



CARACTERIZAÇÃO E MAPEAMENTO FACIOLÓGICO DOS SEDIMENTOS SUPERFICIAIS

DA BARRAGEM SANTA BÁRBARA, PELOTAS, RS.¹

Carina Cristiane Korb*

*Mestranda no Programa de Pós Graduação em Geografia/ UFRGS

ckorb@ibest.com.br

Palavras chaves: barragem, sedimentologia, fácies sedimentar.

Eixo temático: Gestão de Bacia Hidrográfica

1. Introdução

Muitos estudos sedimentológicos vêm sendo realizados em mananciais de captação de água na tentativa de caracterizá-los. Seu conhecimento e caracterização sedimentológicos de um modo geral propiciam a atenuação dos processos de assoreamento e, melhorias na qualidade da água visto que reservatórios de água são sócio-economicamente estratégicos à sociedade local.

A Barragem do Arroio Santa Bárbara representa o principal manancial do atual sistema de abastecimento do município de Pelotas (RS), fazendo-se necessária uma verificação contínua das condições gerais desse reservatório que garantam a qualidade da água de abastecimento público, assim como o tempo de vida útil do reservatório.

Muitas vezes, o tempo de vida útil de uma barragem de captação de água é comprometido pelas formas de ocupação das vertentes. Essas por sua vez, participam (in) diretamente no processo de transporte das partículas sedimentares as quais são carregadas ao manancial. Desse modo, influenciam juntamente com as características hidrodinâmicas do corpo d'água, na intensidade, no tamanho e textura dos sólidos granulares que aí se depositam podendo antecipar o processo de assoreamento dos canais e reservatórios.

A Barragem Santa Bárbara enquadra-se nesse contexto e como provedora do insumo fundamental para a manutenção da vida - a água - necessita de estudos atenuadores aos possíveis processos que venham a ocasionar a redução do seu tempo de vida útil.

Nesse sentido, a caracterização e mapeamento faciológico dos sedimentos superficiais da Barragem Santa Bárbara, fornece subsídios para outros estudos na área visto que representa

¹ Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão do curso de Geografia, Habilitação Bacharelado, semestre 02/2003, sob a orientação dos professores: Dr. Carlos Hartmann e Msc. Rossana Madruga Telles (FURG/DGEO/LOG/GEOLAB).



uma análise preliminar da sua litologia de fundo e da possibilidade de seu assoreamento. Contribuirá desse modo, ao estudo desenvolvido pelo Programa de Pós Graduação em Geografia no qual estão sendo identificados depósitos tecnogênicos em testemunhos geológicos.

1.1. Objetivo geral

Elucidar aspectos relacionados às características sedimentológicas da Barragem Santa Bárbara, associados aos parâmetros texturais, estatísticos e, à possível ocorrência de assoreamento da mesma, ao longo de seus 30 anos de existência. Para tanto, os seguintes objetivos específicos foram delimitados:

1. Atualização do mapeamento da barragem a partir de aerofotos georreferenciadas adquiridas em junho/2002;
2. Identificação da variação das características sedimentares do corpo d'água – Barragem Santa Bárbara- segmentado pela BR 116 e, realização de mapeamento faciológico dos sedimentos de fundo;
3. Identificação da morfologia de fundo do reservatório;
4. Fornecimento de informações para possíveis estudos posteriores, assim como subsidiar a gestão ambiental da área.

2. Localização da área de estudo

A Barragem Santa Bárbara está localizada na área urbana do município de Pelotas entre as latitudes 6493000N e 6486700S e, longitudes 367000W e 373000E, no Estado do Rio Grande do Sul (Figura 1).

Sua bacia de captação assenta-se na interface entre o Escudo Uruguaio Sulriograndense e, a Planície Costeira Interna, cujas nascentes encontram-se a uma cota altimétrica de 140 m e, à jusante, aproximadamente 10 m.

A área de estudos desse trabalho – Barragem Santa Bárbara - está localizada sobre as Terras Altas da Província Costeira do Rio Grande do Sul e, sobre a compartimentação geomorfológica denominada de Sistemas Depositional de Leques Aluviais (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995).

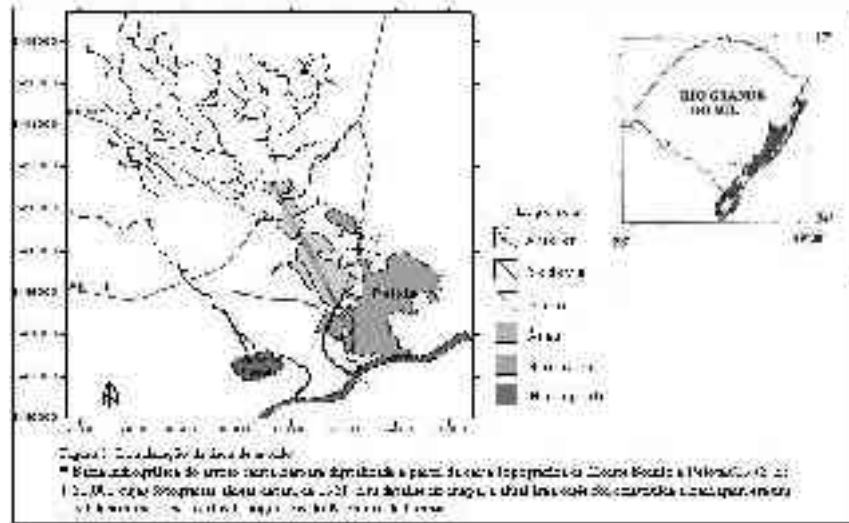


Figura 1. Localização da área de estudos.

3. Procedimentos metodológicos

Para alcançar os objetivos propostos o seguinte procedimento metodológico foi adotado: (i) trabalho de campo; (ii) tratamento digital e, (iii) aplicação de técnicas de análises de laboratório, finalizando com o tratamento dos dados e na construção dos mapas em diferentes softwares.

