



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

**EVOLUÇÃO MORFOMÉTRICA DO ARROIO CHUÍ NO  
SISTEMA LAGUNA-BARREIRA, SUL DA PLANÍCIE  
COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL.**

Rafael Mastracusa de Oliveira

Porto Alegre, Janeiro de 2014.

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

**EVOLUÇÃO MORFOMÉTRICA DO ARROIO CHUÍ NO  
SISTEMA LAGUNA-BARREIRA, SUL DA PLANÍCIE  
COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL.**

**RAFAEL MASTRACUSA DE OLIVEIRA**

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Norberto Ayup-Zouain

Banca examinadora:

Prof Dr. Jair Weschenfelder - Instituto de Geociências/UFRGS

Profª Dra. Andrea Lopes Iescheck - Instituto de Geociências/UFRGS

Profª Dra. Tatiana Silva da Silva - Instituto de Geociências/UFRGS

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

Porto Alegre, janeiro de 2014.



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos os amigos, colegas e familiares que estiveram ao meu lado me apoiando e descontraído em todos os momentos ao longo desta trajetória, sejam momentos bons ou difíceis.

Agradeço à minha família por estar ao meu lado o tempo todo e por acreditar nos meus ideais e metas estabelecidas em longo prazo, me dando ânimo para seguir em frente sempre buscando crescer mais e mais. Agradeço aos meus pais Carlos Jayme e Norma por esta confiança no meu potencial.

Agradeço aos meus irmãos Cláudia, Cristina e Carlos por estarem ao meu lado nos momentos de alegria ou nos momentos de crises da vida, me dando forças para continuar o caminho certo.

Agradecimentos especiais ao professor Ricardo Norberto Ayup-Zouain pela parceria e orientação em ambiente de trabalho, e pela amizade e força moral nos momentos difíceis ao longo deste período de curso, sempre estimulando a confiança em mim e me fazendo pensar positivo para o prosseguimento do trabalho, buscando sempre ser o melhor.

Agradecimentos especiais também ao colega e amigo Ricardo Franchini pela parceria e amizade, seja em ambiente de trabalho ou no dia-a-dia. Parceria e amizade que se conserva ao longo do tempo.

Agradeço aos professores Ronaldo, Andrea, Flavia e Tatiana do Departamento de Geodésia, amigos e parceiros do Laboratório de Modelagem de Bacias pela parceria nos trabalhos, ensinamento, amizade e companheirismo nos momentos de descontração, momentos estes essenciais para o bom convívio ao longo deste período do curso e bom rendimento dos trabalhos envolvidos.

Agradeço aos colegas, parceiros de trabalho e amigos Luana Portz e Rogério Manzolli pela força e ajuda de sempre.

Agradeço aos colegas e amigos do PPGGEO Júlio, Carla Danielle, Anderson, Samanta, Fred, Inaiê, Volney, Gabriela, Renato Cecílio, Eduardo Martins, Ana Rita, Eduardo Bortolin, Limara, Túlio, Michel Ivanoff e Heitor pela parceria e amizade nesta fase acadêmica.

Agradeço ao programa Canal Plus por todo o auxílio e investimento nos ideais do projeto no estudo de modelos para caracterização de análogos de reservatórios.

Um agradecimento especial ao meu amigo professor Nelson Gruber pela amizade, preocupação, força moral e “injeção de confiança” para sempre pensar em seguir em frente, não desistindo nunca de alcançar as metas.

Agradeço à FAURGS e ao Programa de Formação de Recursos Humanos da Petrobras (PFRH-PB 215) por todo o auxílio para a execução deste trabalho e divulgação por meio de publicação em congressos e revistas, sendo muito essencial.

Por fim, agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo espaço, material e logística disponibilizada para a boa execução do meu trabalho, sendo toda a estrutura essencial para a obtenção dos resultados finais deste projeto.

Obrigado a todos!

## RESUMO

O conhecimento das estruturas, feições e formas numa bacia de drenagem é parte integrante do reconhecimento de sua evolução e dinâmica. Abordando a avaliação geomorfológica e dinâmica, destacamos todos os fatores físicos ambientais inerentes aos processos de formação das estruturas e feições. O presente trabalho tem como objetivo principal propor uma caracterização morfométrica da microbacia do arroio Chuí a partir da identificação do divisor de águas adjacente ao arroio Pastoreio, na região sul do estado do Rio Grande do Sul. A identificação da nascente do arroio, foi realizada preliminarmente pela análise em imagens do satélite Landsat 5 sensor TM do ano 2009 associado a dados do *modelo digital de elevação* (SRTM), sendo posteriormente identificado por observações em campo. Em campo, foi realizado levantamento topográfico na região do divisor de águas com a finalidade de melhor caracterização das suaves variações morfológicas da área. Em laboratório, foram processados e refinados os dados coletados em campo para modelagem tridimensional da área do divisor de águas dos arroios Chuí e Pastoreio. Em ambiente de SIG (Sistemas de Informações Geográficas) foram realizadas interpolações de cotas altimétricas dos pontos coletados em campo utilizando-se os métodos da *krigagem* e TIN (*triangulated irregular network*). Através da análise dos modelos tridimensionais gerados, foi identificado o ponto divisor de águas dos arroios, sendo determinante para a posterior delimitação da microbacia do arroio Chuí. A partir da identificação do divisor de águas e conhecimento da nascente do arroio Chuí, foi possível a definição do limite superior da microbacia, e assim caracterizar com maior precisão suas formas e dimensões. Com o uso dos dados do SRTM corrigidos, para a região sul do estado, foram geradas curvas de nível com precisão de 5m, interpolando suas cotas mais elevadas com a ferramenta *Watershed* (ArcGIS 10<sup>®</sup>) e definindo-se a área da microbacia do arroio Chuí com 58.796,72ha. Tais métodos de trabalho mostraram-se eficazes na caracterização morfométrica da área de estudo e proporcionaram subsídios ao mais preciso dimensionamento da microbacia do arroio Chuí, acarretando no melhor manejo dos recursos naturais dispostos.

**Palavras-chave:** Planície Costeira; geomorfologia; morfometria; SIG; modelagem de bacias.

## ABSTRACT

The knowledge of the structures, features and forms a drainage basin is part of the recognition of his evolution and dynamics. Addressing the geomorphological and dynamic evaluation, we highlight all physical environmental factors inherent to the formation of structures and features. This paper has the main objective to propose a morphometric characterization of the Arroio Chuí basin from the identification of the watershed adjacent to Arroio Pastoreio, the southern state of Rio Grande do Sul. Identifying the source of the Arroyo Chuy, was preliminarily performed by analysis on satellite image Landsat 5 sensor TM of 2009 associated with the *digital elevation model* (SRTM and later identified by survey in field. In the field, topographic survey was conducted in the watershed region in order to better characterize the soft morphological variations of the area. In the laboratory, were processed and refined data collected in the field for three-dimensional modeling of the watershed of the Arroio Chui and Arroio Pastoreio. In the GIS (Geographic Information Systems) interpolations of elevations points collected in the field using the methods of *kriging* and TIN (triangulated irregular network) were performed. Through the analysis of three-dimensional models generated, the dividing point of the rivers of waters, being decisive for the further delineation of the Arroio Chuí basin was identified. From the identification of the watershed and the source of knowledge Arroyo Chuy, we define the upper limit of the basin, and so more accurately characterize their shapes and dimensions. With using a digital elevation model SRTM adjusted of the southern state, level curves were generated with an accuracy of 5m, interpolating their highest values with the Watershed tool (ArcGIS®10) and defining the area of the Arroio Chuí basin to 58796.72ha. Such working methods were effective in morphometric characterization of the area and provided subsidies to more accurate sizing of the Arroyo Chuy basin, resulting in better management of natural resources arranged.

**Key-words:** Coastal plain; geomorphology; morphometry; GIS; modeling basins.

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 .....	12
1.1. INTRODUÇÃO .....	13
1.2. CONTEXTUALIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA .....	21
1.3. O SIG E A MODELAGEM DE BACIAS HIDROGRÁFICAS .....	37
1.3.1. Interpolação pelo método TIN .....	40
1.3.2. Interpolação pelo método da <i>krigagem</i> .....	42
1.3.3. Morfometria de bacias - a microbacia do arroio Chuí.....	44
CAPÍTULO 2 .....	47
2.1. ARTIGO SUBMETIDO À PUBLICAÇÃO.....	48
CAPÍTULO 3 .....	57
3.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	58
REFERÊNCIAS.....	59



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Localização do Arroio Chuí no extremo sul do Rio Grande do Sul delimitando a fronteira nacional brasileira com o Uruguai.....15
- Figura 2: Curso principal do Arroio Chuí na porção meandrante próximo à cidade de Santa Vitória do Palmar (fotografia obtida em 18/07/2004 as 17h50 GTW – cedida por R. Ayup Zouain). .....16
- Figura 3: Canal artificial criado para concentração da drenagem do banhado Canelões para fins de exploração na rizicultura local (foto: Rafael M. Oliveira, 2013). .....17
- Figura 4: Curso principal do Arroio Chuí ligado a um canal de irrigação para o cultivo de arroz na região (foto: Rafael M. Oliveira, 2013).....18
- Figura 5: Mosaico de fotografias aéreas do ano 1964 cedidas pela CPRM. Em destaque, o curso do Arroio Chuí em princípio de processo de retificação.....19
- Figura 6: Comparação da área do banhado Canelões entre 1964 (A) e 2011 (B). ...20
- Figura 7: Unidades geomorfológicas no estado do Rio Grande do Sul: (1) Planalto das Araucárias; (2) Depressão Central; (3) Escudo Sul-Riograndense; (4) Planície Costeira (LOPES *et al.*, 2005). .....22
- Figura 8: Esquema de localização da Bacia de Pelotas no extremo sul do Brasil (extraído de ROSA, 2012; *apud* MIRANDA, 1970; URIEN & MARTINS, 1978; ALVES, 1977; ALVES, 1981; FONTANA, 1996). .....23
- Figura 9: Compartimentação geomorfológica da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (modificado de TOMAZELLI *et al.*, 2000). .....26
- Figura 10: Detalhamento geológico do sul da PCRS (modificado de TOMAZELLI & VILLWOCK, 1996). .....27
- Figura 11: Barreira pleistocênica exposta e escarpada pela dinâmica praial próximo ao balneário Barra do Chuí (foto: Renato Lopes, 2010). .....29

Figura 12: Afloramento de lamas holocênicas no sistema praial no balneário Hermenegildo em Santa Vitória do Palmar corroborando a tese de setor erosivo da Barreira IV na região (foto por Rafael M. Oliveira). .....	31
Figura 13: Série de perfis elaborados por Ferreira (2005) para explicitar as variações morfológicas da região sul do estado. ....	32
Figura 14: Perfil esquematizado A-A' elaborado por Ferreira (2005) demonstrando as diferentes morfologias. ....	33
Figura 15: Perfil transversal B-B' elaborado por Ferreira (2005) destacando morfológicamente os sistemas deposicionais pleistocênicos e holocênicos entre o porto de Santa Vitória do Palmar e o balneário Hermenegildo. ....	34
Figura 16: Contexto geológico na região da área de estudo. Em destaque, os três principais sistemas deposicionais costeiros: sistemas laguna/barreira II, III e IV. ....	35
Figura 17: Modelo idealizado de interpolação a partir do interpolador TIN (extraído de SOUSA <i>et.al.</i> , 2008). ....	40
Figura 18: Triangulação dos pontos do levantamento topográfico para a geração do modelo tridimensional através do interpolador TIN para a identificação do divisor de águas dos sistemas Chuí-Pastoreio. ....	41
Figura 19: Interpolação dos pontos do levantamento topográfico gerando o <i>raster</i> de elevação da área da nascente dos sistemas de drenagem. ....	43
Figura 20: Comparação da carta-imagem com curvas de nível (A) com a carta-imagem das estruturas geológicas da região (B). ....	45



# **CAPÍTULO 1**

## 1.1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural imprescindível para a sobrevivência humana e o desenvolvimento da sociedade. A espacialização dos recursos hídricos bem como a obtenção de parâmetros qualitativos e quantitativos determina, em muitos casos, sua distribuição, bem como a organização espacial e temporal dos organismos vivos. Nos continentes, em seu estado líquido a água encontra-se contida em diferentes sistemas e ou depósitos representadas em aquíferos, rios e outros sistemas de fluxo unidirecional, lagoas, lagos, os quais unidos formam redes hidrográficas de drenagem, as quais são hierarquizadas como unidades geomorfológicas, denominadas de Bacias Hidrográficas.

Portanto, a preservação e o manejo dos recursos hídricos e dos sub sistemas relacionados, definem a continuidade da vida na Terra de forma a estimular a auto-sustentabilidade. Torna-se fundamental o entendimento do termo de sistema como um “todo” para a proteção e resiliência do ambiente.

Estudos sobre a caracterização de bacias hidrográficas referem o melhor conhecimento em torno das principais unidades conhecidas para a gestão ambiental. Segundo Christofolletti (1981) as bacias hidrográficas são compostas por um conjunto de canais de escoamento de água. A quantidade de água que a bacia hidrográfica vai receber depende do tamanho da área ocupada pela bacia e por processos naturais que envolvem precipitação, evaporação, infiltração e escoamento.

A bacia hidrográfica se configura atualmente como umas das principais unidades de gerenciamento territorial que dispomos, sendo modelada pelas condições geológicas e climáticas locais. Entretanto, em função do desenvolvimento da sociedade humana, cada vez mais as bacias hidrográficas têm sofrido alterações na estrutura física dos canais, no aporte de sedimentos, na composição da biota, na hidrodinâmica, e no fluxo de matéria e energia. Tais alterações no padrão espacial do uso e cobertura do solo têm importantes efeitos sobre a produção e transporte de sedimentos (VANACKER *et al.*, 2005).

São fatores determinantes, de influência direta na dinâmica de uma bacia, variações e tipos de solo que compõem a sua superfície, clima regional, arcabouço estrutural geológico, e morfologia da superfície definindo o padrão arquitetural da bacia hidrográfica (LIMA, 2008). Portanto, a correlação dos fatores que

compreendem uma bacia hidrográfica define as características ambientais regionais a serem mais bem analisadas para o melhor entendimento da dinâmica envolvida.

Partindo desta premissa, a definição da morfometria e a descrição da geomorfologia do ambiente de uma bacia de drenagem destacam-se como os mais importantes procedimentos executados em análises ambientais, tendo como objetivo elucidar as várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental da região. A gestão de bacias de drenagem requer o conhecimento específico de suas formas, de sua dinâmica evolutiva e importância ambiental em um contexto regional, sendo imprescindível a correta interpretação das estruturas geológicas e feições geomorfológicas envolvidas na sua área de abrangência.

Neste caso, o parâmetro *morfometria* de uma bacia hidrográfica permite revelar indicadores físicos específicos para um determinado local de forma a dimensionar o ambiente expondo suas formas. As dimensões reais de uma bacia hidrográfica são capazes de definir quais estruturas geológicas, feições geomorfológicas e tipos de solos estão relacionados a um sistema de drenagem.

No âmbito geológico e geomorfológico, abrange conhecimentos das estruturas e formas que podem vir a definir os limites da bacia, influenciando em suas dimensões. Definem também padrões de escoamento e carga sedimentar, sintetizando de forma geral, a energia envolvida no sistema e caracterizando um padrão evolutivo da bacia.

É nesse contexto que se insere o objeto de estudo deste trabalho, aplicando-se uma caracterização geológica, geomorfológica e morfométrica do ambiente da microbacia do arroio Chuí, extremo sul do estado do Rio Grande do Sul. A partir disso, tem-se como objetivo elucidar o caráter descritivo do ambiente a partir dos parâmetros morfométricos da bacia do Arroio Chuí, destacando as principais estruturas geológicas encontradas na área ocupada e correlacionando-as com os principais métodos de interpolação dos dados.

É conveniente descrever brevemente este sistema para melhor entendimento dentro de um contexto do ambiente, destacando as principais funções desempenhadas pelo arroio em âmbito sócio-econômico.

O arroio Chuí é um sistema de drenagem, localizado exclusivamente numa feição costeira, no extremo sul do Rio Grande do Sul, tornando-se o limite meridional do Brasil, o qual colabora na definição da fronteira com o Uruguai. Trata-se de um importante limite geomorfológico de consolidação territorial para ambas as nações (Figura 1).

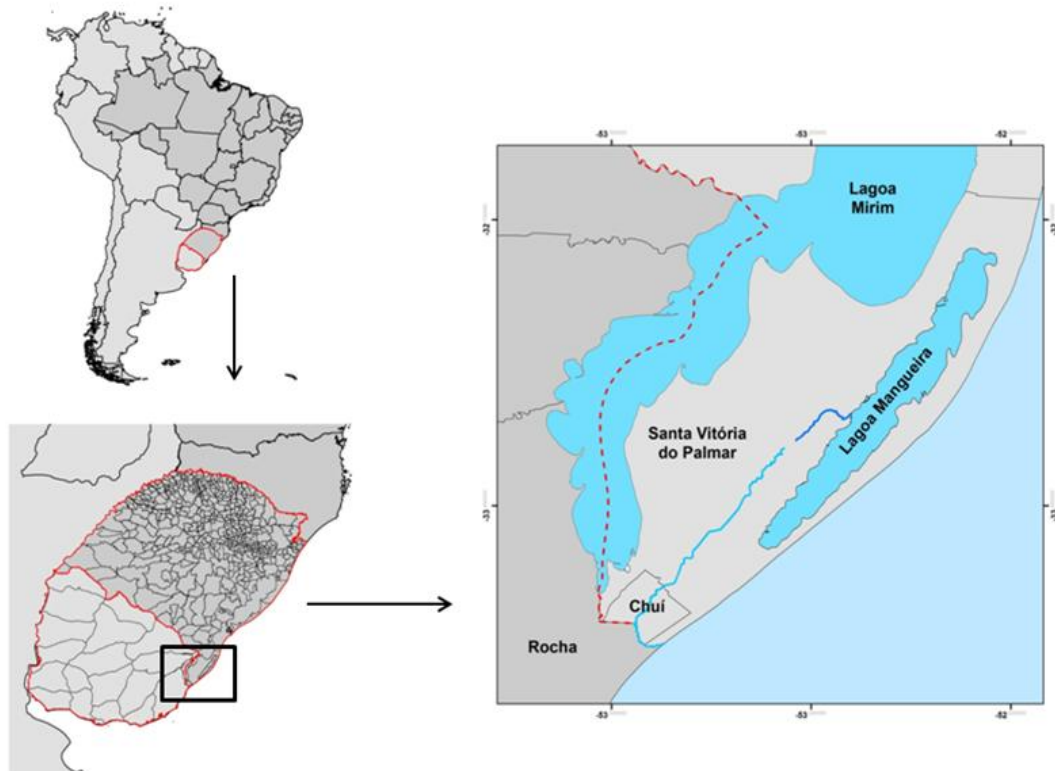


Figura 1: Localização do arroio Chuí no extremo sul do Rio Grande do Sul delimitando a fronteira nacional brasileira com o Uruguai.

