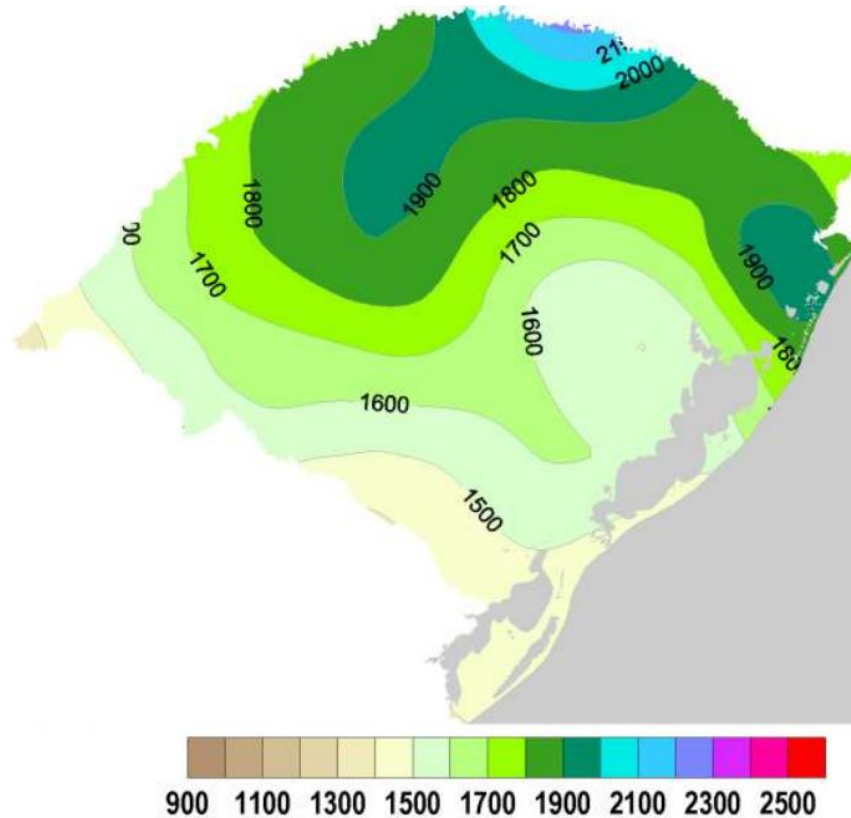


Figura 19. Médias climatológicas de precipitação anual (mm). Retirado de Camargo *et al.* 2002

A gênese das chuvas de inverno é diferente das de verão, bem como as suas características e consequências. No litoral médio e sul, o pico de estação chuvosa ocorre durante o inverno, onde a precipitação se origina dos sistemas frontais muito ativos nessa época do ano (GRIMM & FEUSER, 1998). As chuvas de inverno ocorrem por ocasião da aproximação de um anticiclone. A área de baixa pressão se desloca, dando lugar a uma área de alta pressão, por consequência, o ar atmosférico comporta menor umidade, ocasionando a condensação e a formação de nuvens.

Durante o verão, os anticiclones decrescem em valor e frequência, passando a atuar novos fatores na formação das chuvas na estação quente. Tais fatores correspondem à posição do estado, no lado leste do continente americano, posição que permite receber os ventos alísios que sopram do Atlântico. Estes ventos vêm

carregados de umidade, por terem origem no oceano e causam as chuvas de verão (MORENO, 1961).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo geral

Analisar temporalmente a evolução do Arroio Chuí e sua desembocadura na região costeira do Balneário Barra do Chuí, município de Santa Vitória do Palmar – RS.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analisar a influência da construção dos molhes nas modificações ocorridas na configuração da linha de costa nos Balneários Barra do Chuí (Brasil) e Barra del Chuy (Uruguai), situadas nas áreas contíguas à desembocadura do Arroio Chuí.
- Discutir a utilização de fotografias aéreas em conjunto com imagens de satélite em estudos de evolução de sistemas costeiros.
- Detectar e quantificar alterações históricas da linha de costa nas praias oceânicas adjacentes à desembocadura do Arroio Chuí, entre 1964 e 2011.

1.4. REFERÊNCIAS

AZAMBUJA, P. História das terras e mares do Chuí. Caxias do Sul: Escola superior de teologia São Lourenço de Brindes, 1978, 264p.

BRASIL. Atos Internacionais Nº 1040 B. Tratado de Limites entre o Brasil e o Uruguay. 1851. Acessado em: 22/03/2016. Disponível em: <http://daimre.serpro.gov.br/atos-internacionais/bilaterais/1851/b_28/>

BRASIL. Tratado Modificativo de Algumas Estipulações do Tratado de Limites de 12 de Outubro de 1852. 1852 Acessado em: 22/03/2016. Disponível em: <http://daimre.serpro.gov.br/atos-internacionais/bilaterais/1852/b_34/>.

BRASIL. Ata número 1, assinada em 15 de junho de 1853. Dispõe da demarcação da linha limite entre o Arroio Chuy e o Rio Jaguarão. 1853. Acessado em: 22/03/2016. Disponível em: <http://sistemas.mre.gov.br/kitweb/datafiles/Scdl/pt-br/file/Ata%201%20Demarca%C3%A7%C3%A3o_15%20jun_%201853_URU.pdf> 22/03/2016>.

BRASIL. Declaração Brasileiro-Uruguia sobre Limite de Jurisdições Marítimas. 1969. Acessado em: 22/03/2016. Disponível em: <http://dai-mre.serpro.gov.br/atos-internacionais/bilaterais/1969/b_37/>.

BRASIL. Carta da XXXVIII Conferência, realizada no dia 12 de outubro de 1971 da Comissão Mista de Limites e Caracterização da Fronteira Brasil-Uruguai. 1971. Acessado em: 22/03/2016. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decleg/1970-1979/decretolegislativo-53-13-agosto-1974-346407-publicacaooriginal-1-pl.html>>

BRASIL. Decreto Nº 75.891, de 23 de junho de 1975. Promulga o acordo sobre a definitiva fixação da barra do Arroio Chuí e do limite lateral marítimo Brasil-Uruguai. 1975. Acessado em: 22/03/2016. Disponível em: <<http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=122833>>.

BRASIL. Lei nº. 7.661, de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. 1988. Disponível em 02 dez. 2015 em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7661.htm>.

BRASIL. Parque Eólico aumenta arrecadação e geração de empregos e turismo no extremo sul gaúcho. 2015. Disponível em 08 jun. 2015 em: <<http://www.planalto.gov.br/parque-eolico-aumenta-arrecadacao-geracao-de-empregos-e-turismo-no-extremo-sul-gaucha/>>.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. British Standard Code of Practice for Maritime Structures. Part 2: Code of Practice for design of quay walls, jetties and dolphins. British Standards Institution, 1988.

BROWN, A. C.; MCLACHLAN, A. Ecology of Sandy Shores. Amsterdam: Elsevier, 1990, 327p.

BURIOL, G.A., ESTEFANEL, V., DE CHAGAS, Á.C., & EBERHARDT, D. 2007. Clima e vegetação natural do Estado do Rio Grande do Sul segundo o diagrama climático de Walter e Lieth. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 17, n. 2, p. 91-100.

CABRERA, A. & WILLINK, A. 1980. Biogeografia da América Latina. 2.ed. Washington, OEA.

CAMARGO, O. A. *et al.* **Atlas Eólico**. Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria de Energia Minas e Comunicações (SEMC), 2002, 70 p.