O trabalho de campo consistiu na **amostragem dos sedimentos**, nas **análises granulométricas** realizadas em laboratório, na **classificação** dos dados referentes a granulometria dos materiais amostrados e na **identificação da morfologia de fundo** do manancial.

Para amostrar os sedimentos, a área de estudo foi coberta por uma malha de pontos com uma distância de aproximadamente 100 m um do outro, o que representa uma amostragem em série de sedimentos superficiais. As localizações dos pontos amostrados encontram-se representados na figura 2.

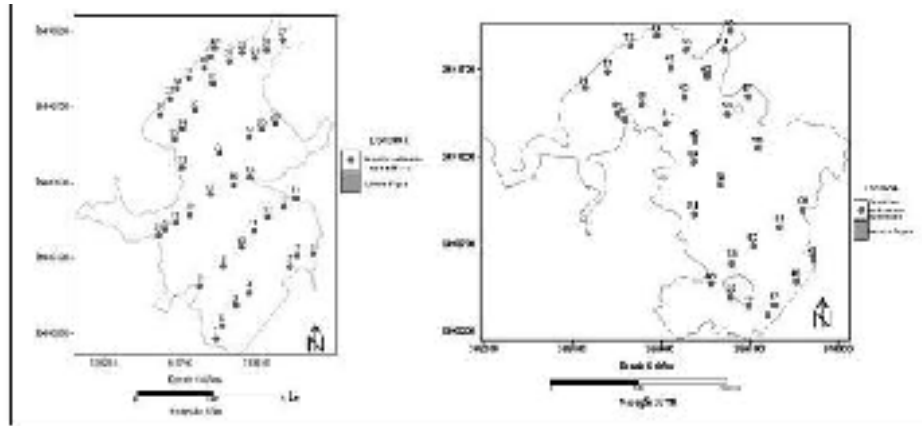


Figura 2. Localização dos pontos amostrados, L1 e L2.

Para facilitar a análise dos dados obtidos, optou-se por denominar de **L1** (Lado 1, amostra nº 1 a 42) e **L2** (Lado 2, 43 a 74) o reservatório de água visto que, o manancial em estudo é segmentado pela BR 116. O primeiro, corresponde à área do vertedouro – à jusante e, o segundo o lado à montante.

O meio flutuante utilizado para estas amostragens foi um bote de alumínio com motor de popa (Figura 3). O material foi coletado com um amostrador de fundo do tipo “Van Veen” para águas rasas, com capacidade de amostrar 5 Kg de material. Cada amostra foi posicionada com auxílio de GPS e teve sua profundidade anotada.

Figura 3. Imagem do meio flutuante utilizado nas amostragens.

No laboratório realizou-se a análise das 74 amostras coletadas através de métodos clássicos de tratamento sedimentológico. O processamento das amostras efetivou-se em quatro etapas para posterior análise granulométrica dos grãos: (i) lavagem, (ii) secagem, (iii) desagregação e, (iiii) quarteio. Essa análise foi executada mediante o procedimento mecânico: método do peneiramento para partículas maiores que 0,062 mm ($<4\phi$) de diâmetro e o método da pipetagem, para partículas menores que 0,062 mm ($>4\phi$).

O processamento dos dados granulométricos foi efetuado no software de análise estatística e textural SYSGRAN 2.4[®] (Sistema de Análise Granulométrica). A partir dos dados obtidos, foi realizada a caracterização dos sedimentos amostrados na área de estudo.

As amostras foram classificadas granulometricamente de acordo com o diagrama de Shepard (1954) o qual serve para caracterizar os sedimentos segundo os 3 componentes



principais: areia, silte e argila. A partir daí, confeccionou-se o mapa textural dos sedimentos de fundo.

Dos parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957) - **Medidas estatísticas de Tendência Central** (média aritmética e mediana) e **Medidas estatísticas de Dispersão e Espalhamento** (desvio padrão, assimetria e curtose) - foram construídos mapas de variação para cada uma das propriedades caracterizadas quantitativamente.

O reconhecimento da morfologia de fundo da barragem Santa Bárbara foi realizado através do método direto – Método da Vara de Prumar, ou seja, a partir de uma régua graduada de baixo para cima, com 10 metros de comprimento, posicionada através de um GPS². Para conferir a variação da lâmina d'água utilizou-se como ponto conhecido a cota topográfica local: 10 m. Posteriormente, as isóbatas foram traçadas no software Surfer[®] 7.0, onde se gerou um mapa de isolinhas de profundidade e outro tridimensional representando a morfologia, ambos produzidos pelo método de interpolação denominado de *kriging*. Foram denominados, respectivamente, de **isolinhas de profundidade** e **de superfície de fundo**.

No tratamento digital realizaram-se a **atualização do mapeamento da barragem**, a **definição do mapa base** e o **mapeamento da fácies sedimentar**. Para a atualização foram adquiridas aerofotos digitais de pequeno formato (35 mm) capturadas pelo sistema fotográfico digital ADAR 1000 (*Airborne Data Acquisition and Registration*) a aproximadamente 2226 m de altitude. Seguidamente as imagens foram georreferenciadas a partir de pontos de controle (Coordenadas Geográficas em UTM) adquiridos em campo com GPS MNS[®] da marca BRUNTON com auxílio do software MICROSTATION através do qual, digitalizou-se o mapa base.

Para Moore *in* Suguio (1980), fácies sedimentar é uma parte restrita em uma área de uma determinada unidade estratigráfica, que exhibe características significativamente diferentes das outras partes da unidade. A fácies sedimentar, sob o ponto de vista horizontal varia conforme a característica hidrodinâmica atuante na deposição dos materiais sedimentares.