Devido a sua localização geográfica e as características gerais do ambiente físico, o Arroio Chuí é considerado como um fator econômico importante para a região. Apesar de representar um sistema de drenagem de pequena área de abrangência, a bacia do arroio Chuí possui condições adequadas para o bom aproveitamento do seu recurso na labora predominante na região: a rizicultura. A principal condição é sua baixa declividade, a qual determina uma baixa energia de fluxo, tornando este sistema de drenagem com condições perfeitas para a irrigação no cultivo do arroz na região (Figura 2).



Figura 2: Curso principal do arroio Chuí na porção meandrante próximo à cidade de Santa Vitória do Palmar (Fotografia obtida em 18/07/2004 as 17h50 GTW – cedida por R. Ayup Zouain).

Devido ao intenso uso de sua drenagem na irrigação para a produção de arroz dentro dos municípios de Santa Vitória do Palmar e Chuí, o Arroio Chuí teve seu curso (naturalmente meandrante) retificado na década de 1960 para o seu melhor aproveitamento.

Originalmente, o Arroio Chuí tem seu início a partir do banhado Canelões, localizado logo a sul do banhado do Taim. A partir da retificação do leito principal do arroio e de grande área do banhado Canelões, são originados inúmeros canais de irrigação encontrados na região. A Figura 3 demonstra parte da área do banhado Canelões com canal de irrigação estabelecido, concentrando sua drenagem.





Figura 3: Canal artificial criado para concentração da drenagem do banhado Canelões para fins de exploração na rizicultura local (foto: Rafael M. Oliveira, 2013).

Atualmente são observados inúmeros canais artificiais ligados ao curso principal do Arroio Chuí. A morfologia da bacia favorece o retrabalhamento da cobertura do solo que ocupa a planície lagunar, ostentando o rápido estabelecimento destes canais através de fixação de barrancas em formas de “diques”.

Uma sequencia de diques é observada nas regiões mais altas para fins de concentração e canalização da drenagem do banhado Canelões. Estes diques confinam a água para “alimentar” os sistemas de drenagens formados, estabelecendo áreas alagadas para o plantio do arroz (CARON, 2007).

A Figura 4 destaca o desvio de drenagem do Arroio Chuí para um canal artificial, sendo observado ao fundo na inflexão um pequeno dique para o estabelecimento do curso do canal artificial.



Figura 4: Curso principal do Arroio Chuí ligado a um canal de irrigação para o cultivo de arroz na região (Foto: Rafael M. Oliveira, 2013).

A retificação do curso principal do Arroio Chuí e concentração da drenagem do banhado Canelões em uma rede de canais artificiais provocou uma alteração ambiental da paisagem na região. Além do retrabalhamento na cobertura que constitui o solo, uma grande alteração nas dimensões do banhado Canelões também foi observada.

Gerando-se um mosaico de ortofotos do ano de 1964 (Figura 5), é possível observar o curso meandrante do Arroio Chuí próximo ao antigo distrito de Chuí, quando pertencente ao município de Santa Vitória do Palmar à época. Além do curso meandrante do arroio, são observados campos ainda alagados e extensas áreas com campos de dunas próximos à costa, evidenciando as características naturais na região.

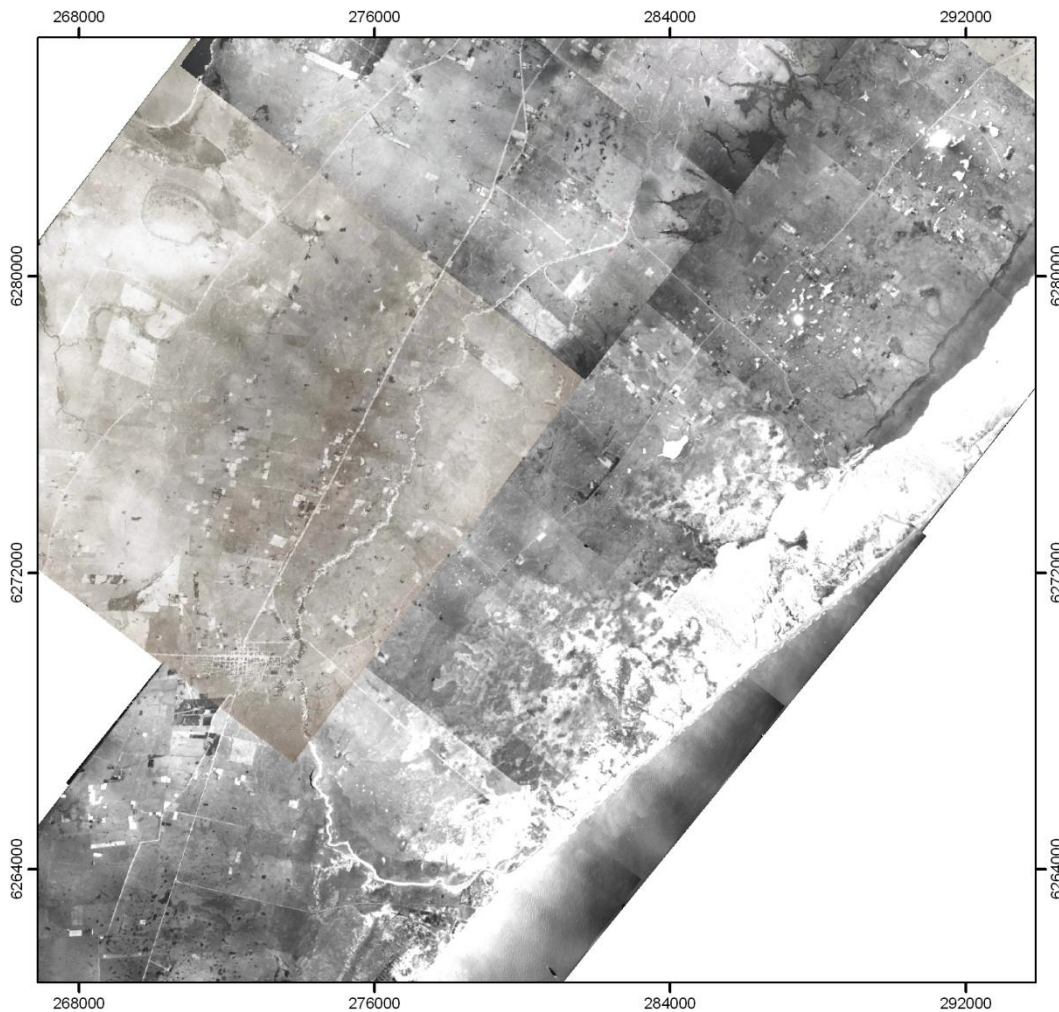


Figura 5: Mosaico de fotografias aéreas do ano 1964 cedidas pela CPRM. Em destaque, o curso do Arroio Chuí em princípio de processo de retificação.

Na imagem é possível observar que uma pequena parcela da drenagem já havia sido retificada para a irrigação local próximo ao centro do município de Santa Vitória do Palmar, porém, a montante do arroio, uma grande área de banhado ainda se preservava.

O antigo banhado Canelões teve sua área afetada devido à canalização do sistema de drenagem do arroio, e canais interligados formam uma rede de drenagem artificial que ultrapassa barreiras mais proeminentes, alguns deles alcançando os sistemas das lagoas Mangueira e Mirim (LOPES *et al.*, 2005).

A partir do mosaico de ortofotos de 1964, foi possível delimitar a área do banhado Canelões naquele ano. Acima disso, foram correlacionados os vetores da área do banhado criados a partir do mosaico de fotografias aéreas de 1964 com vetores da área atual do mesmo banhado criado a partir de delimitação sobre imagens de satélite SPOT 5 de 2011.



Os mapas A e B representados na Figura 6 demonstram a comparação destes dois momentos do banhado Canelões entre os anos 1964 e 2011.

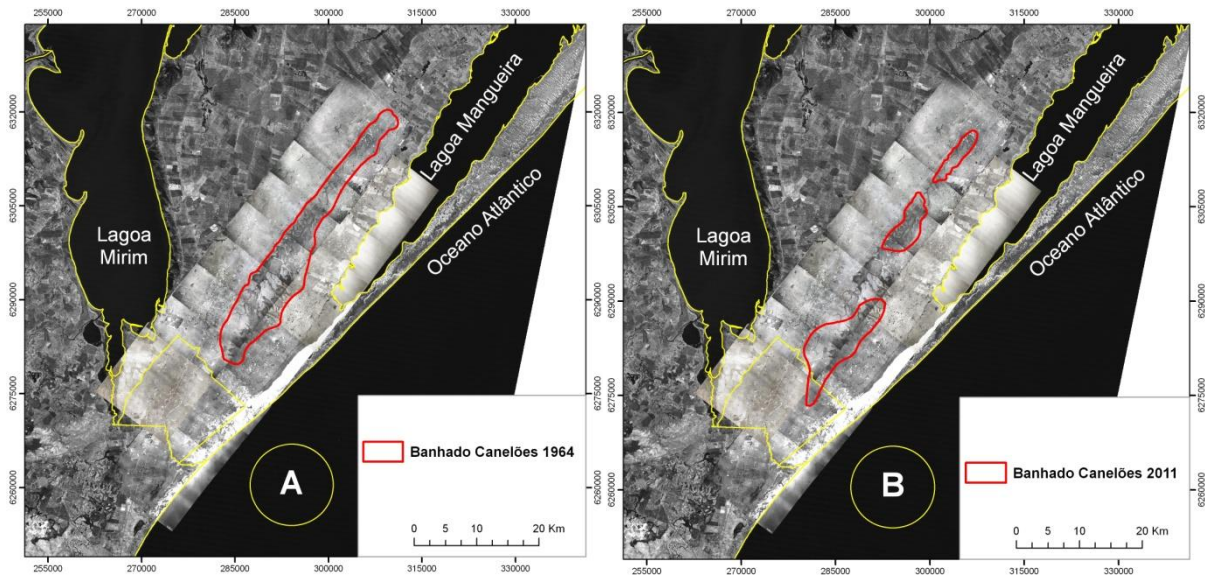


Figura 6: Comparação da área do banhado Canelões entre 1964 (A) e 2011 (B).

Cálculos realizados sobre as dimensões do banhado apresentaram alterações em sua área passando de 22.113 ha em 1964 a 13.350 ha em 2011, uma redução de 39,6% da sua área em um período de 47 anos, alterando as características ambientais para uma reformulação no cenário econômico local.

A partir da década de 1960, o banhado Canelões passa a dar lugar a intermináveis canais de irrigação para melhor exploração da região na produção de arroz (Lopes *et al.*, 2005). Com isso, extensas áreas de baixios, ambientes alagados de biogênese lacustre, passam a ser remobilizados e preparados para o plantio controlado. Esta alteração do ambiente implica em modificações visuais do leito do Arroio Chuí, onde as margens expostas tornam a vista registros fossilíferos da mega-fauna pleistocênica (LOPES *et al.*, 2005).

É notável que mudanças significativas foram realizadas no ambiente para melhorias e investimentos no agronegócio, alterando as características naturais do ambiente, seja em âmbito geológico, biológico ou mesmo sócio-ambiental. Frente a isso, estamos diante de um sistema de drenagem parcialmente alterado, preservando-se apenas a porção do curso entre as proximidades do centro da cidade de Chuí e a sua desembocadura.

## 1.2. CONTEXTUALIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA

O Estado do Rio Grande do Sul apresenta uma vasta diversidade de estruturas geológicas e feições geomorfológicas que são destaque no mundo científico. São conhecidas no estado estruturas de rochas ígneas e metamórficas de idades Pré-Cambrianas, embasamentos originados no Cretáceo relacionados à separação de América do Sul e África, e pacotes sedimentares de deposição recente relacionados às variações glacio-eustáticas do período Quaternário (HOLZ & DE ROS, 2000).

Baseando-se no arcabouço estrutural e nas feições arquiteturas presentes no estado, Carraro *et al.* (1974) propõem uma compartimentação geomorfológica a partir da descrição de quatro grandes unidades (Figura 7):

- *Escudo Sul-Riograndense*, estruturado a partir do Arqueano até Eopaleozóico, é constituído por rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, distribuídas num complexo arranjo tecnoestratigráfico controlado por lineamentos regionais de orientação predominante NE-SW;
- *Planalto das Araucárias*, constituído por rochas ígneas (basaltos e riólitos) efusivas da formação Serra Geral com idades entre 120 e 135 milhões de anos, originárias do vulcanismo fissural entre o Jurássico e o Cretáceo, o qual provocou a separação de América do Sul e África;
- *Depressão Central*, extensa planície sedimentar de depósitos aluviais e coluviais originadas do *Escudo Sul-Riograndense* e do *Planalto das Araucárias*, é composta por sequências sedimentares pertencentes às unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná, depositadas entre o Permiano Superior e Cretáceo Inferior;
- *Planície Costeira*, composta essencialmente por sedimentos neógenos, caracterizados por diversos sistemas deposicionais, cuja estruturação resulta do retrabalhamento da porção superficial da Bacia de Pelotas por ciclos transgressivos e regressivos do nível do mar relacionados às variações glacioeustáticas do período Quaternário.

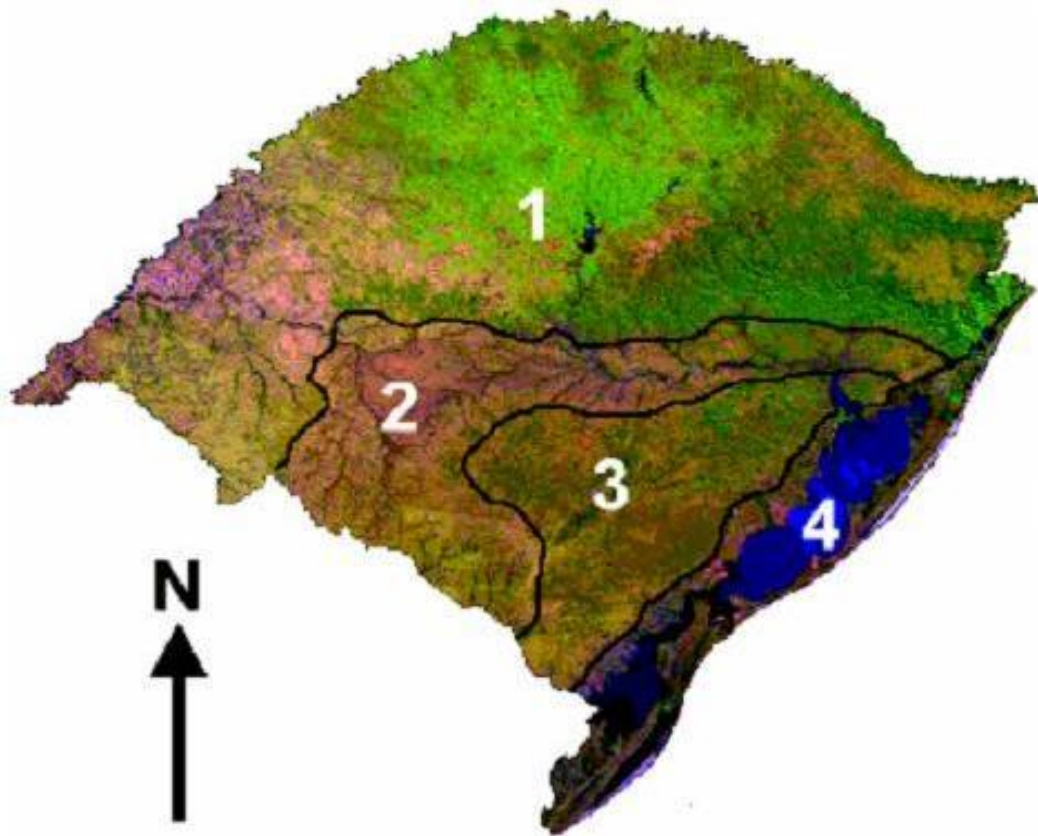


Figura 7: Unidades geomorfológicas no estado do Rio Grande do Sul: (1) Planalto das Araucárias; (2) Depressão Central; (3) Escudo Sul-Riograndense; (4) Planície Costeira (LOPES *et al.*, 2005).

Para melhor entendimento estrutural da área de estudo, faz-se necessário um reconhecimento mais detalhado da grande unidade Bacia de Pelotas e, por conseguinte, uma caracterização mais detalhada do compartimento regional Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS).

A Bacia de Pelotas está situada no extremo sul do Brasil (Figura 8), fazendo parte de um conjunto de bacias marginais presentes na Margem Continental brasileira (DIAS *et al.*, 1994). Esta bacia abrange uma área de aproximadamente 210.000 Km<sup>2</sup> e está limitada a norte pelo Alto de Florianópolis com a Bacia de Santos, e a sul pelo Alto de Polônio na costa leste do Uruguai com a Bacia de Punta del Este (ROSA, 2009).

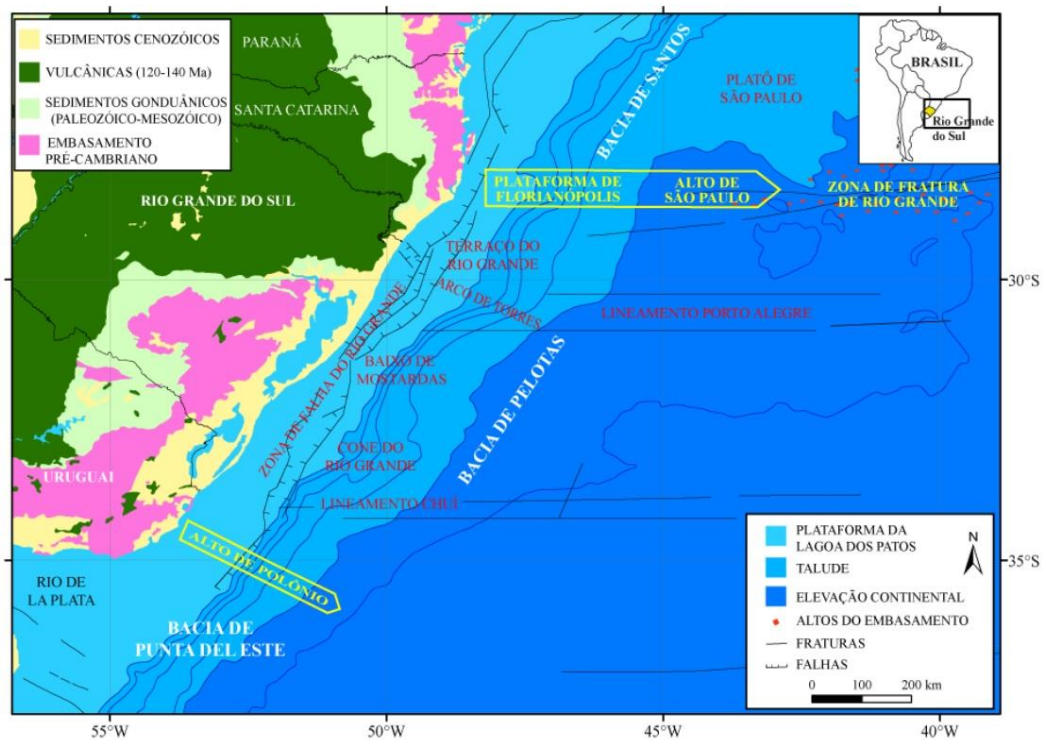


Figura 8: Esquema de localização da Bacia de Pelotas no extremo sul do Brasil (extraído de ROSA, 2012; *apud* MIRANDA, 1970; URIEN & MARTINS, 1978; ALVES, 1977; ALVES, 1981; FONTANA, 1996).