- CARRARO, C. C. *et al.* 1974. Mapa geológico do estado do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências, UFRGS. Porto Alegre.
- DILLENBURG, S.R.; HESP, P.A. **Geology and geomorphology of Holocene coastal barriers of Brazil**. Berlim, Springer, 2009.
- GOMES, F. V. A gestão da zona costeira portuguesa. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, v. 7, n. 2, p. 83-95, 2007.
- GRIMM, A.M.; FEUSER, V.R. Relações entre temperaturas da superfície do mar sobre o Atlântico e precipitação no sul e sudeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia. Rio de Janeiro: SBMET, 1998.
- KIESLICH, J. M. Tidal inlet response to jetty construction. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station Hydraulics Laboratory, 1981, 66p. Disponível em: <<http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA112448>>.
- KOUSKY, V.E. Frontal Influences on Northeast Brasil. **Monthly Weather Review**, v. 107, n. 9, p. 1140-1153, 1979.
- LIMA, L.G.; DILLENBURG, S.R.; MEDEANIC, S.; BARBOZA, E.G.; ROSA, M.L.C. C.; TOMAZELLI, L. J.; DEHNHARDT, B. A.; CARON, F. Sea-level rise and sediment budget controlling the evolution of a transgressive barrier in southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 42, p. 27-38, 2013.
- MCCONNELL, K.; ALLSOP, W.; CRUICKSHANK, I. Piers, jetties and related structures exposed to waves: guidelines for hydraulic loadings. London: Thomas Telford, 2004, 148p.
- MEHTA, A. J. A perspective on process related research needs for sandy inlets. *Journal of Coastal Research*, SI n. 23, p. 3-21, 1996. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/25736066>>.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007, 206p.
- MIRCO, C. H. B. Textos para o estudo da história do município do Rio Grande, XVI-XVIII. Rio Grande: Editora da FURG, 1987, 61 p.
- MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. *Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul*, n. 11, p. 49-83, 1961. Disponível em: <<http://revistas.fee.tche.br/index.php/boletim-geografico-rs/article/view/3236>>.

MUSK, L.F. **Weather Systems**. England, Cambridge University Press, 1988.

NIMER, E. Climatologia no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1989, 427p. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81099.pdf>>.

NOGUEIRA-NETO, P. Do Taim ao Chuí: da barra do Rio Grande as terras e águas do arroio Chuí. São Paulo: Empresa das Artes, 1993, 96 p.

PILKEY, O. H.; WRIGHT III, H. L. Seawalls versus beaches. *Journal of Coastal Research*, SI n. 4, p. 41-64, 1988. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/25735351>>.

PIÑA, W. H. S.; ETCHECHURI, C. E. P.; VEGI, C. T. S. La demarcación de nuestra frontera con Brasil desde el Arroyo Chuy hasta la Laguna Merín y los pobladores de la región en 1852. *Revista Histórica Rochense*, n. 5, 2013. Disponível em: <<http://www.revistahistoricarochense.com.uy/rhr-no-5/la-demarcacion-de-nuestra-frontera-con-brasil-desde-el-arroyo-chuy-hasta-la-laguna-merin-y-los-pobladores-de-la-region-en-1852/>>.

PORTOBRÁS – EMPRESA DE PORTOS DO BRASIL. Relatório de viagem à barra do Arroio Chuí, para acompanhamento das obras de fixação. Instituto de Pesquisas Hidroviárias, 1976.

PORTOBRÁS – EMPRESA DE PORTOS DO BRASIL. Relatório fotográfico do arroio Chuí. Período: 07 e 08/06/1978. Instituto de Pesquisas Hidroviárias, 1978a.

PORTOBRÁS – EMPRESA DE PORTOS DO BRASIL. Relatório de viagem ao Chuí no período de setembro de 1978. Instituto de Pesquisas Hidroviárias, 1978b.

QUEIRÓZ, M. L. B. A Vila do Rio Grande de São Pedro: 1737-1822. Rio Grande: Editora da FURG, 1987, 191 p.

RAMBO, B. A fisionomia do Rio Grande do Sul: Ensaio de monografia natural. São Leopoldo: Editora UNISINOS, 1994, 473 p.

ROSSATO, M. S. 2011. Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia. Tese de Doutorado em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 240 p.

SATYAMURTY, P.; MATTOS, L.F.; NOBRE, C.A.; DIAS, P.L.S. South America. p. 119-139. In: KAROLY, D.J. & VINCENT, D.G (Org.). **Meteorology of the Southern Hemisphere**. American Meteorological Society, Boston, 1998, 413 p. Disponível em: <<http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-935704-10-2>>.

SILVA, C. A. S. N. 2012. Evolução das “barras” no sistema lagunar da Ria Formosa: a barra da Fuseta como caso de estudo. Dissertação de Mestrado em Geografia Física - Ambiente e Ordenamento do Território. Universidade de Coimbra. Coimbra, 110 p.

SMITH, N. D. Sedimentology and bar formation in the upper Kicking Horse River, a braided outwash stream. *The Journal of Geology*, v. 82, n. 2, p. 205-223, 1974.

VILA-CONCEJO, A.; FERREIRA, Ó.; MORRIS, B. D.; MATIAS, A.; DIAS, J. M. A. Lessons from inlet relocation: examples from Southern Portugal. *Coastal Engineering*, v. 51, n. 10, p. 967-990, 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378383904000894>>.

VILLWOCK, J.A. Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. A Synthesis. *Pesquisas em Geociências*, v. 16, n. 5, p. 5-49, 1984.

VILLWOCK, J. A. & TOMAZELLI, L. J. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. In: **Notas Técnicas**, Ed: UFRGS, v. 8, p 1-45, 1995.

VILLWOCK, J. A.; TOMAZELLI, L. J. Planície costeira do Rio Grande do Sul: gênese e paisagem atual. **Biodiversidade: Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, planície costeira do Rio Grande do Sul**. Brasília, MMA/SBF, p. 20-33, 2007.

CAPÍTULO 2



2.1. ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA BRASILEIRA DE GEOMORFOLOGIA

Variabilidade temporal da desembocadura do Arroio Chuí pela fixação através de molhes, divisa entre Brasil e Uruguai

Temporal variability of Arroio Chuí inlet by fixing by jetties, the border between Brazil and Uruguay

Giuliana Andréia Sfredo¹
Tatiana Silva da Silva²
Ricardo Ayup Zouain (in memoriam)³

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geociências
Laboratório de Modelagem de Bacias
Av. Bento Gonçalves, 9500 – Porto Alegre – RS
giuliana.sfredo@ufrgs.br

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Geociências
Departamento de Geodésia
Laboratório de Modelagem de Bacias
Av. Bento Gonçalves, 9500 – Porto Alegre – RS
tatiana.silva@ufrgs.br

³Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Geociências
Departamento de Geodésia
Laboratório de Modelagem de Bacias
Av. Bento Gonçalves, 9500 – Porto Alegre – RS
ricardo.ayup@ufrgs.br

Variabilidade temporal da desembocadura do Arroio Chuí pela fixação através de molhes: divisa entre Brasil e Uruguai

Temporal variability of Arroio Chuí inlet by fixing by jetties: the border between Brazil and Uruguay

Resumo

O termo desembocadura refere-se a um canal estreito que liga o oceano a um estuário, baía ou rio. No decorrer dos anos, as desembocaduras têm sido objeto de diferentes estudos dentro das ciências costeiras e da engenharia, em função de sua importância comercial, recreativa e ecológica e à influência que exercem sobre a zona costeira adjacente. Ao longo da Planície Costeira do Rio Grande do Sul são encontradas quatro desembocaduras permanentes, todas fixadas através de molhes, sendo a foz do Arroio Chuí a interrupção mais meridional dentre elas. O Arroio Chuí é um sistema de drenagem, localizado exclusivamente na zona costeira, que nasce a partir do banhado Canelões, ao sul do banhado do Taim, e segue quase paralelo à costa no sentido sul até o Balneário Barra do Chuí, onde deságua no Oceano Atlântico. Este artigo tem como propósito identificar e descrever a evolução da desembocadura do Arroio Chuí após a sua fixação, a fim de auxiliar no gerenciamento do uso e da ocupação antrópica desta área. Para tornar possível a análise da variabilidade temporal, foram utilizadas fotografias aéreas, uma carta topográfica e imagens de satélite de diferentes datas. As imagens passaram por um pré-processamento, foram vetorizadas manualmente e tiveram suas análises realizadas em ambiente SIG. Os resultados mostraram que a obra de fixação através de molhes causou uma variação de posição da desembocadura de 1260 m na direção sul entre 1964, data das imagens mais antigas disponíveis para a região, e 1975, ano do início da construção dos molhes. Este segmento costeiro representou uma perda de 0,16 km² ao Uruguai. Não foi observada tendência erosiva no balneário brasileiro, como resultado da interrupção do transporte de sedimentos pela deriva litorânea. Espera-se que a análise contribua para a efetuação de um melhor planejamento ambiental e urbano, auxilie ações de gerenciamento costeiro nos balneários Barra do Chuí (BR) e Barra del Chuy (UY) e motive a geração de mais estudos nesta área costeira ainda pouco estudada.

