

Aplicação do *QTC SIDEVIEW*[®] na classificação de sedimentos através de imagens de Sonar de Varredura Lateral, num trecho do Canal São Gonçalo, RS, Brasil

Bulla L.A.S.¹ & Hartmann C.¹

¹ Laboratório de Oceanografia Geológica, Instituto de Oceanografia, FURG (ctibulla@yahoo.com.br).



RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar a distribuição de sedimentos no leito do Canal São Gonçalo, através da aplicação de um sistema de classificação acústica de superfícies submersas. Localizado entre os municípios de Rio Grande e Pelotas, funciona como elo hídrico entre a Laguna dos Patos e a Lagoa Mirim, fazendo parte da província costeira do Rio Grande do Sul. Um total de 44 amostras foram coletadas e analisadas por peneiramento e pipetagem. Em seguida, os sedimentos encontrados foram classificados através do diagrama de Shepard, variando entre areia e silte. Para a classificação acústica foi utilizado o *software QTC SIDEVIEW*[®] que utiliza como fonte de dados as imagens produzidas pelo sonar de varredura lateral. As características acústicas são extraídas de uma base de dados segmentada na forma de *pixels* e reduzidas às três componentes principais através dos algoritmos do *software* e agrupadas em classes distintas, representadas numa escala de similaridades de cores para classes acústicas também similares. Os arquivos de dados de saída do programa com as classes obtidas são exportadas no formato ASCII, podendo ser mapeadas em qualquer ferramenta SIG. Os dados foram interpolados pelo *software QTC CLAMS*[®] e sobrepostos a imagens obtidas no *GOOGLE*[®], o qual foi adotado como mapa-base. Os resultados obtidos mostram que, com um número reduzido de amostras, foi possível classificar e mapear uma área de aproximadamente 30 km do canal, com dados oriundos de apenas um dia de imageamento pelo sonar.

ABSTRACT

This work's objective was to evaluate sediment distribution of the São Gonçalo Canal's bed, through the application of a submerged surfaces acoustic classification system. Located between the cities of Rio Grande and Pelotas, this Canal serves as a hydrological link between Patos Lagoon and Mirim Lake, being a part of Rio Grande do Sul state's coastal province. A total of 44 samples were collected and analyzed by sieving and pipetting. Afterwards, sediments were classified through Shepard's diagram, varying between sand and silt. For acoustic classification, software *QTC SIDEVIEW*[®], which utilizes as a data source images produced by a side scan sonar, was utilized. Acoustic characteristics are extracted from a segmented database in the form of pixels and reduced to the three main components through the software's algorithms, and grouped in distinct classes, represented in a color similarity scale for similar acoustic classes. The resulting data archives are exported in the ASCII format, with the possibility of being mapped in any GIS tool. Data were interpolated by software *QTC CLAMS*[®] and overlapped on images obtained from *GOOGLE*[®], which was adopted as a base-map. The obtained results demonstrate that, with a reduced number of samples, it was possible to classify and map an area of approximately 30 km of the Canal, with data from only one day of sonar imaging.

Palavras chave: sonar de varredura lateral, classificação acústica de fundo, Canal de São Gonçalo.

INTRODUÇÃO

Imagens obtidas através de sonares de varredura lateral (SVL) são utilizadas para visualizar e posteriormente identificar feições geomorfológicas de superfícies submersas e também diferenciar os tipos de sedimentos encontrados nestes locais. Alguns sistemas acústicos podem medir características sedimentares e morfológicas em escalas que variam de centímetros até quilômetros (McKinney *et al.*, 1974; Thornton *et al.*, 1997). Sedimentos grossos causam forte retorno do sinal acústico sendo representados nos sonogramas por tons mais claros. Por outro lado, sedimentos finos absorvem grande parte do sinal acústico, produzindo uma imagem em tons mais escuros. Apesar das imagens nos permitirem a visualização da superfície do fundo, sua interpretação dependente de fatores subjetivos, não permitindo uma classificação mais detalhada com relação ao sedimento de fundo encontrado. Diferenciar um fundo rochoso de outro arenoso é uma tarefa relativamente fácil. Por outro lado, diferenças entre classes granulométricas não são tão óbvias assim.

Os sistemas acústicos de classificação de superfícies submersas nos permitem fazer este tipo de distinção através do processamento estatístico do sinal acústico que retorna ao SVL. Em trabalho realizado por Hamilton *et al.* (1999), é apresentada a correlação existente entre as características da superfície submersa com o sinal acústico de retorno obtido através de ecossonda. Preston *et al.* (2004) mostra a viabilidade de se usar um sistema acústico de classificação de fundo a partir de dados obtidos por SVL e Sonar Multi-feixe na região de Portsmouth, New Hampshire, onde os autores obtiveram classificações equivalentes com os dois sistemas utilizados para obtenção das imagens sonográficas. Wienberg & Bartholoma (2004) usaram um sistema de classificação de fundo para monitoramento de um canal de navegação submetido à dragagem de rotina, assim como para identificação de possíveis áreas para deposição do material dragado. Collier & Brown (2005) também apresentam boa correlação entre os resultados obtidos através de imagens de SVL e de ecossondas para classificação de fundo. Destacam ainda que, no caso do SVL a área de cobertura é muitas vezes maior para um mesmo tempo de navegação

utilizado com o ecobatímetro. Van Walre *et al.* (2005) destacam como vantagem deste método sobre os sistemas convencionais de amostragens, a continuidade dos registros obtidos pelo SVL quando comparados com esparsas malhas amostrais. Além disso, destacam também a enorme redução em termos de tempo e custos na obtenção dos dados, porque poucas amostras de sedimentos se fazem necessárias para identificação dos padrões sedimentares obtidos.