A Bacia de Pelotas tem sua gênese vinculada aos processos tectônicos de rifteamento iniciados no período Jurássico que culminaram com a abertura e consolidação do oceano Atlântico Sul (ASMUS & PORTO, 1972). Conforme destacado por Rosa (2012), seu substrato é constituído por rochas da Bacia do Paraná e dos escudos uruguaio-sul-riograndense e catarinense.

A partir disto, a PCRS é definida como um conjunto de depósitos sedimentares emersos da Bacia de Pelotas formados ao longo do período Quaternário. Possui uma área de aproximadamente 33.000 Km<sup>2</sup> e uma faixa litorânea em torno de 620 Km de extensão (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995). Segundo Rosa (2012), a PCRS possui o mais amplo registro do período Quaternário na costa do Brasil, onde são observadas as estruturas mais bem preservadas vinculadas ao período ao longo de sua extensão.

A PCRS representa a unidade geomorfológica mais recente do território do Rio Grande do Sul, constituída por diversos elementos geológicos e paisagísticos desenvolvidos ao longo do período Quaternário, cuja história e evolução vêm sendo mais bem compreendida nas últimas quatro décadas. Sua evolução está diretamente ligada às oscilações do nível do mar controladas pelas variações glacio-

eustáticas do Pleistoceno, definindo diversos ambientes deposicionais ao longo de sua extensão (ROSA, 2012).

Seguindo critérios de interpretação de unidades faciológicas sedimentares, Villwock (1984), Villwock *et. al.* (1986) e Villwock & Tomazelli (1995) caracterizam a PCRS através de eventos de deposição, definindo porções peculiares ao ambiente.

A compartimentação geológica do estado definida pelos autores, mostra como resultado, um quadro morfogenético da PCRS muito peculiar. Uma compartimentação geomorfológica bem definida é caracterizada compreendendo-se o sistema de Leques Aluviais, os depósitos praias e eólicos da Barreira das Lombas e do sistema de Barreiras Múltiplas Complexas, e os sistemas lagunares Guaíba-Gravataí e Patos-Mirim vinculados às barreiras.

Os depósitos de leques aluviais são caracterizados por materiais desagregados das bordas do escudo cristalino e do embasamento da Serra Geral, sendo transportados por fluxos gravitacionais para leste e depositados nos antigos sopés, formando diversas feições de leques marginais distais e proximais. Formam superfícies de terras baixas, levemente inclinadas para leste em forma de terraços dissecados pela drenagem atual. Os depósitos formados datam do período Terciário, e suas porções distais foram retrabalhadas por processos costeiros e marinhos ao longo do Quaternário no Pleistoceno médio.

A Barreira das Lombas corresponde a uma faixa alongada em orientação NE-SW, com aproximadamente 250 km de extensão entre os municípios de Osório e Tapes. Esta barreira constitui uma sequência de coxilhas arredondadas com mais de 100m de altitude, representando os depósitos praias e eólicos mais antigos na PCRS formados a partir das variações do nível do mar no Pleistoceno médio. Este sistema deposicional foi o responsável pelo isolamento do sistema lagunar Guaíba-Gravataí, confinando uma grande área de terras baixas que evoluiu para pântanos costeiros parcialmente retrabalhados pela drenagem atual. Este isolamento originou as atuais bacias hidrográficas do Guaíba e do rio Gravataí.

As fácies sedimentares da Barreira das Lombas correspondem a areias quartzo-feldspáticas avermelhadas, de granulometria fina a média, muito bem arredondadas, semi-consolidadas e que, em geral, apresentam um elevado conteúdo em matriz siltico-argilosa de origem pedogenética. Os intensos processos pós-deposicionais que afetaram esta unidade, foram responsáveis pela destruição quase total das suas estruturas sedimentares primárias (DELANEY, 1965).



O sistema de Barreiras Múltiplas Complexas corresponde à faixa de terra que se estende a norte entre o Planalto das Araucárias e o Oceano Atlântico e que, ao sul, foi responsável pelo isolamento do sistema lagunar Patos-Mirim (VILLWOCK, 1984). Ela consiste de uma sucessão de terraços bastante aplainados, intercalados com depressões alongadas, ocupadas por lagunas, lagos e pântanos em diferentes estágios evolutivos.

As Barreiras Múltiplas Complexas ainda são compostas por três sistemas do tipo laguna-barreira adicionadas à planície costeira no decorrer dos três últimos grandes ciclos glacio-eustáticos do Quaternário, sendo estes sistemas definidos por Vilwock e Tomazelli (1995) como sistemas laguna-barreira II e III (Pleistoceno), e o sistema laguna-barreira IV (Holoceno).

O sistema lagunar Patos-Mirim foi instalado durante a primeira fase de formação da Barreira Múltipla Complexa, evoluindo em fases de laguna por reabertura e fechamento de *inlets* de comunicação com o mar ao longo da construção das barreiras II, III e IV.

A norte do Canal do Rio Grande, o sistema lagunar Patos-Mirim teve consolidado seu confinamento a partir da formação da barreira III, ocasionando no estabelecimento da Lagoa dos Patos. Ao sul do Canal do Rio Grande, este sistema lagunar passou a se configurar a partir da formação da barreira II, ocorrendo uma série de paleocanais na região sul do estado.

Com a formação da barreira III na região sul, esta apresentou dois comportamentos distintos. Na região do banhado do Taim, a barreira III apresentou características transgressivas ao se ancorar sobre os depósitos eólicos e praias da barreira II. Já no extremo sul, a barreira III se configura de forma regressiva, formando um sistema de depósitos fluvio-lacustres entre as duas barreiras, onde hoje drena o Arroio Chuí (VILLWOCK e TOMAZELLI, 1995).

O isolamento final deste sistema lagunar, conforme visto na configuração atual com o preenchimento dos paleocanais, somente ocorre a partir do último pico transgressivo, estipulado por Angulo e Lessa (1997) em aproximadamente 5,1Ka, onde a linha de costa teria atingido até 5m acima do nível atual em algumas regiões do país.

A construção da barreira holocênica foi responsável pelo fechamento de uma série de antigos *inlets* conhecidos na região sul da PCRS, entre eles o atual Banhado do Taim. Outros sistemas lagunares, não tão expressivos, estabelecidos a partir da formação da barreira holocênica, são os sistemas da lagoa Mangueira no

Litoral Sul, Lagoa do Peixe no Litoral Médio, e a série corpos lacustres do Litoral Norte do estado.

Como visto até aqui, a PCRS possui uma gama de características muito peculiares, diferenciadas de outros sistemas deposicionais ao longo do mundo. Embora sua formação se limite aos últimos 400Ka, tornando seu passado recente, a quantidade de informações valiosas a se extrair e destacar deste compartimento é muito grande. A configuração geomorfológica e evolução da PCRS descrita até então está ilustrada na Figura 9 para melhor compreensão e visualização das grandes feições.

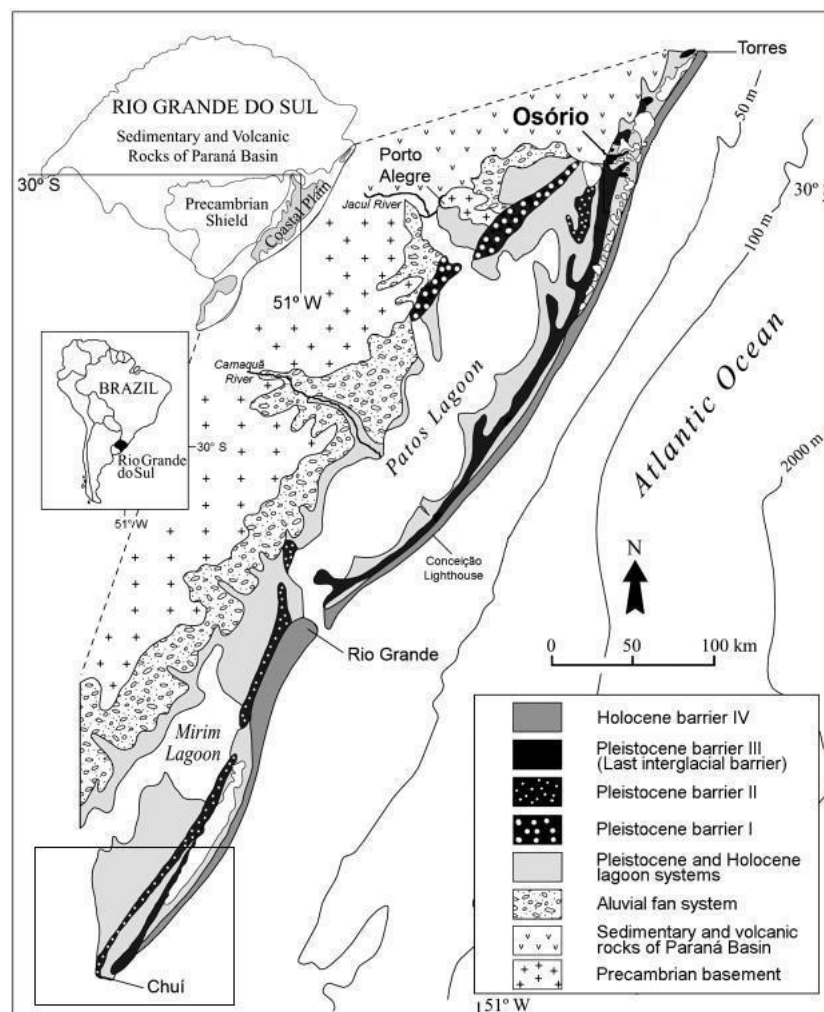


Figura 9: Compartimentação geomorfológica da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (modificado de TOMAZELLI *et al.*, 2000).

Referindo-se à região sul da PCRS como foco principal deste trabalho, na região encontram-se bem preservados os sistemas de leques aluviais próximo à margem oeste da lagoa Mirim, e os sistemas deposicionais laguna/barreira II, III e IV.

É importante salientar que as barreiras pleistocênicas na região sul da PCRS (sistemas II e III) localizam-se em grande parte entre a lagoa Mirim e a lagoa Mangueira. O caso da barreira holocênica na região (laguna/barreira IV) limita-se ao fechamento da lagoa Mangueira (Figura 10).

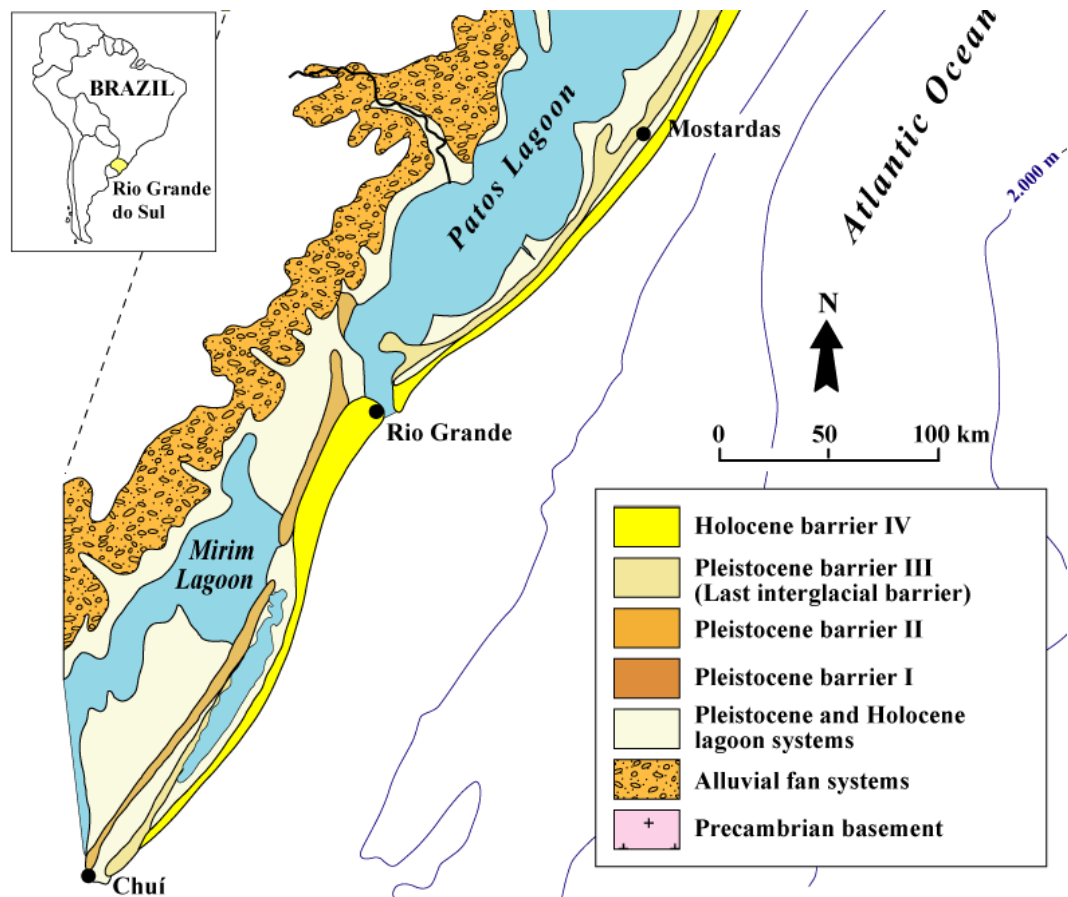


Figura 10: Detalhamento geológico do sul da PCRS (modificado de TOMAZELLI & VILLWOCK, 1996).

O sistema deposicional laguna/barreira II está relacionado ao segundo evento transgressivo e regressivo do Pleistoceno, atingindo o seu pico máximo em aproximadamente 325 Ka, correlacionando com o estágio isotópico de oxigênio 9 (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000). Este sistema corresponde ao primeiro estágio na evolução da “Barreira Múltipla Complexa” sendo responsável pelo princípio de isolamento do sistema lagunar Patos-Mirim (FERREIRA, 2005).

Atualmente as fácies praias e eólicas da barreira II são observadas em uma pequena porção no litoral norte do estado entre os municípios de Capivari do Sul e Osório, a leste da lagoa dos Barros. Já no litoral sul do estado, estas mesmas fácies encontram-se mais bem preservadas e em evidência, destacando-se uma

porção entre a margem sul da Lagoa dos Patos e norte do banhado do Taim, e entre o sul do banhado do Taim até a costa NE do Uruguai.

Weschenfelder (2005), com base na descrição imposta por Tomazelli & Villwock (2000), define as características texturais e estruturais destes depósitos de barreira pleistocênica. As fácies praias destes depósitos correspondem a areias com alto teor de quartzo e feldspato, de coloração castanho-amarelada, bem arredondadas e envoltas por matriz argilosa. As fácies lagunares deste sistema são compostas por areias finas, siltico-argilosas, pobremente selecionadas e de coloração creme, muito semelhantes aos depósitos lagunares correspondentes ao sistema lagunar III.

O evento transgressivo e regressivo mais recente do Pleistoceno, conhecido como Transgressão Cananéia (SUGUIO & MARTIN, 1978), originou o sistema deposicional laguna/barreira III, onde o pico interglacial teria ocorrido a aproximadamente 120 Ka correlacionado ao estágio isotópico de oxigênio 5, estando associado ao fechamento definitivo do sistema lagunar Patos-Mirim (VILLWOCK *et al.*, 1986).

A estrutura do sistema deposicional laguna/barreira III encontra-se bem preservada e de maneira quase contínua ao longo de toda a PCRS, apresentando três setores de comportamentos distintos ao longo de sua extensão.

No litoral Norte do estado, na faixa mais próximo à escarpa do Planalto na face litorânea, os depósitos praias e eólicos da barreira III encontram-se ancorados nas encostas da escarpa do Planalto e nos leques originados neste sistema. Este fato indica que no pico transgressivo da barreira III, a linha de costa atingia diretamente a escarpa da Serra Geral, possibilitando a formação de furnas por erosão marinha em alguns locais, como as vistas nas margens da BR-101 próximo da lagoa Itapeva escavadas nos arenitos eólicos da Formação Botucatu (AB'SABER & GOMES, 1969).

Na porção média da barreira III entre Osório e Rio Grande, estes depósitos pleistocênicos se configuraram como uma ilha-barreira, isolando do lado do continente na porção de retrobarreira, a Lagoa dos Patos.

Na porção meridional destes depósitos pleistocênicos, o sistema laguna/barreira III se configura entre os municípios de Rio Grande e Chuí, inicialmente de forma ancorada sobre o sistema de barreira II, e posteriormente afastando-se, originando uma planície lagunar de retrobarreira que originou o sistema de drenagem do Arroio Chuí (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995).

Ainda nesta porção meridional, a barreira III apresenta um caso peculiar. Entre a desembocadura do Arroio Chuí e o balneário Hermenegildo no município de Santa Vitória do Palmar, sedimentos eólicos e praias deste sistema encontram-se em contato direto com a dinâmica praial atual (Figura 11) devido à ausência de depósitos holocênicos nesta faixa (LIMA *et al.*, 2013).



Figura 11: Barreira pleistocênica exposta e escarpada pela dinâmica praial próximo ao balneário Barra do Chuí (foto: Renato Lopes, 2010).

A estrutura estratigráfica da barreira III apresenta uma série de fácies arenosas de origem praial e marinho raso (VILLWOCK, 1984). São fácies compostas por sedimentos praias quartzosos claros, finos, bem selecionados e dispostos em laminações plano-paralelas predominantemente. As porções dos depósitos eólicos apresentam coloração avermelhada e disposta em pacotes maciços (VILLWOCK *et al.*, 1986).