Palavras-Chave: Desembocadura; Molhes; Arroio Chuí

Abstract

Inlet refers to a narrow channel that connects the ocean to an estuary, bay or river. Over the years, inlets have been the subject of different studies within the coastal and engineering sciences, in view of their commercial, recreational and ecological importance and their influence on the adjacent coastal zone. Along the coastal plain of Rio Grande do Sul are found four permanent inlets, all fixed by jetties, and the mouth of the Arroio Chuí is the southernmost interruption among them. The Arroio Chuí is a drainage system, located exclusively in the coastal zone, which rises from the Canelões wetlands, south of the Taim wetlands, and runs almost parallel to the coast in the south to the Barra do Chuí balneary, where it flows into the Atlantic Ocean. This article aims to identify and describe the evolution of the inlet of Arroio Chuí after the establishment of its mouth, in order to assist in the management of the use and the anthropic occupation of this area. To make possible the analysis of the temporal variability, aerial photographs, a topographical chart and satellite images of

different dates were used. The images were pre-processed, manually vectored and analyzed in a GIS environment. The results showed that the work of fixation through jetties caused a position change of the mouth of 1378 yards in the south direction between 1964, date of the oldest images available for the region, and 1975, year of the beginning of the construction of the jetties. This coastal segment represented a loss of $1,91 \times 10^5$ square yards to Uruguay. No erosive trend was observed in the Brazilian balneario, as a result of the interruption of sediment transport by the coastal drift. It is expected that the analysis will contribute to better environmental and urban planning, assist coastal management actions in the Chuí (BR) and Barra del Chuy (UY) balnearios and motivate the generation of further studies in this coastal area that has not been studied yet.

Key-Words: Inlet; Jetties; Chuí rivulet

1. Introdução

Historicamente, tem havido inúmeras situações em que a evolução natural de uma desembocadura levou à construção de molhes. O termo desembocadura refere-se a um canal estreito que liga o oceano a um estuário, baía ou rio. Devido à sua alta importância comercial, recreativa e ecológica e à influência que exercem sobre a zona costeira adjacente, as desembocaduras têm sido objeto de muitos estudos dentro das ciências costeiras e da engenharia (Vila-Concejo *et al.*, 2004; Kieslich, 1981; Mehta, 1996).

Um molhe é definido como uma estrutura que provê que um ou mais ancoradouros fiquem a certa distância da costa (British Standards Institution, 1988). Um molhe exposto refere-se a uma estrutura sólida vertical ou aberta empilhada, possivelmente com travessas cruzadas, proporcionando ancoradouros construídos em um local onde as forças de onda têm uma influência significativa sobre o projeto. Estas estruturas podem estar afastadas da terra em águas profundas (onde a influência de águas rasas é pequena) ou em locais expostos, como cais marginais (onde a influência de impactos de águas rasas é mais significativa) (McConnell *et al.*, 2004).

Os molhes estabilizam a desembocadura ao interceptarem a deriva litorânea e prevenirem ou minimizarem a deposição no canal da desembocadura. Os molhes também minimizam os efeitos da ação das ondas e das correntes nos navios que transitam pelo canal da desembocadura. Contudo, tais estruturas apresentam graves problemas ambientais, tais como a interrupção do transporte de sedimento e implicam em um elevado impacto estético (Pilkey e Wright III, 1988).

Ao longo da Planície Costeira do Rio Grande do Sul são encontradas quatro desembocaduras permanentes, todas fixadas através de molhes, sendo a foz do Arroio Chuí a interrupção mais meridional dentre elas. A presença de poucas desembocaduras lagunares e fluviais fixadas por influência antrópica introduzem alterações locais no padrão morfodinâmico pela interrupção nas correntes de deriva litorânea. Tomazelli e Villwock (1992) descrevem a deriva litorânea na costa do Rio Grande do Sul com direção predominante de sudoeste para nordeste, como resultado da ação de ondas de moderada a alta energia combinadas com eventos ocasionais de tempestade, principalmente no outono e no inverno.

A construção dos molhes para fixação da desembocadura, no Arroio Chuí, se fez necessária para consolidar o limite territorial entre o Brasil e o Uruguai.

Anteriormente à sua construção, que teve início em 1975, o arroio migrava ao longo da linha de costa, para norte ou para sul, provocando, em algumas situações, o total fechamento da barra, devido aos ventos e a outros fatores meteorológicos (Figura 1). A obra de fixação da desembocadura foi finalizada em 1978 (Figura 2).



Figura 20. Vista aérea da zona de fronteira do Arroio Chuí em dezembro de 1976. Observa-se que a barra não fixada totalmente se estende em direção nordeste. Retirado de Portobrás (1976).



Figura 21. Vista aérea do norte para o sul da desembocadura do Arroio Chuí após a fixação da barra. Retirado de Portobrás (1978).

Muitos autores estudam a fixação de desembocaduras através de molhes. Quando se trata do litoral do Rio Grande do Sul, podem ser citados os trabalhos de Tomazelli e Villwock (1992) sobre a deriva litorânea de sedimentos ao longo do litoral norte do RS, o qual aborda a configuração da desembocadura da Lagoa de Tramandaí antes e depois da construção da guia de correntes; Lélis e Calliari (2006) a respeito da variabilidade da linha de costa oceânica adjacente às principais desembocaduras do Rio Grande do Sul; Cunha e Calliari (2009) sobre as mudanças geomorfológicas naturais e antrópicas na embocadura da Lagoa dos Patos antes e após sua fixação; Zasso *et al.* (2013) acerca das alterações na deriva litorânea e no balanço sedimentar nas adjacências dos molhes do Rio Mampituba. Em termos de Brasil, apontam-se os estudos de Siegle *et al.* (1998) sobre a morfologia e estabilidade da desembocadura do Rio Camboriú, SC; Piérri e Siegle (2005) relativo à variabilidade da desembocadura do Rio Itapocu, SC e Cassiano e Siegle (2010) sobre a migração lateral da desembocadura do rio Itapocu, SC.

O propósito deste artigo é identificar e descrever a evolução da porção final do arroio Chuí e de sua desembocadura após a obra de construção dos molhes, a fim de auxiliar no gerenciamento do uso e da ocupação antrópica, com vistas ao planejamento e uso sustentável desta área. Para tanto, foi necessário obter as imagens da área de estudo e realizar as etapas de georreferenciamento e mosaicagem; fotointerpretação e vetorização manual; rasterização e análise em SIG. A análise em SIG utilizou o módulo *Land Change Modeler* do software *Terrset*.

2. Área de estudo

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) possui cerca de 620 km de comprimento e até 120 km de largura, onde falésias, cristas de praia, pontais arenosos suspensos e campos de dunas compõem um sistema complexo de barreiras arenosas que aprisionam um grande sistema lagunar (Sistema Patos-Mirim), e uma série de outros corpos de água de proporções inferiores (Villwock, 1984). Na porção sul desta unidade geomorfológica está o Balneário Barra do Chuí – caracterizado como uma estreita feição costeira de traçado irregular, assimétrico, adjacente a falésias erosivas que são produtos da Barreira III, desgastado pela ação dos agentes mesológicos atuantes – onde se insere a desembocadura do Arroio Chuí (Figura 3), na divisa de Santa Vitória do Palmar (Brasil) e Barra del Chuy (Uruguai).

O arroio Chuí é um sistema de drenagem, localizado exclusivamente na zona costeira, no sul do estado do Rio Grande do Sul. Rambo (1994) descreve os cursos de água oriundos do próprio litoral como pouco largos, sujeitos a um fraco declive e com areias porosas, dentre os quais o Arroio Chuí é o mais notável, com 66 km de percurso. O arroio nasce a partir do banhado Canelões, localizado ao sul do banhado do Taim e segue quase paralelo à costa no sentido sul até o Balneário do Chuí, onde deságua no Oceano Atlântico.

Santa Vitória do Palmar é a estação menos chuvosa do Estado, com 1186 mm anuais (Moreno, 1961). O clima na área de estudo é do tipo Temperado Moderado Chuvoso ou “C”, de acordo com o sistema proposto por Koeppen (1948 *apud* Moreno, 1961). A Massa Polar Atlântica é a responsável por alimentar os Anticiclones Migratórios Polares (AMPs) que atingem o estado durante o inverno. Os AMPs se caracterizam por transportarem ar frio, denso e seco e por serem responsáveis pela geração dos ventos provenientes dos quadrantes sudoeste e sul

(Mendonça e Danni-Oliveira, 2007). O pico da estação chuvosa no município ocorre durante o inverno (Moreno, 1961).