No estudo aqui proposto o termo “fácies sedimentar” é utilizado para denotar as características dos sedimentos depositados no que tange a caracterização granulométrica. Seu mapeamento se deu a partir da amostragem e análise granulométrica (Escala de Wentworth, 1922) dos sedimentos superficiais coletados na Barragem Santa Bárbara. Os dados foram

² 5 m de precisão.



plotados no programa Surfer® 7.0 para construção dos mapas de fácies: arenosa, siltica e argilosa a partir do método de interpolação denominado “kriging”.

Nesse sentido, para o estudo aqui proposto, o termo “fácies sedimentar” é utilizado para denotar as características dos sedimentos depositados no que tange a caracterização granulométrica cujos mapas de fácies demonstram a variação dos atributos granulométricos identificados na Barragem Santa Bárbara.

4. Resultados e discussões

4.1. Da identificação da morfologia de fundo

A característica sedimentar, de qualquer corpo d’água, possui correlação direta com a morfologia de fundo, sua hidrodinâmica e, ao uso do solo existente nas adjacências, tornando assim, o reconhecimento das profundidades do manancial (obtido pelo método direto ou não), um parâmetro necessário para o objetivo desse trabalho.

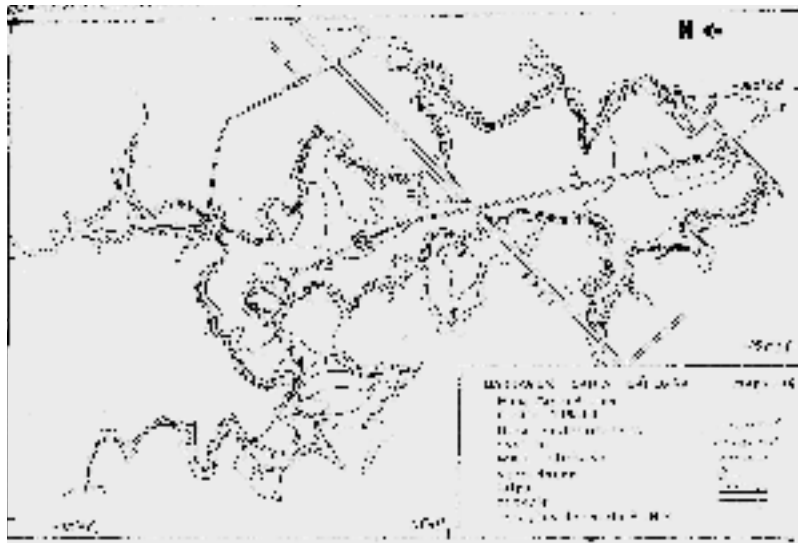


Figura 4. Mapa batimétrico-Barragem Santa Bárbara. Fonte: LEON, 1983.

As únicas informações batimétricas da área de estudo foram obtidas de um mapa contido na dissertação de mestrado de Leon (1983) com uma escala 1:18.000 (Figura 4). É importante enfatizar que o referido autor não faz referência ao ano do levantamento e às técnicas de obtenção dos dados. Contudo, foram aqui utilizados para compor a análise e, por ser a única informação batimétrica do local onde apresenta a profundidade máxima de 8.5 m e, média 4.6 m.

O mapa das isolinhas de profundidade da Barragem Santa Bárbara (Figura 5) foi construído com curvas de nível equidistantes 0.5 m, permitindo a caracterização da morfologia



de fundo e desse modo, correlacionar as características dos sedimentos superficiais à profundidade. Um mapa de superfície tridimensional (Figura 6 e 7) também foi construído a partir do mapa de profundidades para fornecer um detalhe maior do perfil topográfico da superfície de fundo.

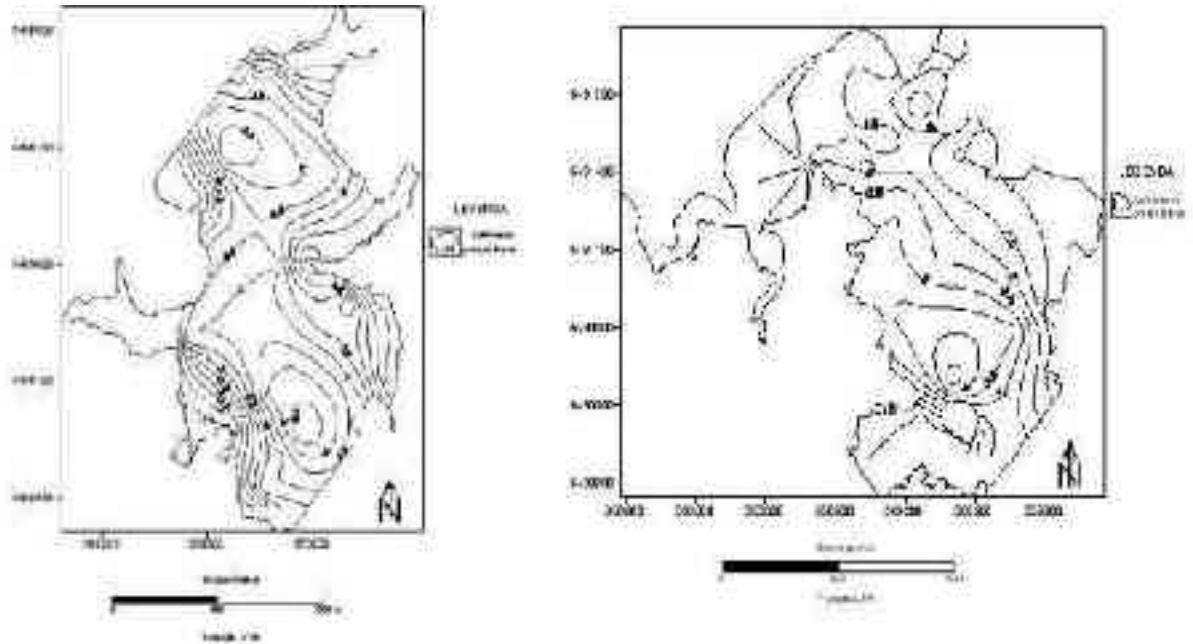


Figura 5. Isolinhas de profundidade, L1 e L2 (da esquerda para a direita).