A evolução do sistema deposicional laguna/barreira IV está relacionada ao último evento transgressivo ocorrido no holoceno em aproximadamente 5,1 Ka correlacionado ao estágio isotópico de oxigênio 1 (WESCHENFELDER, 2005). Esta atual barreira encontra-se bem preservada ao longo de toda a costa do estado, exceto no extremo sul, onde há a ocorrência de erosão em estágio avançado entre a desembocadura do Arroio Chuí e o balneário Hermenegildo no município de Santa Vitória do Palmar (TOMAZELLI *et al.*, 1998).

No pico do último evento transgressivo em aproximadamente 5,1Ka (ANGULO & LESSA, 1997) o nível do mar teria atingido cotas entre 4m e 5m acima do nível atual na costa do estado (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1998). Este evento possibilitou a formação do atual sistema laguna/barreira na PCRS, onde a partir do seu máximo transgressivo, a barreira estaria em franca regressão (WESCHENFELDER, 2005).

Lima *et al.* (2013) modelaram a evolução deposicional da barreira holocênica no seu setor sul, relacionando o balanço sedimentar com as variações do nível do mar ao longo dos últimos 6 Ka.

Este estudo foi realizado através de interpretação de fácies estratigráficas obtidas a partir de leituras de ondas eletromagnéticas de georradar com aparelho GPR (*Ground Penetrating Radar*) em subsuperfície correlacionadas a análises cronoestratigráficas por datações de radiocarbono de testemunhos coletados por métodos de percussão.

Foram identificados setores agradacionais e erosionais nas adjacências do balneário Hermenegildo, destacando a reativação da barreira pleistocênica em alguns pontos, onde estão expostas barrancas escarpadas da face marinha da barreira III. Nesse caso, sedimentos de idade pleistocênica passam a se remobilizar através da dinâmica costeira atual e fazem parte do sistema praiial na faixa costeira entre o balneário da Barra do Chuí e o balneário Hermenegildo.

Como efeito da erosão da barreira em alguns setores, ocorrem afloramentos de turfas e lamas holocênica no setor praiial (Figura 12) relacionadas ao sistema, destacando este setor da costa sul do estado com forte dinâmica retrogradacional (LIMA *et al.* 2013; VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995).





Figura 12: Afloramento de lamas holocênicas no sistema praias no balneário Hermenegildo em Santa Vitória do Palmar corroborando a tese de setor erosivo da barreira IV na região (foto por Rafael M. Oliveira).

As fácies praias são constituídas predominantemente por areias quartzosas, de granulação fina a muito fina e, em alguns locais, apresentam elevadas concentrações de minerais pesados junto a cascalhos bioclásticos (SILVA, 2009).

É visto até então que a compartimentação geológica e geomorfológica da PCRS se destaca por sua diversidade. Inúmeros trabalhos foram, e ainda serão realizados nesta grande província geomorfológica pelo fato de se ver necessário o seu reconhecimento cada vez mais específico.

Ferreira (2005), ao estudar os níveis de base dos sistemas deposicionais costeiros no litoral sul do estado, realizou uma série de levantamentos de perfis sequenciais e estratégicos para demonstração das morfologias encontradas na região conforme destacado na Figura 13.

Foram realizados três levantamentos de perfis paralelos ao alinhamento das barreiras pleistocênicas e cinco perfis menores transversais ao alinhamento das barreiras. Os três perfis paralelos às barreiras foram realizados com o simples propósito de manter correções altimétricas dos perfis transversais subsequentes.

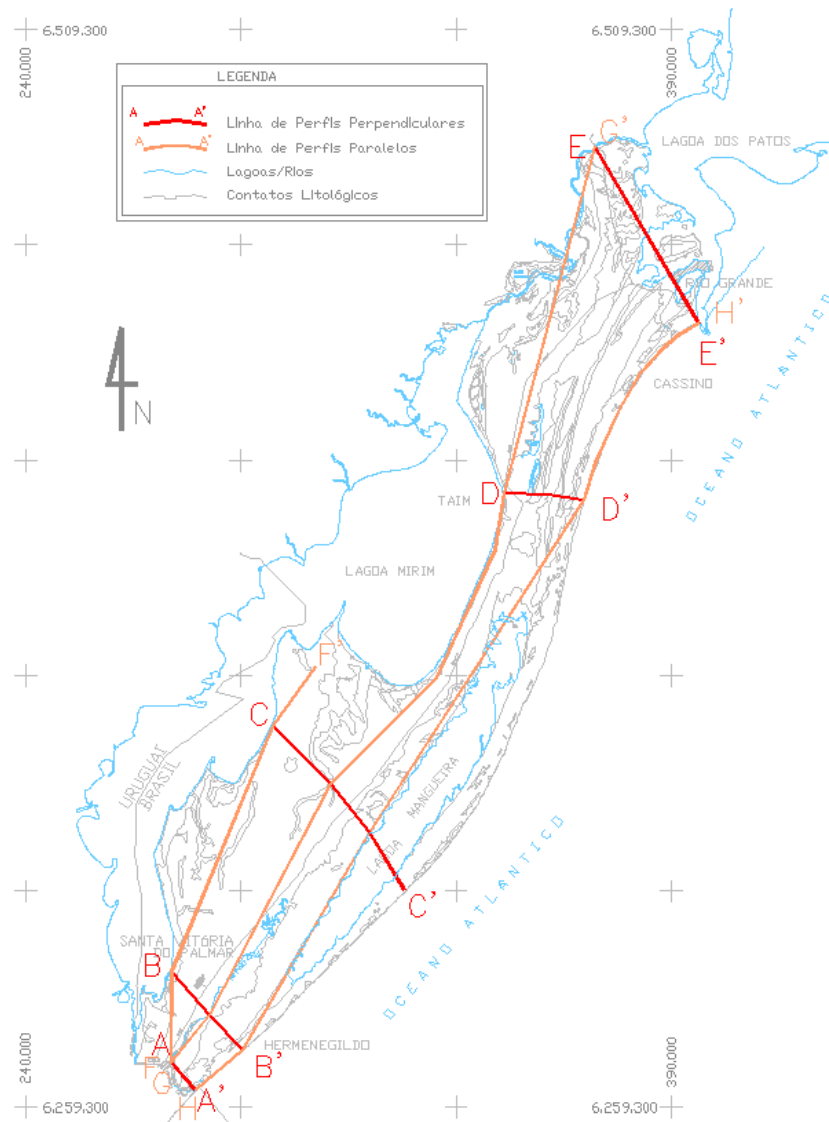


Figura 13: Série de perfis elaborados por Ferreira (2005) para explicitar as variações morfológicas da região sul do estado.

Tomando-se como base a área de estudo do presente trabalho, a sequência de alinhamentos A-A' e B-B' acabou por evidenciar as variações altimétricas entre as paleobarreiras.

O alinhamento A-A' (Figura 14) define a variação morfológica entre o leito do Arroio Chuí e a ponte divisória entre Brasil e Uruguai. Evidencia ambientes de depósitos de planícies fluviais atuais do sistema laguna/barreira IV com cotas em torno de 5m, depósitos de planície lagunar pleistocênicos relativos ao sistema lagunar III em cotas máximas de 10m, depósitos praias e eólicos da barreira III atingindo altitudes máximas de 15m e registros de turfas e lamas holocênicas nas proximidades da costa.



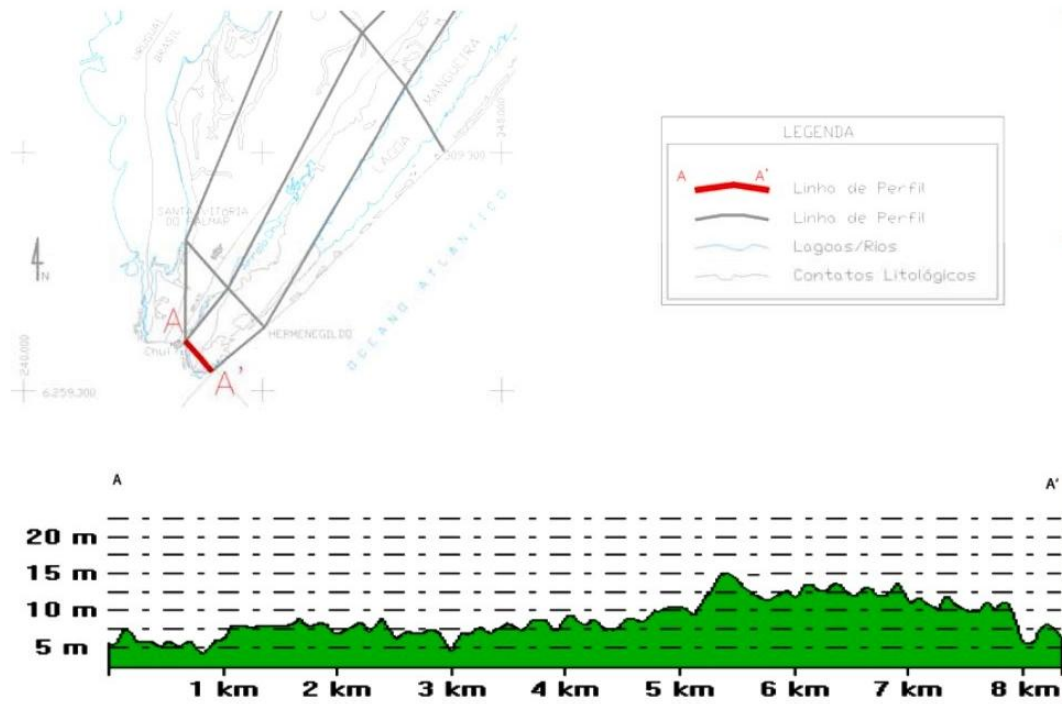


Figura 14: Perfil esquematizado A-A' elaborado por Ferreira (2005) demonstrando as diferentes morfologias.

Outro perfil de interesse elaborado por Ferreira (2005) é B-B' (Figura 15), o qual destaca as morfologias associadas a todos os sistemas deposicionais presentes no setor sul da costa, entre o porto de Santa Vitória do Palmar e o balneário Hermenegildo.

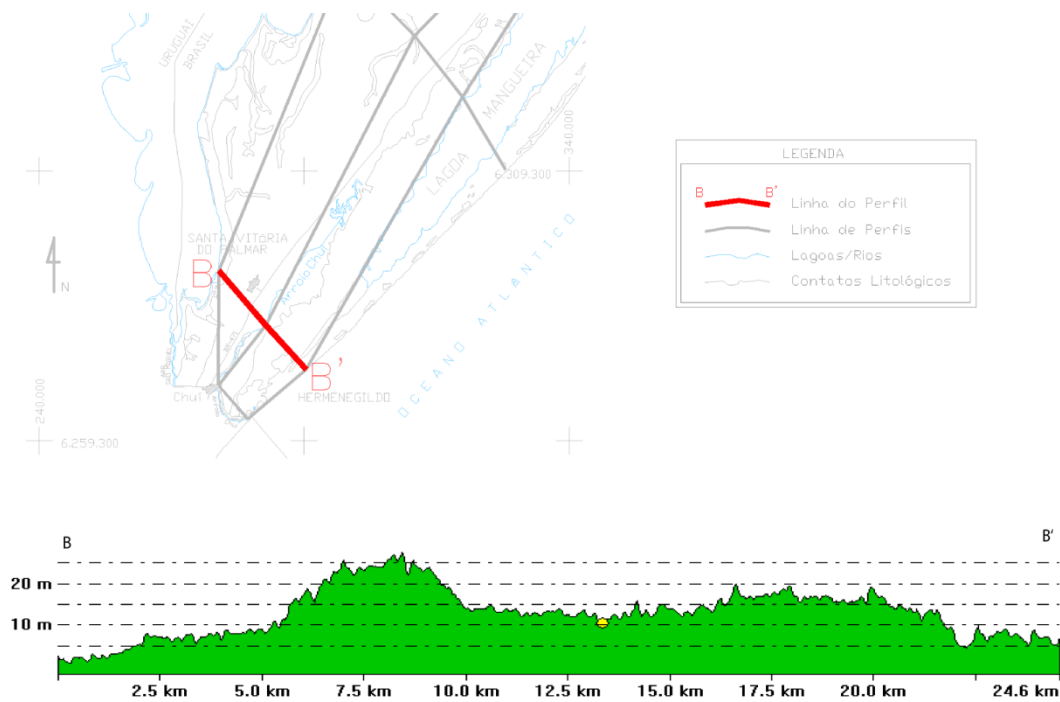


Figura 15: Perfil transversal B-B' elaborado por Ferreira (2005) destacando morfologicamente os sistemas deposicionais pleistocênicos e holocênicos entre o porto de Santa Vitória do Palmar e o balneário Hermenegildo.

Este perfil é capaz de destacar todos os registros deposicionais da região sul associadas à modelagem da PCRS ao longo do Quaternário. Estão em evidência os depósitos holocênicos nas margens da lagoa Mirim, depósitos lagunares pleistocênicos, depósitos eólicos e praias da barreira pleistocênica II, planície fluvial intercalada com planície lagunar do sistema pleistocênico III, cristas de barreira pleistocênica do sistema III e intercalação de turfas e lamas holocênicas próximo a sistema praias (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995).

Neste perfil, destacam-se as variações de cotas altimétricas dos diferentes sistemas. O perfil traçado entre o antigo porto de Santa Vitória do Palmar (B) e a praia oceânica do balneário Hermenegildo (B') demonstra o maior pico altimétrico da barreira II (acima de 25m de altitude), por onde passa a rodovia BR-471, sendo seguido pelo terraço lagunar do sistema III com altimetria máxima de 15m, pela elevação da barreira III com cotas de 20m, terraço lagunar IV e elevação do sistema barreira IV.

O levantamento do arcabouço geológico e geomorfológico do litoral sul do estado é pertinente no que tange o melhor entendimento da área de estudo, ao passo que conhecemos a posição do sistema de drenagem do Arroio Chuí dentro do arranjo dos sistemas deposicionais costeiros.

O Arroio Chuí (Figura 16) nasce no banhado Canelões, localizado a sul do banhado do Taim, e flui em sentido NE-SW entre as barreiras pleistocênicas II e III pelo terraço lagunar III até as imediações da cidade de Chuí. A partir do centro de Chuí, o curso meandrante do arroio segue em sentido SE acompanhando o lineamento do Chuí (ALVES, 1981), zona de fratura destacada por Rosa (2012), até finalmente cortar a barreira III e desaguar no Oceano Atlântico (LOPES *et al.*, 2005).

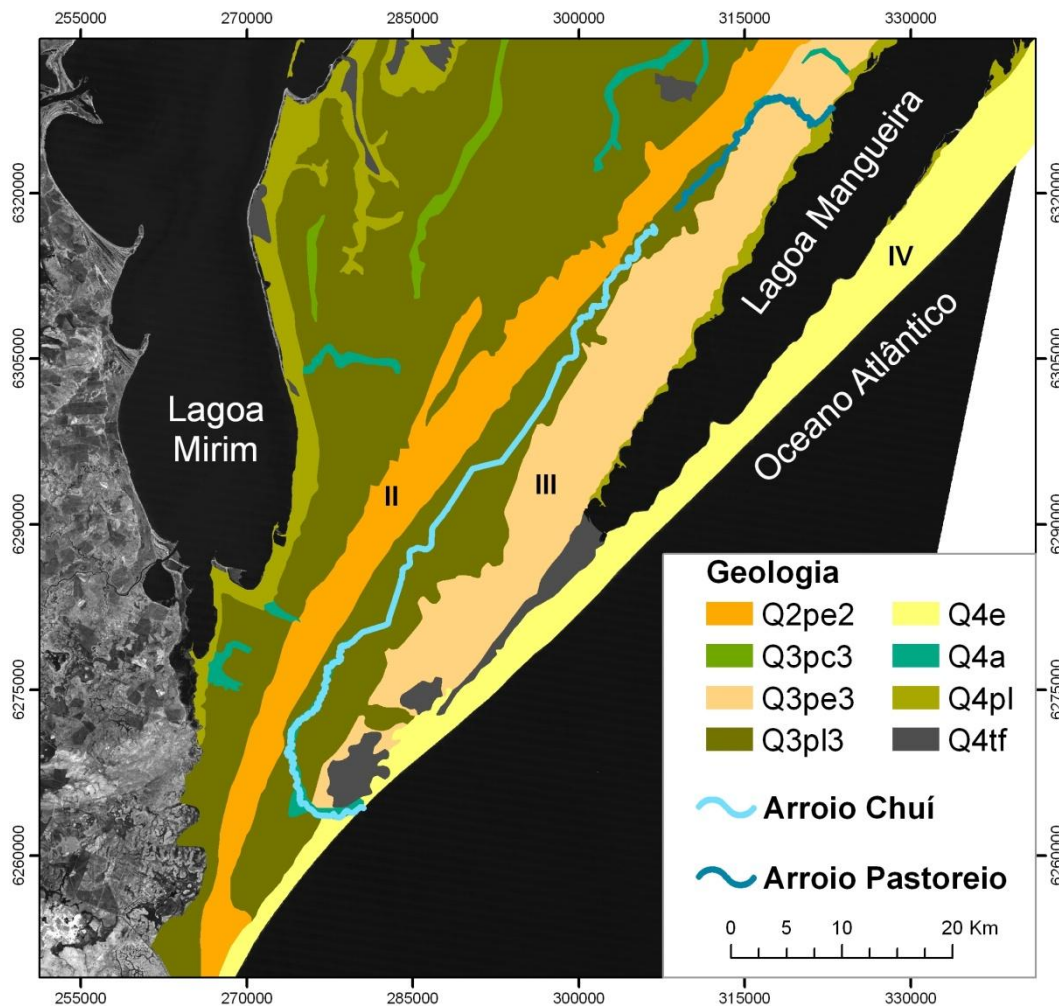


Figura 16: Contexto geológico na região da área de estudo. Em destaque, os três principais sistemas deposicionais costeiros: sistemas laguna/barreira II, III e IV.

As revisões estratigráficas ao longo do curso do Arroio Chuí feitas por Buchmann *et al.* (2001) e Lopes *et al.* (2001), com base nos trabalhos de Villwock & Tomazelli (1995) e Tomazelli *et al.* (2000), levaram à reinterpretação da descrição estratigráfica da área de Soliani Jr. (1973). Os sedimentos identificados como lagunares, pertencentes à Formação Santa Vitória, foram recharacterizados como sedimentos praias que contém icnofósseis de *Callichirus* e moluscos (LOPES *et al.*, 2005).

Outros sedimentos classificados como paleossolos foram redefinidos como sedimentos lagunares associados ao sistema Laguna-Barreira III contendo fósseis da megafauna pleistocênica.