Com a chegada da primavera, há o aumento de intensidade do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), associado à Massa Tropical Atlântica (mTa), a qual se caracteriza por altas temperaturas e elevada umidade específica sobre o oceano (Nimer, 1989). Os ventos resultantes desse sistema são oriundos dos quadrantes leste-nordeste e atuam ao longo de toda costa do RS.

No que tange à economia, as atividades mais importantes são a agricultura, com destaque ao arroz e à soja, e a pecuária, com relevância para a produção bovina de corte e ovina de lã. A importância do cultivo de arroz para a economia do município é evidenciada pela retificação do curso do Arroio Chuí, na década de 1960, para se obter um melhor aproveitamento na produção de arroz. Recentemente, a instalação do Complexo Eólico Campos Neutrais nas cidades de Santa Vitória do Palmar e Chuí vem movimentando a economia. Estima-se que 4,8 mil empregos diretos e indiretos estão sendo gerados, o que provoca o aquecimento do terceiro setor e movimenta o turismo (Brasil, 2015).

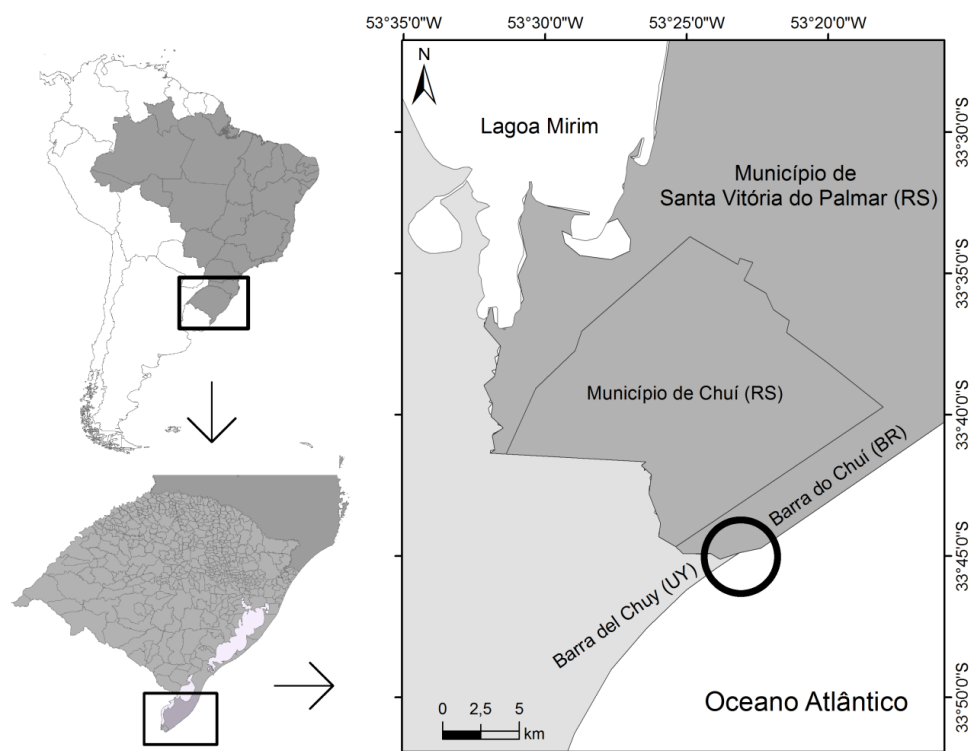


Figura 22. Localização da área de estudo na região sul do estado do Rio Grande do Sul.

3. Material e métodos

3.1. Estrutura de dados e fontes de informação

A análise da variabilidade temporal, no decurso de 51 anos, foi realizada a partir de diferentes produtos do sensoriamento remoto, constando de fotografias aéreas dos anos de 1964 e 1996, de uma carta topográfica de 1975, imagens de satélite Landsat dos anos de 1987 e 2015 e uma imagem RapidEye de 2011.

As fotografias aéreas de 1964, as mais antigas disponíveis para a área de estudo, foram obtidas junto à Agência de Desenvolvimento da Lagoa Mirim e fazem parte do levantamento aerofotogramétrico da *United States Air Force* (USAF) e possuem escala de 1:60000. As fotografias aéreas de 1996 são as mais recentes encontradas, foram disponibilizadas pela 1ª Divisão de Levantamento do Exército Brasileiro e apresentam escala de 1:50000.

A carta topográfica matricial utilizada foi obtida junto ao Banco de Dados Geográficos do Exército (BDGEx), possui escala de 1:50000 e foi elaborada com base nas fotografias aéreas de 1975 do SACS, as quais não foram localizadas.

As imagens de satélite Landsat foram obtidas no site da *United States Geological Survey* (USGS). Optou-se pela utilização dessas imagens de satélite, já que as mesmas constituem a série de dados mais longa existente para esse tipo de produto. Já a imagem de satélite RapidEye foi obtida no Catálogo de Imagens de Satélite RapidEye do Ministério do Meio Ambiente.

3.2. *Pré-processamento*

As fotografias aéreas e a carta topográfica foram georreferenciadas individualmente tendo como referência geográfica a imagem RapidEye de 2011, georreferenciada de fonte, já que a mesma apresentou a melhor resolução dentre os produtos utilizados neste estudo. As fotografias aéreas, bem como a carta topográfica, apresentaram pontos controle bem definidos, o que possibilitou o seu georreferenciamento e a avaliação dos erros geométricos (RMS) relativos à referência geográfica adotada. As imagens de satélite Landsat foram adquiridas com georreferenciamento de fonte. Foram usadas composições coloridas na cor verdadeira, RGB321 para as imagens multiespectrais RapidEye e Landsat 1987 e RGB432 para a imagem Landsat 2015.

3.3. *Procedimentos analíticos*

Através da fotointerpretação foi mapeado o curso do Arroio Chuí nas datas que antecederam e sucederam a construção dos molhes. Com vistas a analisar temporalmente a variabilidade da porção final do Arroio Chuí e de sua desembocadura, foram construídas linhas e polígonos, tanto nas fotografias aéreas, quanto nas imagens de satélite, através de vetorização manual, considerando que não é possível separar a informação espectral nas diversas faixas do espectro eletromagnético em fotografias aéreas e nas cartas topográficas. Para a identificação correta do curso do arroio, o conhecimento dos ambientes naturais da área de estudo foi primordial, principalmente em se tratando de fotografias aéreas que são pancromáticas. A identificação das áreas naturais nas imagens de satélite, por outro lado, ocorreu de forma mais simples, já que as imagens apresentam cores.

Todos os arquivos vetoriais foram rasterizados e analisados em SIG, o que possibilitou avaliar as modificações do curso do Arroio Chuí através de operadores de distância, álgebra com mapas e consultas ao banco de dados geográficos ao longo do período analisado. Como resultado, foi gerada uma tabela das posições do arroio em 12 pontos, com resultados comparativos entre duas datas. Nas datas de 1964 e 2011 optou-se por mapear também a faixa de praia adjacente a desembocadura do arroio Chuí e, através do *Land Change Modeler* do software Terrset, calcular a variabilidade desta faixa, com o objetivo de analisar se os molhes podem ser uma fonte de interferência no desenvolvimento desta faixa costeira. Essa

ferramenta possibilitou avaliar as alterações de forma quali-quantitativa entre as duas datas.

4. Resultados e discussão

4.1. Erros metodológicos

Os erros geométricos (RMS) relativos à referência geográfica adotada variaram de 1 a 9, sendo o maior RMS observado na carta topográfica de 1975 e o menor na fotografia aérea de 1964. Estudos envolvendo fotografias aéreas apresentam erros metodológicos e relativos à dinâmica natural das feições (Lélis e Calliari, 2006). Conforme esses autores, os erros metodológicos são oriundos do excesso de distorção nas aerofotos, problemas na confecção do mosaico e na correção das escalas, erros de posicionamento do receptor GPS, má alocação dos pontos de controle no georreferenciamento, erros no processo de digitalização e erros no processo de cálculo. Já os erros provenientes da dinâmica natural das feições ocorrem, pois as feições analisadas sofrem variáveis de curto período que interferem na interpretação, não sendo possível calculá-los. Estas limitações, entretanto, não constituem impedimento ao uso de fotografias aéreas em estudos. Segundo Crowell *et al.* (1993), a ausência de informações de curto período de tempo é compensada pelo longo período entre os aerolevantamentos, o que torna possível a análise.