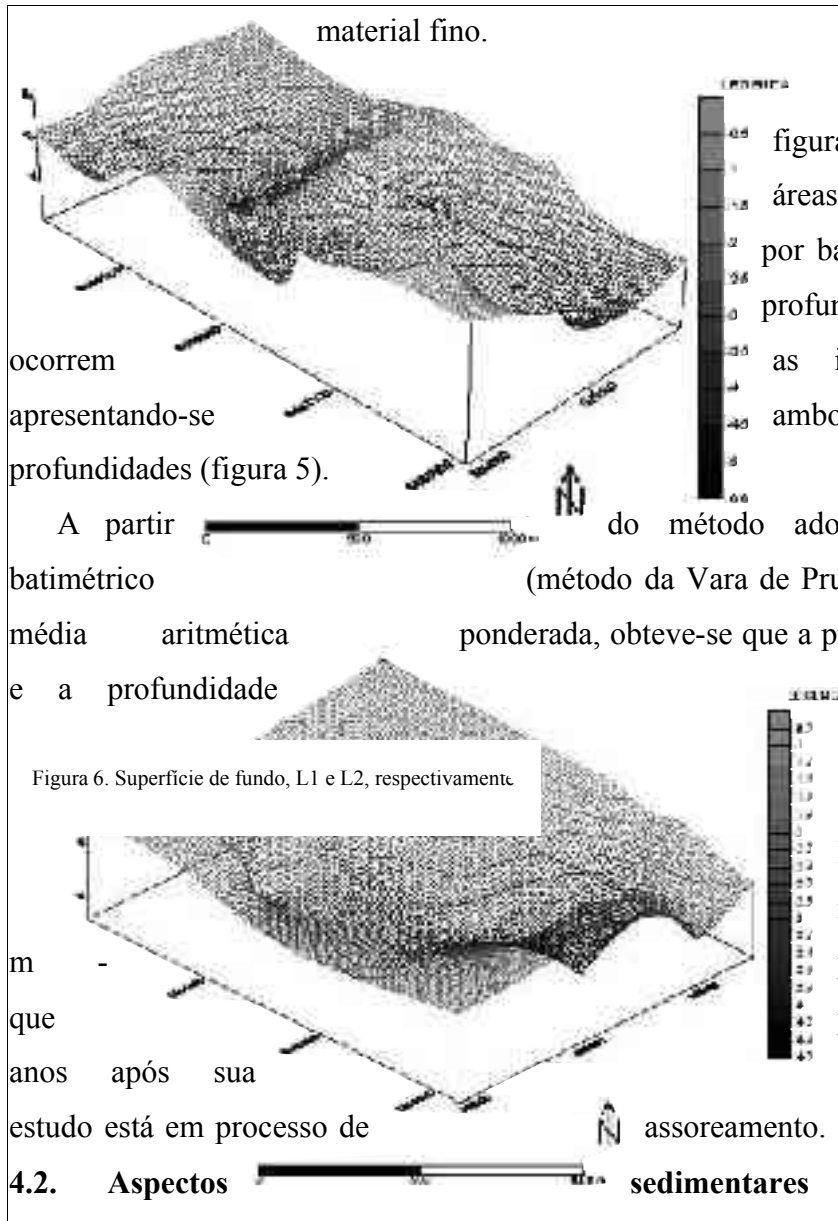
A figura 5 demonstra que o manancial apresenta uma superfície suave, com profundidade máxima de - 5.5 m na extremidade leste de L1, próximo à ponte utilizada para obtenções de medidas. Nesse ponto, o fluxo torna-se turbulento o que faz com que ocorram flutuações nas suas velocidades. Essas flutuações são causadas por redemoinhos produzidos durante a passagem da água por esse obstáculo a qual cava ao redor do talude carreando sedimento para outros pontos.

As isóbatas de L1 próximas às margens possuem um espaçamento menor em função, provavelmente, de um fundo arenoso sujeito à ação mais direta de ondas o que inibe, portanto, a deposição de sedimentos finos. Além disso, revelam também que a profundidade cresce da margem em direção ao fundo onde, as isóbatas apresentam um amplo espaçamento entre si fato esse que está associado às condições de baixa energia, pois esta é uma área protegida da ação direta das ondas e dos ventos condicionando a deposição de sedimentos finos.

Em L2 observa-se que a maior profundidade é de 4.5 m a qual se encontra próxima a uma pequena ilha existente no manancial. Tal profundidade nesse local ocorre devida e, da



mesma forma que L1, às flutuações de velocidade do fluxo favorecendo a deposição de material fino.



ocorrem apresentando-se profundidades (figura 5).

A partir do método adotado para o levantamento batimétrico (método da Vara de Prumar) e estabelecendo-se uma média aritmética ponderada, obteve-se que a profundidade máxima é de 6 m e a profundidade média de 2,09 m.

Esses dados quando comparados às medidas de Leon (1983) – profundidade máxima de 8.5 m e, média 4.6 possibilitam a conclusão de que após sua construção, o manancial em estudo está em processo de assoreamento.

4.2. Aspectos sedimentares

4.2.1. Da análise textural

A partir da análise dos mapas de distribuição textural (Figura 7) dos sedimentos superficiais de L1 e L2, ocorrem 7 (sete) classificações de sedimentos na barragem Santa Bárbara: areia, areia siltica, areia argilosa, silte, silte arenoso, silte argiloso e argila siltica.

A distribuição das texturas em L1 e L2 está de acordo com o mapa batimétrico (Figura 5) revelando a presença preponderante de sedimentos arenosos em profundidades suscetíveis à maior energia da coluna d'água a qual condiciona o desenvolvimento de classes arenosas, promovendo a remoção constante e impedindo a deposição de frações finas.