Neste trabalho foi utilizado o software *QTC SIDEVIEW*[®], que faz a classificação acústica de fundo a partir de dados obtidos com o SVL a fim de estudar a distribuição sedimentar do fundo do Canal São Gonçalo, relacionando esta com a morfologia de fundo e a dinâmica sedimentar. Os resultados produzidos foram interpolados para apresentação final pelo software *QTC CLAMS*[®] que produz imagens georreferenciadas com as diferentes classes encontradas.

Localização e caracterização da área de estudo

O Canal São Gonçalo está localizado entre as coordenadas 31°46' e 32°01' de latitude sul e 52°13' e 52°27' de longitude oeste, na divisa dos municípios de Rio Grande e Pelotas. Funciona como elo de ligação entre a Lagoa Mirim e a Laguna dos Patos, fazendo parte da província costeira do Rio Grande do Sul (Fig. 1). Apresenta um traçado sinuoso característico de rios meandantes, com comportamento hidrodinâmico variado, influenciado pela inversão de fluxo sazonal causado pela incidência de chuvas e regime de ventos dominantes na região.

Vieira (1982) descreveu em seu trabalho a existência de dois grandes sistemas fluviais no Rio Grande do Sul denominados Bacias do Sudeste e Bacias do Uruguai. Esta última também conhecida como Bacia Oriental Sul-Rio-Grandense que se divide em dois complexos hidrográficos que abastecem o sistema lagunar Patos-Mirim. Segundo Ávila (1994), a bacia do complexo hidrográfico Mirim experimenta chuvas ao longo de todo o ano sem apresentar uma estação seca definida, mas sofre forte influência da ocorrência do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS). Quando este ocorre, produz precipitação pluvial acima da média climatológica com destaque para os meses de outubro, novembro e dezembro.

O regime de ventos tem papel importante nos níveis de água do complexo lagunar em função da duração, direção e intensidade dos mesmos. Os ventos dominantes são os de nordeste e sudoeste, sendo que os de nordeste ocorrem com maior frequência na primavera e no verão e os de sudoeste no período de inverno. As velocidades mais elevadas ocorrem nestas direções e predominantemente nos meses de primavera. Os ventos de NE provocam o abaixamento dos níveis da água na extremidade

sul, no sangradouro, e impelem as águas salinas em direção à Lagoa Mirim e os ventos de SW ocasionam a elevação dos níveis da água no sul do canal, forçando o escoamento para a Lagoa dos Patos. Quando existem reservas de água doce na Lagoa Mirim, os efeitos dos ventos de NE podem ser apenas de represamento, persistindo a declividade do canal em sentido descendente para a Laguna dos Patos (Vieira, 1982).

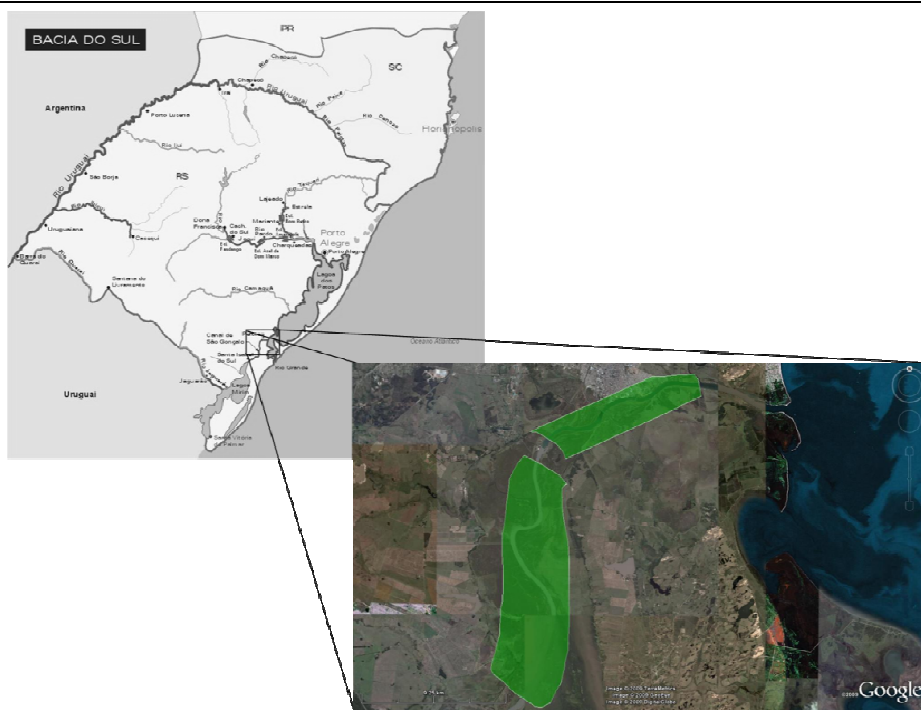


Figura 1. Localização da área de estudo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Aquisição dos dados

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos com o Sonar de Varredura Lateral Sea Scan® PC da *Marine Sonic Technology* pertencente ao Laboratório de Oceanografia Geológica da Universidade Federal do Rio Grande (LOG/FURG), o qual foi rebocado pela lancha LARUS desta mesma universidade, em levantamento realizado durante os dias 11 e 12 de dezembro de 2007. A área estudada foi dividida em três trechos, sendo o primeiro começando nas proximidades de sua foz, na

Laguna dos Patos, até a ponte sobre o Canal São Gonçalo. O segundo, nas proximidades da Eclusa, a jusante e a montante da mesma, e o terceiro, seguindo em direção à Lagoa Mirim até a Ilha do Brigadeiro, onde são realizadas atividades de extração de areia que serve como subsídio para a indústria da construção civil. O canal tem largura média em torno de 300 m, apresentando pontos localizados onde a largura mínima é de 140 m e a máxima ultrapassando em alguns metros a marca de 400 m. Neste sentido, optou-se por uma abertura do alcance da varredura do sonar em 150 m para cada lado, possibilitando a cobertura de forma contínua

num trecho de quase 30 km de extensão com largura de 300 m.

Os dados obtidos pelo SVL são armazenados em arquivos no formato padrão da *Marine Sonic Technology (.mst)*. Estes arquivos podem ser visualizados através do *software Sea Scan PC Review* fornecido pela empresa. A visualização preliminar do sonograma é necessária para verificação da qualidade dos dados obtidos quanto à presença de artefatos e de possíveis incidências de ruídos externos ao sistema.

Análise do fundo através das imagens do SVL

O SVL gera imagens digitais semelhantes às fotos aéreas, proporcionando o imageamento das feições submersas para posterior reconhecimento dos tipos de fundo e caracterização da hidrodinâmica de uma dada região, como mostrado por (Green, 1986; Calliari *et al.*, 1994; Woodruff *et al.*, 2001).

As imagens obtidas pelo SVL são apresentadas em tons de cinza. O *software* para visualização e edição das imagens, permite ao usuário escolher os tons atribuídos para as áreas de forte e fraco retorno do sinal acústico. Neste estudo optamos em representar em tons mais escuros as áreas que causam um retorno acústico relativamente fraco. Consequentemente, as zonas de sombra acústica estão representadas em preto (USGS, 2005; Boss *et al.*, 1999). Os detalhes apresentados em tons mais claros correspondem às superfícies de maior reflexão acústica. Esta forte reflexão pode ser causada por um sedimento mais grosseiro, ou então por mudanças de inclinação destas superfícies.

Tratamento dos dados via SIDEVIEW® e CLAMS®

A classificação de superfícies submersas a partir de dados provenientes de ecossonda, sonar de varredura lateral ou sonar multi-feixe, é uma ferramenta de sensoriamento remoto que permite a visualização da superfície submersa em “pseudo cores”, representando cada uma delas, diferentes informações a respeito do material e topografia destas superfícies, possibilitando a construção de mapas de fundo com as diferentes classes apresentadas.

O *software* de classificação acústica de superfícies submersas utilizado neste trabalho, QTC SIDEVIEW® adquirido pelo

LOG/IO/FURG, é um *software* para processamento de dados coletados por vários modelos de SVL, inclusive o *Marine Sonic*. As características acústicas são extraídas de uma base de dados segmentada na forma de *pixels* pelos algoritmos do *software*. A extração dessas características é fundamentada na estatística básica, *quantis*, transformada de Fourier, espectro de potência, matriz de co-ocorrência de níveis de cinza (GLMC) e algoritmos fractais (Michaels, 2007; Preston, 2008). Esta versão do *software* trabalha com análise dos componentes principais para identificar as características predominantes e possibilitar o agrupamento em classes distintas. Os arquivos de dados de saída do programa com as classes obtidas podem ser exportadas no formato ASCII, podendo ser mapeadas em qualquer ferramenta SIG (Rukavina, 2001).

O eco produzido pela superfície submersa é influenciado por uma série de características do fundo tais como, tamanho de grão, densidade, conteúdo de água, rugosidade, flora e fauna bentônica, etc. Esta associação forma uma assinatura acústica a partir da qual podemos extrair algumas dessas características através de métodos de processamento do sinal acústico. Este processo depende fortemente do tipo de equipamento acústico usado, seus parâmetros como frequência e amplitude acústica e da qualidade e quantidade dos dados de saída desses sistemas.

A segmentação ou divisão da totalidade de dados dentro de subgrupos de propriedades homogêneas é o que podemos chamar de classificação. O QTC SIDEVIEW® tanto pode executar uma classificação acústica de fundo supervisionada ou não supervisionada a partir dos dados obtidos pelo Sonar. A classificação é chamada supervisionada quando as classes são conhecidas ou definidas *a priori*, e os objetos a classificar devem ser organizados dentro destas classes. O algoritmo de classificação é então alimentado com um conjunto de amostras verdadeiras de fundo, onde as classes são agrupadas pelo usuário de acordo com o seu conhecimento prévio e objetivos propostos. Uma classificação não supervisionada ocorre quando as classes não são conhecidas previamente, mas devem ser diferenciadas pelo algoritmo separando o conjunto de dados dentro de subgrupos homogêneos (Van Walree *et al.*,

2005). Esta foi à metodologia aplicada neste trabalho.

Os resultados desta classificação foram tratados para seu uso como produto final, pelo software *QTC CLAMS*[®], também adquirido pelo LOG/FURG, que permite o preenchimento mais criterioso das lacunas existentes entre os dados organizados em classes discretas. Procedimentos tradicionais de interpolação aproximam estas classes usando funções lineares que geralmente podem conduzir a erros significativos. Quando se faz a classificação em diferentes classes de sedimentos, uma classe 2, por exemplo, não necessariamente deve estar entre as classes 1 e 3. Numa interpolação linear isto irá ocorrer. Na abordagem utilizada pelo *QTC CLAMS*[®], os limites de alcance para cada nó no *grid* são especificados pelo usuário, fazendo com que o algoritmo considere os nós vizinhos dentro destes limites. Em seguida o algoritmo calcula um histograma destes pontos, com cada *bin* representando uma classe particular. Desta forma é atribuída ao nó, a classe modal destes histogramas.

O produto final do software *QTC CLAMS*[®] é uma imagem georreferenciada que pode ser sobreposta ao mapa base adotado. Desta forma, posiciona-se o cursor em cima da classe selecionada e obtêm-se as coordenadas do ponto assim definido. Os dados da amostra são associados à cor da classe previamente definida, sendo extrapolados para todas as regiões no mapa que apresentem a mesma classe acústica. As cores são definidas pelo *QTC SIDEVIEW*[®], quando este faz a análise dos componentes principais para cada unidade pré-definida na etapa de geração das classes acústicas. As características de cada unidade são reduzidas às três principais denominadas Q_1 , Q_2 e Q_3 . A seguir é atribuída uma das três cores primárias (azul, vermelho e verde) a cada componente. A combinação das cores em função das componentes principais representativas de cada classe cria uma escala de similaridade de cores para classes acústicas também similares (Preston, 2008).

Amostragem de sedimentos para identificação das classes acústicas

Após a confecção dos mapas de fundo com as classes acústicas definidas, tendo como base a similaridade de suas propriedades, é necessário

verificar *in situ*, o que cada classe representa efetivamente em termos de sedimentos. Sendo assim, o próximo passo a ser dado é juntar os dados amostrais com os dados acústicos. Numa classificação não supervisionada, como a adotada neste trabalho, os pontos de amostragens foram definidos usando como mapa base as imagens do *Google Earth*. O posicionamento para amostragem foi feito por GPS de navegação marca Garmin[®].

Existem vários métodos que podem ser empregados para obtenção das amostras verdadeiras. Esta confirmação pode ser feita tanto por métodos visuais através de mergulho, fotos e vídeos subaquáticos, ou então por métodos mecânicos como dragas, sondas e testemunhos. Neste estudo, as amostras de sedimentos foram coletadas com o uso de um amostrador geológico *Van Veen* com capacidade de 20 litros. Posteriormente, as amostras foram analisadas em laboratório pelos tradicionais métodos de peneiramento e pipetagem. Outro procedimento adotado no momento da aquisição da amostra foi a obtenção de uma foto utilizando uma câmara digital *Ricoh*[®] *Caplio 500SE*, a qual possui um sistema GPS integrado. O registro fotográfico é importante para a observação do estado da amostra no momento da coleta e que pode indicar de forma preliminar o tipo de fundo do local amostrado, correlacionando à classificação obtida.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Imagens do sonar de varredura lateral

Observando alguns sonogramas, nota-se que nas regiões onde o canal é mais estreito é possível localizar a linha onde a onda sonora intercepta o talude, definindo assim o contorno das margens do canal. Por outro lado, quando o canal apresenta largura maior que o alcance do sonar, uma parte deste não é atingida pelo feixe de ondas acústicas, deixando esta região sem registro algum. Como o canal apresenta largura média em torno de 300 m, optou-se por uma abertura de alcance do feixe acústico do sonar em 150 m. Este procedimento possibilitou o alcance das margens do canal em quase toda a área estudada. Em determinados trechos do canal, principalmente antes da barragem, as imagens mostram claramente a posição do canal

de navegação através da definição de duas linhas que acompanham a direção longitudinal do mesmo, com largura média de 100 m (Fig. 2a). Esta região é apresentada nas imagens em tons mais claros, o que corresponde a zonas de maior reflexão da energia acústica incidente sobre o leito, caracterizando a presença de sedimentos de fundo formados por areia. As zonas adjacentes entre o canal de navegação e as margens, apresentam tons mais escuros, característicos de superfícies de fundo recobertas por sedimento mais fino, que proporciona maior absorção da onda acústica incidente.

Em outro trecho analisado a jusante da barragem, são observadas marcas bem definidas no leito do canal provocadas pela ação de dragas de sucção (Fig. 2c), que corresponde ao sonograma obtido nas proximidades da Ilha do Brigadeiro. Estas cicatrizes são recentes pois a draga encontrava-se em plena atividade quando da aquisição das imagens. Na seqüência nota-se marcas de dragagens executadas em períodos anteriores em outros trechos do canal, que apresentam traços suavizados provavelmente pela reposição de sedimentos nestas áreas.

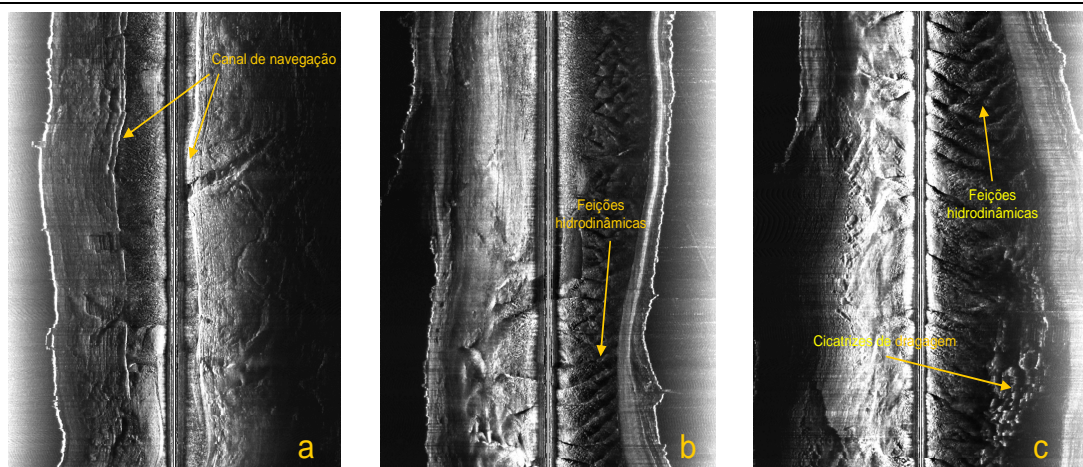


Figura 2. (a) posição do canal de navegação dragado; (b); feições hidrodinâmicas; (c) feições hidrodinâmicas e cicatrizes causadas pela dragagem.

Como o fluxo de água é interrompido na eclusa, a água salgada proveniente da Laguna Patos é impedida de continuar seu deslocamento em direção à Lagoa Mirim. Em períodos de elevada precipitação na região da bacia hidrográfica desta última, o volume de água sofre um aumento significativo. Nestas ocasiões as comportas da eclusa são abertas, permitindo o fluxo de água doce em direção à Laguna dos Patos. Quando isto ocorre, os efeitos hidrodinâmicos são mais intensos, deixando registradas no fundo do canal feições bem pronunciadas, representando os diferentes processos hidrodinâmicos aos quais foi submetido. Estas feições com a forma de ondulações se apresentam em diferentes escalas, e podem ser observadas em algumas imagens (Fig. 2b e 2c). A direção do fluxo é definida pela forma característica como se apresentam com a

parte mais escura, de menor refletividade do sinal acústico, voltada para a Laguna dos Patos, e a parte mais clara e mais alongada se desenvolvendo na direção longitudinal, no sentido Mirim-Patos. São observadas ondulações com comprimentos de onda da ordem de 100 m, caracterizando episódios de alta descarga, intercalados com ondulações menores do que 1 m.

Coleta de amostras e classificação de sedimentos

Um total de 44 amostras de sedimentos foram coletadas e analisadas em laboratório, pelo método de peneiramento e pipetagem com intervalos de classe de $\frac{1}{2} \Phi$ (Folk & Ward, 1957). Os resultados da análise granulométrica, após serem processados pelo software *Sysgran*®,

foram plotados num diagrama de Shepard (Shepard, 1954), sendo encontradas 5 classes de sedimentos (Fig. 3). O posicionamento para obtenção das amostras foi definido em cima das imagens geradas pelo software classificador de

fundo. Estas imagens, por serem georreferenciadas, permitem ao usuário obter o posicionamento em coordenadas geográficas para posterior amostragem no local assim determinado.

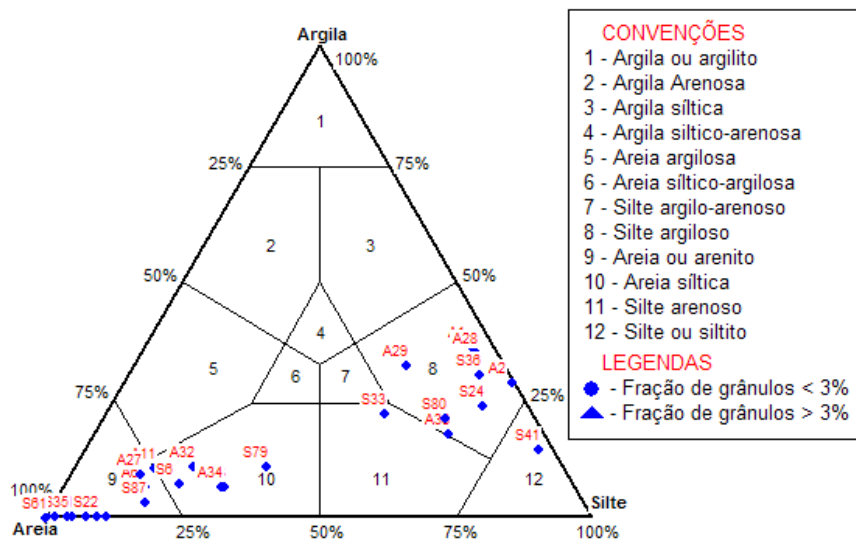


Figura 3. Diagrama de Shepard (1954).

Classificação acústica das superfícies de fundo

O software *QTC SIDEVIEW*[®] permite que o usuário defina o número de classes a serem identificadas. Como a classe 12 (silte ou siltito) aparece apenas na amostra S41, esta foi

agrupada a classe 8, por apresentarem alta similaridade no processo de classificação acústica. Desta forma, a classificação resultante apresenta os 4 principais tipos de sedimentos superficiais para a área estudada, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Análise sedimentológica segundo Folk & Ward (1957), Shepard (1954) e a classificação acústica proposta com suas respectivas cores

Classe	Cor	Classificação Shepard	Classificação Folk & Ward	Classificação Acústica	Refletividade
1	Azul claro	Areia siltica e Silte arenoso	silte médio	Areia com silte	baixa
2	Preto	Silte ou Siltito e Silte Argiloso	Silte muito fino e silte fino	Lama	muito baixa
3	Vermelho	Areia ou Arenito	Areia muito grossa e areia grossa	Areia Grossa	alta
4	Lilás	Areia ou Arenito	Areia média, fina e muito fina	Areia Média e Areia Fina	média

De um total de 59 sonogramas obtidos, foram selecionados 42 para serem processadas pelo software *QTC SIDEVIEW*[®], para a geração das classes acústicas representativas dos

sedimentos que compõem a superfície de fundo do Canal São Gonçalo. Após o processamento dos dados, foram gerados mapas que abrangem toda a área investigada, sendo posteriormente

subdivididos em três sub-áreas, conforme mostrado na Figura 4. A primeira sub-área compreende o trecho desde o sangradouro até o porto de Pelotas. A segunda sub-área tem início após a ponte sobre o canal e segue em direção a

eclusa e é composta por um trecho a jusante e outro a montante da mesma. A terceira e última sub-área começa logo após um desvio acentuado do curso do rio, terminando em frente a ilha do Brigadeiro.



Figura 4. (a) Imagem geral da área foco; (b) trecho 1 desde o sangradouro na Laguna dos Patos até o porto de Pelotas; (c) trecho 2 nas proximidades da barragem, jusante e montante; (d) trecho 3 até a ilha do Brigadeiro.

Mapas de classificação, cada um composto por dados oriundos de 4 a 5 sonogramas, são apresentados a seguir (Figs. 5, 6, 8 e 9). As amostras coletadas serviram para confirmação do tipo de sedimento encontrado em cada classe, representada nos mapas por diferentes cores. Observou-se que do número total de amostras, em torno de 10% destas não confirmaram a classe esperada. Isto se deve ao fato de que, no momento da coleta do material, as condições de navegabilidade não eram favoráveis, causando um desvio do ponto pré-estabelecido para lançamento do equipamento de amostragem. Ao analisar estes mapas, foram observados certos padrões de distribuição dos sedimentos ao longo do canal. No primeiro trecho, a Classe 4 se distribui principalmente na parte central do canal e os sedimentos mais finos das Classes 1 e 2, se distribuem com certa uniformidade em direção

as margens. Nas proximidades do Arroio Pelotas, a Classe 2 aparece com maior frequência. Conforme prosseguimos em direção a eclusa, a concentração de lama vai diminuindo, dando lugar a uma maior concentração nas Classes 3 e 4, constituídas basicamente de areia. Este trecho do canal sofre a influência direta das águas salgadas da Laguna dos Patos, que em períodos de pouca precipitação e incidência do vento nordeste, entram pelo canal até a eclusa, favorecendo a floculação e deposição de finos nestas áreas. Observa-se também que, a incidência predominante das Classes 1 e 2 neste trecho, ocorrem na margem do canal do lado do município de Pelotas, devido a descarga do Arroio Pelotas, seu maior tributário nesta margem.

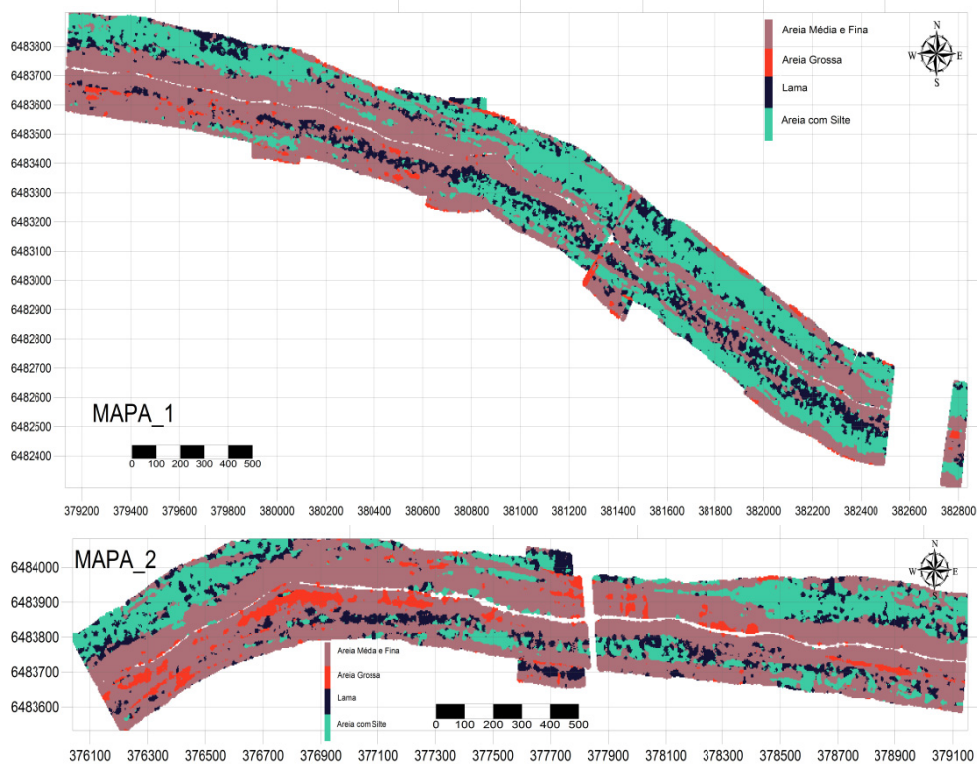


Figura 5. Mapas 1 e 2 mostrando a distribuição dos sedimentos no leito do canal, de acordo com a classificação obtida através da aplicação dos softwares *QTC SIDEVIEW*[®] e *QTC CLAMS*[®].

O Mapa 4, mostrado na Figura 6, apresenta uma grande concentração da Classe 2 (lama) em função de sua proximidade à área de descarga do Canal Santa Bárbara, também localizado na margem Pelotas.

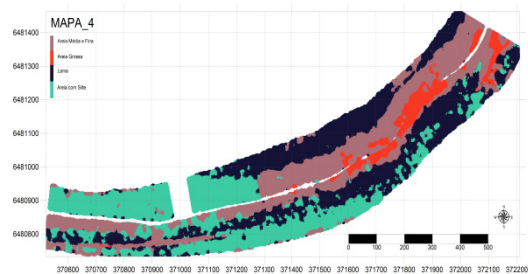


Figura 6. Concentração de sedimento da Classe 2, classificado como lama pelo *QTC SIDEVIEW*[®].

Na Figura 7 é possível identificar claramente sua pluma neste trecho do canal. Isto justifica a grande concentração de lama representada pela cor preta na Figura 6 nas margens dos dois lados.

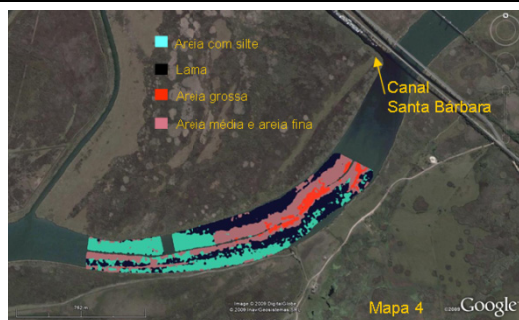


Figura 7. Deslocamento da Pluma do Canal Santa Bárbara.

Nos trechos seguintes, o padrão de distribuição dos sedimentos se mantém, com maior incidência da classe areia no centro do canal e a ocorrência de silte em direção às bordas do mesmo. Nos mapas 7 e 9 foram plotados alguns pontos amostrais confirmando a classe atribuída pelo software (Fig. 8 e 9). As amostras S4, S35 e S56 confirmaram a presença de areia grossa (Classe 3). As amostras S6, S9 (Classe 1) também apresentaram boa correlação

com a análise sedimentar, onde são classificadas como areia muito fina e areia média, respectivamente. O mesmo acontece com as amostras S36 (silte muito fino) e S58 (silte médio), representantes da Classe 2. Numa análise comparativa com as imagens geradas pelo sonar, observou-se a ocorrência de silte nas cavas das ondulações de fundo observadas, as quais servem como armadilhas para esse tipo de sedimento. No mapa 7 é observado um pequeno trecho onde o canal aparentemente apresenta uma largura maior que o restante. Neste trecho ocorreu uma mudança no alcance do sinal acústico, no momento da aquisição de dados, causando duplicidade na reflexão do mesmo. Esse tipo de registro pode ser evitado se os parâmetros como largura do feixe e intensidade do sinal emitido pelo sonar durante o levantamento são mantidos constantes.

próximo à margem. As amostras S4, S6 e S8, comprovam a presença dominante de sedimentos arenosos, variando desde areia muito fina até areia muito grossa.

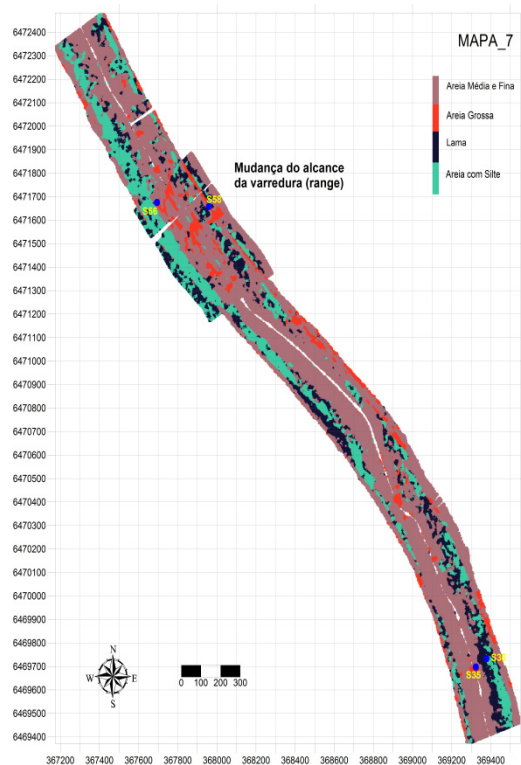


Figura 8. Localização das amostras S35 (areia grossa), S36 (silte muito fino), S56 (areia grossa) e A58 (silte médio); trecho com dupla refletividade do sinal acústico.

Na Figura 9 observa-se o contorno bem definido da Ilha do Brigadeiro, localizada bem

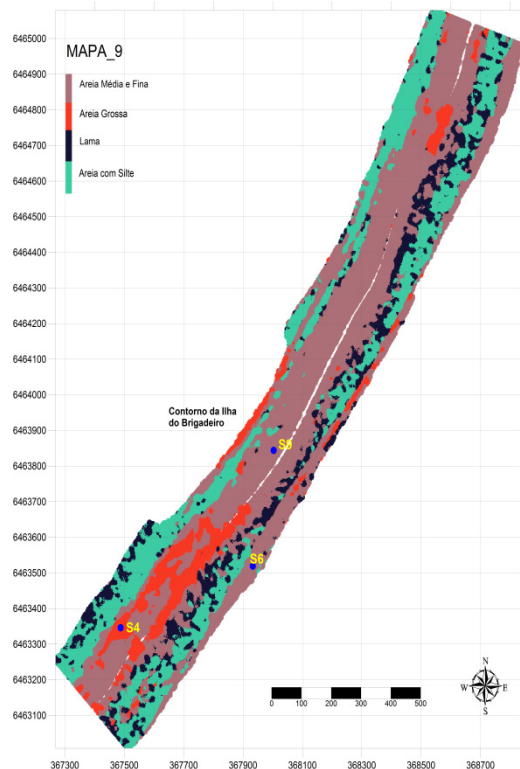


Figura 9. Localização das amostras S4 (areia grossa), S6 (areia muito fina) e S8 (areia grossa); contorno bem definido da Ilha do Brigadeiro.

CONCLUSÕES

O conhecimento da composição sedimentar de leitos de rios e canais é de grande importância para viabilizar a utilização destes para os mais variados fins. O caso do Canal São Gonçalo aborda dois aspectos em áreas distintas: a primeira nas proximidades da área portuária e a segunda em área de extração de areia para construção civil. Nas duas situações, as atividades de dragagem estão presentes. A metodologia empregada neste estudo através da classificação acústica dos sedimentos de fundo permitiu conhecer em detalhe, as principais classes sedimentares que compõem o leito do canal, com grande resolução espacial e temporal. Com um número reduzido de amostras foi possível mapear e classificar um trecho de quase

30 km de extensão. Os sedimentos foram classificados em quatro classes acústicas: lama, areia com silte, areia média a fina e areia grossa. Os mapas de fundo gerados mostram uma maior ocorrência de sedimentos finos no trecho a montante da eclusa, devido ao deságüe do Canal Santa Bárbara e do Arroio Pelotas. A deposição destes sedimentos é favorecida pela entrada de águas salgada oriunda da Laguna dos Patos. Os mapas mostram também a ocorrência de um padrão deposicional longitudinal, com a ocorrência das classes areia no centro do canal e os sedimentos mais finos mais próximos das margens.

Concluimos este trabalho destacando a importância da aplicação de sistemas de classificação acústica de fundo como uma nova ferramenta para auxiliar no gerenciamento de atividades que envolvem processos de dragagem, tanto para manutenção de canais de navegação como para exploração dos recursos minerais.

AGRADECIMENTOS

Cabe aqui externar nossos agradecimentos ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Química, Física e Geológica, ao Colégio Técnico Industrial (CTI/FURG) e ao Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG/FURG), pelo apoio indispensável, tanto em termos de pessoal, equipamentos e viaturas. À Sociedade Mineradora Arroio dos Ratos (SOMAR), pela disponibilização dos recursos necessários para aquisição dos *softwares* e treinamento na sede da empresa no Canadá.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁVILA, A.M.H. 1994. **Regime de precipitação pluvial do Rio Grande do Sul com base em séries de longo prazo**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Agronomia, UFRGS. 75 p.

BOSS, K.S.; HOFFMAN, C.W. & RIGGS, S.R. 1999. **Interpretation of side-scan sonar records of a portion of the inner North Caroline continental shelf between Oregon inlet and Kitty Hawk**. Final contract report to Mineral Management Service.

CALLIARI, L.J.; ESTEVES, L.S. & CARDOSO, J.N. 1994. Padrões sonográficos

e sedimentológicos de um afloramento de beachrock na plataforma interna do Rio Grande do Sul. In: **Anais...** Congresso Brasileiro de Geologia, 38. Balneário Camboriú, SC, 23 a 28 de outubro de 1994. Boletim de resumos expandidos, 1: 374-376.

COLLIER, J.S. & BROWN, C.J. 2005. Correlation of sidescan backscatter with grain size distribution of surficial seabed sediments. **Marine Geology** **214**, 431-449.

GREEN, M.O. 1986. Side-scan sonar mosaic of a sand ridge field: Southern Mid-Atlantic Bight. **Geo-Marine Letters**, 6: 35-40

HAMILTON, L.J., MULHEARN, P.J. & POECKERT, R. 1999. Comparison of RoxAnn an QTC View acoustic bottom classification system performance for the Cairns area, Great Barrier Reef, Austrália. **Continental Shelf Research** **19**, 1577-1597.

KIESER, R.; PRESTON, J.; ORLOWSKI, A. & CHAPMAN, R. 2007. Acquiring and preparing acoustic data. Acoustic seabed classification of marine physical and biological landscapes. **ICES Cooperative Research Report nº 286**, 29 – 44.

MCKINNEY, T.F.; STUBBLEFIELD, W.L. & SWIFT, D.J.P. 1974. Large-scale current lineations on the central New Jersey shelf: Investigations by side-scan sonar. **Marine Geology**, **17**(2): 79-102

MICHAELS, W. 2007. Review of acoustical seabed classification systems. Acoustic seabed classification of marine physical and biological landscapes. **ICES Cooperative Research Report nº 286**, 94 – 115.

PRESTON, J.M.; CHRISTNEY, A.C.; COLLINS, W.T. & BLOOMER, S. 2004. **Automated acoustic classification of sidescan images**. IEEE Oceans 2004.

PRESTON, J. 2008. Automated acoustic seabed classification of multibeam images of Stanton Banks. **Applied Acoustics**, doi: 10.1016/j.apacoust.2008.07.011

RUKAVINA, N. 2001. Mapping and monitoring contaminated-sediment geometry and stability. **The Science of the Total Environment**, **266**, 33-39.

THORNTON, E.B.; SWAYNE, J.L. & DINGLER, J.R. 1998. Small-scale morphology across the surf zone. **Marine Geology**, **145**: 173-196

USGS 2005. Open-File - 1162. **Sidescan-sonar imagery and surficial geologic**

- interpretation of the sea floor of Bridgeport Connecticut.**
- VAN WALRRE, P.A.; TEGOWSKI, J.; LABAN, C. & SIMONS, D.G. 2005. Acoustic seafloor discrimination with echo shape parameters: A comparison with the ground truth. **Continental Shelf Research** **25**, 2273 - 2293.
- VIEIRA, H. 1982. **Aspectos sedimentológicos do canal de São Gonçalo.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, curso de Pós-graduação em Geociências. 132p.
- VILLWOCK, J.A. 1973. **Contribuição à geologia do Holoceno da província costeira do Rio Grande do Sul – Brasil.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-Graduação em Geociências. 133p.
- WIENBERG, C. & BARTHOLOMA, A. 2005. Acoustic seabed classification in a coastal environment (outer Weser estuary, Germain Bight) – a new approach to monitor dredging and dredge spoil disposal. **Continental Shelf Research** **25**, 1143-1156.
- WENTWORTH, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, **30**: 377-392
- WOODRUFF, J.D.; GEYER, R.; SOMMERFIELD, C.K. & DRISCOLL, N.W. 2001. Seasonal variation of sediment deposition in the Hudson River estuary. **Marine Geology**, 179: 105-119.