Nesta análise foram encontrados, nas bases das barrancas (aproximadamente 4m de profundidade), *icnofósseis* de moluscos em camadas de 2m de espessura com areias de diâmetro médio e estratificação plano-paralela. Estas estruturas sedimentares junto a *icnofósseis* sugerem, segundo os autores, em antigo ambiente praial de intermarés bem definido. Acima desta camada, foram registradas camadas com granulometria mais fina e restos de mamíferos com cerca de 120 Ka correlacionados ao estágio isotópico 5 de oxigênio. A partir desta análise, sugerem que este ambiente passou de ambiente praial de alta energia para um sistema fluvio-lacustre de baixa energia a partir de fechamento de antiga laguna, isolando o corpo d'água e consolidando um ambiente propício para a atividade biogênica.

Uma situação que poderia estar relacionada à evolução do sistema de drenagem do Arroio Chuí é uma parcela de segmentação da barreira III em Santa Vitória do Palmar entre a barra do arroio e o balneário Hermenegildo, descrito por Barboza *et al.* (2005).

Através de análises de imagens do satélite Landsat 7 sensor TM do ano 2000 observaram em um primeiro momento diferenças de comportamento espectral do setor segmentado. A melhor identificação do paleocanal se deu posteriormente por reinterpretação de modelo tridimensional de larga escala SRTM correlacionado ao levantamento topográfico realizado com DGPS.

Sedimentos de textura rugosa fina da porção deste paleocanal foram correlacionados aos sedimentos de terrenos alagadiços do sistema laguna/barreira III nas adjacências do Arroio Chuí, diferentemente do ocorrente na barreira pleistocênica.

Segundo os autores, o paleocanal se caracteriza como um antigo *inlet* de drenagem relacionado ao sistema lagunar pleistocênico da barreira III. Nele, são observadas feições rugosas semelhantes a terrenos alagadiços encontradas no terraço lagunar pleistocênico III, corroborando com a hipótese de uma ligação da retrobarreira com o mar em aproximadamente 123 Ka no Pleistoceno médio.

### 1.3. O SIG E A MODELAGEM DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um conjunto de procedimentos utilizados no sentido do armazenamento e manipulação de informações georreferenciadas (ARONOFF, 1989). Segundo Câmara *et al.* (2005), correspondem às ferramentas computacionais de geoprocessamento, que permitem a realização de análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados.

Para Farina (2009) a capacidade do SIG de integrar dados oriundos do sensoriamento remoto com outros dados espacialmente referenciados, permite criar um modelo do mundo real para uma aplicação em particular.

Farina (2009) ainda lembra que um SIG permite a simulação ou previsão de cenários a partir das funções disponíveis. O SIG pode estabelecer funções de seleção, consulta, recuperação e visualização do conteúdo da base de dados geocodificados, bem como manter atualizada essa base.

Desde o surgimento dos SIG até o seu aperfeiçoamento, o uso das técnicas relacionadas a esta ferramenta tornaram-se necessárias para o melhor aproveitamento de dados no campo científico no âmbito das geociências. O aprimoramento das técnicas de SIG faz com que os trabalhos técnico-científicos sejam mais bem elaborados, agregando maior qualidade no arranjo do banco de dados e no acabamento dos produtos finais.

Tal sistema inicialmente apenas era utilizado para a elaboração de mapas. Porém com seu aperfeiçoamento nos últimos anos, passou a ser utilizado como ferramenta básica para a construção de amplos bancos de dados geoespaciais, proporcionando melhores resultados na agricultura, controle florestal, gestão de bacias, manejo do ambiental, controle geológico, entre outros.

Junto com o aperfeiçoamento dos programas de SIG, o crescente surgimento de *softwares* de geoprocessamento faz com que ocorra uma amplificação no leque de ferramentas disponíveis para o alcance de resultados mais precisos. A cada ano surgem novidades para o aprimoramento do manuseio, visando à otimização no uso destas ferramentas.

Como aperfeiçoamento destes *softwares*, podemos citar trabalhos básicos relacionados a cálculos de área, ou até mesmo interpolação de pontos para delimitação de bacias hidrográficas. Este último envolvendo inúmeros procedimentos

de cálculos estatísticos de fatores topológicos para a modelagem e a identificação da morfologia de uma região.

A modelagem de dados para fins de mapeamento tem se mostrado cada vez mais objetiva com o passar dos anos, onde os programas mais utilizados para este tipo de trabalho vêm agregando maior funcionalidade e aprimorando seus procedimentos de cálculo para a aquisição de resultados mais precisos.

Este aprimoramento nos processos de cálculos estatísticos nos trazem resultados mais precisos e, conseqüentemente, maiores conhecimentos sobre uma área de estudo. A modelagem de dados quantitativos para interpretação de topologias disponibiliza uma maior gama de resultados e interpretações para fins de manejo do ambiente.

A modelagem morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos processos mais executados por meios de ferramentas de SIG ao passo que há maior facilidade na aquisição de dados topográficos de larga escala, como a aplicação de imagens *raster* SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), por exemplo. Estes modelos SRTM proporcionam uma série de dados altimétricos georreferenciados com boa precisão vertical quando seus pixels são filtrados e corrigidos.

É o caso da interpolação e modelagem dos dados plani-altimétricos adquiridos neste trabalho. Em um primeiro momento, a modelagem dos dados altimétricos adquiridos em campo por levantamento topográfico proporcionaram a identificação do divisor de águas de duas microbacias (Arroio Chuí e Arroio Pastoreio) a partir de interpolação dos pontos cotados. Posteriormente, a partir do conhecimento da posição deste divisor de águas, a modelagem morfométrica da microbacia do Arroio Chuí (área de interesse) foi possível para fins de melhor apreciação de suas formas e dimensões.

Programas de SIG possuem uma vasta aplicabilidade no mapeamento de um determinado ambiente. A partir de uma gama de extensões (ferramentas) disponíveis nos mais diversos *softwares*, melhorias de imagens (aerofotográficas ortorrômbricas ou mesmo de satélite) e modelagem dos ambientes físicos de uma região se tornam muito bem desenvolvidas e com maior precisão (NOGUEIRA, 2009).

O tratamento de imagens de satélite também é um procedimento que vem sendo aperfeiçoado. As correções atmosféricas ocorrem através de filtragem dos

pixels da imagem, tornando-a mais pura e melhorando sua qualidade para a melhor interpretação da superfície terrestre.

Para a realização deste trabalho, o tratamento das imagens de satélite permitiu o seu melhor aproveitamento, sendo mais bem identificados mecanismos urbanos (ex.: mancha urbana, estradas principais, estradas secundárias) e ambientais (pequenos corpos d'água, banhados, canais de irrigação) presentes na área de estudo. O tratamento das imagens de satélite foi de fundamental importância para a melhor identificação da área a ser realizado o levantamento topográfico.

O tratamento do *modelo digital de elevação* SRTM também foi necessário para correções de imperfeições nas leituras altimétricas de alguns pixels. Erros de leitura do sensor passam a erros de interpretação por parte das interpolações em programas de SIG. Portanto são altamente necessárias as purificações dos arquivos para correções nestes modelos. Estas correções implicam na melhor leitura de cada pixel, evidenciando da forma mais correta as variações na morfologia regional.

Outro fator importante a se destacar são as melhorias nos métodos de interpolação de dados em ambientes SIG.

Ilescheck *et al.* (2008) definem métodos de interpolação como funções matemáticas que estimam valores em locais onde não existem valores medidos. A interpolação espacial, portanto, assume que os atributos dos dados são contínuos e espacialmente dependentes. Estas considerações permitem o desenvolvimento dos métodos de interpolação espacial.

Seguindo essa premissa, a execução deste trabalho parte da interpretação de dados indiretos, onde, a partir da relação de proximidade de valores dos dados coletados, têm-se valores calculados que segue uma hipótese.

Visando o primeiro objetivo deste trabalho, foram utilizados dois métodos de interpolação de dados a partir de valores de cotas altimétricas estabelecidas dos pontos registrados em campo no levantamento topográfico da área de estudo.

Com a utilização do *software* ArcGIS 10<sup>®</sup>, aplicaram-se os métodos de interpolação *kriging* e TIN, comparando os resultados obtidos de ambos e os corroborando. A escolha destes métodos de interpolação baseia-se no fácil manuseio e rápida interpretação dos resultados expressos em modelos tridimensionais. Visando resultados mais precisos e de melhor interpretação por

maior explicitação das feições, estes interpoladores foram julgados como os mais adequados para a realização desta etapa do trabalho.

Os métodos de interpolação *kriging* e TIN, com base na essência deste trabalho, serão mais bem definidos e caracterizados a seguir para melhor entendimento e interpretação dos resultados.

### 1.3.1. Interpolação pelo método TIN

A interpolação de pontos pelo método TIN (*Triangulated Irregular Network*) baseia-se na premissa de que toda uma superfície detém atribuições tridimensionais, possuindo coordenadas X, Y e Z (SOUSA *et al.*, 2008). Sendo assim, é estipulada a união de 3 pontos próximos que não se sobrepõem para a determinação de pontos comuns entre eles. A partir disso, temos uma rede de conexões entre pontos com atribuições intermediárias entre eles formando uma sucessão de triângulos ao longo de uma superfície, resultando em um valor estimado e definindo formas irregulares (Figura 17).

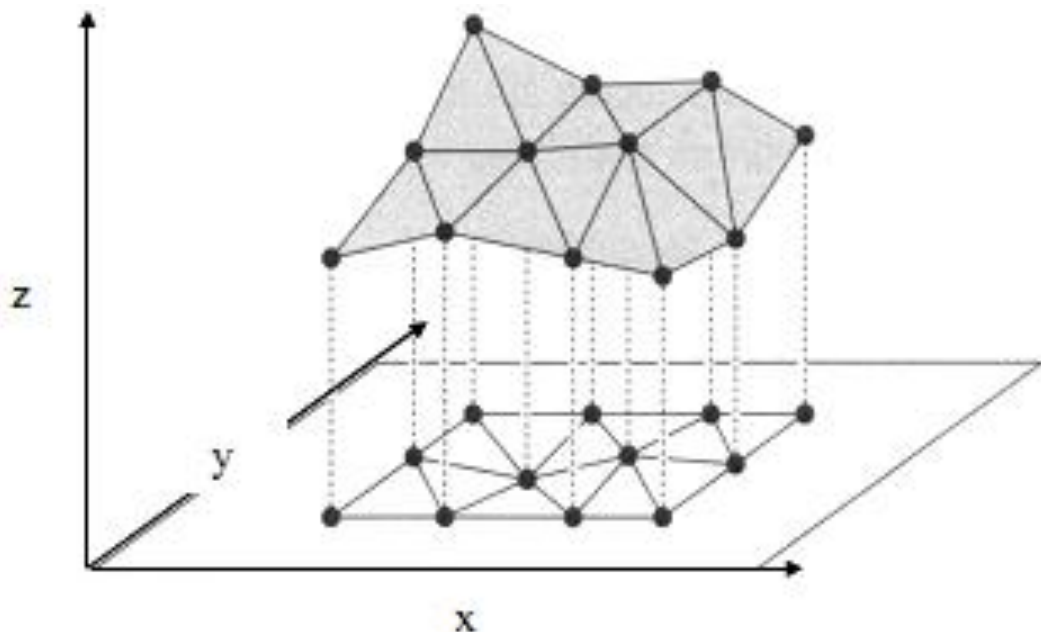


Figura 17: Modelo idealizado de interpolação a partir do interpolador TIN (Extraído de SOUSA *et.al.*, 2008).

Segundo Matos (2012), a interpolação pelo método TIN apresenta pontos positivos e negativos. No que tange a melhor interpretação das feições, o método TIN proporciona grande destaque nos valores máximos nos vértices dos triângulos



gerados. Este método garante maior destaque às variações topográficas, evidenciando da forma mais clara as feições ocorrentes na área.

Focando aspectos negativos deste método, Matos (2012) destaca o mau aproveitamento dos valores intermediários entre os pontos interpolados, havendo maior margem de erro entre os valores de cada ponto interpolado. Neste caso, áreas de topografia mais acidentada requerem maior quantidade de pontos a serem interpolados.

No caso dos pontos coletados no levantamento topográfico na área de estudo, estes já com uma referência geodésica implantada, foram processados pelo interpolador TIN, resultando em uma rede de cotas altimétricas interligadas. Através da análise desta rede, ficou caracterizada a morfologia da área composta por uma sucessão de arestas retas, evidenciando um ponto convergente na morfologia e destacando o ponto de interesse neste levantamento, o ponto divisor dos sistemas de drenagem Chuí-Pastoreio conforme visto na Figura 18.

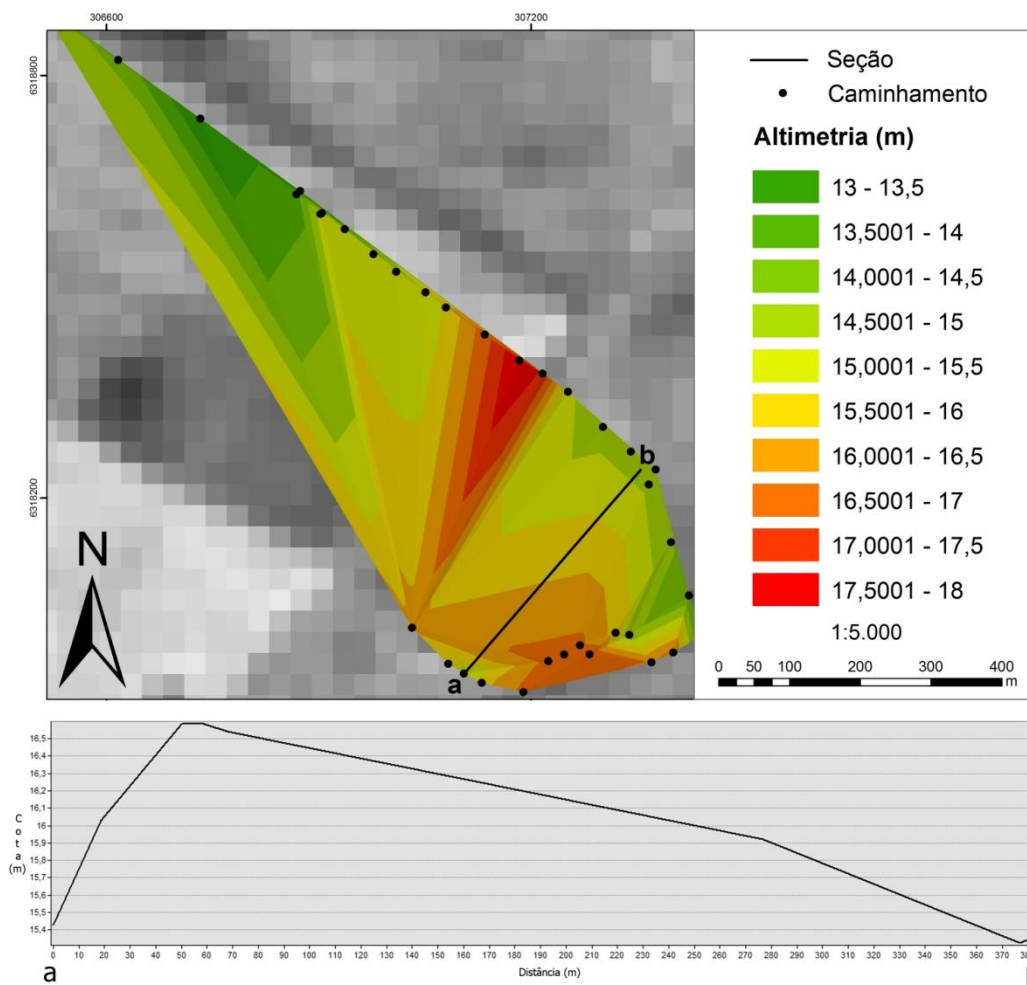


Figura 18: Triangulação dos pontos do levantamento topográfico para a geração do modelo tridimensional através do interpolador TIN para a identificação do divisor de águas dos sistemas Chuí-Pastoreio.

Conforme destacado anteriormente, a interpolação dos pontos do levantamento de campo para a identificação do divisor de águas através deste método atribui a melhor observação das pequenas variações topográficas, mesmo desconsiderando alguns pontos intermediários entre os pontos do levantamento. Porém, para o objetivo principal deste trabalho, o método se mostrou de fácil manuseio e de rápida interpretação, demonstrando os resultados esperados.

### **1.3.2. Interpolação pelo método da *krigagem***

Desenvolvido pelo Engenheiro de Minas sul-africano Daniel Krige e pelo matemático francês Georges Matheron, a *krigagem* é um método de interpolação baseado na aproximação de valores. Este método parte do princípio de que pontos próximos no espaço tendem a ter valores mais parecidos do que pontos mais afastados (JAKOB, 2002). Originalmente, a *krigagem* é entendida como um estimador que se baseia numa série de técnicas de análise de regressão, sejam essas lineares ou não. Este método procura minimizar a variação estimada a partir de um modelo prévio levando em consideração a relação da dependência entre os dados distribuídos no espaço (LANDIM, 2003).

A partir da atribuição das cotas altimétricas adquiridas no levantamento topográfico, a interpolação pelo método da *krigagem* se mostrou muito efetiva, destacando com maior precisão a morfologia do terreno mais próximo da realidade. Sendo assim, a identificação do divisor de águas dos sistemas de drenagem Chuí-Pastoreio torna-se bastante evidente (Figura 19) indicando a maior eficiência deste método para este tipo de interpolação.

Observando-se a Figura 19, são notáveis as diferenças de cotas altimétricas na área do levantamento. A topografia neste caso mostra-se muito bem definida, destacando o ponto que difere os sentidos dos fluxos dos sistemas de drenagem.

Ao mapear a distribuição pluviométrica no estado de Minas Gerais, Viola *et al.* (2010) propuseram a modelagem dos dados pluviométricos com base em interpolações a partir da *krigagem* simples. Através deste método de interação dos dados, os autores criaram um modelo de representação espacial das chuvas no estado.