É possível observar ainda, que a margem oeste de L1 apresenta classes texturais areia e areia síltica em maiores áreas que a margem oposta, ou seja, decresce de oeste para leste. A margem leste possui pontos localizados com textura areno-síltica. Infere-se nesse caso, que há uma maior energia exercida pela coluna d'água sobre a margem oeste.

Nesse mesmo segmento do manancial, nos locais de maior profundidade e mais abrigados da ação das ondas, são estabelecidas condições de mais baixa energia, tornando os sedimentos de fundo progressivamente enriquecidos em silte e argila. Esse padrão geral de distribuição sedimentar está associado, principalmente a restrita hidrodinâmica da represa e, as ações das ondas (nordeste).

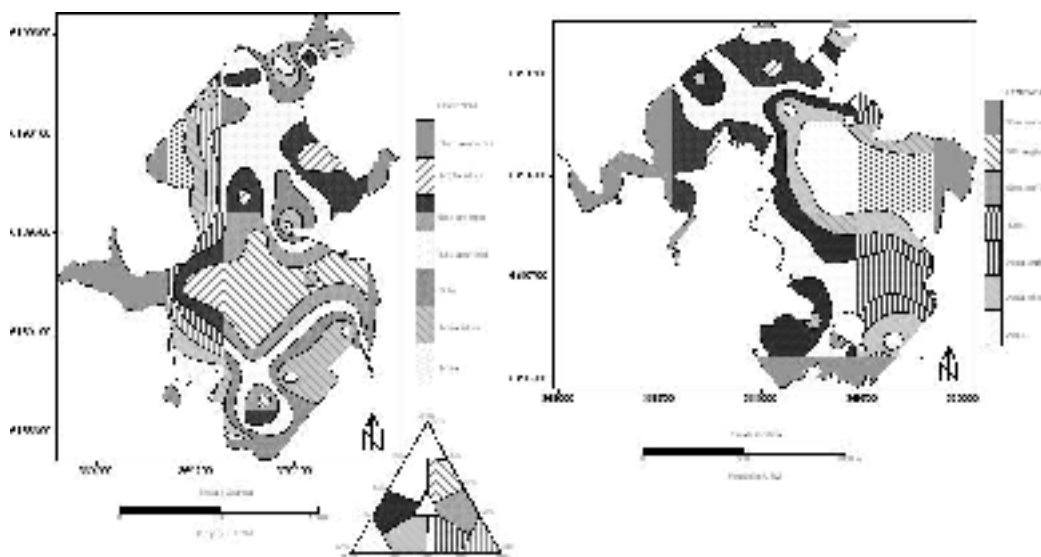


Figura 7. Mapa textural, segundo a classificação de Shepard (1954), dos sedimentos de fundo L1 e L2, respectivamente

Em L2 percebe-se que a classe areia predomina no centro do manancial, o que é justificado pelo fato dos pontos amostrados apresentarem baixa profundidade e, onde o peso da coluna d'água não propicia a deposição de lama (silte/argila).

4.2.2. Da identificação de fácies

- Análise dos parâmetros estatísticos

Os atributos relativos ao tamanho de grão dos sedimentos podem ser expressos de modo quantitativo através de parâmetros estatísticos. A partir desses parâmetros é possível elaborar mapas da variação granulométrica e também, obter elementos os quais permitem analisar a dinâmica predominante na deposição dos materiais.



Esses parâmetros estatísticos foram expressos segundo fórmulas de Folk & Ward (1957), e se tornaram de grande importância na caracterização dos sedimentos superficiais da Barragem Santa Bárbara.



Das variações nas medidas estatísticas de tendência central

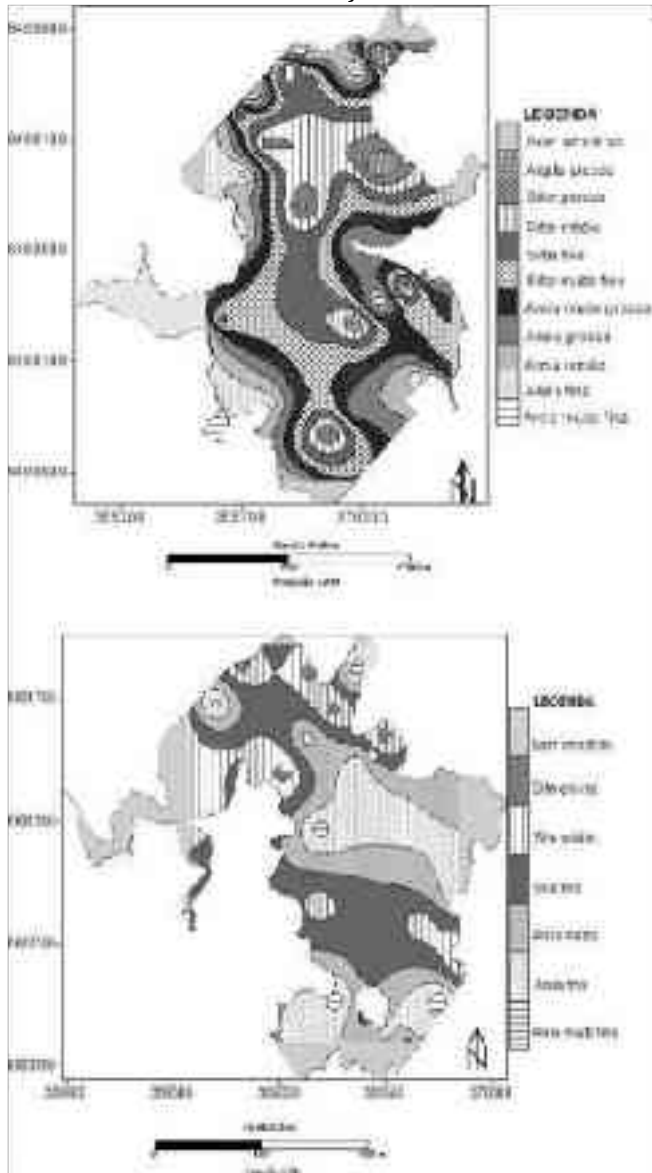


Figura 8. Mapa de variação da Média Aritmética ($Mz \bar{O}$) nos sedimentos superficiais de fundo da Barragem Santa Bárbara – L1 e L2 respectivamente

Nos sedimentos amostrados e analisados os valores da média e da mediana mostraram-se similares nos grãos tamanho areia, sendo esses unimodais o que indica seu caráter policíclico. Esse caráter resulta do retrabalhamento de depósitos arenosos das margens. No entanto, a média difere da mediana nos sedimentos tamanho silte e argila visto que são polimodais.