4.2. Análise das modificações do curso do arroio Chuí em diferentes datas

Com o objetivo de analisar as modificações do curso do arroio Chuí, de maneira quantitativa, foram definidos 6 pontos em cada margem do arroio, que podem ser visualizados na Figura 4, e foi realizada uma medição comparativa entre pares de datas (Tabela 1). Valores negativos se referem ao deslocamento da margem para o sul e valores positivos representam o deslocamento da margem para o norte, tendo como base, em ambos os casos, a imagem mais recente em comparação com a imagem anterior.

Tabela 1. Análise quantitativa das modificações do curso do arroio Chuí para diferentes pontos e datas

		1964- 1975	1975- 1987	1987- 1996	1996- 2011	2011- 2015
Margem brasileira	P1	-1260 m	-8 m	0 m	0 m	0 m
	P2	-58 m	-8 m	0 m	+10 m	-11 m
	P3	+10 m	-1 m	0 m	+4 m	-11 m
	P4	-11 m	-10 m	-2 m	+12 m	-22 m
	P5	+7 m	-14 m	-2 m	+15 m	-16 m
	P6	+15 m	-11 m	0 m	+10 m	-14 m
Margem uruguaia	P1'	-1240 m	+9 m	0 m	0 m	0 m
	P2'	-60 m	-10 m	+5 m	-6 m	0 m
	P3'	-3 m	+5 m	+5 m	-2 m	+5 m
	P4'	-13 m	+4 m	0 m	-13 m	+12 m
	P5'	-10 m	+5 m	0 m	-11 m	+14 m
	P6'	-11 m	+11 m	0 m	-8 m	+10 m

1964-1975: Em 1975 foi iniciada a obra de fixação da desembocadura do arroio Chuí através de molhes, o que definiu a fronteira entre Brasil e Uruguai. Isso acarretou

uma perda de segmento costeiro de 1260 m ao Uruguai. Analisando os resultados de migração do arroio, pode-se perceber que a obra causou influência até os pontos P4 e P4', locais em que o arroio apresentava-se mais ao sul do que em 1975. A partir dos pontos P5 e P5' o arroio Chuí em 1964 mostra-se interno ao mapeamento do arroio Chuí em 1975.

1975-1987: O arroio na imagem de 1987 mostra-se, em quase toda extensão, no interior do arroio mapeado em 1975. Deve-se considerar que não foram encontradas as fotografias aéreas de 1975 e optou-se por utilizar a carta topográfica do exército. Dessa forma, não foi possível analisar se, eventualmente, o arroio estaria transportando um volume maior de água do que o observado nas imagens de satélite de 1987. Além disso, observa-se que os pontos P1 e P1' apresentaram alguns metros de migração, o que está provavelmente atrelado ao fato de que a obra de fixação só terminou em 1978.

1987-1996: O mapeamento do arroio nestas duas datas apresenta ótima sobreposição, o que mostra que o arroio não apresentou taxas de migração expressivas nesse período e que a utilização de fotografias aéreas aliadas a imagens de satélite é confiável para estudos de variabilidade temporal de feições costeiras.

1996-2011: O arroio em 2011 apresenta maior volume de água do que em 1996. Isso é evidenciado pelos resultados, já que em 2011 toda margem brasileira apresentou deslocamento para o norte e toda a margem uruguaia apresentou deslocamento para o sul.

2011-2015: Observa-se que o arroio em 2015 apresenta menor volume de água do que em 2011, o que é evidenciado pela margem brasileira se encontrar deslocada para o sul, enquanto a margem uruguaia está deslocada para o norte.

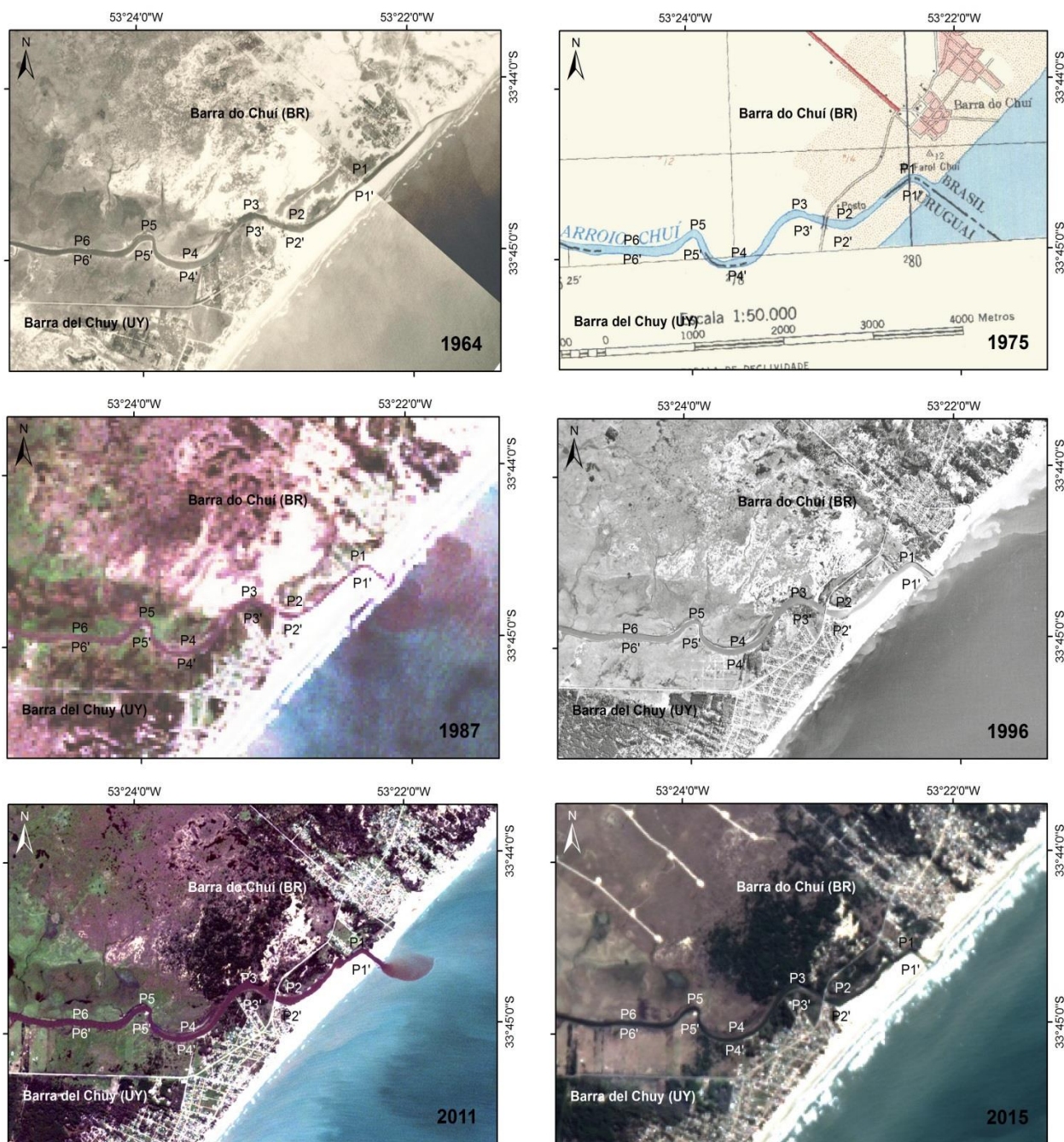


Figura 23. Sequência de imagens mostrando a configuração da porção final do arroio Chuí e sua desembocadura, entre os anos de 1964 e 2011. Em 1978 a obra de construção dos molhes foi finalizada, o que impediu a migração da barra no sentido nordeste, como pode ser observado na imagem de 1964.

4.3. Variação da faixa de praia entre 1964 e 2011

Em 1964, o setor definido como “Praia UY” apresentou uma área de 1,11 km². Neste mesmo ano, o setor definido como “Praia BR” apresentou uma área de 1,41 km² (Figura 5). É importante observar que a desembocadura do arroio se estendia, conforme a tabela 1, 1260 m a nordeste de onde se encontra fixada atualmente. Além disso, a faixa de praia no Brasil se alargava em direção ao interior do continente.