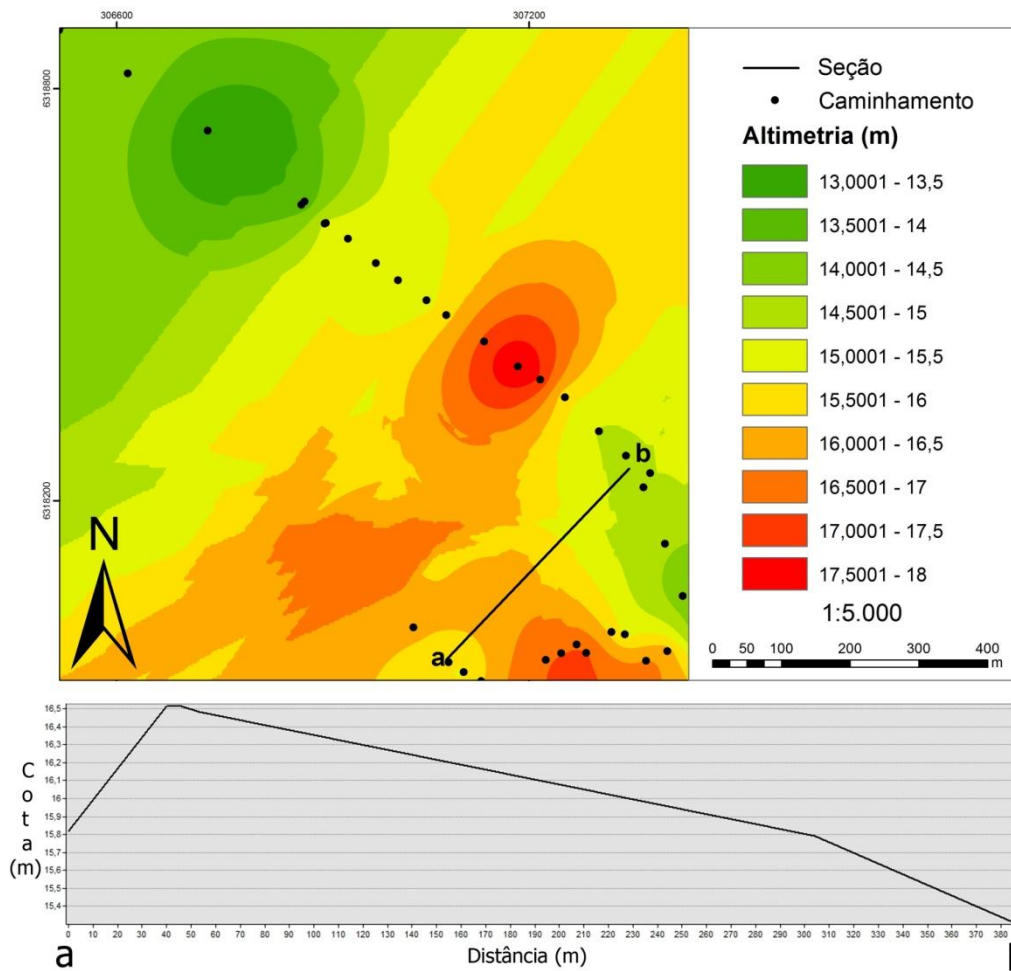


Figura 19: Interpolação dos pontos do levantamento topográfico gerando o *raster* de elevação da área da nascente dos sistemas de drenagem.

Estes resultados propostos pelos autores denotam de forma semelhante os métodos de interpolação por meio da krigagem realizados neste trabalho, onde os modelos gerados demonstram espacialmente uma variação suave e mais próxima da realidade.

A interpolação pela técnica da *krigagem* simples dos pontos do levantamento evidenciou de forma mais suave e real as feições topográficas presentes na área. Esta técnica detém um melhor aproveitamento dos valores intermediários aos pontos coletados, proporcionando valores mais adequados ao restante da área.

### 1.3.3. Morfometria de bacias - a microbacia do Arroio Chuí

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais, e tem como objetivo elucidar as várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental local e regional (TEODORO *et al.*, 2007).

Segundo Antonelli e Thomaz (2007), a combinação dos diversos dados morfométricos permite a diferenciação em áreas homogêneas. Estes parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para um determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais. Destaca-se também sua importância nos estudos sobre vulnerabilidade ambiental em bacias hidrográficas. Uma ampla revisão sobre variáveis morfométricas e sua aplicabilidade pode ser encontrada em Collares (2000).

A análise morfométrica corresponde a um conjunto de procedimentos que caracterizam aspectos geométricos e de composição dos sistemas ambientais, servindo como indicadores relacionados à forma, ao arranjo estrutural e a interação entre as vertentes e a rede de canais fluviais de uma bacia hidrográfica, que por sua vez evidenciam situações e valores que extrapolam as questões hidrológicas e geomorfológicas (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Com base nestas definições, o caso da análise morfométrica da microbacia do Arroio Chuí a partir do tratamento e correção do modelo SRTM seguiu esta lógica. Gerar curvas de nível altimétricas em intervalos de 5m e interpolar as cotas máximas na área de estudo consolidaram as reais formas deste sistema de drenagem.

O uso da ferramenta *Hidrology*, extensão do ArcGIS 10<sup>®</sup>, auxiliou na interpolação das cotas máximas identificadas nas curvas de nível. A interpolação das cotas máximas resultou na criação de um novo modelo da microbacia do Arroio Chuí com base na relação “cota X feição” bem especificada na Figura 20.

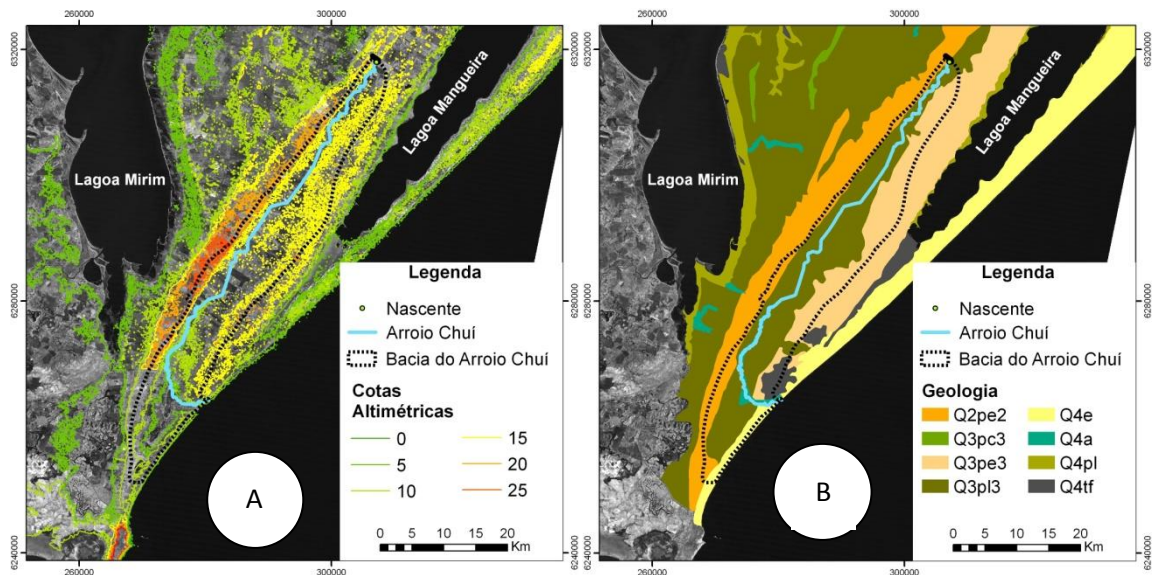


Figura 20: Comparação da carta-imagem com curvas de nível (A) com a carta-imagem das estruturas geológicas da região (B).

Como destacado anteriormente no tópico de contextualização geológica e geomorfológica, as barreiras pleistocênicas II e III possuem cotas altimétricas mais elevadas na região, contribuindo com a melhor definição dos limites da microbacia. A Figura 20 demonstra muito bem esta relação, corroborando com as interpolações realizadas a partir das curvas de nível altimétricas.

É importante destacar que a modelagem morfométrica da microbacia do Arroio Chuí somente foi possível a partir do conhecimento do divisor de águas entre o referido arroio e o Arroio Pastoreio. A sua estipulação permitiu a fixação do limite superior da microbacia, o que veio a definir a última faixa limite da bacia ainda desconhecida.

Sobre o divisor de águas dos sistemas de drenagem, será melhor debatido no artigo publicado em revista a seguir, destacando a metodologia envolvida e os produtos finais com os respectivos resultados.

Com base no estabelecimento do arcabouço metodológico para a caracterização morfométrica da microbacia de estudo, é possível definir quantitativamente as suas reais dimensões. Junto a processos de cálculos estatísticos via tabela de atributo dos planos de informação (*shapes*) criados para a modelagem da microbacia foram estimados valores de área (ha) e perímetro (km) da microbacia de drenagem.

Configurando-se as dimensões da microbacia de drenagem, esta tem seus limites estabelecidos pelas cristas das barreiras pleistocênicas II e III, o divisor

de águas dos sistemas Chuí-Pastoreio localizado nas coordenadas 6318014N e 307153E, e a barra do Arroio Chuí.

Portanto, os cálculos realizados neste procedimento estimam que a microbacia abranja uma área de 58 796,72ha limitando-se entre as porções altas das barreiras pleistocênicas II e III, bem como se caracterizar por um perímetro estimado de 164,88Km, entre as cristas das barreiras, o divisor de águas e a barra do Arroio Chuí no limite entre Brasil e Uruguai.

## **CAPÍTULO 2**

## 2.1. ARTIGO SUBMETIDO À PUBLICAÇÃO



# MÉTODOS DE IDENTIFICAÇÃO DA NASCENTE DO ARROIO CHUÍ, REGIÃO SUL DO RIO GRANDE DO SUL.

*Method for Rising Identification of the Arroio Chuí, Southern Rio Grande do Sul.*

**Rafael Mastracusa de Oliveira<sup>1</sup>**  
**Ricardo Augusto Lengler Franchini<sup>1</sup>**  
**Andrea Lopes Iescheck<sup>2</sup>**  
**Ricardo Noberto Ayup Zouain<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>**Universidade Federal do Rio Grande do Sul**  
**Programa de Pós-Graduação em Geociências/IGEO**  
 Av. Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre - RS.  
 rafael.mastracusa@ufrgs.br  
 ricardo.franchini@ufrgs.br

<sup>2</sup>**Universidade Federal do Rio Grande do Sul**  
**Departamento de Geodésia/IGEO**  
 Av. Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre - RS.  
 andrea.iescheck@ufrgs.br

<sup>3</sup>**Universidade Federal do Rio Grande do Sul**  
**Departamento de Geodésia/IGEO**  
 Av. Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre - RS.  
 ricardo.ayup@ufrgs.br

## RESUMO

Focando uma análise detalhada das características geomorfológicas e morfométricas da microbacia do arroio Chuí, a identificação da nascente deste sistema de drenagem se torna necessária ao passo que é um importante ponto limítrofe com o sistema de drenagem adjacente do arroio Pastoreio, no sul do estado do Rio Grande do Sul. A identificação da região da nascente se deu através de técnicas de sensoriamento remoto por observações em imagens de satélite Landsat 5 TM e posterior observação *in loco* dos fluxos de drenagem. Em campo foi realizado levantamento topográfico convencional com *estação total* estabelecendo-se um posicionamento orbital como referência geodésica aos vértices de controle através de aparelho GPS geodésico. Este levantamento de campo foi realizado para fins de melhor leitura da topografia da área e identificação do divisor de águas em ambiente computacional. Em laboratório, foram tratados e refinados os dados coletados em campo para o processamento final. Este processamento ocorreu através de interpolações das cotas altimétricas dos pontos utilizando-se os métodos das redes de triangulação irregular (TIN) e *kriging*, os quais evidenciaram suavemente a morfologia, destacando o limite superior dos sistemas de drenagem e estabelecendo o ponto divisor de águas. Os modelos tridimensionais gerados pelas interpolações definiram um ponto nas coordenadas 307125,747 E e 6318075,243 N com uma cota altimétrica acima de 16,5m mostrados em uma seção transversal neste trabalho. Os referidos métodos de interpolação dos dados altimétricos mostraram-se eficazes na caracterização topográfica da área do levantamento, definindo-se de maneira precisa a localização da região da nascente, proporcionando subsídios à melhor caracterização morfométrica da microbacia do arroio Chuí, acarretando na otimização do manejo dos recursos naturais dispostos.

**Palavras-Chave:** sensoriamento remoto, modelagem de bacias, morfometria, SIG.

## ABSTRACT

Focusing on a detailed analysis of geomorphological and morphometric characteristics of the Chuí basin, identifying the source of this drainage system becomes necessary while it is an important boundary point with the drainage system adjacent Arroio Pastoreio in the southern state of Rio Grande do Sul. The identification of the source region occurred through techniques of remote sensing observations in satellite images of LANDSAT 5 TM and subsequent observation of drainage flows. In fieldwork experiments were conducted with conventional Total Station surveying settling an orbital position as the geodetic control vertices using geodetic GPS device reference. This field survey was conducted to gain a better reading of the topography of the area and identifying the watershed in computer. In the laboratory, were treated and refined data collected in the field for final processing. This process occurred through interpolation of the elevations of the points using the methods of triangulation irregular network (TIN) and *kriging*, which gently showed the morphology, highlighting the upper limit of the drainage systems and setting the dividing point of water. Three-dimensional models generated by interpolations defined a point at the coordinates 307125.747 E and 6318075.243 N with an altimetry over 16.5 m in a cross section shown in this work. Such methods of interpolation of altimeter data were effective in the topographic characterization of the survey area, defining precisely the location of the source region, providing subsidies to the best morphometric characterization of the watershed of the Arroio Chuí, resulting in optimizing the management disposed of natural resources.

**Key-words:** remote sensing; modeling basins; basin morphometry; GIS.

### 1. INTRODUÇÃO

A análise de redes hidrográficas pode levar à compreensão de numerosas questões geomorfológicas, pois os cursos d'água constituem os processos morfogenéticos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A partir desta definição, caracterizações morfométricas e morfológicas de uma bacia de drenagem são os mais comuns e importantes procedimentos executados em análises ambientais regionais, tendo como objetivo elucidar as várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental em que está inserida. A gestão de bacias de drenagem requer o conhecimento específico de suas formas e de sua dinâmica climática e evolutiva, sendo imprescindível a correta

interpretação das estruturas geológicas e feições geomorfológicas envolvidas na sua área de abrangência, caracterizando-se o padrão climático e relacionando-as com suas características dimensionais.

Parâmetros como a morfometria de uma bacia permitem revelar indicadores físicos específicos para um determinado local de forma a qualificar o ambiente, destacando um parâmetro evolutivo do sistema (TEODORO *et al.*, 2007).

Dentro deste contexto, o presente trabalho torna necessária a identificação e localização do divisor de águas dos sistemas de drenagem dos arroios Chuí e Pastoreio no sul do estado do Rio Grande do Sul (Figura 21), com a finalidade de se estabelecer o limite superior de ambos os sistemas.

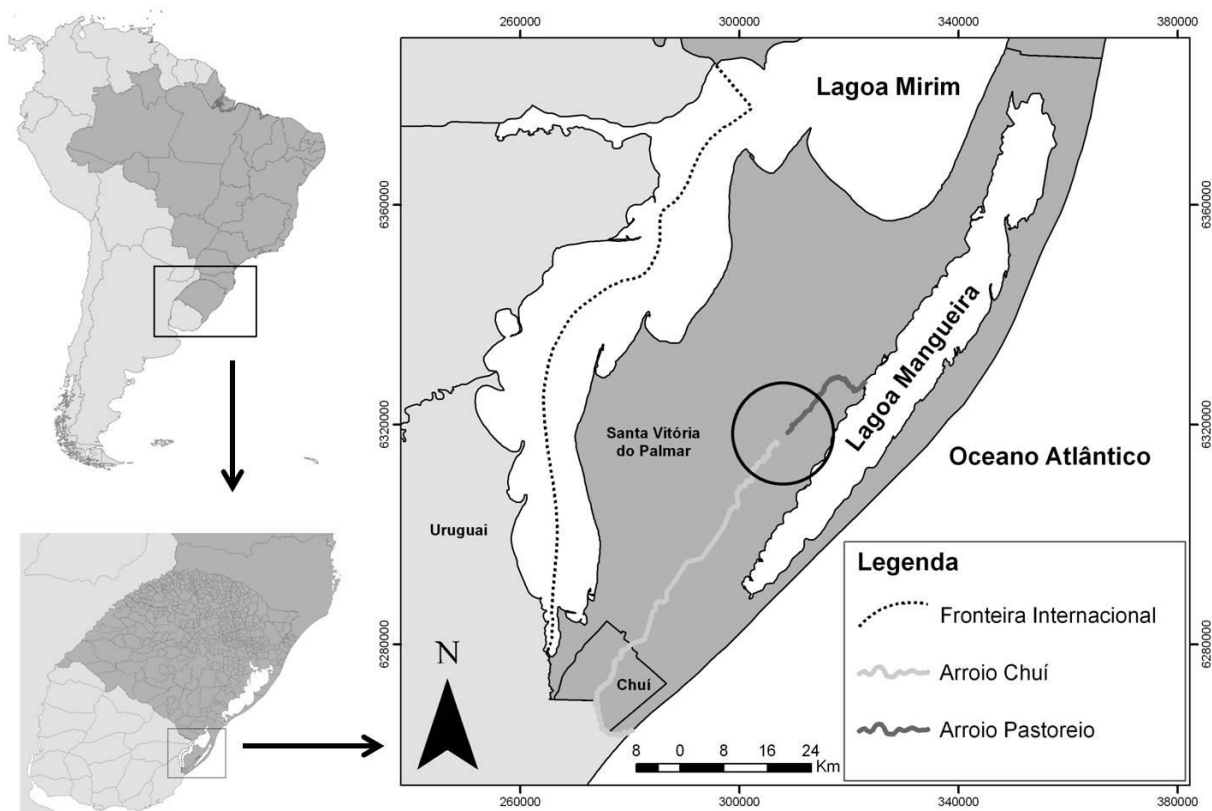


Figura 21 - Localização da área de estudo na região sul do estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A execução deste trabalho envolveu 3 etapas: aquisição de imagens de satélite; trabalho de campo para realização de levantamento topográfico; e processamento dos dados obtidos no levantamento em campo a partir de métodos de modelagem em programas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

A primeira etapa foi marcada pela aquisição de imagens do satélite Landsat 5 sensor TM, da data de 13/10/2009 e com 7 bandas espectrais adquiridas através do portal do INPE, sendo estas utilizadas como auxílio à pré-definição da área do divisor de águas (nascente) dos sistemas de drenagem dos arroios Chuí e Pastoreio em um primeiro momento.

Na etapa de campo foi realizado levantamento topográfico na região pré-estabelecida do divisor de águas dos sistemas de drenagem. Junto ao levantamento, foi atribuído um apoio geodésico para posicionamento orbital

através de amarração em sistemas GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) como um referencial global aos pontos coletados. Esta inserção de referencial geodésico ao levantamento foi realizada através do uso de aparelho DGPS posicionado sobre o vértice de controle, atribuindo-se uma referência espacial a este vértice e transferindo-o aos demais pontos coletados, proporcionando a correta espacialização dos pontos no mapeamento final.