Segundo Souza (2002), a mediana é um parâmetro que pode trazer imprecisões se for considerada como medida de tamanho médio, pois, esse dado se baseia apenas em um ponto da curva de frequência acumulada. Por esse motivo torna-se uma medida imprecisa quando se analisam sedimentos polimodais.

Dessa forma, os estudos executados sobre a variação da mediana não foram considerados devido à intensa ocorrência de sedimentos polimodais. Na figura 8 verificam-se as variações da média

aritmética e a identificação de 10 (dez) populações granulométricas distintas: areia muito fina, areia fina, areia média, areia muito grossa, silte muito fino, silte fino, silte médio, silte grosso e argila grossa.

Os valores encontrados para a média aritmética na área marginal variaram de 3.129 a -0.04006 \bar{O} que corresponde em milímetros, ao redor de 1 mm a 0.125 mm dentro da faixa granulométrica de areia muito grossa a areia muito fina da classificação de Wentworth (1922).



Em L1 (Figura 8), a média aritmética do tamanho dos grãos decresce em direção às áreas centrais onde as condições deposicionais são mais calmas propiciando a sedimentação de partículas finas. Os valores das médias aritméticas encontradas para a área central de L1 variaram de 7.853 a 8.089 ϕ correspondendo a sedimentos no intervalo de silte fino a argila grossa, apresentando manchas equivalentes a esses intervalos granulométricos.

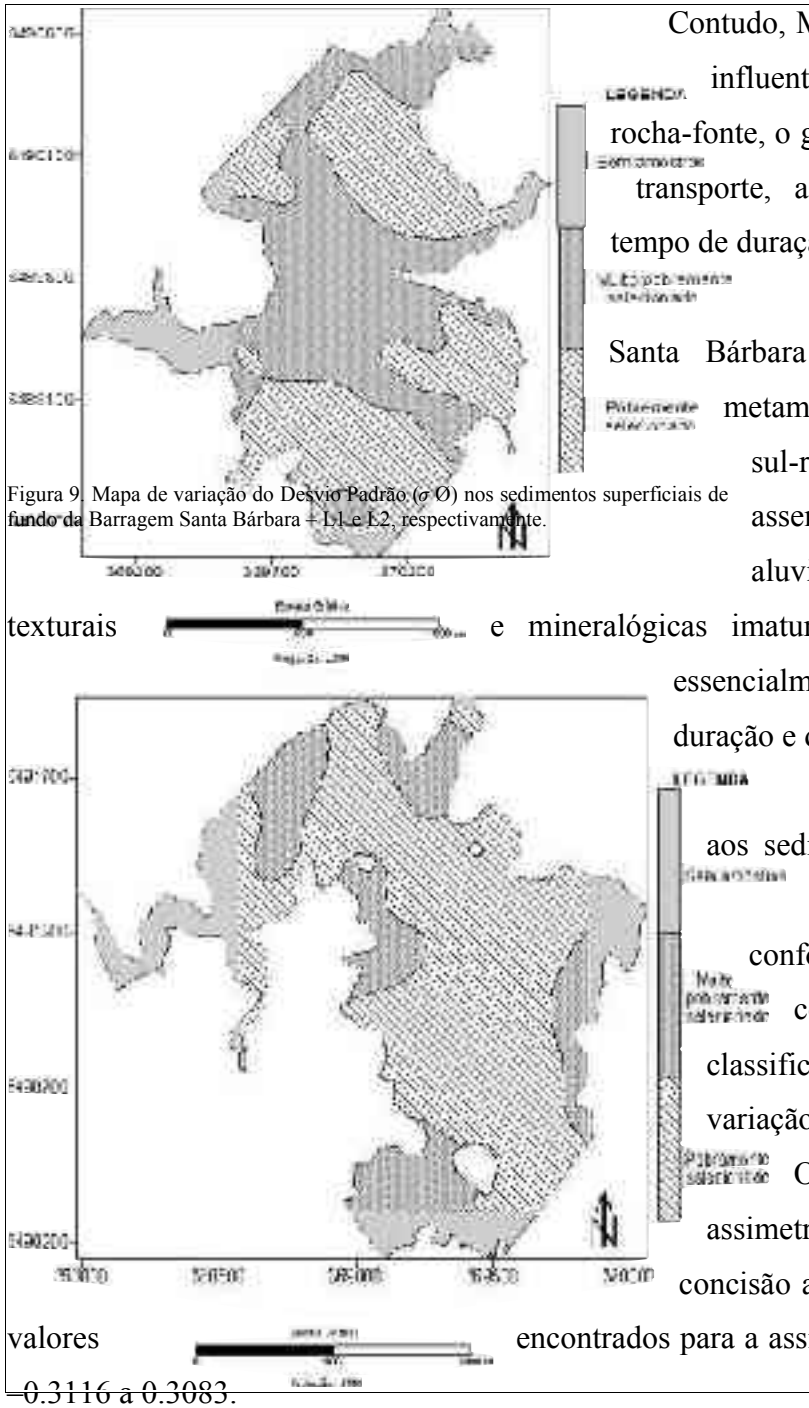
Em L2 (Figura 8), diferentemente de L1, não há tamanho médio das partículas denominadas de areia muito grossa e silte fino. Nas proximidades do talude da ponte da BR 116, onde o fluxo é turbulento a média aritmética variou entre os valores 3.129 a 1.019 ϕ , correspondendo a sedimentos de tamanho areia muito fina, areia fina e areia média.