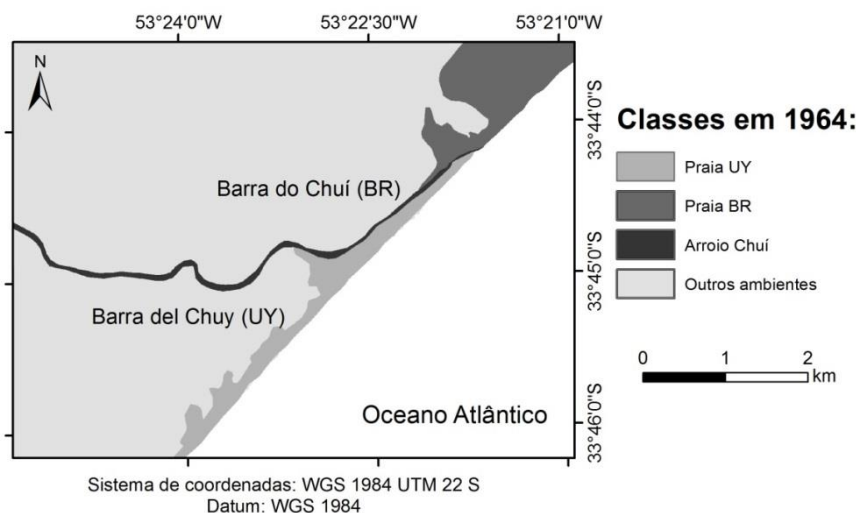


Figura 24. Mapa qualitativo da faixa de praia em 1964, nas adjacências da desembocadura do Arroio Chuí. Observar que a desembocadura do arroio Chuí se estende em direção nordeste e a faixa de praia no Brasil se alarga em direção ao interior do continente.

Em 2011, os setores “Praia UY” e “Praia BR” apresentaram, respectivamente, uma área de 0,81 km² e 0,52 km². Observando a Figura 6 é possível notar que mesmo o Brasil tendo ganhado parte da faixa costeira que, antes da construção dos molhes pertenceu ao Uruguai, a área total do setor teve uma redução significativa. Isso ocorreu, em parte, pois outros ambientes passaram a ocupar a faixa de praia que se estendia em direção ao interior do continente. Essas alterações podem ser melhor compreendidas com a análise da Figura 7.

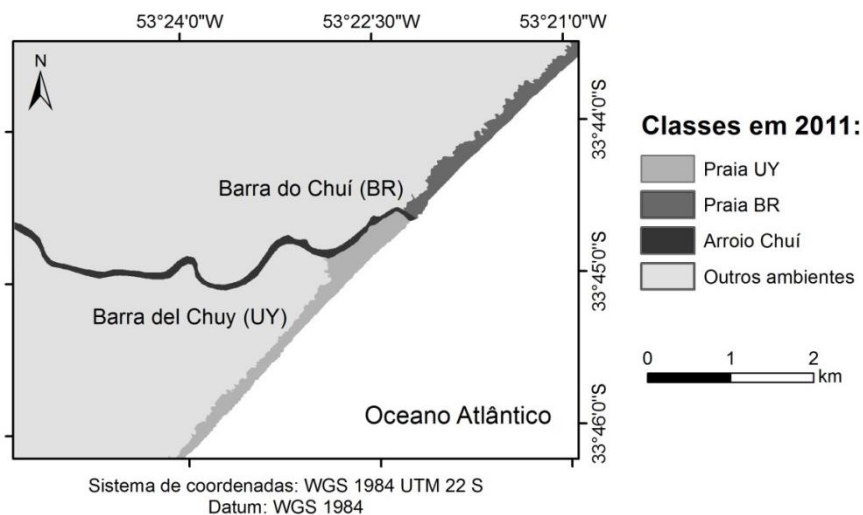


Figura 25. Mapa qualitativo da faixa de praia em 2011, nas adjacências da desembocadura do Arroio Chuí. Observar que o Brasil ganhou parte da faixa de praia que antes da obra de construção dos molhes pertenceu ao Uruguai.

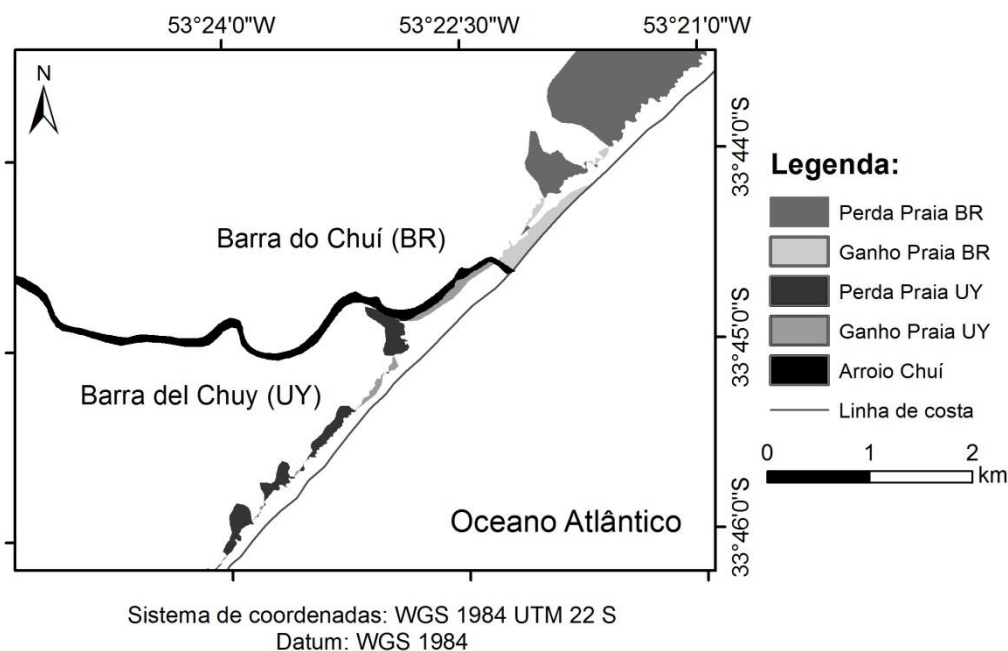


Figura 26. Perdas e ganhos na faixa de praia Brasileira e Uruguaia, entre 1964 e 2011.

Através da ferramenta *Area* foi calculado que o setor “Praia UY” cedeu 0,38 km² de sua área para outros ambientes, sendo que desse total, 0,16 km² correspondem à faixa costeira perdida para o Brasil, através da fixação da desembocadura mais ao sul do que na imagem 5. O ganho nesse setor foi de apenas 0,08 km², principalmente nas proximidades do molhe do lado uruguaio. Já o setor “Praia BR” perdeu 1,05 km² de sua área para outros ambientes e teve um ganho de 0,16 km². A principal perda nesse setor foi observada ao norte da área mapeada.

Após a finalização da obra que fixou a desembocadura do Arroio Chuí, foram observadas poucas modificações no canal do arroio. Tais modificações sofridas pelos setores analisados, ao longo dos anos, sintetizam a ocorrência de variações decorrentes da dinâmica natural dos ambientes. Resultados semelhantes foram obtidos por Siegle et al (1998) através de fotografias aéreas. Esses autores observaram que ocorreram pequenas variações morfológicas na desembocadura do Rio Camboriú. Durante o período analisado por eles, entre 1957 e 1995, o canal do rio manteve sua trajetória estável, verificando-se uma redução na largura da entrada devido à influência antropogênica.

5. Considerações finais

A desembocadura do Arroio Chuí mostrou-se estável após a conclusão da obra de fixação através de molhes, que foi finalizada em 1978. Não foram encontradas evidências de que a presença de molhes vem causando modificações na morfologia da porção terminal do Arroio Chuí, bem como, não foi observada tendência erosiva no balneário brasileiro como resultado de uma possível interrupção do transporte de sedimentos pela deriva litorânea.

A utilização de diferentes produtos do sensoriamento remoto possibilitou analisar a porção final do arroio Chuí e as praias adjacentes à desembocadura, comparando-as em uma longa escala temporal. Dessa forma, a utilização desses produtos mostra-se uma alternativa inteligente e de baixo custo para estudos que procuram esclarecer as modificações que ocorrem na zona costeira.

A alteração de um ambiente costeiro através de obras, como as de fixação de desembocaduras através de molhes, combinadas com a ocupação irregular em muitos balneários, promove modificações no ambiente costeiro que precisam ser investigadas. No caso dos balneários Chuí e Barra del Chuy, mais estudos são necessários para promover um melhor gerenciamento costeiro, visando a proteção dessas áreas.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio através do processo nº 132270/2015-3. Também agradecem ao Laboratório de Modelagem de Bacias Prof. Ricardo Ayup da UFRGS.

7. Referências

BRASIL. 2015. **Parque Eólico aumenta arrecadação e geração de empregos e turismo no extremo sul gaúcho**. Disponível em 08 jun. 2015 em: <<http://www.planalto.gov.br/parque-eolico-aumenta-arrecadacao-geracao-de-empregos-e-turismo-no-extremo-sul-gaucha/>>.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **British Standard Code of Practice for Maritime Structures. Part 2: Code of Practice for design of quay walls, jetties and dolphins**. British Standards Institution, 1988.

CASSIANO, G. F.; SIEGLE, E. Migração lateral da desembocadura do Rio Itapocú, SC, Brasil: evolução morfológica e condicionantes físicas. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 28, n. 4, p. 537-549, 2010.

CUNHA, R.M.P.; CALLIARI, L.J. Natural and antropic geomorphological changes in the inlet of Patos Lagoon before and after its fixation. **Journal of Coastal Research**, SI 56, (ICS 2009 Proceedings), p. 708-712, Portugal, ISSN 0749-0258, 2009.

KIESLICH, J. M. **Tidal inlet response to jetty construction**. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station Hydraulics Laboratory, 1981, 66p. Disponível em: <<http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecordmetadataPrefix=html&identifier=ADA112448>>.

LÉLIS, R. J. F.; CALLIARI, L. J. Historical shoreline changes near lagoonal and river stabilized inlets in Rio Grande do Sul State, Southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 1, SI n. 39, p. 301-305, 2006. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/25741584>>.

MCCONNELL, K.; ALLSOP, W.; CRUICKSHANK, I. **Piers, jetties and related structures exposed to waves: guidelines for hydraulic loadings**. London: Thomas Telford, 2004, 148p.

MEHTA, A. J. A perspective on process related research needs for sandy inlets. **Journal of Coastal Research**, SI n. 23, p. 3-21, 1996. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/25736066>>.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007, 206p.

MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, n. 11, p. 49-83, 1961. Disponível em: <<http://revistas.fee.tche.br/index.php/boletim-geografico-rs/article/view/3236>>.

NIMER, E. **Climatologia no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989, 427p. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81099.pdf>>

PIERRI G.C.S.; SIEGLE E. Variabilidade da desembocadura do rio Itapocu/SC – Brasil: análise da evolução morfológica em escalas de curto-termo. In: II Congresso Brasileiro de Oceanografia, Vitória, 2005, CD-ROM.

PILKEY, O. H.; WRIGHT III, H. L. Seawalls versus beaches. **Journal of Coastal Research**, SI n. 4, p. 41-64, 1988. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/25735351>>.

PORTOBRÁS – EMPRESA DE PORTOS DO BRASIL. **Relatório de viagem à barra do Arroio Chuí, para acompanhamento das obras de fixação**. Instituto de Pesquisas Hidroviárias, 1976.

PORTOBRÁS – EMPRESA DE PORTOS DO BRASIL. **Relatório de viagem ao Chuí no período de setembro de 1978**. Instituto de Pesquisas Hidroviárias, 1978.

RAMBO, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul: Ensaio de monografia natural**. São Leopoldo: Editora UNISINOS, 1994, 473 p.

SIEGLE, E.; KLEIN, A.H.; TOLDO, E.E. Jr.; ABREU, J.G. Morphology and stability of the Camboriú River Inlet, Santa Catarina, Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI 26, (ICS '98 Proceedings), p. 94-100. Fort Lauderdale (Florida), ISSN 0749-0208, 1998.

TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A. Considerações sobre o ambiente praias e a deriva litorânea de sedimentos ao longo do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**, v. 19, n. 1, p. 3-12, 1992.

VILA-CONCEJO, A.; FERREIRA, Ó.; MORRIS, B. D.; MATIAS, A.; DIAS, J. M. A. Lessons from inlet relocation: examples from Southern Portugal. **Coastal**

Engineering, v. 51, n. 10, p. 967-990, 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378383904000894>>.

VILLWOCK, J.A. Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. A Synthesis. **Pesquisas em Geociências**, v. 16, n. 5, p. 5-49, 1984.

ZASSO, L.A.; BARBOZA, E.G.; GRUBER, N.L.S. Alterações na deriva litorânea e no balanço sedimentar nas adjacências dos molhes do Rio Mampituba/ RS-SC. **Gravel**, v.11, n.1, p. 1-17, 2013.

ANEXOS

Anexo I: Carta de Submissão do Artigo

UNIÃO DA GEOMORFOLOGIA BRASILEIRA



REVISTA BRASILEIRA DE GEOMORFOLOGIA (ISSN: 2236-5664)

Aos Autores,

Giuliana Andréia Sfredo, Ricardo Norberto Ayup Zouain, Tatiana Silva da Silva

O artigo intitulado “*VARIABILIDADE TEMPORAL DA DESEMBOCADURA DO ARROIO CHUÍ PELA FIXAÇÃO ATRAVÉS DE MOLHES, DIVISA ENTRE BRASIL E URUGUA*” foi submetido à REVISTA BRASILEIRA DE GEOMORFOLOGIA (RBG) e encontra-se em processo de avaliação.

Desde já agradecemos a colaboração na contribuição científica do seu artigo para a área da geomorfologia. Sem mais, aproveitamos para enviar nossas

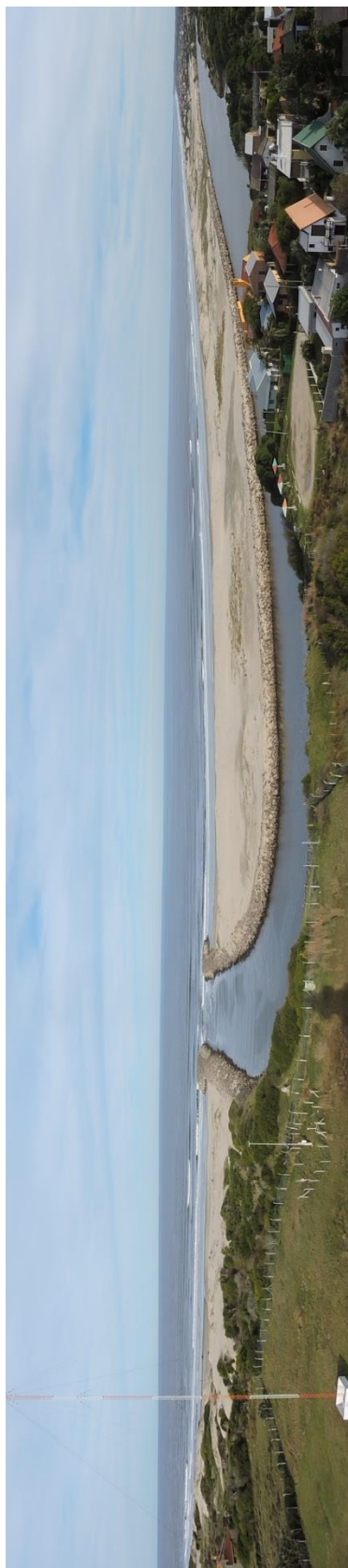
Saudações Geomorfológicas,

06 de Janeiro 2017

ROBERTO ARNALDO TRANCOSO GOMES

(Editor da Revista Brasileira de Geomorfologia)

Anexo II: Fotografias panorâmicas da área de estudo



Anexo III: Resumo da I Semana Acadêmica dos Pós-Graduandos do Instituto de Geociências da UFRGS



**1ª Semana Acadêmica dos Pós-Graduandos do Instituto de Geociências da UFRGS -
Integrando as Geociências - 17 a 20 de agosto de 2015 - Porto Alegre/RS**

VARIABILIDADE TEMPORAL PARA FIXAÇÃO DE MOLHES NA BARRA DO ARROIO CHUÍ

Giuliana Andréia Sfredo¹, Ricardo Norberto Ayup-Zouain²

¹UFRGS, giuliana.sfredo@ufrgs.br; ²UFRGS, ricardo.ayup@ufrgs.br;

O arroio Chuí é um sistema de drenagem localizado no extremo sul do Rio Grande do Sul, tornando-se o limite meridional do Brasil e colaborando na definição da fronteira com o Uruguai. Trata-se de um importante limite geomorfológico de consolidação territorial para ambas as nações (Oliveira, R. M., 2014). Este trabalho tem por objetivo abordar, temporalmente, as modificações morfológicas e os agentes heterodinâmicos atuantes no canal e na barra do Arroio Chuí, no município de Santa Vitória do Palmar, entre os anos de 1964 e 2015. A motivação do estudo partiu da percepção de que a fixação da barra do Arroio Chuí, através da construção de dois molhes, com extensão de 1500 m por 7 m de altura e com uma abertura de 50 m entre ambos, determinou com exatidão a fronteira entre o Brasil e o Uruguai, até então mal demarcada, solucionando os problemas provocados pela instabilidade da barra. Para tornar possível a análise temporal neste período, foram elaborados até este momento três mosaicos: o primeiro com as fotografias aéreas do ano de 1964, antes da construção dos molhes na barra do Arroio Chuí; o segundo com as fotografias aéreas do ano de 1996; e por último, um com imagens de satélite Landsat 8, datadas de 24/06/2015. Toda a análise está sendo realizada em ambiente SIG (ArcMap™ 10.0). Após o georreferenciamento das fotografias aéreas, iniciou-se a etapa do mapeamento das principais modificações ocorrentes na região, por meio de interpretação visual e vetorização manual. O modo manual de vetorização consiste na definição de pontos ou sequências de pontos para construir formas do tipo ponto, linha, polilinha ou polígonos, através da intervenção sistemática do operador, que aponta as posições em que devem ser registradas as coordenadas pertinentes àquelas formas. A qualidade final, neste modo de vetorização, depende basicamente da habilidade e do treinamento do operador. Esta etapa do estudo encontra-se em fase inicial, mas a análise preliminar das fotografias aéreas e das imagens de satélite permite inferir que a barra móvel, instável e sujeita a oscilações foi fixada cerca de 1,2 km ao sul da desembocadura observada nas fotografias aéreas de 1964, o que aparenta ter acarretado em uma perda de território ao Uruguai. Foi observado também que após a construção dos molhes não houve modificações significativas na morfologia da barra.

Palavras-chave: Fotografias aéreas; Arroio Chuí; SIG.

VARIAÇÃO DA LARGURA DA PRAIA E DA DIMENSÃO DOS CAMPOS DE DUNAS NO BALNEÁRIO CHUÍ (BR) E NA BARRA DEL CHUY (UY) ENTRE 1964 E 2011

Sfredo, G.A.¹; Ayup-Zouain, R.N.¹
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

O Balneário Chuí, localizado no município de Santa Vitória do Palmar-RS, é uma estreita feição costeira de traçado irregular, assimétrico, adjacente a uma feição de falésias erosivas, que são produtos da Barreira III, desgastada pela ação dos agentes mesológicos atuantes. O surgimento do balneário é do início do século XX. O limite geomorfológico da divisa internacional com o Balneário Barra del Chuy (Uruguai) se dá através do Arroio Chuí. Anteriormente à construção dos molhes em 1975, o arroio migrava ao longo da linha de costa, por vezes provocando o total fechamento da barra. Este trabalho centrou sua análise na variação da largura da praia e na dimensão dos campos de dunas nos anos de 1964 e 2011, utilizando fotografias aéreas de 1964 e uma imagem de satélite RapidEye, datada de 06/05/2011, em um ambiente SIG (Idrisi Selva e ArcMap™ 10.0). A imagem RapidEye já se encontrava georreferenciada e serviu como base para o georreferenciamento das fotografias aéreas. O mapeamento foi realizado através de interpretação visual e vetorização manual, sendo que a largura da praia e a dimensão dos campos arenosos foram definidas com base nos parâmetros de forma, padrão geométrico, textura e tonalidades de cinza. Os arquivos vetoriais gerados foram transformados em rasters e analisados através do módulo Land Change Modeler, que possibilitou avaliar as alterações de forma quali-quantitativa. O setor definido como “Praia UY” diminuiu 0.385 km² em área ocupada pelas dunas, principalmente ao sul da área urbanizada do balneário. Na proximidade do molhe do lado uruguaio houve um aumento de 0.0842 km² na largura da praia. Já no setor mapeado como “Praia BR” percebeu-se um aumento de 0.16 km² na faixa de praia, região que correspondia ao Uruguai antes da construção dos molhes, em 1975. Houve uma diminuição de 1.05 km² de campos de dunas, ao norte da área urbanizada, onde atualmente nota-se a dispersão de espécies exóticas. Nas fotografias aéreas de 1964 foram observados campos arenosos na direção do interior do continente, totalizando uma área de 1.05 km² na parte uruguaia e 3.84 km² na parte brasileira. Já em 2011, esses valores foram reduzidos para 0.02 km² e 0.45 km², respectivamente. No caso do Uruguai, observa-se que os campos arenosos foram substituídos por áreas de vegetação predominantemente rasteira. Já no caso do Brasil parece ter ocorrido uma invasão de espécies exóticas. Nas imagens de 1964 foi observada uma área de florestamento ao sul da divisa entre Brasil e Uruguai, mas não foi constatada a invasão e/ ou plantio de espécies exóticas do lado brasileiro. Já nas imagens de 2011, essas espécies são bastante visíveis de ambos os lados da fronteira. Neste caso, existe possibilidade de ter ocorrido um processo de dispersão, tendo em consideração que ventos do quadrante sul/sudeste são frequentes na região de estudo. A análise das variações nesses ambientes contribui para se efetuar um melhor planejamento ambiental e urbano e auxilia ações de gerenciamento costeiro nos balneários.

PALAVRAS-CHAVE: BALNEÁRIO CHUÍ; FOTOGRAFIAS AÉREAS; SIG

Anexo V: Histórico do Curso

Período	Código	Atividade de Ensino/Professor	Créditos	Carga Horária	Conceito	Frequência (%)	Situação	Instituição
2015/02	GEP00091	Ambientes deposicionais clásticos costeiros Palestrante: Luiz José Tomazelli	5	75	A	100.00	Aprovado	UFRGS
2015/02	GEB00031	Ambientes glaciais modernos Palestrante: JEFFERSON CARDIA SIMOES Professor: JEFFERSON CARDIA SIMOES	5	75	A	100.00	Aprovado	UFRGS
2015/02	GEB00053	Evolução Costeira Professor: SERGIO REBELLO DILLENBURG	4	60	A	100.00	Aprovado	UFRGS
2015/02	GEP00033	Geologia do Quaternário Costeiro do Rio Grande do Sul Palestrante: Luiz José Tomazelli	5	75	A	100.00	Aprovado	UFRGS
2015/01	GEB00037	Ambientes deposicionais clásticos marinhos Professor: IRAN CARLOS STALLIVIERE CORREA	5	75	A	100.00	Aprovado	UFRGS
2015/01	GEB00028	Sensoriamento Remoto Aplicado a Geologia Marinha e Costeira Professor: RICARDO NORBERTO AYUP ZOUAIN	5	75	A	100.00	Aprovado	UFRGS
			29					
Créditos cursados com aprovação neste Curso:			29					
Total de Créditos:			29					

Orientador:
 RICARDO NORBERTO AYUP ZOUAIN
 Proficiência no(s) idioma(s): Inglês

Nome: Giuliana Andreia Sfredo
Identidade: 5632355 **CPF:** 82935149068 **Data de Nascimento:** 12/06/1992
Curso: GEOCIÊNCIAS - Mestrado Acadêmico
Ingresso: 02/03/2015 - Normal
Area Concentração: GEOLOGIA MARINHA

Cartão: 266344 **Situação:** ATIVO

UFRGS
 UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 Instituto de Geociências
 Programa de Pós-Graduação em Geociências

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS
 Prof.ª Ana Maria Pimentel Mizusaki
 Coordenadora

Secretária

Coordenador