A última etapa foi direcionada ao processamento, refinamento e modelagem dos dados obtidos no levantamento de campo. A partir dos dados registrados no levantamento topográfico, foram estes analisados e interpolados através dos métodos TIN (*Triangulated Irregular Network*) e *Krigagem* (aproximação e compensação dos pontos mais próximos), para melhor apreciação da morfologia local, evidenciando ao final, o ponto do divisor de águas do sistema Chuí-Pastoreio.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A definição da região do divisor de águas partiu, em primeiro momento, de análise detalhada das imagens de satélite Landsat 5 sensor TM para reconhecimento da área de banhado onde possivelmente haveria baixo fluxo de drenagem. Posteriormente em campo, foi obedecido ao critério de observação *in loco* da

direção dos fluxos de drenagem. A identificação do local de baixo fluxo de drenagem definiu a área a ser realizado o levantamento topográfico para fins de melhor visualização das suaves feições, e assim definir o ponto exato do divisor de águas para os sistemas de drenagem (Figura 22).

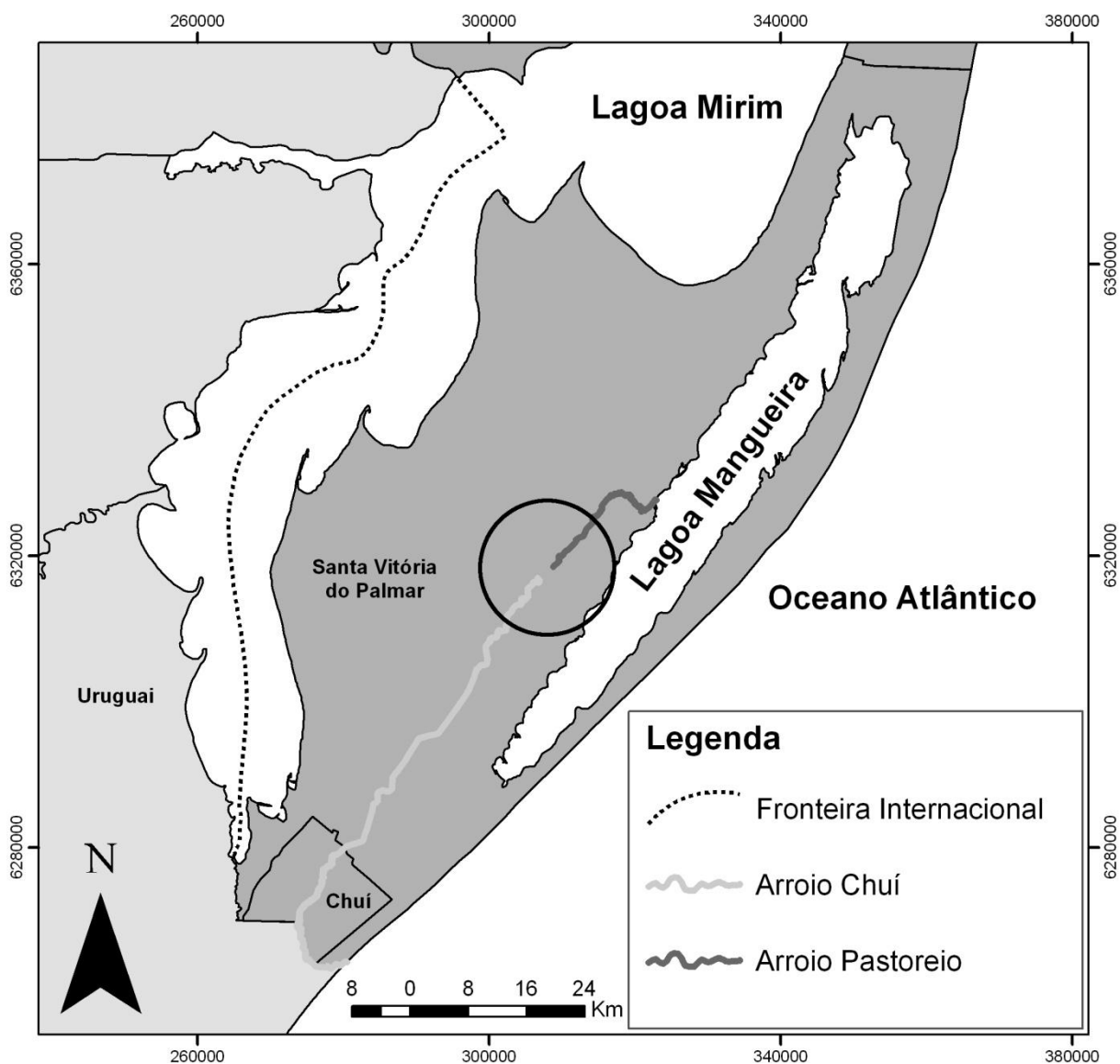


Figura 22 - Definição da área do levantamento topográfico na fazenda Alda, localidade de Árvore Só no município de Santa Vitória do Palmar - RS.

A partir do processamento e modelagem dos dados adquiridos no levantamento topográfico ao longo da área do divisor de águas, foram realizadas

interpolações das cotas altimétricas através de dois métodos: método TIN (*Triangulated Irregular Network*) e método da *krigagem*. Ambos os métodos

possibilitaram a demonstração dos acidentes topográficos associados aos sistemas de drenagem, os quais definem uma suave variação do terreno determinante para a divisão dos fluxos.

Iescheck *et al.* (2008) definem métodos de interpolação como funções matemáticas que estimam valores em locais onde não existem valores medidos. A interpolação espacial, portanto, assume que os atributos dos dados são contínuos e espacialmente dependentes. Estas considerações permitem o desenvolvimento dos métodos de interpolação espacial.

Partindo-se deste conhecimento, Sousa *et al.* (2008) caracterizam o método TIN com base na premissa de que toda uma superfície detém atribuições tridimensionais, sendo então ligados todos os pontos coletados de forma que o

modelo seja caracterizado por uma sucessão de triângulos em sua superfície.

Já a *krigagem* parte do princípio de que pontos próximos no espaço tendem a ter valores mais parecidos do que pontos mais afastados (JAKOB, 2002; IESCHECK *et al.*, 2008).

A interpolação dos pontos cotados permitiu a identificação do limite superior dos sistemas de drenagem dos arroios Chuí e Pastoreio através da atribuição dos valores encontrados pelos modelos TIN e *Kriging*.

O modelo tridimensional gerado através da interpolação pelo método TIN destaca de forma mais explícita as suaves variações topográficas na área. No modelo ilustrado pela Figura 23, observa-se um ponto convergente da morfologia na porção a sul do levantamento, destacando o primeiro indício de localização do divisor de águas.

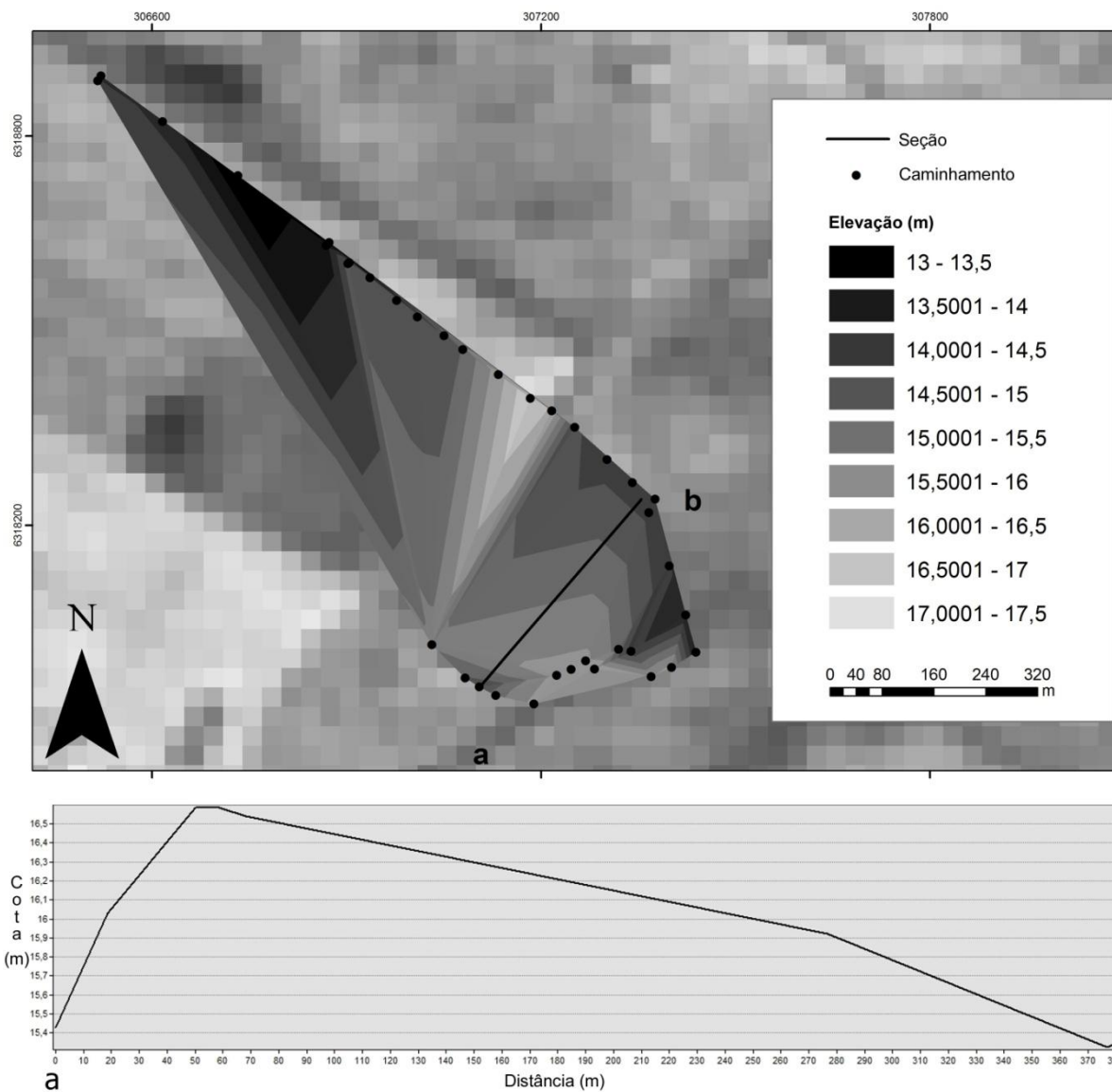


Figura 23 - Interpolação das cotas altimétricas pelo método TIN a partir dos pontos adquiridos em campo representando as variações altimétrica para a determinação do divisor de águas.

Sobre o modelo tridimensional gerado pelo método TIN, foi traçada uma seção transversal “a-b” para melhor interpretação das variações altimétricas no ponto de convergência da morfologia da área.

Em uma primeira interpretação da seção transversal já é possível a identificação do divisor de águas dos arroios Chuí e Pastoreio. Observa-se uma faixa de aproximadamente 10m com cotas altimétricas acima de 16,5m, sendo esta faixa localizada em uma zona de convergência das morfologias mais altas da área.

Confirmando-se esta hipótese do ponto convergente da morfologia como sendo o divisor de águas pelo interpolador TIN, expressamos este mesmo ponto através do modelo tridimensional gerado pelo método *kriging* junto a uma seção transversal “a-b” deste ponto, como visto na Figura 24.

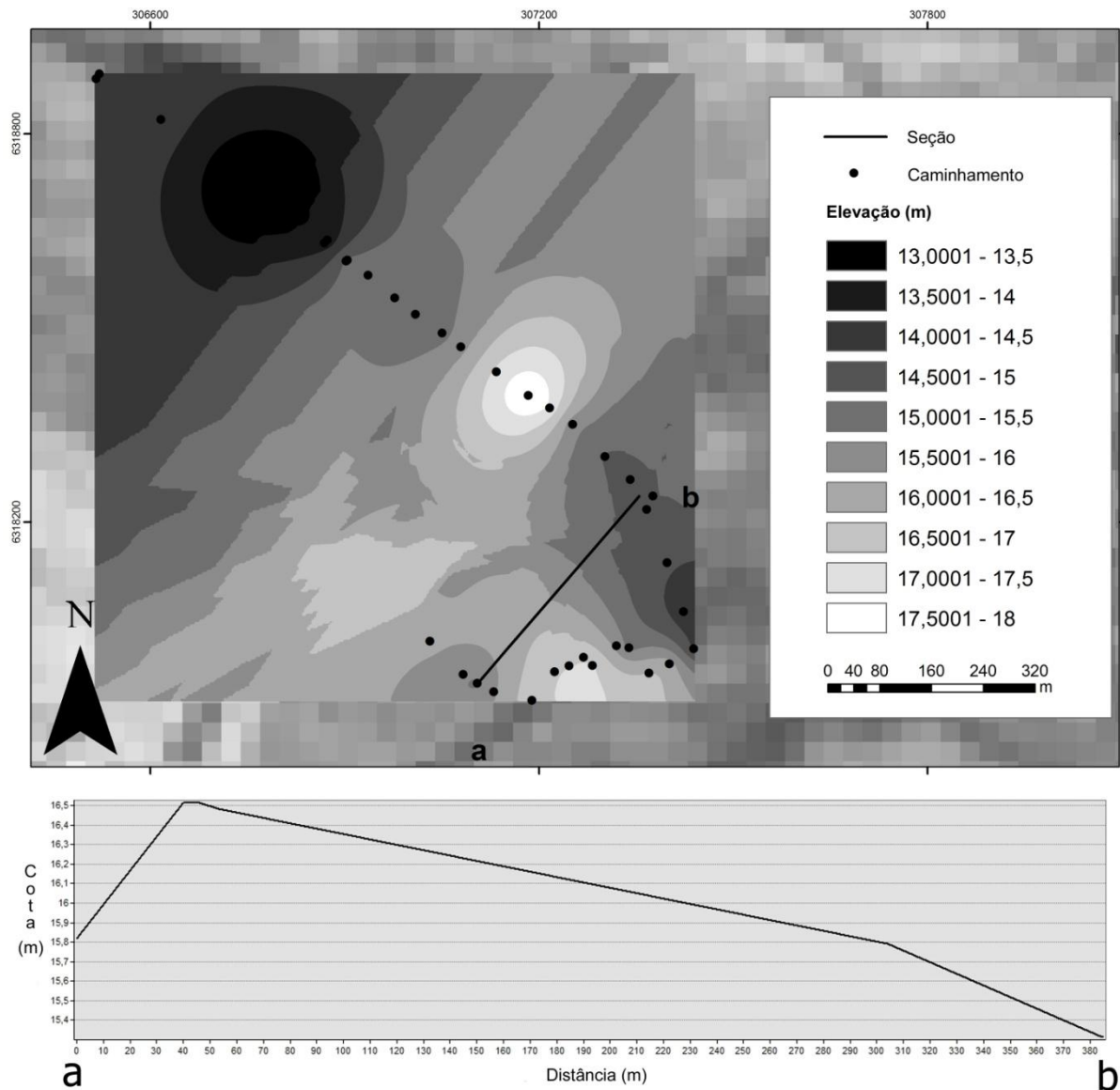


Figura 24 - Interpolação das cotas altimétricas pelo método da *kriging* representando a suave topografia e indicando o divisor de águas dos arroios Chuí e Pastoreio.

O interpolador *kriging* representou a morfologia da área de forma semelhante ao interpolador TIN, porém, com maior suavização na correlação dos pontos, proporcionando uma representação mais realista da morfologia do terreno.

A partir da interpretação da seção transversal “a-b” é possível se observar uma variação muito tênue da morfologia da área apenas com um exagero vertical considerável de forma a melhorar a sua visualização.

A faixa de aproximadamente 15m onde são encontradas as cotas altimétricas de 16,6m visto na representação tridimensional gerada pelo interpolador *kriging*, definem o ponto limítrofe ideal entre os sistemas de drenagem dos arroios Chuí e Pastoreio.

#### 4. CONCLUSÃO

Este trabalho pretendeu evidenciar o ponto divisor de águas dos sistemas de drenagem dos arroios Chuí e Pastoreio através de métodos de modelagem

tridimensional que definem maior precisão nos resultados.

A partir da identificação do divisor de águas dos sistemas de drenagem, e consequente reconhecimento da nascente do arroio Chuí, será possível uma melhor definição das reais dimensões da sua microbacia, proporcionando com maior precisão, uma análise morfométrica e caracterização geoambiental do seu sistema de drenagem.

Tais métodos de interpolação dos dados mostraram-se eficientes na modelagem e refinamento de dados dimensionais, e na aquisição de resultados coerentes para a melhor caracterização do sistema de drenagem, propondo-se melhor delimitação da microbacia e com maior precisão, servindo de subsídio para o melhor manejo e gestão de seus recursos naturais.

#### REFERÊNCIAS

- CHRISTOFOLETTI, A. 1980. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 188p.
- IESCHECK, A. L.; SLUTER, C. R.; AYUP-ZOUAIN, R. N. 2008.

#### **Interpolação de dados qualitativos de dados espaciais.**

Revista Brasileira de Geodésia. Curitiba: 18p.

- JAKOB, A. A. E. 2002. **A krigagem como método de análise de dados demográficos**. XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais. Ouro Preto: 21p.
- SOUSA, G. M.; SOUZA, L. G.; COURA, P. H. F.; FERNANDES, M. C.; MENEZES, P. M. L. 2008. **Métodos para geração de modelos digitais de elevação para o maciço da pedra branca, RJ: um estudo comparativo**. II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife: 8p.
- TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. 2007. **O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local**. Revista Uniara, nº 20. Araraquara: 11p.



## **CAPÍTULO 3**

### 3.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água é um recurso de suma importância para a vida e, como tal, deve ser manejada de forma racional e sustentável. Ao percorrer os meandros das superfícies, após precipitação e afloramento, o recurso hídrico descreve uma rota em seu talvegue que pode revelar a natureza do solo e topografia que modela, e ao mesmo tempo o quanto frágil se torna diante das diversas intervenções humanas.

Diante disso, análises em larga escala para melhor reconhecimento e compreensão da importância dos recursos hídricos e seus fatores, como no caso das bacias, sub-bacias e microbacias hidrográficas, dispõem maior detalhamento acerca da evolução do ambiente como um todo. Sendo assim, define-se uma bacia hidrográfica como as mais importantes unidades de gerenciamento territoriais.

Assumindo critérios de análise ambiental para manejo de bacias hidrográficas, uma caracterização geoambiental envolvendo condições estruturais e arquiteturais, vem a arcar com boa parte do reconhecimento do ambiente. Porém, um apanhado morfométrico dimensional de uma bacia de drenagem tende a reger o que caracteriza o ambiente.

As análises estruturais e arquiteturais, bem como dimensionais da microbacia do Arroio Chuí, proporcionaram maior conhecimento e mais precisa caracterização geoambiental. Estes fatores mensurados, ao final, trouxeram uma nova leitura de contextualização e interpretação deste ambiente de drenagem.