Na área central foram identificadas 4 (quatro) populações granulométricas distintas: areia fina, areia média, silte fino e silte médio as quais distinguem-se em função da proteção da área à ação das correntes de transporte sedimentar e profundidades.

Das variações nas medidas estatísticas de dispersão

Os mapas de variação do desvio padrão de L1 e L2, respectivamente apresentados na figura 9, reflete com exatidão o processo de seleção a que foi submetido o material de fundo do manancial em estudo. Os valores encontrados para o desvio padrão na barragem Santa Bárbara, variaram de 1.008 a 3.509 σ . Conforme o limite para a classificação dos parâmetros estatísticos verificáveis *in* Suguio (1973), valores de desvio padrão que se encontram entre intervalos 1,00 – 2,00 e, 2,00 – 4,00, correspondem respectivamente, a amostras pobremente selecionadas e muito pobremente selecionadas.

De acordo com Furtado (1973) *in* Oliveira (2001) a seleção do material irá depender do agente transportador e da granulometria, onde sedimentos como a areia e materiais mais grosseiros tendem a ser mais bem selecionados, diferentemente de sedimentos cuja granulometria é mais fina como silte e argila.



Contudo, Mendes (1984) cita como fatores influentes na seleção, a natureza da rocha-fonte, o grau de turbulência do agente de transporte, a distância de transporte, seu tempo de duração e a quantidade de abrasão.

Os sedimentos da Barragem Santa Bárbara provêm das rochas ígneas-metamórficas do Escudo Uruguaio sul-riograndense. É uma área assentada sobre o sistema de leques aluviais o qual possui características texturais e mineralógicas imaturas, exibem uma composição essencialmente arcoseana devido a pouca duração e distância de transporte.

Essa característica confere aos sedimentos um grande número de classes granulométricas, conforme verificado na figura 8 e, conseqüentemente, a classificação exibida nos mapas de variação do desvio padrão (Figura 9). Os mapas de variação da assimetria (Figura 10) expressam com concisão a dinâmica da área estudada. Os valores encontrados para a assimetria, em L1 e L2, estão entre

-0.3116 a 0.3083.

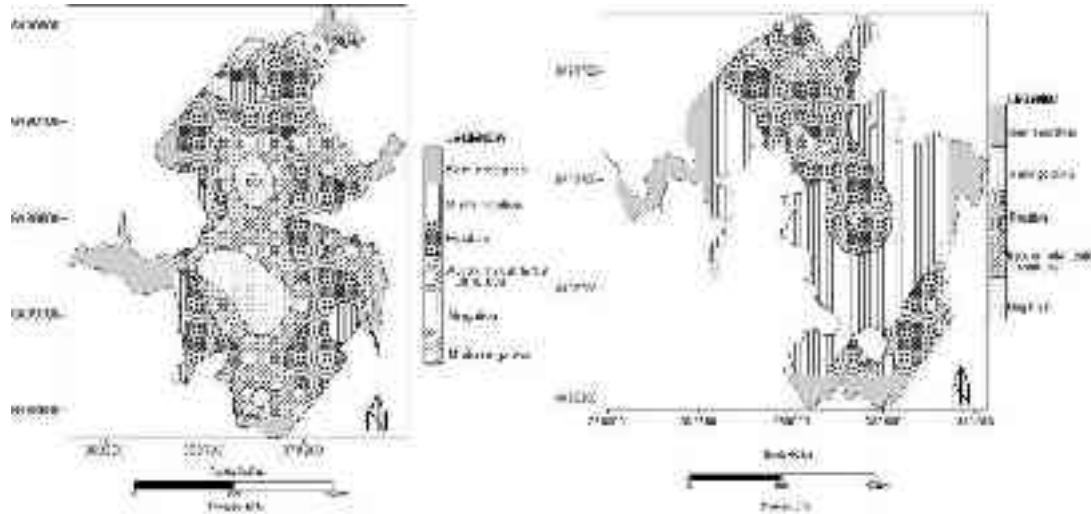


Figura 10. Mapa de variação da Assimetria (SK Ø) nos sedimentos superficiais de fundo da Barragem Santa Bárbara – L1 e L2, respectivamente.

Quanto ao grau de assimetria (SK), no segmento L1 variou entre $-0,1$ e $0,1$ (aproximadamente simétrica) que indica proporções similares entre material fino e grosso e, assimetrias positivas, ou seja, a curva de frequência simples tende a se deslocar em direção aos finos os quais predominam sobre o material mais grosseiro.

Há manchas representadas pelas assimetrias negativas e isso sugere que nesses pontos o diâmetro médio é maior que a mediana havendo predominância de material grosseiro sobre os finos. Os valores encontrados para assimetria em L2 (Figura 10) encontraram-se entre $-0,21$ a $0,5746$ o que caracteriza sedimentos cujas curvas de distribuição, tendem aos finos – de areia muito fina a silte grosso.

No mapa de variação da assimetria de L2, ao contrário de L1, não há assimetria muito negativa. Os sedimentos amostrados na barragem, em sua totalidade, são predominantemente muito positivos, caracterizando o ambiente com um nível de energia baixo. Essa distribuição em L2 encontra-se de acordo, quando comparada ao mapa de distribuição da variação da média aritmética (Figura 8) desse segmento.

A variação da curtose em ambos os segmentos da barragem (L1 e L2) está representada na figura 11.

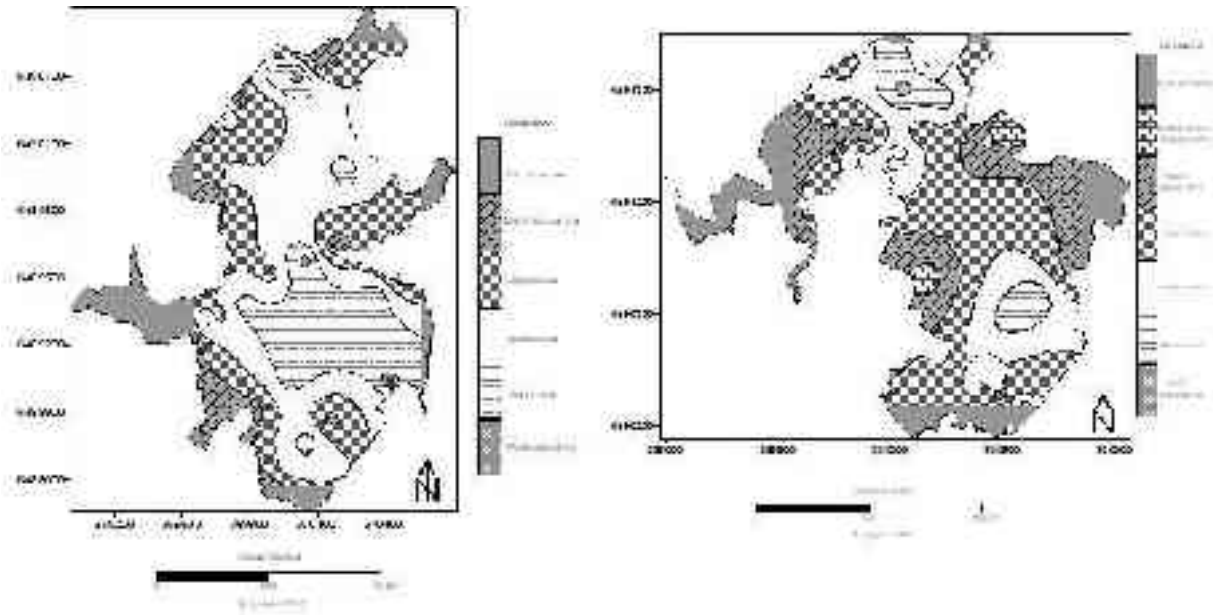


Figura 11. Mapa de variação da Curtose (KG Ø) nos sedimentos superficiais de fundo da Barragem Santa Bárbara – L1 e L2, respectivamente.

Os sedimentos marginais de L1 mostraram-se com uma forte tendência para sedimentos leptocúrticos cujas curvas de freqüência são muito afiladas, ou seja, com muitas partículas concentradas na parte central e, poucas partículas na cauda.

Os sedimentos mesocúrticos, no que tange a predominância, relacionam-se a amostras cuja curva apresenta uma distribuição normal ao redor da parte central e estão representadas pelas classes silte muito fino e argila grossa. Apenas duas amostras representam sedimentos muito platicúrticos, ou seja uma distribuição granulométrica bimodal com modas amplamente separadas. Em L2 (Figura 10) a curtose mostra que as distribuições granulométricas dos sedimentos se apresentam sob a forma de uma curva de freqüência muito platicúrticos a extremamente leptocúrticos (apenas duas amostras) sendo que se apresentaram predominantemente leptocúrticos.

5. Considerações finais

Apesar das dificuldades operacionais da pesquisa entendemos que os objetivos centrais do estudo foram alcançados. De modo geral, os sedimentos estudados comportaram-se como elementos controlados pela hidrodinâmica e profundidades, sob o ponto de vista textural, onde a classificação do tamanho dos grãos encontrada fornece dados suficientes nesse sentido. Desse modo, sugere-se que haja estudos na área envolvendo caracterização sedimentológica em diferentes períodos do ano, testemunhagem geológica em diversos pontos, estudos



limnológicos, realização de uma batimetria precisa para identificar com exatidão o assoreamento verificado, mapeamento espaço-temporal da evolução ocupacional do entorno, análises geoquímicas no manancial bem como em seus afluentes.

6. Referências Bibliográficas

FOLK, R.L & WARD, W.C. Brazos River Bar: A significance of Grain Size Parameters. *Journal of Sedimentary Petrolog*, 1957. v.27(1), p.3-26.

LEON, M.B. de. Estudo limnológico da Barragem Santa Bárbara, Pelotas, Relacionado às características fisiográficas regionais. 1983. 90p. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo.

MENDES, J. C. Elementos de Estratigrafia. São Paulo: T. A . Queiroz: Ed. da Universidade de São Paulo. 1984. 566 p.

OLIVEIRA, A.O. Enseada do saco Martins/Laguna dos Patos: caracterização dos sedimentos superficiais e desenvolvimento de um microdelta estuarino. 2001. 79 p. Monografia (Graduação). Departamento de Geociências, Curso de Geografia/FURG, Rio Grande, 2001.

SOUZA, S. R. de. Caracterização morfo-sedimentar do Saco do Arraial – Extremo Sul da Laguna dos Patos/RS. 2002. 164 p. Dissertação de Mestrado. (Mestrado em Oceanografia Física, Química e Geológica)- Departamento de Geociências, Programa de Pós Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica/FURG, Rio Grande, 2002.

SUGUIO, K. Introdução à sedimentologia. São Paulo. Edgard Blücher. Ed. da Universidade de São Paulo. 1973. 316 p.

SUGUIO, K. Rochas sedimentares: propriedades, gênese, importância econômica. São Paulo: Edgard Blücher. 1980. 500 p.

VILLWOCK, J.A . & TOMAZELLI,L.J. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul CECO/IG/UFRGS, Notas Técnicas, 1995. 8:1-45.

WENTWORTH, C. R. A scale of grade and class terms of clastic sediments. *Journal of Geology*, 1922. v.30, p.377-392.