Acatando o que tange os objetivos deste trabalho, os resultados obtidos até aqui se mostraram com um alto nível de precisão e de suma importância para a continuidade de projetos futuros relacionados à área de estudo, propondo novas formas de interpretação do sistema de drenagem do Arroio Chuí para fins de otimização no manejo deste recurso hídrico.

## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. & GOMES, A. M. B. 1969. Uma gruta de abrasão interiorizada nos arredores de Torres. In: **Geomorfologia**, Universidade de São Paulo, 10: pp. 2-4.
- ABREU, V.S.; MADEIRA-FALCETTA, M. & THIESEN, Z.V. 1983. **Estudo preliminar da Geologia, Geomorfologia e Paleontologia da Região de Ponta dos Latinos-Lagoa Mirim-RS**. VIII Congresso Brasileiro de Paleontologia. Coletânea de Trabalhos Paleontológicos. Paleontologia e Estratigrafia, N° 2 - Série Geologia, n° 27. Ministério de Minas de Energia-Departamento Nacional de Produção Mineral, Brasília, 1985. p.187-193.
- ALVES, E. C. 1977. **Estrutura Rasa do Talude e Sopé da Margem Continental do Rio Grande do Sul e Uruguai**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 74p.
- ALVES, E. C. 1981. Estruturas da Margem Continental Sul Brasileira e das Áreas Oceânicas e Continentais, Adjacentes. In: Asmus (Ed). **Estruturas e Tectonismo da Margem Continental Brasileira, e Suas Implicações nos Processos Sedimentares e na Avaliação no Potencial de Recursos Minerais**. Rio de Janeiro, PETROBRAS/CENPES/DINTEP. Série REMAC, 9: 187-269.
- ANGULO, R.J. & LESSA, G.C. 1997. **The Brazilian sea-level curves: a critical review ith emphasis on the curve from Paranaguá and Cananéia regions**. Marine Geology, 40: 141 – 166.
- ANTONELI, V; THOMAZ, E. L. 2007. **Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR**. Revista Caminhos da Geografia, v.8, n.21, Uberlândia: p46-58.
- ARONOFF, S. 1989. **Geographic information systems: a management perspective**. In: Geocarto International, vol. 4. WDL Publications (Ed.), Ottawa: 58p.

ASMUS, H. E. & PORTO, R. 1972. **Classificação das Bacias Sedimentares Brasileiras Segundo a Tectônica de Placas**. In: Congresso Brasileiro de Geologia, Belém: SBG, 2:67-90p.

AYUP-ZOUAIN, R. N.; FERREIRA, H. P. L.; BARBOZA, E. G.; TOMAZELLI, L. J. 2003. **Evidência morfológica de um paleocanal holocênico da laguna Mirim nas adjacências do banhado Taim**. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Recife: 5p.

BARBOZA, E. G.; AYUP-ZOUAIN, R. N.; TOMAZELLI, L. J.; ROSA, M. L. C. C.; FERREIRA, H. P. 2005. **Paleocanal Pleistocênico na Barreira III entre o Chuí e o Balneário Hermenegildo - Rio Grande do Sul**. In: X Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Guarapari: 6p.

BUCHMANN, F. S. C.; LOPES, R. P.; OLIVEIRA, U. R.; CARON, F.; LÉLIS, R. J. F.; CECÍLIO, R. O.; TOMAZELLI, L. J. 2001. **Presença de Icnofósseis de Callichirus nas Barrancas do Arroio Chuí, RS: Um Novo Afloramento Marinho do Pleistoceno e uma Re-Interpretação da Estratigrafia Local**. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO (ABEQUA), 8, 2001, Imbé. Anais do VIII Congresso da ABEQUA, Imbé.

BUCHMANN, F. S. et al. 2009. Panorama Geológico da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. In: RIBEIRO, A. M.; BAUERMANN, S. G.; SHERER, C. S. (orgs) **Quaternário do Rio Grande do Sul: Integrando Conhecimento**. Porto Alegre: SBP, 2009. p.35-56.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. 2005. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/livros.html>. Acesso em: março de 2005.

CARON, F. 2007. **Depósitos sedimentares associados a atual desembocadura do Arroio Chuí (Planície Costeira do Rio Grande do Sul) e sua relação com as variações do nível do mar durante o Holoceno**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geociências. UFRGS. Porto Alegre: 82p.

CARRARO, C. C. *et al.* 1974. **Mapa geológico do estado do Rio Grande do Sul.** Instituto de Geociências, UFRGS. Porto Alegre.

CHRISTOFOLETTI, A. 1981. **Geomorfologia fluvial: o canal fluvial.** 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher.

CHRISTOFOLETTI, A. 1999. **Modelagem de Sistemas Ambientais.** São Paulo: Edgard Blücher.

COLLARES, E. G. 2000. **Avaliação de alterações em redes de drenagem de sub-bacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do Rio Capivari-SP.** Tese de Doutorado em Geotecnia. Universidade de São Paulo, São Carlos: 211p.

DELANEY, P. J. V. 1965. **Fisiografia e geologia da superfície da planície costeira do Rio Grande do Sul.** Publicação especial da Escola de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 6:1-195.

DELANEY, P. J. V. 1966. **Geology and Geomorphology of the coastal plain of Rio Grande do Sul, Brazil and northern Uruguay.** South American Coastal Studies, Technical Report. Nº 18. Baton Rouge, Louisiana State University. 58p.

DIAS, J. L.; SAD, A. R. E.; FONTANA, R. L.; FEIJÓ, F. J. 1994. Bacia de Pelotas. **Boletim de Geociências PETROBRAS**, 8: 235-245.

FARINA, F. C. 2009. **Sistema de informação geográfica (SIG) estratégico do potencial energético renovável da Planície Costeira Norte do RS.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: 150p.

FERREIRA, H. P. L. 2005. **Variações dos Níveis de Base do Sistema Laguna/Barreira nas Adjacências da Laguna Mirim.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil.

FONTANA, R. L. 1996. **Geotectônica e Sismoestratigrafia da Bacia de Pelotas e Plataforma de Florianópolis**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil.

HOLZ, M. & DE ROS, L. F. 2000. Geologia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CIGO/UFRGS. 445p.

IESCHECK, A. L.; SLUTER, C. R.; AYUP-ZOUAIN, R. N. 2008. **Interpolação de dados qualitativos de dados espaciais**. In: Revista Brasileira de Geodésia. Curitiba: 18p.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>, Acessado em: 11/08/2012.

JAKOB, Alberto A. E. 2002. **A krigagem como método de análise de dados demográficos**. Universidade de Campinas. Campinas: 21p.

LANDIM, P. M. B. 2003 **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Editora UNESP, 2 ed. Rev. E ampl. 253 p.

LIMA, L. G.; DILLENBURG, S. R.; MEDEANIC, S.; BARBOZA, E. G.; ROSA, M. L. C. C.; TOMAZELLI, L. J.; DEHNHARDT, B. A.; CARON, F. 2013. **Sea-level rise and sediment budget controlling the evolution of a transgressive barrier in southern Brazil**. In: Journal of South American Earth Sciences, v.42: 27-38p.

LIMA, W. P. 2008. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Universidade de São Paulo. São Paulo: 253p.

LOPES, R. P; BUCHMANN, F. S. C; CARON, F.; ITUSARRY, M. E. 2001. **Tafonomia dos fósseis de vertebrados (megafauna extinta) encontrados ao longo das barrancas do arroio Chuí e linha de costa, RS, Brasil**. In: Revista Pesquisas em Geociências. Porto Alegre, RS. 28 (2):67-73.

LOPES, R. P.; BUCHMANN, F. S. C.; CARON, F.; ITUSARRY, M. E. G. S. 2005. Barrancas Fossilíferas do Arroio Chuí, RS - Importante megafauna pleistocênica no extremo sul do Brasil. In: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; BERBERT-BORN, M.;

QUEIROZ, E. T.; CAMPOS, D. A.; SOUZA, C. R. G.; FERNANDES, A. C. S. (Edit.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília: CPRM, 2009. v. 2. 515 p.

MATOS, A. J. S. 2012. **Melhorias qualitativas na modelagem de levantamentos batimétricos em reservatórios por meio da ferramenta computacional CAV-NH**. Tese de doutorado. Universidade de São Carlos: 129p.

MIRANDA, L. O. S. 1970. **Geologia das Bacias da Plataforma Sul Brasileira**. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, Brasília, Anais... 24: 129-140.

NOGUEIRA, J. D. L. & AMARAL, R. F. 2009. **Comparação entre os métodos de interpolação (Krigagem e Topo to Raster) na elaboração da batimetria na área da folha Touros - RN**. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal: 7p.

ROSA, M. L. C. C. 2009. **Análise Gravimétrica e Magnetométrica da Região Sul da Província Costeira do Rio Grande Do Sul, Setor Sudoeste da Bacia de Pelotas**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre: 80p.

SILVA, J. L. B. 2009. **Identificação do sistema de paleodrenagem na margem continental sul brasileira adjacente à Lagoa Mirim no Terciário superior por sísmica de reflexão**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre: 239p.

SOLIANI Jr., E. 1973. **Geologia da Região de Santa Vitória do Palmar, RS, e a Posição Estratigráfica dos Fósseis de Mamíferos Pleistocênicos**. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Dissertação de Mestrado, 88p.

SOUZA, G. M.; SOUZA, L. G.; COURA, P. H. F.; FERNANDES, M. C.; MENEZES, P. M. L. 2008. **Métodos para geração de modelos digitais de elevação para o maciço da pedra branca, RJ: um estudo comparativo**. In: II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife: 8p.

- SUGUIO, K.; MARTIN, L. 1978. **Quaternary marine formations of the States of São Paulo e Southern Rio de Janeiro**. In: International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary, São Paulo, IGCP, Project 61. *Spec. Publ.*, 1:55.
- TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. 2007. **O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local**. In: Revista Uniara, Nº 20. Araraquara: 11p.
- TOMAZELLI, L. J. & VILLWOCK, J. A. 1996. **Quaternary Geological Evolution of Rio Grande do Sul Coastal Plain, Southern Brazil**. In: Anais da Academia Brasileira de Ciências, 68(3), pp.373-382.
- TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A. 2000. O Cenozóico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. (eds) **Geologia do Rio Grande do Sul**. PP. 375-406.
- TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A.; DILLENBURG, S. R.; BACHI, F. A.; DEHNHARDT, B. A. 1998. Significance of present day coastal erosion and marine transgression, Rio Grande do Sul, southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 70(2): 221-229.
- TOMAZELLI L. J.; DILLENBURG S. R.; VILLWOCK J. A. 2000. **Late Quaternary Geological History of Rio Grande do Sul Coastal Plain, Southern Brazil**. In: Revista Brasileira de Geociências, 30: 470-472.
- URIEN, C. M. & MARTINS, L. R. S. 1978. **Structural and Physiographic Map of Eastern South America and Western South Africa**. CECO/UFRGS. Série Mapas, 03. Porto Alegre, Brasil.
- VANACKER, V.; MOLINA, A.; GOVERS, G.; POESEN, J.; DERCON, G.; DECKERS, S. 2005. **River channel response to short-term human-induced change in landscape connectivity in Andean ecosystems**. *Geomorphology*, v. 72, n. 1-4, p. 340-353,
- VIOLA, M. R.; MELLO, C. R.; PINTO, D. B. F.; MELLO, J. M.; ÁVILA, L. F. 2010. **Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial**.



In: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Vol. 14. Campina Grande: 9p.

VILLWOCK, J. A. 1984. **Geology of the coastal province of Rio Grande do Sul, southern Brazil. A synthesis.** Revista Pesquisas v.16. Instituto de Geociências, UFRGS. Porto Alegre: p. 5-49.

VILLWOCK, J. A.; TOMAZELLI, L. J.; LOSS, E. L.; DEHNHARDT, E. A.; HORN, N. O.; BACHL, F. A. & DEHNHARDT, B. A. 1986. **Geology of the Rio Grande do Sul Coastal Province.** Rabassa, J. (ed.). Quaternary of the South America and Antarctic Peninsula. A.A. Balkema, Rotterdam. 4: 79-97.

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

VILLWOCK, J. A. & TOMAZELLI, L. J. 1998. Holocene coastal evolution in Rio Grande do Sul, Brazil. **Quaternary of south America and antarctic peninsula.** A. A. Balkema, Rotterdam, 11: 83-296.

<b>ANEXO I</b>
Título da Dissertação/Tese:
<b>“EVOLUÇÃO MORFOMÉTRICA DO ARROIO CHUÍ NO SISTEMA LAGUNA-BARREIRA SUL DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL”</b>
Área de Concentração: GEOLOGIA MARINHA
Autor: <b>RAFAEL MASTRACUSA DE OLIVEIRA</b>
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Norberto Ayup Zouain
Examinador: Profa. Dra. Andrea Lopes Iescheck
Data: 06/02/2014
Conceito: A
<b>PARECER:</b>
<p>A dissertação trata da evolução morfométrica do arroio Chuí, a partir da caracterização geológica, geomorfológica e morfométrica do ambiente da sua microbacia. A caracterização morfométrica proposta se dá pela identificação do divisor de águas adjacente ao arroio Pastoreio e pelo conhecimento da nascente do arroio Chuí.</p> <p>A metodologia adotada utiliza diferentes ferramentas geotecnológicas para aquisição e processamento dos dados, bem como para visualização e análise dos resultados obtidos.</p> <p>O tema abordado está bem delimitado, os objetivos estão claros, a metodologia e os resultados apresentados estão de acordo com os objetivos propostos. Também, o texto e as ilustrações estão adequadamente formatados.</p> <p>Com relação às referências:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Weschenfelder (2005) é citado no texto, mas não foi apresentado no capítulo das Referências.</li> <li>- Iescheck et al, o título correto é Interpolação qualitativa de dados espaciais, e o periódico é o Boletim de Ciências Geodésicas.</li> </ul> <p>Percebeu-se ao longo do texto o uso de termos como “alto nível de precisão”, “maior precisão” e “boa precisão”. A precisão deve ser indicada numericamente, pois representa o grau de variação (desvio-padrão) de uma série de repetições. No contexto desta dissertação o termo a ser utilizado seria exatidão, a qual indica a proximidade do valor real, mas também deve ser indicada numericamente.</p> <p>Os modelos digitais do terreno foram gerados com dois interpoladores de características distintas sendo um local, baseado na localização (TIN), e o outro global, baseado em conceitos geoestatísticos (krigagem). A grande vantagem da utilização do TIN na geração de modelos do terreno, está no fato dos pontos amostrais serem os próprios vértices dos triângulos. Já na krigagem, por ser um interpolador global, o modelo gerado suaviza os picos e as depressões gerando uma superfície média. No contexto desta dissertação, por se tratar de uma região de relevo suave, com desnível máximo de 4,5m, e pela distribuição dos pontos, os resultados foram similares, apesar de visualmente o modelo obtido com a krigagem parecer melhor. Essa consideração foi apresentada no artigo submetido para publicação, mas não na dissertação.</p>

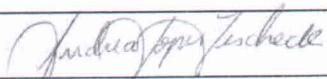
O ponto divisor de águas dos sistemas Chuí-Pastoreio foi apresentado em coordenadas UTM. Geralmente, utilizam-se coordenadas geográficas (latitude e longitude) para facilitar o entendimento de sua localização, mas ao optar pelas coordenadas do sistema UTM, deve-se indicar o número do fuso e o hemisfério, além da unidade utilizada (m ou km). Neste caso as coordenadas UTM correspondem ao fuso 22 sul e estão em metros.

Faltou indicar qual sistema geodésico foi utilizado como referência para coleta e representação dos dados.

Com relação ao capítulo de materiais e métodos do artigo submetido para publicação cabe aqui uma correção. Os receptores utilizados no estabelecimento dos pontos de apoio geodésico (bases) foram receptores geodésicos de dupla frequência (L1/L2) e não aparelhos DGPS. DGPS é uma técnica de posicionamento.

Por fim, gostaria de ressaltar que se trata de um importante trabalho e com boa contribuição científica.

Assinatura:



Data: 06/02/2014

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno:



<b>ANEXO I</b>
Título da Dissertação/Tese:
<b>“EVOLUÇÃO MORFOMETRICA DO ARROIO CHUÍ NO SISTEMA LAGUNA-BARREIRA SUL DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL”</b>
Área de Concentração: GEOLOGIA MARINHA
Autor: <b>RAFAEL MASTRACUSA DE OLIVEIRA</b>
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Norberto Ayup Zouain
Examinador: Profa. Dra. Tatiana Silva da Silva
Data: 05/02/2014
Conceito: A
<b>PARECER:</b>
<p>O OBJETIVO CENTRAL DA DISSERTAÇÃO É PROPOR UMA CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA DO ARROIO CHUÍ. PARA TAL, TÉCNICAS DE GEO PROCESSAMENTO E ATIVIDADES DE CAMPO FORAM EMPREGADAS. A ESCRITA É CLARA E CORRETA E EM TERMOS GERAIS SE FAZ USO ADEQUADO DE FIGURAS. AS REFERÊNCIAS UTILIZADAS SÃO PERTINENTES E DEMONSTRAM UM BOM CONHECIMENTO DOS ASSUNTOS ENVOLVIDOS NO DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO POR PARTE DO ALUNO. APESAR DE NÃO TRAZER INOVAÇÃO SIGNIFICATIVA, O TRABALHO TRAZ RESULTADOS IMPORTANTES ORIUNDOS DA APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA ADEQUADA, E QUE SE BASEIAM NÃO SOMENTE NA DESCRIÇÃO, MAS EM UMA ABORDAGEM ANALÍTICA.</p> <p>OS PONTOS NEGATIVOS SÃO POUCOS E LIMITAM-SE A ERROS DE TRADUÇÃO NO ABSTRACT, USO INADEQUADO DE AUTORES AO DEFINIR CONCEITOS BÁSICOS (SÃO CITADOS AUTORES LOCAIS PARA CONCEITUAR INTERPOLAÇÃO E ASPECTOS BÁSICOS DE SIG), E ALGUNS ERROS CONCEITUAIS RELACIONADOS AO PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS (A EXEMPLO DAS CORRELAS ATMOSFÉRICAS).</p> <p>PELAS RAZÕES ACIMA, ACREDITO QUE O TRABALHO TENHA ATINGIDO COM SUCESSO O ESPERADO PARA UMA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO, ALÉM DE DEMONSTRAR QUE O ALUNO ADQUIRIU IMPORTANTES HABILIDADES DE CAMPO E LABORATÓRIO E ENCONTRA-SE APTO A DESENVOLVER PESQUISAS E ESTUDOS AVANÇADOS.</p>

Handwritten scribbles in blue ink on a lined background.

Assinatura: *[Handwritten Signature]*

Data: 05/02/2014

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno: