

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

BRENO PASQUALATO DE MORAES E SILVA

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE VISUALIZAÇÃO 3D PARA
IDENTIFICAÇÃO DE JAZIDAS SUBMARINAS POTENCIAIS**

BRENO PASQUALATO DE MORAES E SILVA

TCC-UFSC

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

BRENO PASQUALATO DE MORAES E SILVA

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE VISUALIZAÇÃO 3D PARA IDENTIFICAÇÃO DE
JAZIDAS SUBMARINAS POTENCIAIS**

FLORIANÓPOLIS
2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

BRENO PASQUALATO DE MORAES E SILVA

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE VISUALIZAÇÃO 3D PARA IDENTIFICAÇÃO DE
JAZIDAS SUBMARINAS POTENCIAIS**

Trabalho apresentado ao Curso de Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Professor Jarbas Bonetti Filho
Supervisor Local (CB&I): Dr. Rodrigo do Carmo Barletta

FLORIANÓPOLIS
2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

BRENO PASQUALATO DE MORAES E SILVA

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE VISUALIZAÇÃO 3D PARA IDENTIFICAÇÃO DE
JAZIDAS SUBMARINAS POTENCIAIS**

Florianópolis, XX de julho de 2014.

Professora Marinez Eymael Garcia Scherer
Coordenadora do Curso

Professor Antonio Henrique da Fontoura Klein
Professor disciplina

Comissão Examinadora

Prof. Jarbas Bonetti Filho
Orientador

Prof. Antonio Henrique da Fontoura Klein
Componente da Comissão Examinadora

Dr. Rodrigo do Carmo Barletta
Componente da Comissão Examinadora

À minha Família.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, fonte de inspiração, dedicada, meu porto seguro.

A meu pai, mesmo não estando presente, muito me ensinou, e é responsável por quem eu sou.

A toda minha família, pelo apoio e atenção.

A meu irmão, junto com quem aprendi a brigar, dividir e amar.

Ao Prof. Jarbas Bonetti, pessoa que admiro, pelos conselhos dados desde o início da faculdade, por ter aceitado ser orientador. Um verdadeiro Professor.

Ao Barletta, professor, gerente e amigo. Obrigado por todas oportunidades.

Também gostaria de agradecer a CB&I, pelos dados cedidos e pelas experiências profissionais que ela me proporcionou.

Ao Prof. Klein, por ter aceitado compor a banca examinadora, pelos ensinamentos durante o curso.

Aos grandes amigos que fiz nestes anos, por todas experiências divididas, especialmente ao pessoal da Primeiríssima Turma da Oceanografia.

Ao pessoal do LOC, pelo companheirismo e ajuda prestada, e pelas boas conversas na hora do café.

Enfim agradeço a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para que este trabalho fosse concluído.

RESUMO

A Região Metropolitana de Recife (RMR) possui alta densidade populacional e encontra-se localizada em um litoral que possui tendências erosivas, registradas em aproximadamente em 1/3 das praias do estado. Nela foi realizado um projeto de alimentação de praia, em parceria realizada entre a prefeitura local e a iniciativa privada, mais precisamente no município de Jaboatão dos Guararapes. Alimentação artificial de praias arenosas é uma técnica de recuperação e proteção do litoral, que busca minimizar os impactos decorrentes dos processos erosivos naturais, através da colocação de volumes de sedimentos de origem natural em diferentes setores da praia. Jazidas submersas de areia na plataforma continental apresentam grande potencial como fonte de sedimentos para alimentação artificial de praias arenosas, uma vez que possuem características granulométricas semelhantes associadas à origem do material. Nesse trabalho pretendeu-se estudar técnicas de visualização 3D para representação de uma jazida submarina de areia no estado do Pernambuco e delimitação das áreas de maior interesse a partir de uma série de variáveis associadas aos sedimentos. A geração das imagens deu-se através da correlação, no espaço, de dados provenientes de testemunhos geológicos com o uso de ferramentas de interpolação em três dimensões. Os resultados foram organizados no Sistema de Informação Geográfica ArcGIS 10.2 e produzidos através do software Target™ da Geosoft®. As principais variáveis estudadas foram: diâmetro médio, grau de seleção, porcentagem de lama e porcentagem de seixo. As imagens se mostraram úteis na dimensionalização da jazida e na sua visualização segundo os parâmetros descritos. Desta maneira, foi possível selecionar áreas da jazida por meio da eliminação de áreas.

Palavras-chave: jazida de areia submersa, alimentação de praia, erosão costeira, geoprocessamento.

ABSTRACT

The Região Metropolitana de Recife [Recife Metropolitan Area] (RMR) has a high population density, and it is located in a coast with erosional tendencies, recorded in approximately one third of the beaches in the state. It was developed a beach nourishment project in the RMR, more precisely in the city of Jaboatão dos Guararapes. Artificial beach nourishment is a technique for the shore recovery and protection, which seeks to minimize the impacts, resulting from natural erosional processes, through the placement of unaltered sediment volumes in different beach sections. Offshore sand sources in the continental shelf depict great potential as sedimentary sources for sandy beaches artificial nourishment, once they present similar granulometric features associated to the continental origin of the material. In this work, it is intended to study three-dimensional visualization techniques for the representation of an offshore sand source in the Pernambuco state, as well as the delimitation of interest areas from several inherent variables. The generation of images were accomplished through the spatial correlation between the data provided by geological cores and the use of three-dimensional interpolation tools. The results were organized the Geographic Information System ArcGIS 10.2 and produced through the Geosoft® Target™ software. The main analyzed variables were: mean grain size, sorting, clay content, and gravel content. The imagery was useful for the dimensioning of the sand source and for its visualization according to each parameter, allowing for the selection of some sand source areas by eliminating others.

Key-words: offshore sand sources, beach nourishment, coastal erosion, geomatics

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Contínuo de tipos de obra de estabilização. Fonte: GIANOU (2014).	7
Figura 2. Fluxograma de procedimentos para busca de jazida de areia submersa. Fonte: traduzido de Finkl et al. (2009).	10
Figura 3. Localização da área de estudo. Município de Jaboatão dos Guararapes. Datum WGS 84, projeção UTM, zona 25 S, coordenadas em metros. Imagem: Google Earth®. Fonte: (CB&I, 2009). 11	
Figura 4. Locais para a busca de jazida de areia para o engordamento da praia. Datum WGS 84, projeção UTM, zona 25 S, coordenadas em metros. Imagem: Google Earth ®. Fonte: (CB&I, 2009).	15
Figura 5. Distribuição dos 30 pontos de sondagem nas três áreas primárias. Fonte: CB&I	Erro!
Indicador não definido.	
Figura 6. Vibracores executados Datum WGS 84, Coordenadas em metros UTM, Zona 25 S.	17
Figura 7. Fluxograma dos procedimentos para a geração de imagens 3D.	20
Figura 8. Resultado da interpolação do diâmetro médio. Classificação segundo Folk & Ward (1957).	22
Figura 9. Recorte da jazida para classe areia média. Classificação segundo Folk & Ward (1957).	23
Figura 10. Resultado da interpolação do desvio padrão. Classificação segundo Folk & Ward (1957). 24	
Figura 11. Recorte da jazida sem amostras classificadas como mal selecionadas. Classificação segundo Folk & Ward (1957).	26
Figura 12. Resultado da interpolação da % de lama.	27
Figura 13. Resultado da interpolação da % de areia.	28
Figura 14. Recorte da jazida para amostras >90% de areia.	29
Figura 15. Resultado da interpolação da % de seixo.	30
Figura 16. Recorte da jazida para amostras <5% de seixo.	31
Figura 17. Resultado da interpolação da assimetria. Classificação segundo Folk & Ward (1957).	32
Figura 18. Resultado da interpolação da curtose. Classificação segundo Folk & Ward (1957).	33
Figura 19. Recorte da jazida para amostras leptocúrticas. Classificação segundo Folk & Ward (1957).	34

SUMÁRIO

ABSTRACT	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
SUMÁRIO	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Geral	4
2.2. Específicos	4
3. REFERENCIAL TEÓRICO	5
3.1. Processos Erosivos no Estado de Pernambuco	5
3.2. Alimentação Artificial de Praias Arenosas	6
3.3. Busca de Jazidas Submersas	8
4. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	11
4.1. Aspectos Geológicos e Sedimentológicos	12
4.2. Aspectos Oceanográficos e Climatológicos	13
4.3. Aspectos Hidrológicos	14
5. ETAPAS ANTECEDENTES	15
6. MATERIAIS E MÉTODOS	17
RESULTADOS E DISCUSSÕES	21
7.1. Diâmetro Médio	21
7.2. Desvio Padrão	23
7.3. Porcentagem de Lama	26
7.4. Porcentagem de Areia	27
7.5. Porcentagem de Seixo	30
7.6. Assimetria e Curtose	31
8. CONCLUSÕES	35
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
APÊNDICE A – Metodologia para produção de imagens 3D	45

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma costa com mais de 8000 km de extensão onde se encontram grandes cidades próximas às zonas litorâneas (MUEHE, 2005). Na grande maioria dos casos a ocupação destes ambientes é feita de maneira desordenada, não respeitando os limites de ação dos processos costeiros (MUEHE, 2005). Quando isso acontece, eventos de erosão que ocorrem naturalmente em praias tornam-se um grande problema, podendo gerar prejuízos ambientais e socioeconômicos.

No Brasil, os estudos sobre erosão costeira são relativamente recentes, ganhando grande expressão a partir da década de 1990 (SOUZA et al. 2005). Segundo Muehe (2006), eventos de erosão têm sido registrados com maior frequência no país. Esses eventos podem ser decorrentes de causas naturais, como por falta de suprimento sedimentar e elevação no nível relativo do mar, ou por causas antrópicas, devido à fixação de estruturas rígidas (edificações, quebra-mares, etc.) na faixa de reposta dinâmica (SOUZA et al., 2005). Entre os prejuízos causados pela erosão estão a redução da largura da praia, comprometimento do potencial turístico (perda do valor paisagístico), perda do valor imobiliário e perda de propriedades e bens públicos ou privados.

Ao longo dos anos diferentes métodos foram propostos para mitigar os efeitos da erosão em praias urbanizadas. O uso de estruturas rígidas tradicionais, por exemplo, é uma das práticas mais utilizadas no mundo, sendo estas capazes de proteger a costa e mitigar os efeitos da erosão quando implementadas de maneira adequada (SEYMOUR, 1995). Porém, seu uso de maneira negligente aos processos físicos locais podem acabar agravando, ou deslocando os problemas de erosão para praias adjacentes (SEYMOUR, 1995). Outra técnica existente de mitigação, ou de saneamento de erosão, é a recomposição de praias por meio de alimentação artificial. A implementação de projetos de recomposição (*i.e.*, alimentação ou engordamento) de praia não é muito difundida no Brasil, porém são amplamente executados na Europa (HANSON, 2002) e nos Estados Unidos da América (EUA), onde se intensificaram a partir da década de 1950, a maior parte deles no estado da Flórida (TREMBANIS & PILKEY, 1998). Dentro do escopo dessa estratégia há a necessidade encontrar uma jazida para fornecimento de material adequado. Sabe-se por estudos de Finkl et al. (2003) que jazidas submersas na antepraia ou plataforma interna costeira reduzem significativamente o custo e a produtividade deste tipo de intervenção, além de em grande maioria dos casos prover um material de origem mineralógica semelhante ao da praia, fato que influi diretamente no desempenho do projeto realizado.

Baseados em sua experiência Finkl & Khalil (2005) propuseram diretrizes para busca de jazidas submarinas de areia, sugerindo uma metodologia a ser seguida. A prospecção de jazidas submarinas adequadas para obras de engordamento de praia tem como objetivo a identificação de sedimentos com características desejáveis pelo ponto de vista da engenharia (granulometria e composição mineralógica específicas, livre de “contaminantes”) e do fator cênico/paisagístico (SPM, 1984). Este tipo de busca envolve o conhecimento de vários fatores geológicos (litologia do local, geomorfologia e estratigrafia) e oceanográficos e, para sua viabilidade econômica, a distância da jazida até a praia e particularidades em relação ao volume, profundidade e geometria da jazida devem ser considerados (FINKL & KHALIL, 2005).

Atualmente existe uma tendência de mitigar os efeitos da erosão através da combinação de diferentes técnicas de engenharia, implementando obras de recomposição (adição de sedimento) e proteção (manutenção/retenção de sedimentos) da linha de costa na tentativa de se obter melhores resultados. Estratégias que seguem esta linha de engenharia foram implementadas em 2011, em um projeto de recomposição de praias arenosas, pela empresa CB&I no município de Jaboatão dos Guararapes, litoral do estado de Pernambuco. Para achar uma jazida adequada à realização deste projeto de engordamento de praia, etapas sequenciais foram realizadas, iniciando com pesquisa bibliográfica de informações relevantes (principalmente no que diz respeito à faciologia da plataforma interna), levantamento de dados existentes e criação de um SIG (Sistemas de Informação Geográfica) para auxílio de tomada de decisão, que condensou todas as informações coletadas na pesquisa inicial. Campanhas de levantamento hidrográfico, sísmica, sonografia, magnetometria e geotecnia de amostras deformadas e não deformadas foram realizadas, assim como, posteriormente, a determinação granulométrica e a delimitação de área de cubagem de jazida. A estimativa de meia vida útil e perdas ao longo do tempo foram igualmente contempladas no escopo do projeto.

No âmbito da estimação da variabilidade espacial de propriedades naturais, o uso de técnicas de interpolação geoestatística ou determinística e análise espacial integrada em ambiente SIG apresenta grande potencial de aplicação (MAZZINI & SCHETTINI, 2009). Estes recursos são amplamente utilizados na prospecção e exploração mineral, devido ao rápido acesso aos dados e a possibilidade de mapeamento e visualização dos padrões (e.g., geológicos, geoquímicos) de sub-superfície (PINHO, 2011).

Com a intenção de melhorar e divulgar o conhecimento sobre esta alternativa de proteção costeira, além de refinar procedimentos metodológicos com vistas às aplicações práticas em futuras buscas de jazidas, este TCC (desenvolvido na modalidade: Experiência

Profissional Orientada) foi realizado através da parceria entre CB&I e o LOC (Laboratório de Oceanografia Costeira). O mesmo visa utilizar técnicas de interpolação associadas à visualização de dados em 3D como ferramentas na caracterização, definição e avaliação volumétrica de jazidas de areia submarinas para fins de recuperação de praias arenosas erodidas.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Este trabalho tem por objetivo testar métodos de visualização 3D de dados sedimentológicos em ambiente SIG e explorar a eficiência dos mesmos na identificação de áreas para exploração de jazidas submarinas de areia.

2.2. Específicos

- Avaliar e definir as variáveis relevantes para a identificação de uma jazida submarina tendo por base um conjunto de furos de sondagem.
- Espacializar e interpolar em ambiente SIG variáveis obtidas para a coluna sedimentar através da análise dos furos de sondagem, considerando suas principais propriedades (*e.g.*, granulometria, % de lama, grau de seleção, *etc.*).
- Elaborar produtos de visualização em três dimensões das variáveis escolhidas, utilizando o software Target™, testando diferentes métodos de interpolação e buscando a melhor representação espacial dos dados.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Processos Erosivos no Estado de Pernambuco

Segundo Muehe (2005), Recife, localizada no estado de Pernambuco, está entre as cidades costeiras do Brasil que apresentam maior densidade populacional, sendo nessas áreas de maior ocupação que a erosão costeira se torna uma preocupação. No litoral de Pernambuco a erosão marinha é um problema verificado em aproximadamente 1/3 das praias (MANSO, 2006).

A tendência erosiva de longo termo do litoral do Nordeste, a norte do Rio São Francisco, entre os Lençóis Maranhenses e Alagoas, foi indicada por Dominguez & Bittencourt (1996). Neste trecho da costa brasileira as bacias hidrográficas se encontram em regiões de clima semiárido e relevo baixo, fatores que aliados ao seu relativo pequeno tamanho fazem com que a costa receba menores volumes de sedimento, induzindo uma tendência em longo prazo de retração de linha de costa (DOMINGUEZ & BITTENCOURT, 1996), confirmada por feições indicativas como falésias ativas entalhadas, estuários preenchidos, arenitos de praia e recifes de coral e algas calcárias.

No entanto Muehe et al. (2006) constataram, a partir de uma análise preliminar de relatórios de diversos grupos de pesquisa, que 80% das causas da erosão no Brasil são atribuídas às intervenções do homem, relacionadas à urbanização e à interferência no balanço sedimentar em decorrência da construção de estruturas rígidas, considerando as causas naturais como secundárias em períodos de curta duração.

Os primeiros registros sobre o problema de erosão no litoral de Pernambuco segundo Ferraz (1914, apud Manso, 2006, p.188), estão relacionados à construção e ampliação do Porto do Recife, causando erosão ao norte no município de Olinda. Segundo estes autores, na mesma região os aterros de mangues na foz do rio Beberibe, contribuíram para acelerar o processo erosivo já instalado na Praia dos Milagres. Posteriormente em 1953 foram encomendados estudos a um grupo de pesquisadores franceses. Estes recomendaram a implementação de estruturas rígidas (dois quebra-mares semi-submersos e três espigões distribuídos nas praias dos Milagres, Carmo e Farol). No entanto, ocorreu a transferência da erosão para as praias a jusante (MANSO et al, 2006). Outras intervenções registradas foram a instalação de 35 molhes em praias do município de Olinda, de maneira que a zona de erosão migrou novamente na direção Norte, até a Ilha de Itamaracá; e a construção do porto de Suape, que contribuiu com o problema de erosão já existente na praia de Boa Viagem em Recife (MANSO et al, 2006).

3.2. Alimentação Artificial de Praias Arenosas

Em algumas ocasiões em praias urbanas onde ocorre erosão, gestores de municípios buscando rápida resposta para a população acabam realizando obras emergenciais de contenção, fixando estruturas rígidas na praia. Casos como este podem ser observados em Fortaleza (CE), Recife (PE) e Florianópolis (SC), entre outros municípios brasileiros. Porém, apesar de conter a erosão momentaneamente, somente este tipo de obra não resolve o problema crônico da erosão, pois impede a passagem de sedimento ao longo da costa, provocando a mudança do ponto de erosão para praias adjacentes, além de degradar o ambiente e a paisagem local (SEYMOUR, 1995).

Contudo, existem técnicas de estabilização de linha de costa (soft stabilization techniques) que incorporam materiais de origem natural de forma a minimizar os impactos de processos naturais que causam erosão, em contraste com técnicas que utilizam estruturas rígidas (hard armoring techniques) como grandes rochas, concreto ou aço, limitando os processos naturais e alterando a configuração da linha de costa (GIANOU, 2014).

Recentemente a utilização de obras de alimentação artificial de praia, dita “engenharia leve”, têm sido largamente utilizadas em zonas costeiras que apresentam problemas de erosão (SWART, 1991). Uma revisão de projetos realizados ao redor do mundo pode ser vista no trabalho de Menezes (2005). Este processo consiste basicamente na colocação de grandes volumes de areia em regiões que apresentam déficit no balanço sedimentar (Dean, 2002). Deste modo a praia mantém suas características naturais, servindo como tampão de proteção contra tempestades e ondas (MENEZES, 2005). A vida útil de um engordamento dependerá do projeto inicial e do número e intensidade de eventos de tempestade, havendo a necessidade de alimentações periódicas após este período (KOCH, 2006).

Existem ainda técnicas que mesclam os diferentes tipos de obras de estabilização de linha de costa (Figura 1). A utilização modesta de estruturas rígidas em praias recuperadas, muitas vezes ajuda na proteção e estabilização da praia, como observado em Pope & Dean (1986).

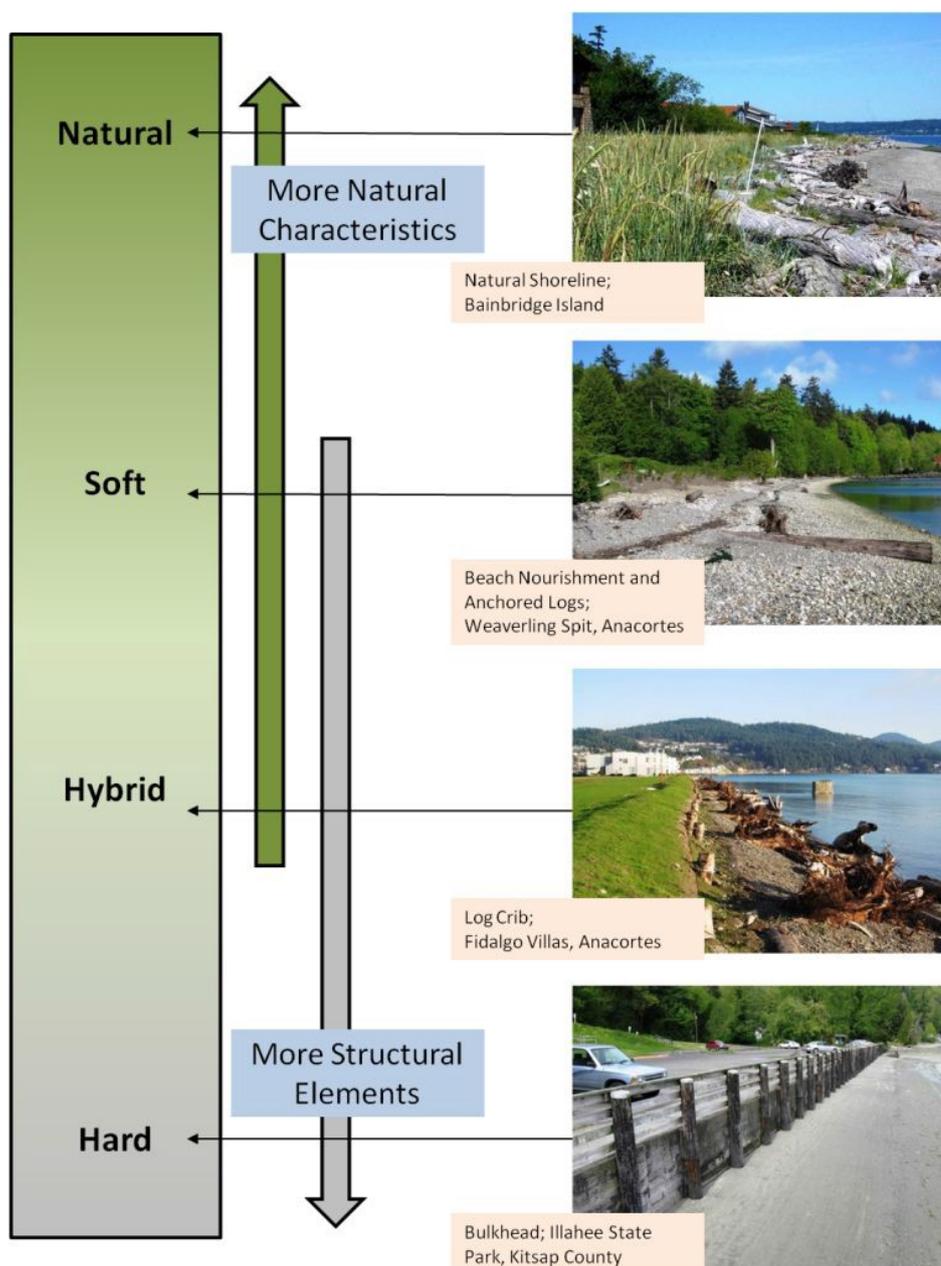


Figura 1. Contínuo de tipos de obra de estabilização. Fonte: GIANOU (2014).

Em projetos de alimentação artificial de praias, o tipo de sedimento utilizado deve possuir características granulométricas mais próximas possíveis do sedimento nativo da praia, pois se assume que estes são resposta direta às condicionantes locais (SEYMOUR, 1995). Assim, o material depositado permanecerá por tempo satisfatório na praia, aumentando a vida útil da obra, gerando uma baixa razão custo/benefício (SPM, 1984). Porém, nem sempre são encontradas fontes com distribuição granulométrica próxima. Sendo assim, no caso do uso de jazida com sedimentos relativamente mais grossos para uma alimentação de praia, o perfil praiar se tornará mais inclinado, enquanto o uso sedimentos relativamente mais finos que os da praia suavizarão o perfil, a despeito de serem carregados mais facilmente pelos processos naturais para a parte submersa da praia (DEAN, 1974). Nestes casos se faz necessária a

colocação de um volume maior do que o planejado (SPM,1984). Teores máximos de material fino, carbonático e orgânico também devem ser estipulados nesta fase, conforme o perfil desejado (MENEZES, 2012).

As fórmulas para quantificação do volume de sedimento a ser colocado, bem como a forma do perfil praias resultante podem ser resgatadas em Dean (2002).

3.3. Busca de Jazidas Submersas

O termo “jazida sedimentar” expressa o volume de onde o sedimento será explorado. Em um projeto de alimentação praias, o material em quantidades necessárias deve estar presente em uma ou mais jazidas, preferencialmente em áreas com localização próxima ao destino final, por questões logísticas (FINKL & KHALIL, 2005). As jazidas podem ser de origem continental ou marinha, sendo que a preferência será de acordo com a compatibilidade dos sedimentos para o aterro em relação ao sedimento da praia original (MENEZES, 2012).

No entanto, devido às dificuldades logísticas de transferência de sedimentos terrestres adequados até a costa, os esforços na prospecção de jazidas têm se concentrado em fontes submarinas (FINKL et al, 2003). Além disso, sedimentos da plataforma continental são depósitos de materiais potencialmente adequados para este fim, por suas características granulométricas associadas à origem do material (ASSIS, 2005).

Existem diferentes abordagens para busca de jazidas submarinas, desenvolvidos para regiões específicas devido às particularidades de cada ambiente geográfico (FINKL & KHALIL, 2005). Após inúmeros estudos e engordamentos realizados, Finkl & Khalil (2005) propuseram diretrizes para busca de jazidas de areia submersas em costas deltaicas. Este método leva o nome de “eliminação de áreas”, e os procedimentos básicos propostos se concentram em três maiores etapas sequenciais (Figura 2).

A primeira etapa consiste na revisão da literatura existente sobre o local e compilação de dados pretéritos sobre a geologia, geomorfologia e geofísica, que serão utilizados no reconhecimento de áreas potenciais. Seu propósito é familiarizar o grupo de pesquisa com as condições ambientais locais. A importância destas tarefas não deve ser negligenciada, pois são cruciais na criação de uma base de dados em SIG para o desenvolvimento do modelo conceitual de ambientes sedimentares. Assim, a abordagem do local na busca da jazida se ajusta às peculiaridades da região. Uma vez realizada esta revisão, são definidas as linhas de

exploração e os equipamentos a serem utilizados, tornando possível a estimativa de custos iniciais.

A segunda etapa é de realização de levantamentos geológicos e geofísicos de reconhecimento das áreas de interesse, indicadas pela primeira fase. Estes levantamentos contemplam métodos indiretos (batimetria regional, sísmica) e diretos (amostras de sedimento superficial e *jet probes*). O levantamento batimétrico regional é realizado, respeitando as linhas de planejamento, e uma amostragem sedimentar preliminar é feita. Simultaneamente à batimetria o levantamento sísmico (*sub-bottom profiling*) é feito, pois a partir da interpretação de seus dados são selecionadas as áreas de interesse onde serão realizadas as perfurações (*vibracores*) na próxima etapa. Estes dados de reconhecimento permitirão caracterizar áreas potenciais, e identificar as “áreas alvo” da exploração detalhada.

Na terceira etapa são realizados levantamentos geológicos e geofísicos detalhados. As tarefas a serem desempenhadas são basicamente as mesmas da etapa dois, porém a área é reduzida e as amostragens são mais detalhadas. Novas linhas de amostragem são planejadas, com menor espaçamento entre elas, para um levantamento sísmico de alta resolução. Neste tipo de levantamento se faz necessária a utilização de um sistema de posicionamento de alta precisão (DGPS). Estes dados sísmicos são cruzados com as amostras analisadas dos *vibracores* realizados. Então, refletores acústicos são identificados, ligando padrões de reflexão a tipos de sedimento específicos. No caso da existência de grande quantidade de dados disponíveis, esta fase não se faz necessária.

Após a realização destas três primeiras etapas uma avaliação de todos os dados obtidos é feita. Ocorre então a seleção da área da jazida, o cálculo do volume da camada de interesse disponível e uma estimativa dos custos de dragagem. O custo leva em consideração a logística do transporte do material e o tipo de draga a ser utilizada e é calculado com base nos seguintes fatores: tipo de sedimento e volume total a ser dragado, distância da jazida à praia onde ocorrerá a alimentação, profundidade da coluna de água e profundidade de corte.

Um levantamento de aspectos culturais/históricos deve também ser realizado, avaliando a presença de estruturas como naufrágios e a presença de sítios arqueológicos. Equipamentos que detectem estruturas metálicas (magnetômetros) e forneçam uma imagem do leito (sonares de varredura lateral) devem ser utilizados para tal finalidade.

A fase final em projetos de busca de jazidas é a elaboração dos relatórios. Esta é muito importante, pois todo o esforço realizado só é válido se os resultados forem apresentados de maneira correta e que facilite a compreensão das partes envolvidas no projeto. Para tanto, deve conter nos relatórios as técnicas utilizadas, métodos de análise empregados e os resultados obtidos. Devido ao fato da busca de jazida ter por base dados de

natureza espacial, figuras e mapas em ambiente de SIG devem ser incorporados no relatório final.

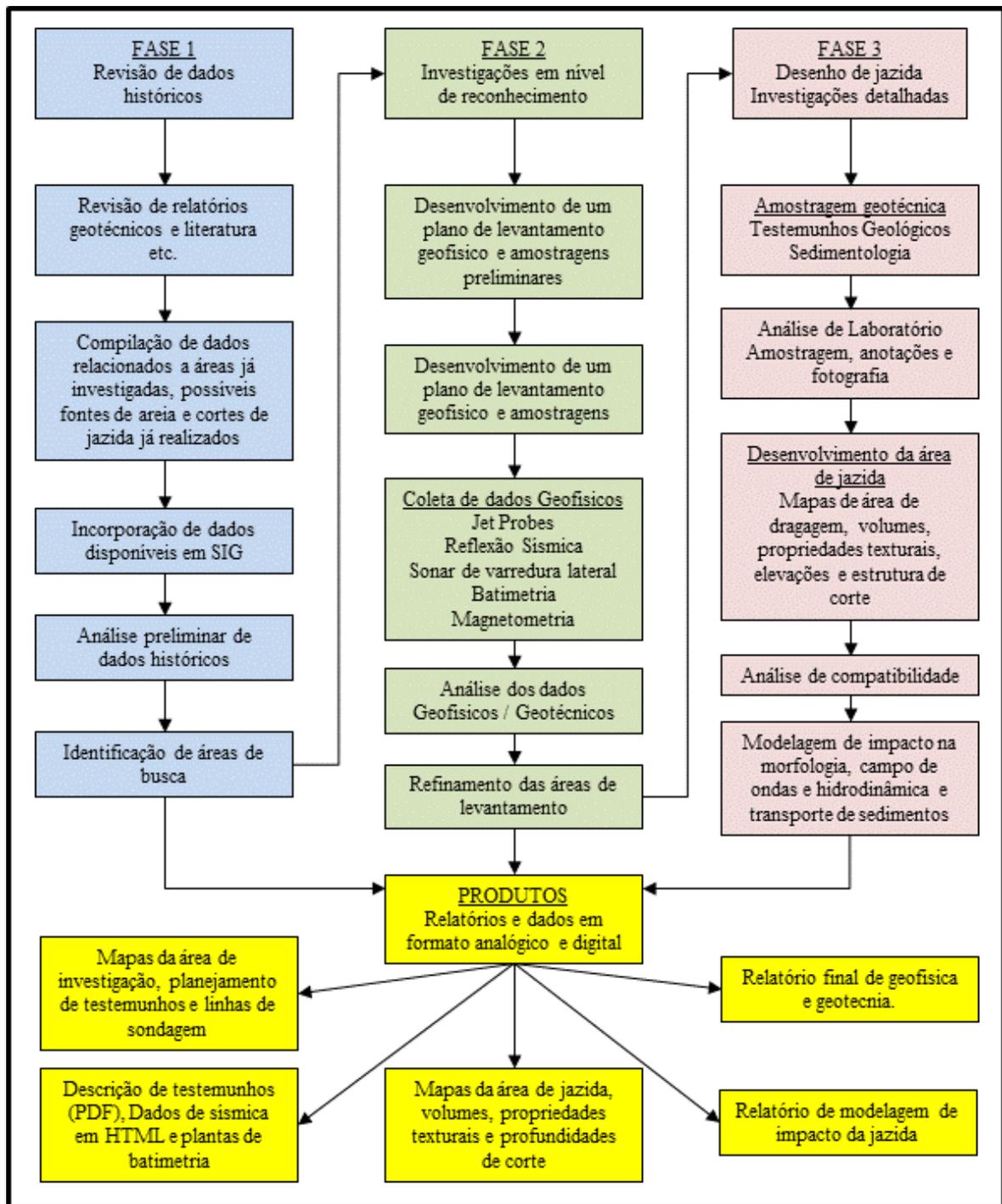


Figura 2. Fluxograma de procedimentos para busca de jazida de areia submersa. Fonte: traduzido de Finkl et al. (2009).

4. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Jaboatão dos Guararapes encontra-se na zona costeira do estado do Pernambuco (Figura 3) e é formado pelas praias de Piedade, Candeias e Barra das Jangadas, que somam aproximadamente 5,5 quilômetros (GUERRA, 2005). É considerado um dos maiores da Região Metropolitana do Recife com uma área de 247,10 km². Este setor do litoral de Pernambuco é formado pelos municípios de Jaboatão dos Guararapes, Olinda e Recife que totalizam uma faixa costeira de aproximadamente 30 km, limitando-se ao norte com o município de Paulista, através do Rio Timbó, e ao sul pelo Rio Jaboatão, com o município de Cabo de Santo Agostinho (ARAÚJO, 2009).

No município do Jaboatão dos Guararapes cerca de 20% da área litorânea tem algum tipo de mecanismo de proteção costeira, sendo mais comuns os espigões de estruturas rígidas perpendiculares. Em Candeias o enrocamento aderente e muros de blocos de pedras erguidas próximos às calçadas tentam conter o avanço do mar (ARAÚJO, 2001).

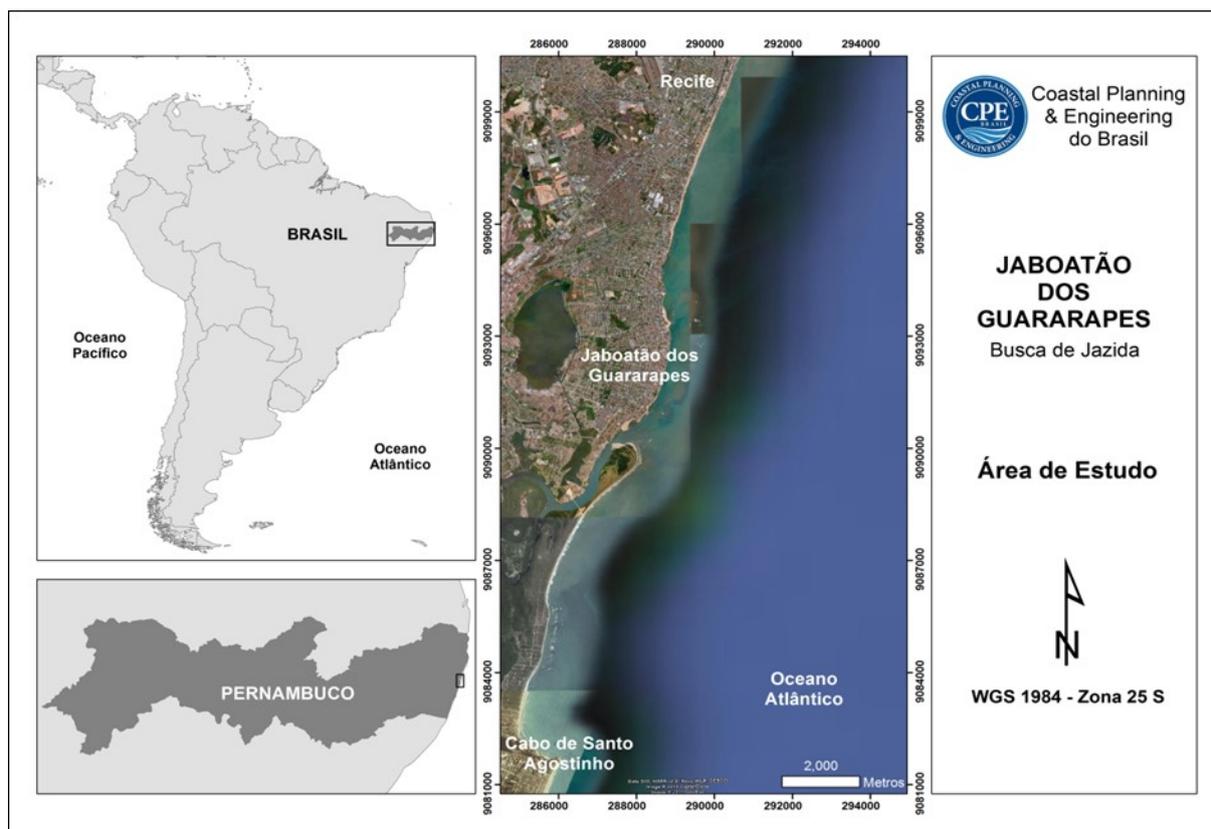


Figura 3. Localização da área de estudo. Município de Jaboatão dos Guararapes. Datum WGS 84, projeção UTM, zona 25 S, coordenadas em metros. Imagem: Google Earth®. Fonte: (CB&I, 2009).

O litoral do estado do Pernambuco possui cerca de 190 quilômetros de extensão. Está localizado no nordeste brasileiro e abrange 21 municípios onde se concentra 44% da população do estado (COSTA & SOUZA, 2002). Possui 12 estuários de pequeno e médio porte e aproximadamente 60 praias, todas com potencial para o uso de lazer (ARAÚJO, 2007). O estado encontra-se inserido no trecho da costa brasileira conhecido como Costa Famiñta devido aos baixos volumes de sedimento recebidos, resultado das pequenas bacias hidrográficas que deságuam na região (DOMINGUEZ, 1990).

4.1. Aspectos Geológicos e Sedimentológicos

A plataforma continental pernambucana apresenta uma largura aproximada de 36,96 km, com a quebra da plataforma a uma profundidade em torno de 65m, com declividade suave (1:558) (GORINI et al, 1996). Esta plataforma apresenta como característica principal a presença de bioclastos, sedimentos biogênicos com elevados teores de carbonato de cálcio (CaCO₃), formados a partir da fragmentação de partes duras da biota, tais como conchas, ossos, dentes e tecas (SCHMIEGELOW, 2004).

Nesta região é notável a presença de arenitos de praia (beachrocks), depósitos quaternários gerados na zona intermarés pela cimentação de grãos de areia, através do carbonato de cálcio (CAMARGO, 2007). São encontrados preferencialmente paralelos à linha de costa, e representam indicadores geológicos de variações pretéritas do nível do mar (ARAÚJO et al, 2004). Segundo Bigarella (1975), estas feições apresentam baixo grau de seleção e uma distribuição granulométrica irregular.

As praias deste trecho do litoral são compostas de areia quartzosa com material calcário de origem orgânica onde afloram linhas de recifes de arenito durante a baixamar (ARAÚJO, 2009). Segundo Santos (1999), entre os recifes e a praia forma-se um estreito canal onde se encontra um fundo de lama formada por argila terrígena, com certa quantidade de areia fina quartzosa e biodetrítica, que são trazidas pelos rios através do Sistema Estuarino Jaboatão, localizado em Barra das Jangadas.

Ao longo do Litoral da RMR, as principais fontes de sedimento são provenientes de depósitos sedimentares das Formações Beberibe, Gramame, Maria Farinha e Barreiras, presentes na planície costeira pernambucana na forma de terraços marinhos Pleistocênicos e Holocênicos (ARAÚJO, 2009). As relativas baixas altitudes destes terraços favoreceram o desenvolvimento dos atuais sistemas deposicionais costeiros (estuários, deltas, mangues e

praias arenosas) (ARAÚJO, 2009). Os sedimentos são removidos através da erosão destes depósitos, e são carregados às praias do estado através dos principais rios que drenam as bacias da região, entre eles o Rio Jaboatão (ARAÚJO, 2009).

Os Terraços Marinheiros Pleistocênicos encontram-se na porção mais interna da planície costeira, e possuem em média de 8 a 10 metros de altitude (ARAÚJO, 2009). São constituídos por areias quartzosas e não apresentam material carbonático, dissolvido pela ação dos ácidos húmicos (ARAÚJO, 2009). Os Terraços Marinheiros Holocênicos, presentes na parte mais externa da planície costeira, podem atingir até 4 metros de altitude (ARAÚJO, 2009). Sua composição é principalmente de areia quartzosa, porém são encontrados materiais de origem carbonática, como conchas de moluscos em bom estado de conservação (ARAÚJO, 2009). Uma característica deste depósito é notável a presença de antigos cordões litorâneos (ARAÚJO, 2009).

4.2. Aspectos Oceanográficos e Climatológicos

O clima da região é classificado como tropical úmido, com precipitação anual em torno de 2.050 mm, distribuídos entre as estações seca e chuvosa (MANSO et al, 2006). Os meses de maio, junho e julho são os mais chuvosos (70 a 75% do total anual), enquanto outubro, novembro e dezembro são os mais secos (CPRH, 2005). Possui uma baixa amplitude térmica, com temperaturas variando entre 25°C e 30°C. Os ventos dominantes vêm de E-SE e apresentam velocidades médias entre 3 e 5 m/s, sendo os ventos alísios e as brisas marinhas os fenômenos de maior influência nas condições climáticas da costa pernambucana (MANSO et al., 2006).

O litoral de Pernambuco possui uma plataforma estreita, pouco profunda, que é recoberta por sedimentos terríginos e carbonáticos biogênicos (MANSO, 2003). Possui águas relativamente quentes (27,0 a 28,7 °C) e de salinidade elevada (28,8 ‰ - 37,16 ‰), podendo haver variações próximas à costa devido às flutuações no aporte de rios costeiros da região entre estações de seca e períodos chuvosos (MANSO, 2006).

As praias da região metropolitana do Recife estão sujeitas a ondas predominantemente oriundas dos quadrantes leste e sudeste, associadas a ventos de mesma direção, com altura média em torno de 1 a 1,5 metros e período de 5 a 7 s (OLIVEIRA, 2003). As marés nessa porção do litoral brasileiro possuem variação semidiurna, e em amplitude são classificadas como regime de meso-maré, com variações médias de 0,7 metros na quadratura e 2,0 metros na sizígia (MANSO et al, 2006). Tal

variação na altura da maré, somada à presença de recifes na plataforma interna, modelam a altura das ondas incidentes sobre a costa, modificando o perfil praial que apresenta um terraço de maré baixa bem desenvolvido, com predomínio de sedimentos quartzosos de granulometria média e presença material biogêneo (SANTOS, 1999).

4.3. Aspectos Hidrológicos

O rio Jaboatão possui uma bacia hidrográfica de 442 km², percorrendo 75 km de extensão. Durante seu percurso recebe despejos industriais e domésticos de vários municípios, tornando-o bastante poluído. O atual grau de poluição de suas águas ocasiona vários transtornos a localidades do entorno, além de comprometerem seriamente a qualidade da água da praia de Barra das Jangadas (CPRH 2005).

5. ETAPAS ANTECEDENTES

Esta seção tem por objetivo elucidar os procedimentos que envolveram essa busca de jazida de areia, etapas antecedentes ao presente estudo. Os levantamentos para obtenção dos dados, bem como o processamento dos mesmos foram executados pela empresa CB&I (Chicago Bridge and Iron).

As áreas onde foi concentrado o esforço amostral foram identificadas através da revisão de estudos realizados pela CB&I (Projeto Conceitual de Engenharia para a Recuperação da Orla de Jaboatão dos Guararapes) e pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) (PGEST, MAI e MAPLAC) (CB&I, 2009). Com base nesses dados, cinco subáreas com potencial para jazidas de sedimentos arenosos (Figura 4) foram definidas pela CB&I.

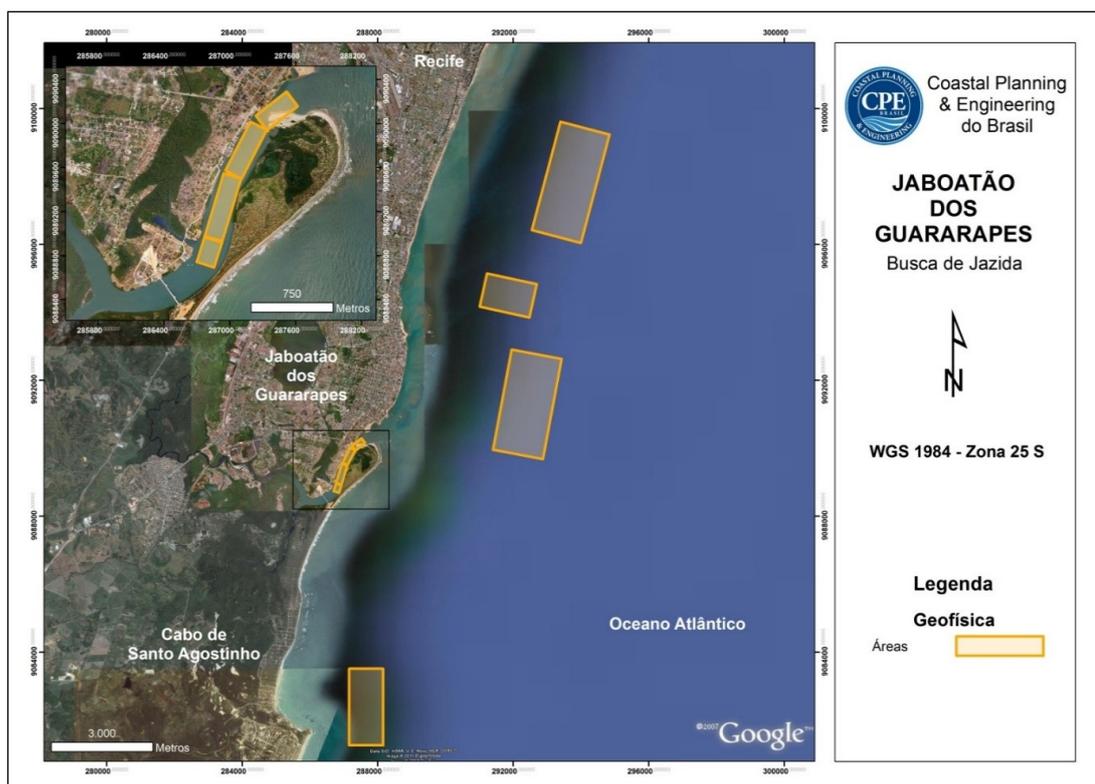


Figura 4. Locais para a busca de jazida de areia para o engordamento da praia. Datum WGS 84, projeção UTM, zona 25 S, coordenadas em metros. Imagem: Google Earth ®. Fonte: (CB&I, 2009).

Com base nos resultados obtidos, as linhas de sondagem para investigação detalhada foram planejadas. Para sua elaboração foi utilizado o software Hypack®, no qual foram definidos o espaçamento e a extensão das linhas regulares, e das linhas de verificação da sondagem de acordo com os objetivos do trabalho. Nesta etapa foram realizados

levantamentos batimétricos, sonar de varredura lateral (imageamento do fundo), sísmica de alta resolução (natureza e espessura das unidades estratigráficas) e magnetometria (anomalias no campo magnético) para identificação de estruturas que ofereçam riscos à operação da draga. De forma a garantir precisão no posicionamento da embarcação durante os levantamentos, e assim a precisão dos dados adquiridos, foi utilizado um DGPS (“Differential Global Positioning System”).

Para a realização dos diferentes levantamentos executados (hidrográficos, geofísicos) são seguidos alguns procedimentos triviais. Na Figura 5 está ilustrado um fluxograma com a metodologia.

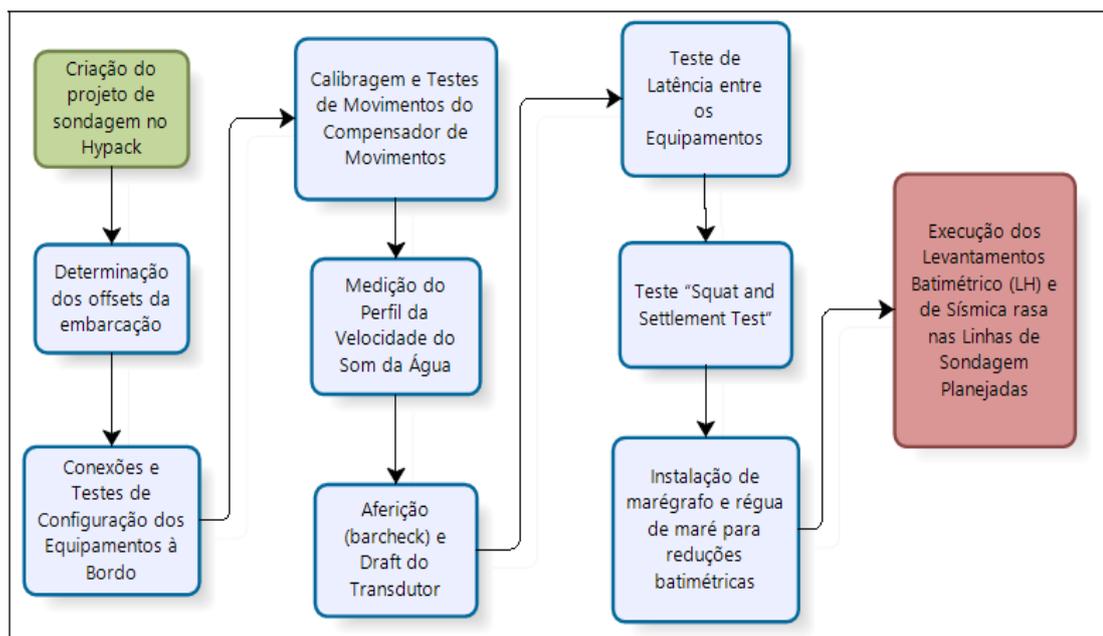


Figura 5. Vibracores executados Datum WGS 84, Coordenadas em metros UTM, Zona 25 S.

Para confirmação dos dados obtidos através dos métodos geofísicos indiretos utilizados anteriormente, faz-se necessário amostragem direta de dados na área potencial da jazida (CB&I, 2009). Esta etapa consiste na sondagem do fundo marinho com testemunhos de sedimento que penetram no substrato por vibrações, conduzidas através de um amostrador do tipo vibracore. Os testemunhadores a vibração baseiam-se no princípio da liquefação do sedimento pela vibração (LANESKY et al., 1979). Este tipo de sistema é característico por sua versatilidade na obtenção de testemunhos geológicos com pacote sedimentar indeformado, mantendo as estruturas deposicionais quasi-intactas (CB&I, 2009).

6. MATERIAIS E MÉTODOS

Ao todo, neste levantamento, foram executados 23 vibracores, em diferentes áreas (figura 6). Porém devido à quantidade e disposição dos testemunhos, no presente estudo foi decidido trabalhar apenas com os da subárea 5, na porção mais ao sul da área de estudo, em frente ao Cabo de Santo Agostinho. A Tabela 1 mostra algumas informações relativas a estes testemunhos, onde os intervalos entre as amostras obtidas foram irregulares, realizados de com base na descrição dos testemunhos.



Figura 5. Vibracores executados Datum WGS 84, Coordenadas em metros UTM, Zona 25 S.

Tabela 1. Informações básicas referentes aos testemunhos

Testemunho	Prof. Amostral (m)	Comprimento Resgatado (m)	Amostras Obtidas
JB_VC_08	-12.67	1.40	3
JB_VC_09	-12.9	1.75	4
JB_VC_10	-12.64	1.85	4
JB_VC_11	-13.08	2.00	5
JB_VC_12	-12.52	1.80	3
JB_VC_13	-12.85	0.90	2
JB_VC_14	-12.76	1.20	2
JB_VC_15	-13.12	1.40	4
JB_VC_16	-13.03	1.75	4
JB_VC_17	-12.62	1.90	3
JB_VC_18	-12.84	2.10	3
JB_VC_19	-12.63	2.10	4
JB_VC_20	-12.85	2.00	3
JB_VC_21	-13.21	1.80	4
JB_VC_22	-12.95	1.35	3
JB_VC_23	-13.54	2.00	3

Após a abertura dos vibracores em laboratório, a descrição táctil-visual foi feita para obter informações aproximadas da composição granulométrica e mineralógica, presença de organismos, e coloração por Munsell (1954). A partir desta descrição foi possível identificar potenciais camadas com características de interesse, e descartar as que de maneira grosseira não as atendiam. Sessenta e uma (61) amostras de sedimento foram retiradas dessas camadas potenciais, e foram analisadas com base na metodologia proposta por Suguio (1973).

Para a visualização dos dados em 3D os resultados da análise das amostras foram plotados com o auxílio do software Target™ da Geosoft®. O Target é uma extensão da plataforma ArcGIS utilizada para a integração e visualização de grande quantidade de dados de superfície e sub-superfície. No próprio ArcGIS foram realizadas as análises estatísticas e interpolação dos dados.

A definição das variáveis a serem trabalhadas, obtidas a partir da análise dos sedimentos recuperados pelos vibracores, foi feita com base nos parâmetros utilizados para

identificação de potenciais jazidas de areia para engordamento de praia em estudos pretéritos realizados (e.g., DEAN (1974), SWART (1991), FINKL & KHALIL (2005), BENNETT (2004), KOCH et al (2006), STAUBLE (2005), CB&I,2010)). Foram essas: diâmetro médio, desvio padrão, porcentagem de lama, porcentagem de seixo, porcentagem de areia, assimetria e curtose.

Em seguida, os dados foram organizados em planilhas e todos os furos de sondagem foram espacializados. Imagens em três dimensões foram geradas, frutos da interpolação dos dados em x, y e z. A Figura 7 mostra o fluxograma com a metodologia utilizada. Os procedimentos em detalhes podem ser vistos no Apêndice A.

O software Target™ disponibiliza duas opções de interpolação em 3D: Krigagem e Inverso da Distância Ponderada (IDW). Devido à densidade das amostras e sua distribuição espacial, o uso da técnica IDW mostrou-se ineficiente. Desta maneira, o método de interpolação escolhido foi a krigagem.

A krigagem é um método de interpolação que se utiliza da geoestatística, e possui em sua base conceitual dois importantes fundamentos, o das variáveis regionalizadas e das funções aleatórias (MIRANDA, 2005). Nela o grau de dependência ou correlação espacial entre as amostras é definido através de um semivariograma (CRESSIE, 1991).

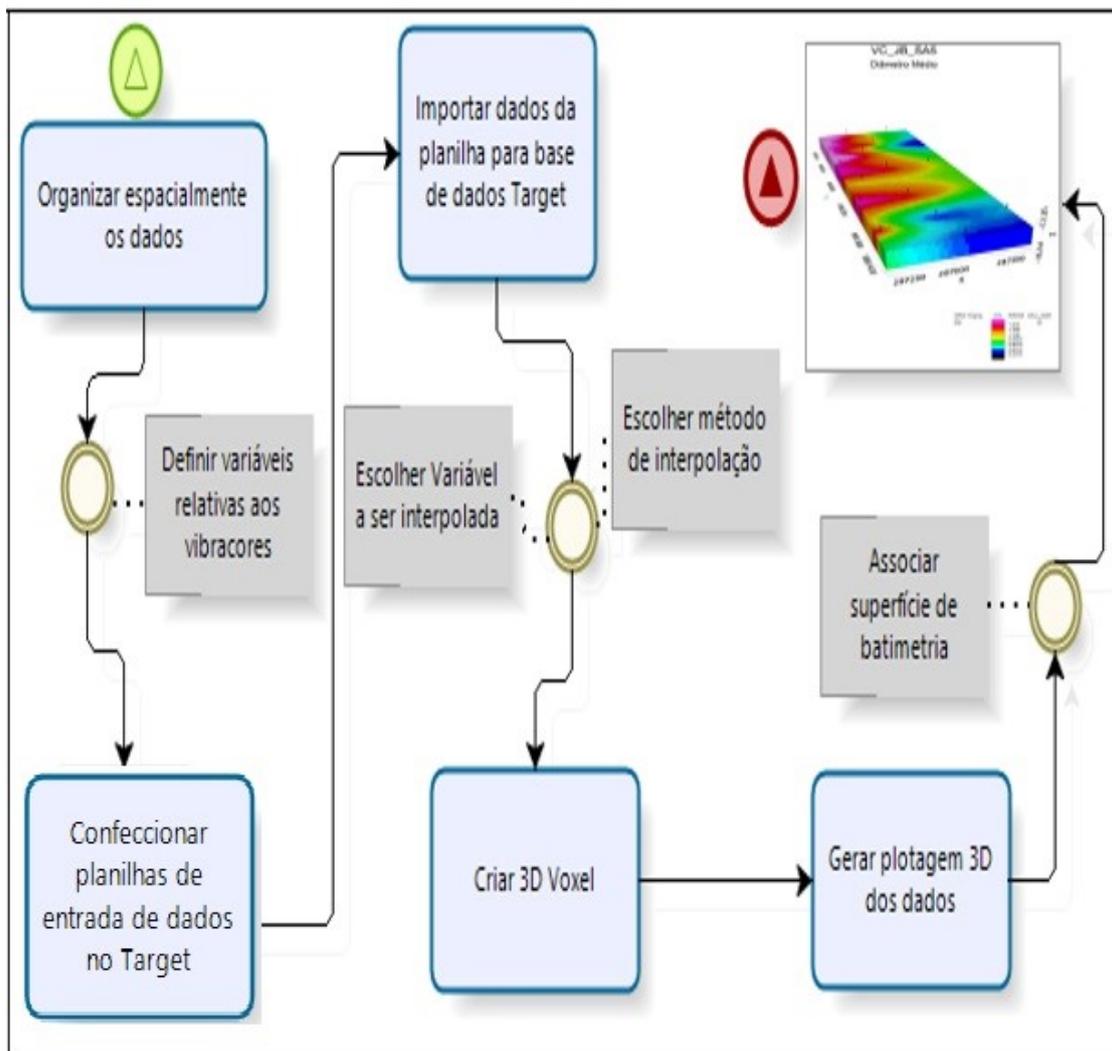


Figura 6. Fluxograma dos procedimentos para a geração de imagens 3D.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da definição das variáveis trabalhadas e organização dos dados, foi possível espacializar os resultados dos furos de sondagem e assim interpolá-los gerando imagens em três dimensões. A geração destes produtos possibilitou a visualização e estimativa do volume potencial da jazida, que foi comparado ao volume total 1.500.000 m³, utilizado na execução da obra de engordamento pela CB&I em Jaboatão dos Guararapes. O cálculo volumétrico da jazida é feito pelo próprio software Target, e utiliza os voxels visíveis para a quantificação. Nesta estimativa volumétrica não foram considerados a porosidade e o arranjo do pacote (espaço de acomodação dos sedimentos) o que gera alterações na massa específica aparente. Assim, o volume calculado de areia disponível pode estar superestimado.

A partir dos produtos de visualização 3D também foi possível selecionar ou excluir regiões de interesse com base nos parâmetros selecionados. Esta manipulação foi feita através da ferramenta clipping, pela qual é possível escolher o intervalo de exibição dos dados. Em todas as imagens desta seção foi usado um exagero vertical de 30x para possibilitar a visualização da espessura da jazida. Os valores do eixo “z” são representados da profundidade da coluna d’água até a profundidade de penetração do testemunho. O sistema de coordenadas utilizado foi WGS 1984, projeção UTM, zona 25S.

7.1. Diâmetro Médio

A figura 8 exhibe o produto da interpolação dos dados de diâmetro médio relativo aos 16 testemunhos presentes na área, apresentando um volume de aproximadamente 4.620.000 m³. O diâmetro médio ($\bar{\phi}$) é uma medida de tendência central e fornece o tamanho médio das partículas de uma amostra (FOLK & WARD, 1957). Este parâmetro é comumente obtido através da mediana, por esta ser mais fácil de se calcular, porém neste caso o diâmetro médio foi obtido pela média. Em sedimentos praias estas duas medidas apresentam valores aproximadamente iguais (SPM, 1984).

Segundo Seymour (1995) a característica mais importante em uma jazida de areia para engordamento de praia é o tamanho médio dos grãos e sua compatibilidade com os sedimentos da praia a ser engordada (valores de diâmetro médio semelhantes), sendo isso determinante para a qualidade no projeto.

Os valores de diâmetro médio resultantes da interpolação encontram-se entre 0 e 2 phi (1.000 a 0.250 mm), isto é, entre as classes areia grossa e areia média. O grão médio nativo (composite) das Praias de Jaboatão que foram engordadas é de 0.270 mm (areia média).

Nota-se ainda na Figura 8 que algumas regiões da jazida possuem concentração de areia ligeiramente mais grossa que o valor de diâmetro médio do composite.

A Figura 9 mostra a visualização dos resultados obtidos para a classe areia média, sedimentos com características próximas ao das praias a serem engordadas, e totaliza um volume de 927480 m³.

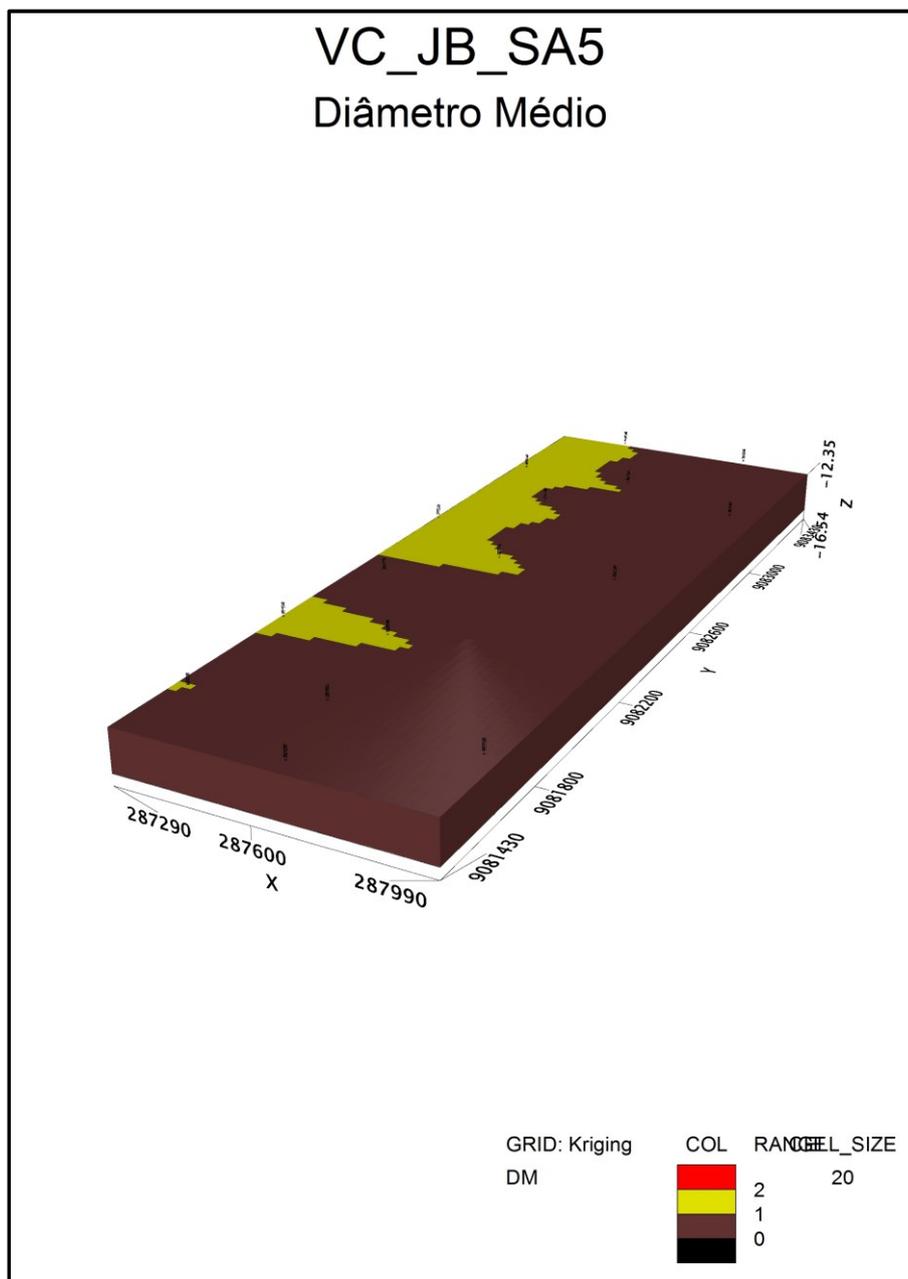


Figura 7. Resultado da interpolação do diâmetro médio. Classificação segundo Folk & Ward (1957).

Porém, se o foco do projeto é buscar maior estabilidade opta-se por explorar áreas dentro da jazida com areia mais grossas, o que proporcionaria maior quantidade de sedimento na parte subaérea da praia (CAMPBELL & BENEDET, 2004), e maior estabilidade da face

da praia após equilibrada (CEM, 2003), a despeito de promover uma maior inclinação no perfil praial (DEAN, 1991). No caso deste projeto em Jaboatão do Guararapes, o foco foi sempre a maior estabilidade da obra, menor perda de volume ao longo do tempo e maior estancamento aos processos erosivos existentes (CB&I, 2010).

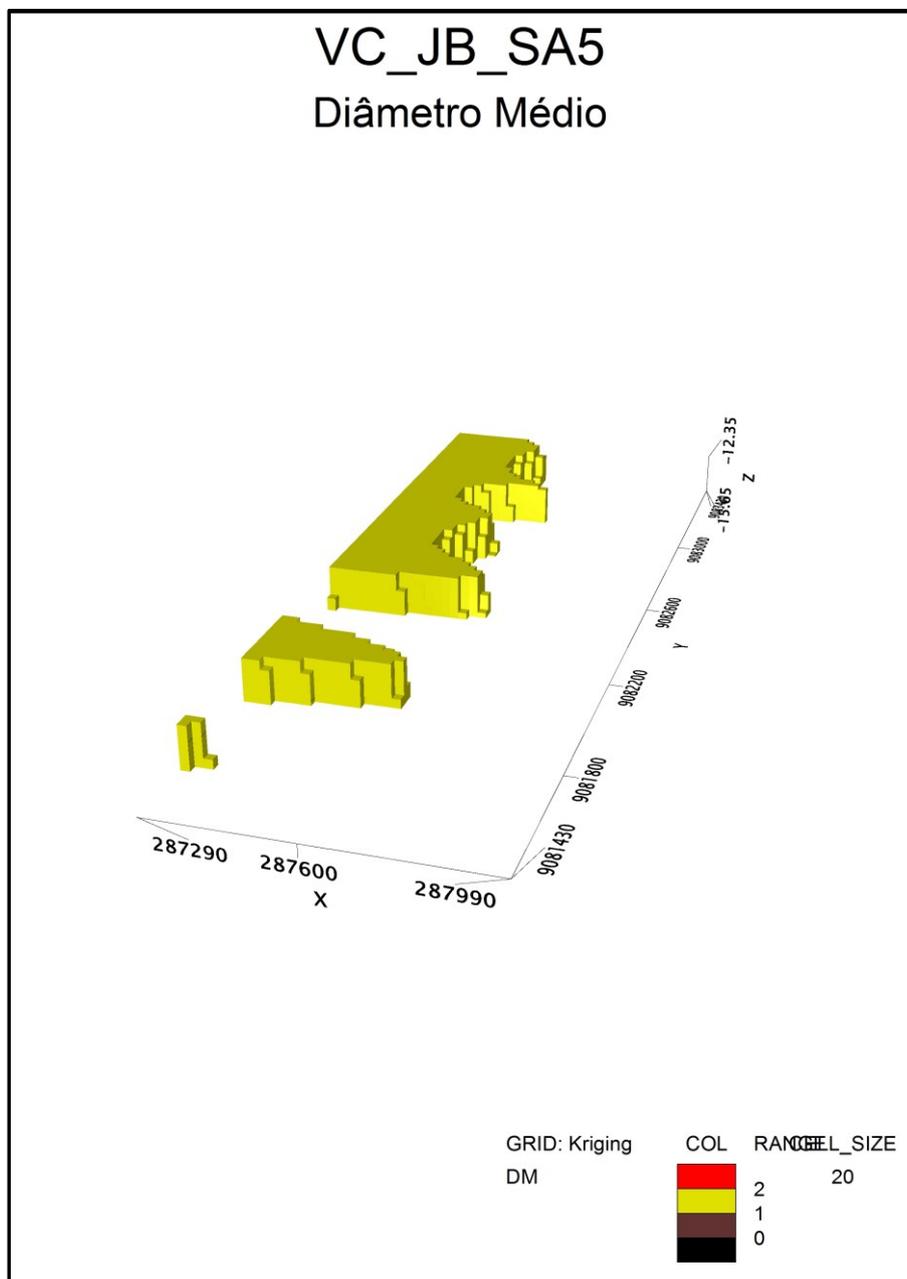


Figura 8. Recorte da jazida para classe areia média. Classificação segundo Folk & Ward (1957).

7.2. Desvio Padrão

Dados do desvio padrão (ϕ) das amostras de sedimento obtidas a partir dos vibracores também foram interpolados (Figura 10), com valores variando entre 0.636 e 1.394.

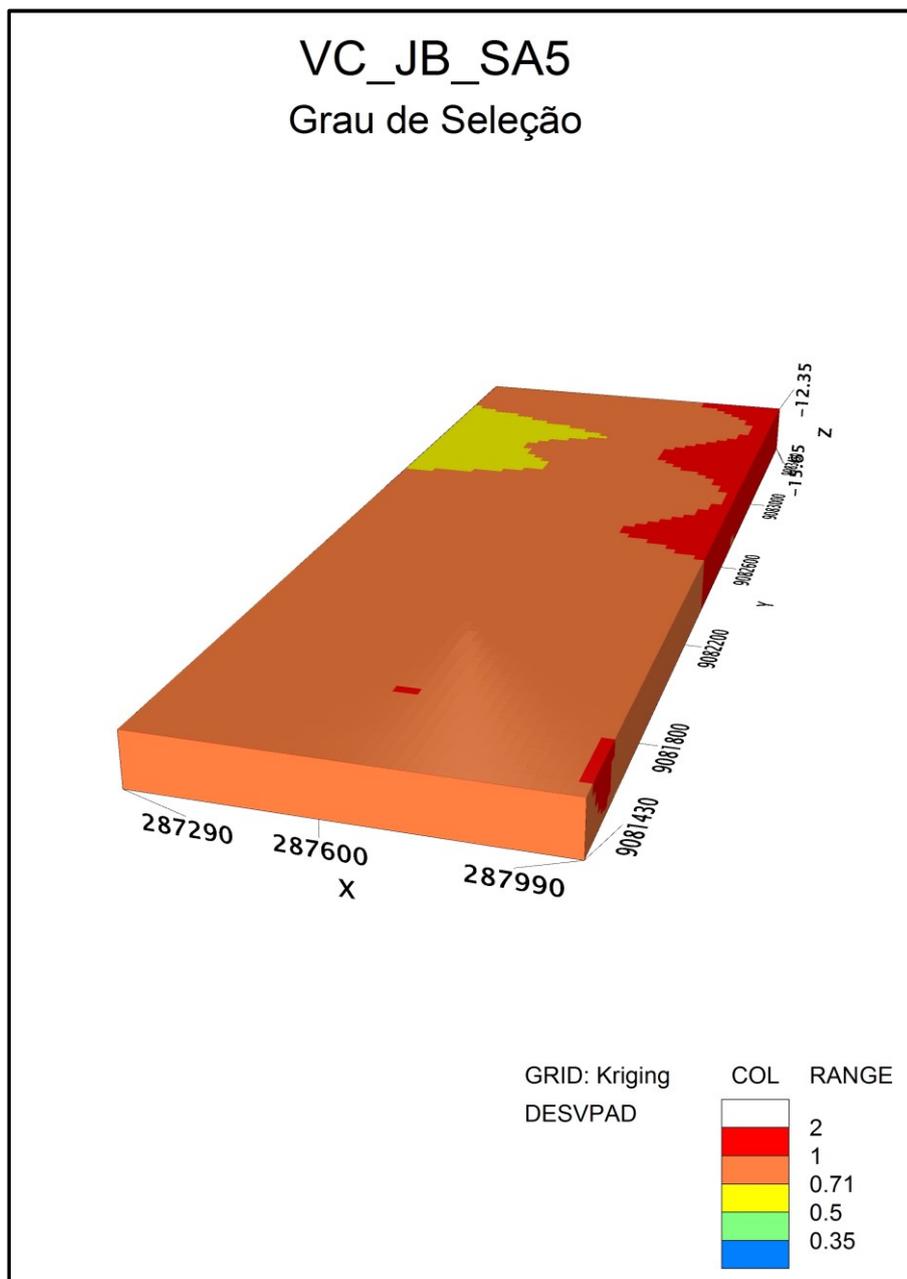


Figura 9. Resultado da interpolação do desvio padrão. Classificação segundo Folk & Ward (1957).

O desvio padrão (i.e., selecionamento ou grau de seleção) é uma medida de dispersão da amostra e expressa a maior ou menor concentração de partículas em torno da média (DIAS, 2004). Esta característica, junto com o diâmetro médio, é utilizada em fórmulas para calcular o “overfill factor”, que é o volume adicional de sedimento colocado para estabilizar a obra de engordamento, quando a distribuição dos grãos da jazida é diferente da praia (SPM, 1984). É também utilizada no cálculo da vida útil da obra, e a periodicidade das realimentações (JAMES, 1974).

Na figura 11, tem-se a imagem da jazida a partir do desvio padrão, porém as localidades onde as amostras foram classificadas como mal selecionadas (i.e., desvio padrão > 1.00 phi) foram excluídas, gerando após o corte de 4.279.920 m³.

Ao comparar a Figura 11 à Figura 9, se observa que as áreas onde há maior presença de areia média, é também a porção com maior grau de seleção, enquanto nas regiões que apresentaram sedimentos mais grossos o desvio padrão mostrou-se alto, o que evidencia a presença de outras classes granulométricas.

Desta maneira a figura facilita a visualização das áreas com alto desvio padrão, que podem ser evitadas na hora de explorar este flanco leste para a obra de engordamento, pois quanto maior a diferença entre as características de distribuição granulométricas entre a jazida e o sedimento nativo da praia, maior o nível de incertezas no projeto (STAUBLE, 2005).

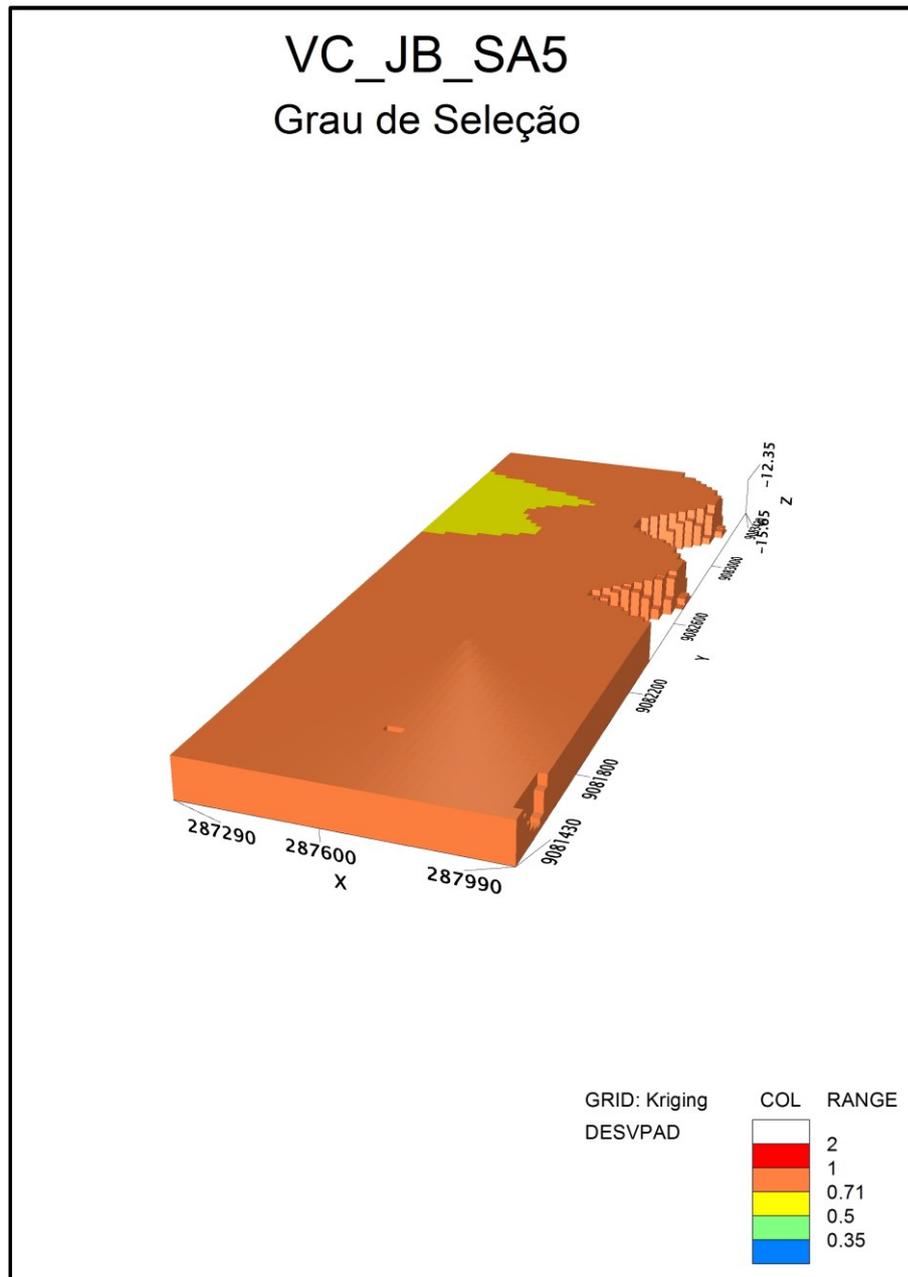


Figura 10. Recorte da jazida sem amostras classificadas como mal selecionadas. Classificação segundo Folk & Ward (1957).

7.3. Porcentagem de Lama

Outro parâmetro escolhido para ser analisado foi a porcentagem de lama (Classe < 0,062mm (>4 phi)). Este é um fator importante, pois devido à sua granulometria este tipo de material é facilmente ressuspensionado, e por sua baixa velocidade de decantação permanece tempo suficiente na coluna d'água para ser transportado pela ação das ondas e correntes, diminuindo tempo de vida útil do projeto de engordamento (SPM, 1984). A Figura 12 mostra a plotagem em 3D deste parâmetro.

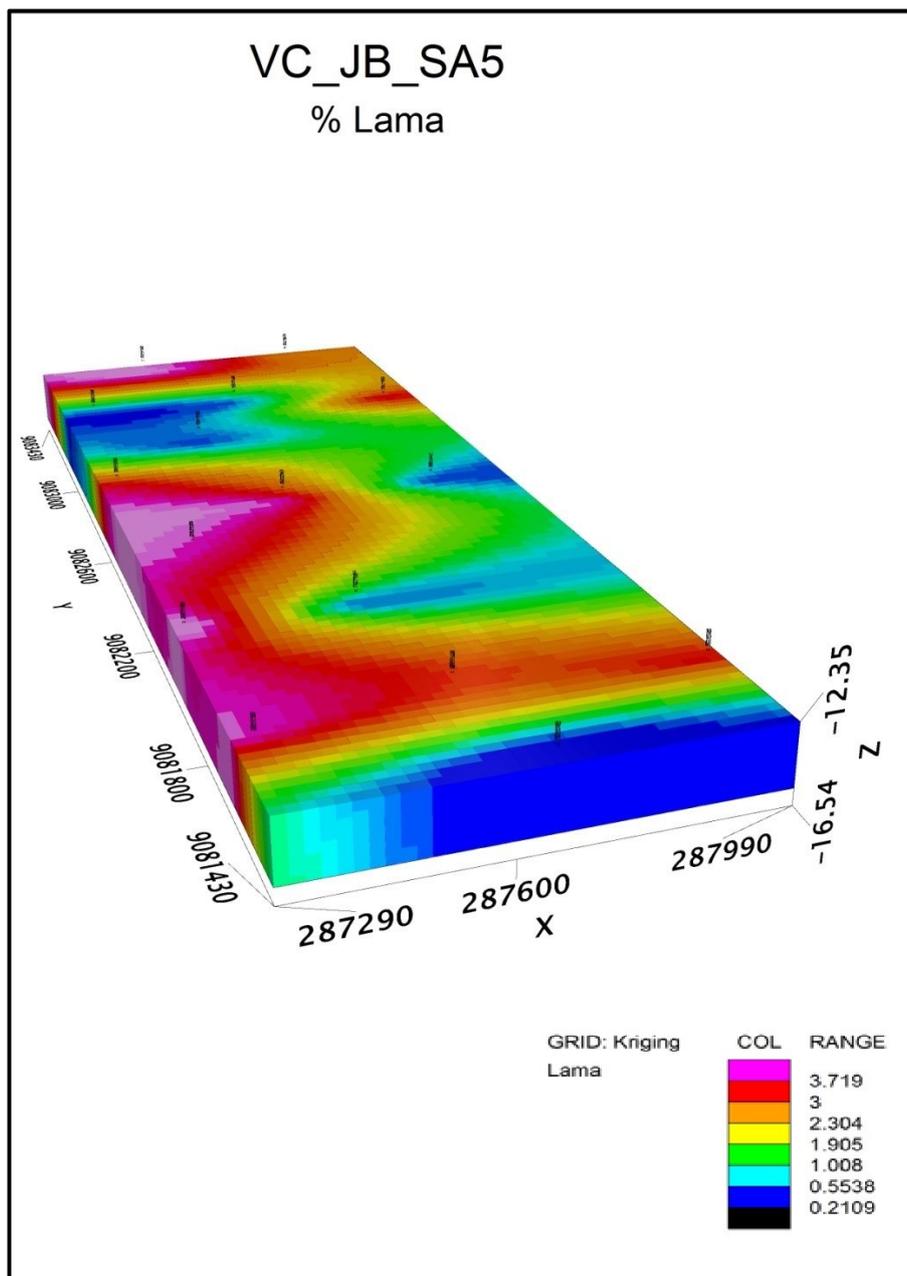


Figura 11. Resultado da interpolação da % de lama.

Os valores de % de lama variam de 0,20 a 3,80. Deste modo em toda a área da jazida o material encontra-se dentro do adequado segundo este parâmetro, não ultrapassando o valor máximo de 5% (CB&I (2010)). Outro aspecto de interesse na quantidade de lama em uma jazida é que, por suas características de pequeno tamanho de grão e baixa velocidade de decantação, este sedimento (em grandes quantidades) pode elevar consideravelmente a turbidez do local, bloqueando a luz e assim limitando a produção primária local, trazendo prejuízos ao meio ambiente (CEM, 2003).

7.4. Porcentagem de Areia

A interpolação dos dados de porcentagem de areia, mostra sua distribuição na área de estudo com valores variando entre 76,05% a 99,93% (Figura 13).

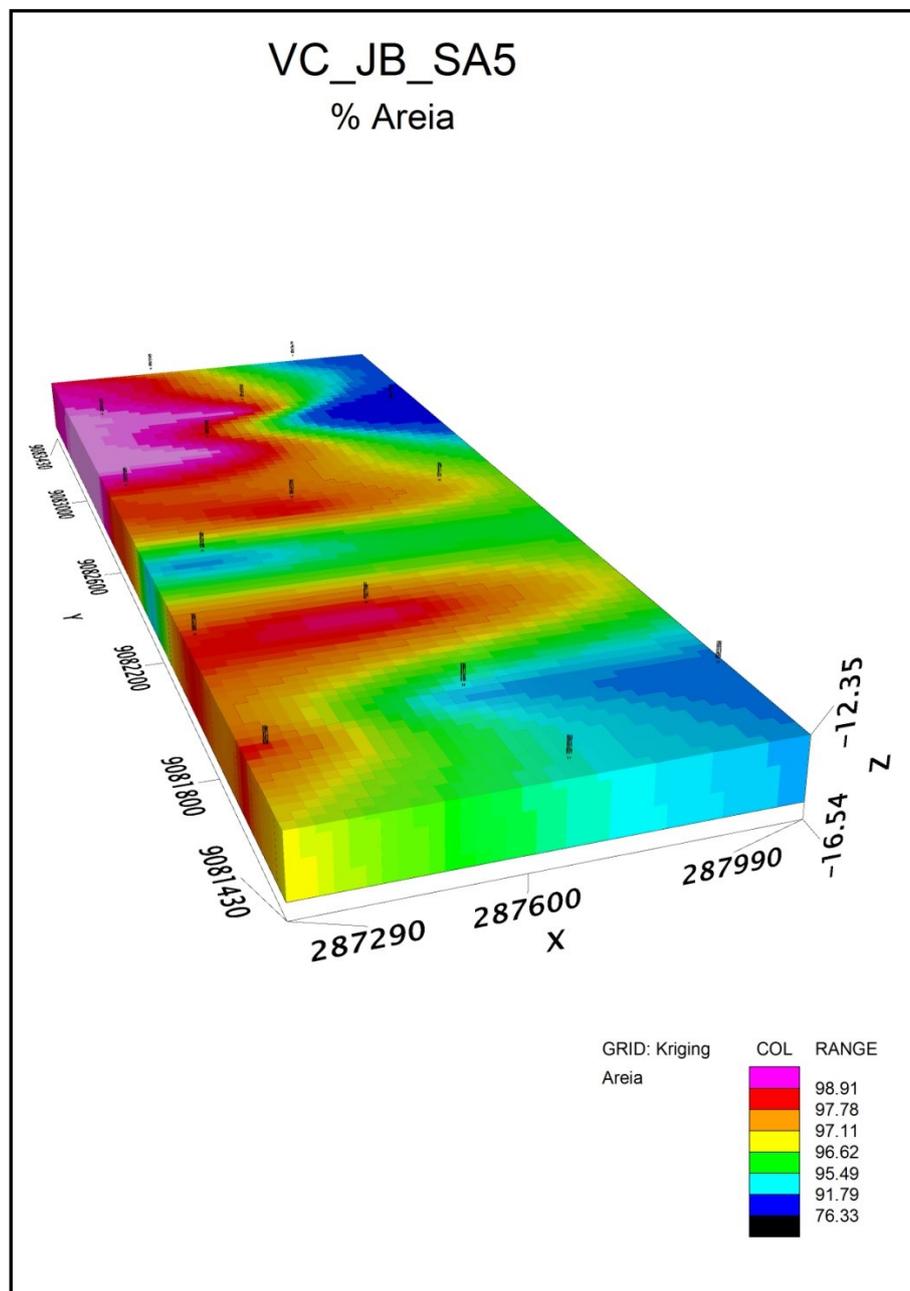


Figura 12. Resultado da interpolação da % de areia.

Uma ferramenta importante presente no software é também o cálculo do volume da área selecionada. A figura 14 mostra a seleção das porções com mais de 90% de areia em seu conteúdo, com o volume total de 2.973.960 m³.

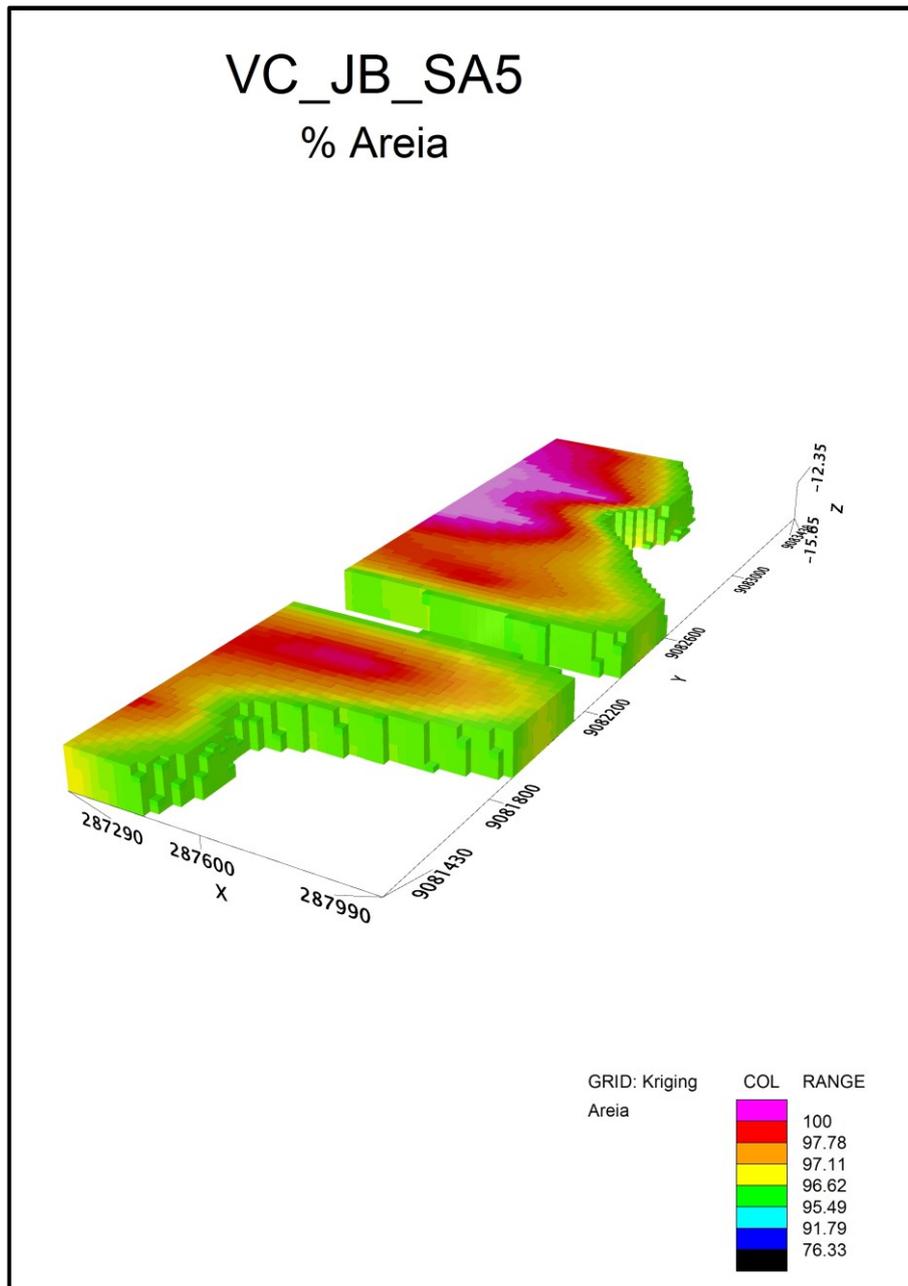


Figura 13. Recorte da jazida para amostras >90% de areia.

7.5. Porcentagem de Seixo

A Figura 15 apresenta o resultado da interpolação dos dados de seixo em porcentagem, com valores variando entre 0.001 e 6.665.

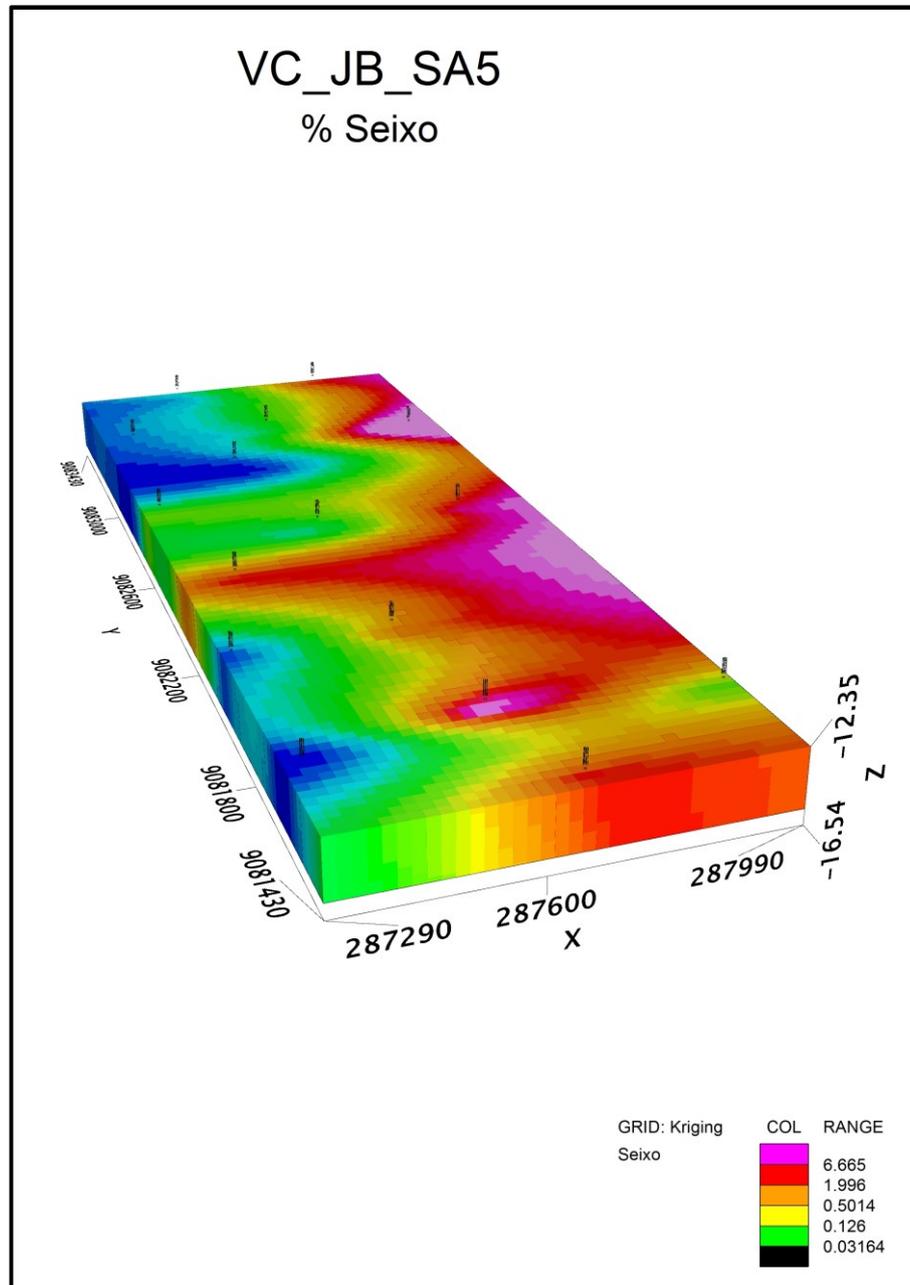


Figura 14. Resultado da interpolação da % de seixo.

É recomendado que jazidas de areia para engordamento de praia possuam valores em porcentagem de seixo que não ultrapassem 5% (CEM, 2003). Este parâmetro influenciará na decisão do tipo de draga a ser utilizado para exploração da jazida, e também vai influenciar na qualidade recreacional da praia.

A figura 16 exemplifica o desenho da jazida com a parte que apresentou valores maiores que 5% de seixo, excluída através da ferramenta de seleção presente no software, totalizando um volume de 4.610.880 m³.

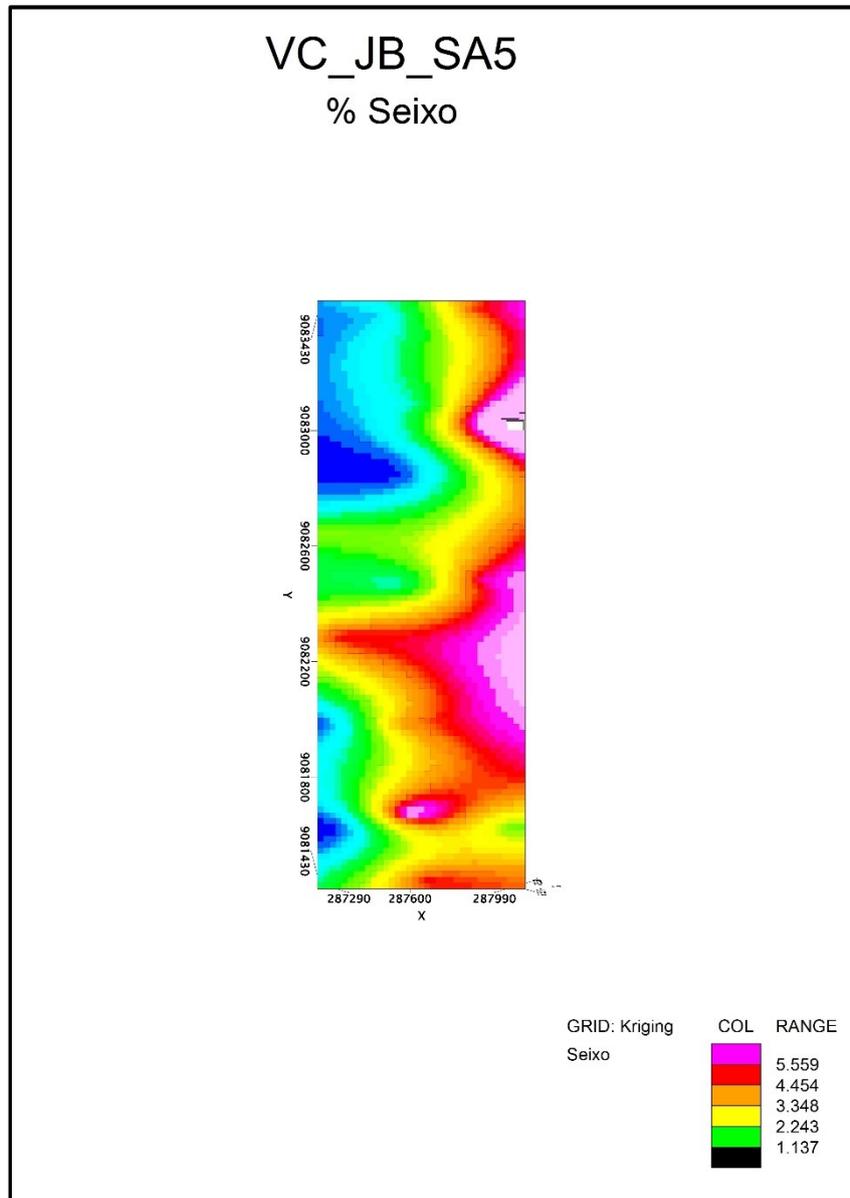


Figura 15. Recorte da jazida para amostras <5% de seixo.

7.6. Assimetria e Curtose

A Assimetria e Curtose descrevem o quão similar está a distribuição granulométrica da amostra, comparada à distribuição lognormal teórica (SPM, 1984). Medidas de assimetria

representam o grau de deformação da curva de frequência simples, representando o enriquecimento da distribuição granulométrica em sedimentos grosseiros ou partículas finas, analisando-se a relação entre a moda, a média e a mediana (DIAS, 2004).

A variação dos valores de assimetria ocorreu entre 0,001 e 0,07, estando em toda a jazida classificados como aproximadamente simétricos (Figura 17). Isso indica que as medidas de tendência central (média, moda e mediana) possuem valores aproximadamente iguais.

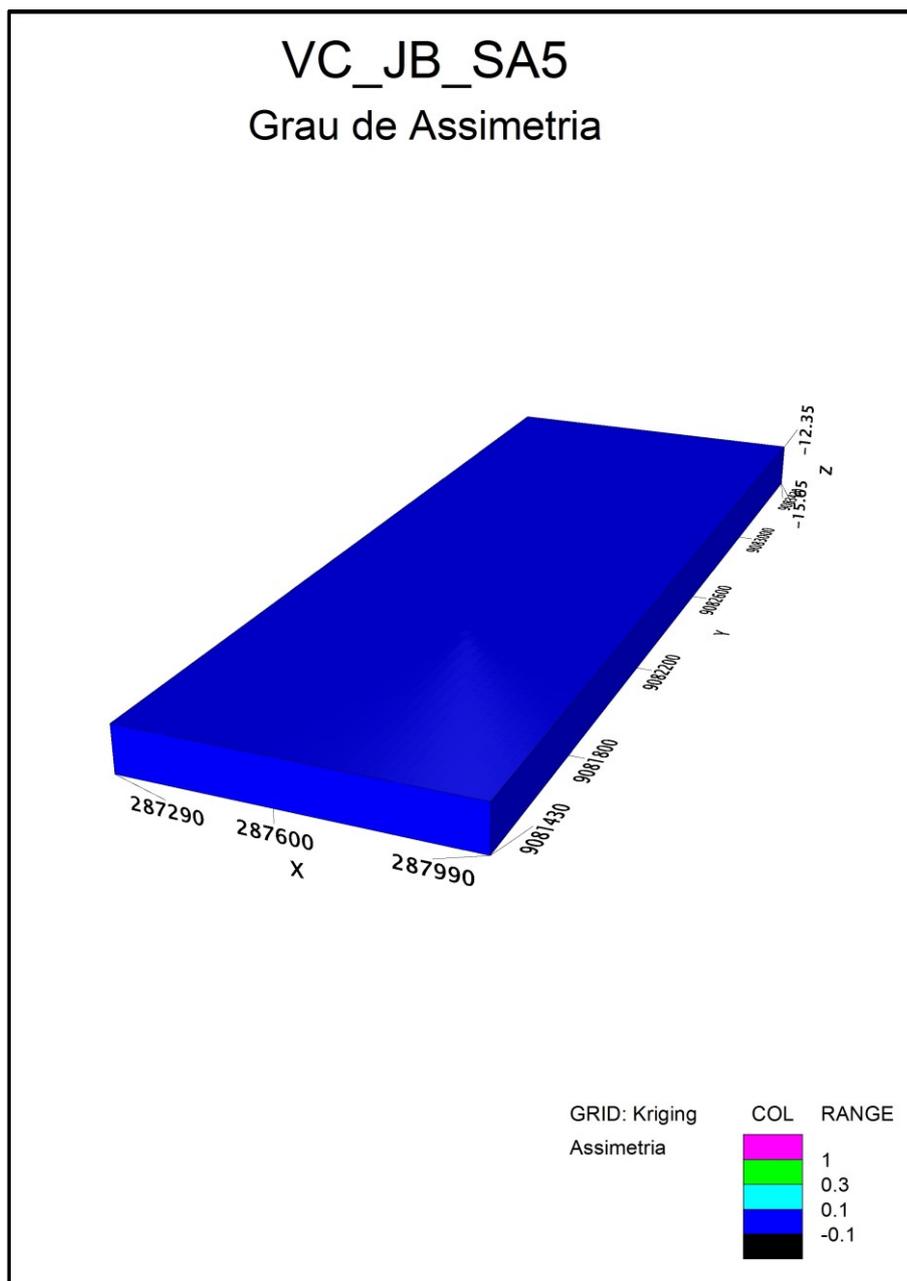


Figura 16. Resultado da interpolação da assimetria. Classificação segundo Folk & Ward (1957).

A curtose consiste no grau de achatamento de uma curva em relação à curva representativa de uma distribuição normal (DIAS, 2004). Ela compara as taxas de seleção na parte central da curva com a taxa dos seus extremos (FOLK & WARD, 1957). Seus valores variaram entre 0.703 e 1.476 (Figura 18).

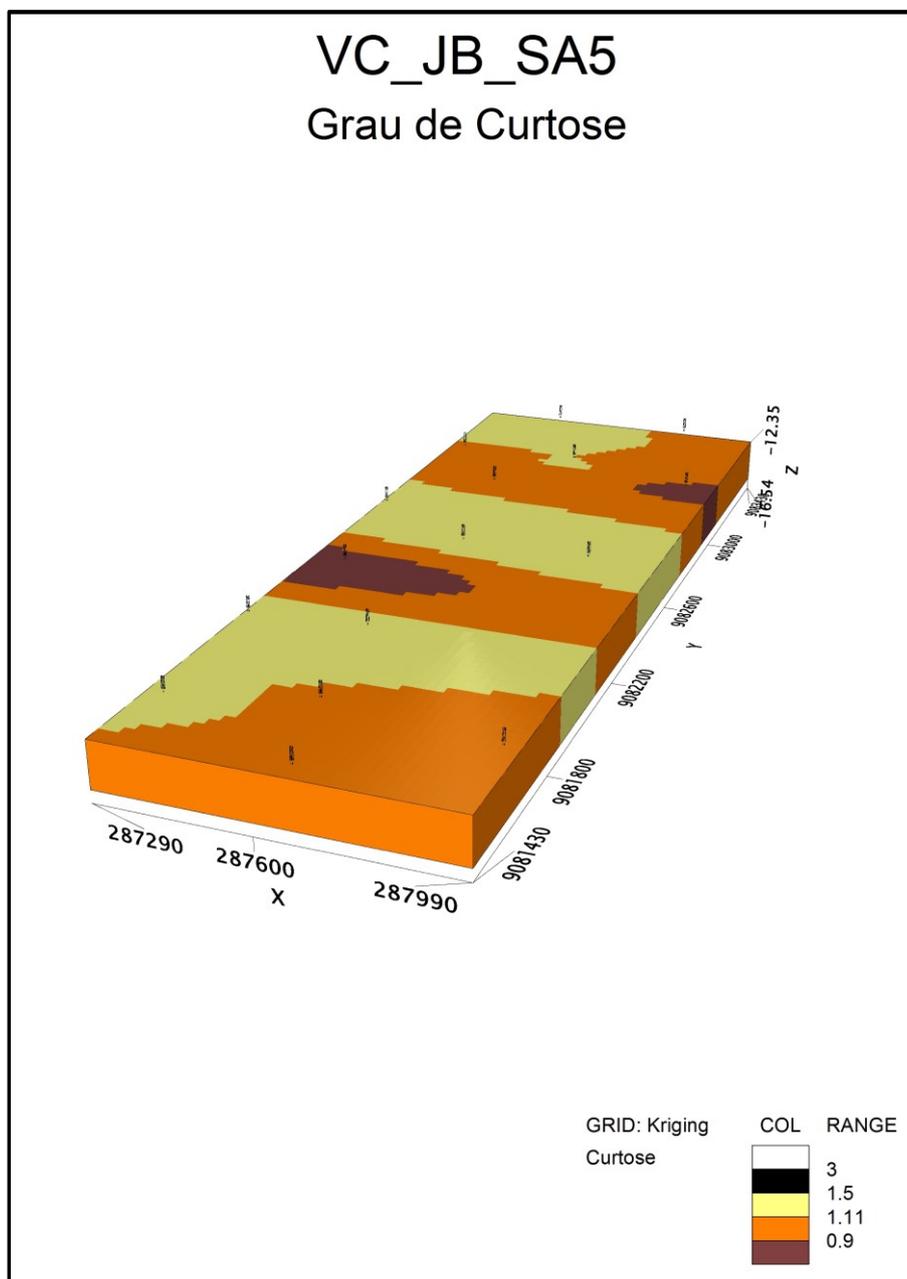


Figura 17. Resultado da interpolação da curtose. Classificação segundo Folk & Ward (1957).

Quanto maior o valor da curtose, mais proeminente é a curva de distribuição granulométrica (DIAS, 2004). A figura 19 exhibe os valores das amostras classificadas como leptocúrticas ($>1,11$) segundo Folk & Ward (1957), característica comum em sedimentos praias em geral (MARTINS, 1965), e que indica sedimentos bem selecionados na parte

central da distribuição (MARTINS, 2003). O volume da jazida para amostras leptocúrticas apresentou valor aproximado de 2.111.480 m³.

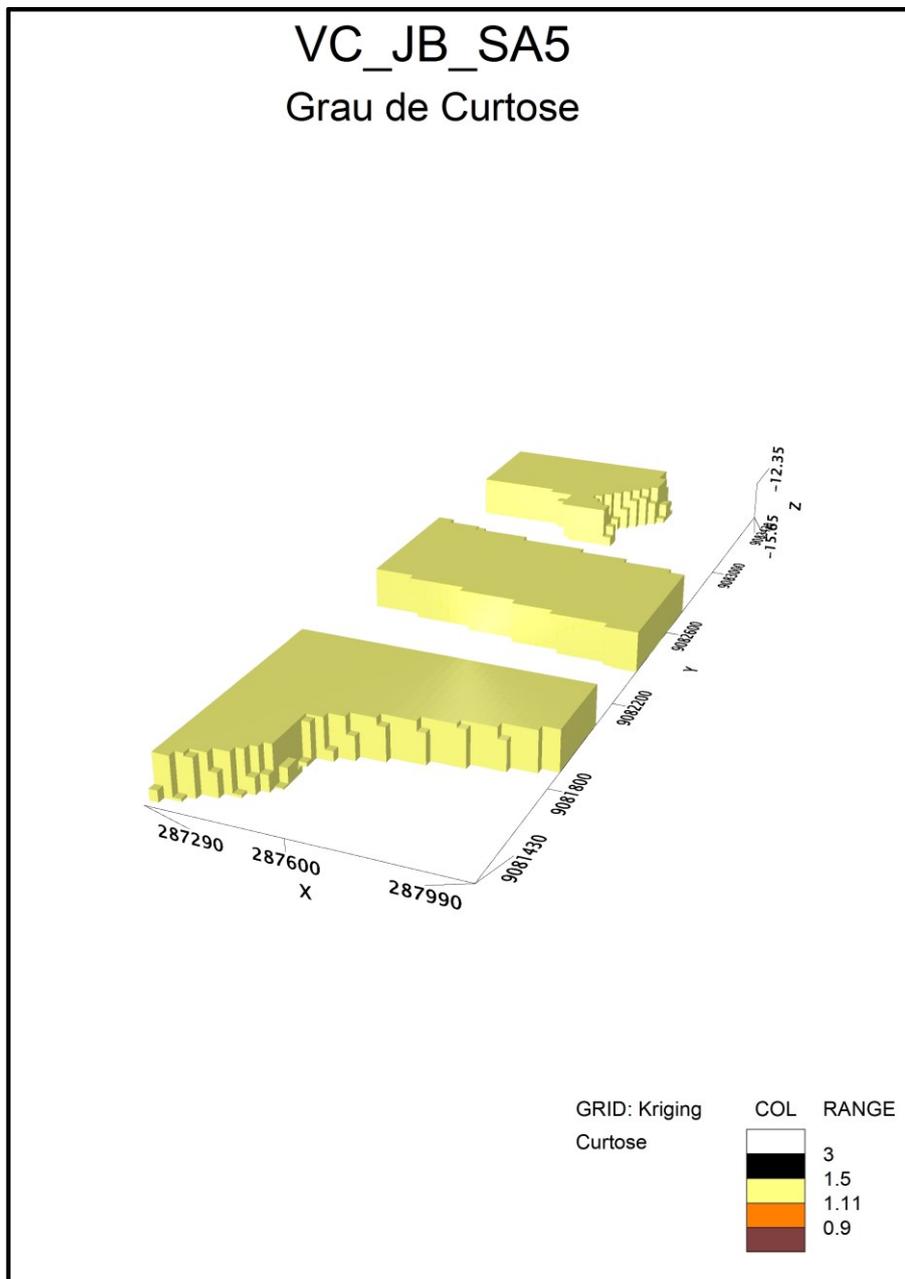


Figura 18. Recorte da jazida para amostras leptocúrticas. Classificação segundo Folk & Ward (1957).

8. CONCLUSÕES

Este estudo permitiu a produção de imagens 3D, as quais possibilitaram a visualização completa da jazida submarina utilizada nas obras de recuperação da praia de Jaboatão dos Guararapes.

As imagens foram geradas para diâmetro médio, grau de seleção, porcentagem de lama e porcentagem de seixo, variáveis definidas como primordiais na escolha de uma jazida de areia, com base na literatura existente. As imagens relativas à assimetria, curtose e porcentagem de areia são auxiliares no que diz respeito à seleção ou eliminação de áreas potenciais da jazida. Outra importante variável a ser explorada neste âmbito (não incorporada a esta pesquisa) é a composição mineralógica da jazida (i.e., teor de CaCO_3).

O software se mostrou versátil, disponibilizando diferentes opções de exibição (e.g., rotação, intervalo de visualização) conforme a necessidade do usuário, porém apresentou algumas limitações de visualização devido à grande diferença de escala espacial horizontal (plano x,y) e vertical (z) dos dados deste estudo. O método testado neste trabalho alcançou os objetivos almejados no início do trabalho, ao aplicar uma ferramenta geo-espacial para auxiliar na tomada de decisões da exploração de uma jazida submersa para um fim específico. Este estudo também gerou produtos de visualização que facilitam a compreensão, uma vez que materializam todo o volume da jazida. As técnicas aqui utilizadas podem ser empregadas para outros fins e aplicações de natureza semelhante.

O presente projeto mostrado é uma versão inicial, simplificada e com possibilidade de incluir perspectivas futuras para aprimoramento como a análise integrada das imagens, e o cálculo efetivo de volume considerando os ensaios geotécnicos, por exemplo.

Por fim, através desta experiência profissional orientada foi possível trabalhar em um projeto de grandes proporções, onde se teve o contato com as diversas áreas de conhecimentos que envolvem uma busca de jazida para engordamento de praia, e a oportunidade de utilização de novas ferramentas de trabalho.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVARES, M. T. et al. Monitorização batimétrica em albufeiras. **Lisboa: Instituto da Água, Direção de Serviços**, 2001.

ARAUJO, Maria Christina B.. Análise da Ocupação Urbana das Praias de Pernambuco, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, Lisboa, Portugal, v. 2, n. 7, p.97-104, jun. 2007.

ARAUJO, T. C. M. Projeto de Monitoramento Ambiental Integrado de Jaboatão dos Guararapes, Recife, Olinda e Paulista. **Projeto de Gerenciamento Costeiro de Pernambuco**, Recife, 2009.

ANDRADE, Carla Danielle Pereira de. **Áreas potenciais à exploração de granulados marinhos siliciclásticos para a recuperação artificial de praias na plataforma continental interna adjacente ao porto Porto de Recife-PE**. 2013. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geociências, Ufrgs, Porto Alegre, 2013.

ASSIS, Hortencia Maria Barboza de. **PROGRAMA DE LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS SUBPROGRAMA DE GEOLOGIA E GEOFÍSICA MARINHA**. Pernambuco: CPRM, 2005.

BENEDET, L. et al. Prospecting for sand offshore Collier County: lessons learned from the analysis of historical datasets in a geospatial framework and application of geological models. In: Proceedings of the 17th Annual National Conference on Beach Preservation Technology. 2004.

BIGARELLA, J.J. The Barreiras Group in northeastern Brazil. *An. Acad. Bras. Ciência.* 47, 365– 393. 1975.

BITTENCOURT, Abílio Carlos da Silva Pinto et al. Longshore transport on the northeastern Brazilian coast and implications to the location of large scale accumulative and erosive zones: An overview. **International Journal Of Marine Geology**. Amsterdam, p. 219-234. jun. 2005.

BURROUGH, P.a.. GIS and geostatistics: Essential partner for special analysis. *Environmental And Ecological Statistics*, [s.i.], p. 361-377. 01 dez. 2001.

CAMARGO, João Marcello Ribeiro de et al. Morfologia da plataforma continental interna adjacente ao município de Tamandaré, sul de Pernambuco-Brasil. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 25, p. 79-89, 2007.

CAMPBELL, T. J e BENEDET, L. B. 2004. Beach Nourishment Magnitudes and Trends in the U.S. **International Coastal Symposium**, 8º, Summary: 277, Itajaí, Brasil.

CB&I. Projeto Conceitual de Engenharia para Recuperação da Orla do Município de Jaboatão dos Guararapes – PE, Produto Preliminar. 2009

CB&I. Projeto Conceitual de Engenharia para Recuperação da Orla do Município de Jaboatão dos Guararapes – PE, Produto 6. 2010

CEM, 2003. “Coastal Engineering Manual,” **U.S. Army Engineer Research and Development Center**, Coastal and Hydraulics Laboratory, Vicksburg, MS.

COSTA, M.; SOUZA, S. T. A Zona Costeira Pernambucana e o caso especial da Praia da Boa Viagem: Usos e Conflitos. In: **Construção do Saber Urbano Ambiental: a caminho da transdisciplinaridade**. Ed. Humanidades, Londrina. ISBN 85-8901120-8. 2002.

CPRH. Pequenos rios litorâneos – GL2. Recife, Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e da Administração dos Recursos Hídricos 89p. 2005.

CRESSIE, N. **Statistics for spatial data**. New York: John Wiley and Sons Inc., 1991.

DEAN, R.G. Compatibility of Borrow Material for Beach Fills. In: *Proceedings of 14th International Conference on coastal Engineering*, ASCE, pp. 1319-1330. 1974.

DEAN R.G. Equilibrium beach profiles: Characteristics and applications. **Journal of Coastal Research**, 7(1), 53-84. 1991.

DEAN, R. G. Beach nourishment: theory and practice. River Edge, New Jersey: World Scientific, 397pp. 2002.

DIAS, J. Alveirinho. A análise sedimentar eo conhecimento dos sistemas marinhos. **Universidade do Algarve, Faro, Portugal**, 2004.

DOMINGUEZ, José Maria Landim et al. GEOLOGIA DO QUATERNÁRIO COSTEIRO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 20, n. 1, p.208-215, dez. 1990.

DOMINGUEZ, Jose Maria Landim; DA SILVA PINTO BITTENCOURT, Abilio Carlos. Regional assessment of long-term trends of coastal erosion in northeastern Brazil. *Anais da Academia brasileira de Ciências*, v. 68, n. 3, p. 355-372, 1996.

FIGUEIREDO JUNIOR, A. G.; BREHME, I. AMOSTRAGEM GEOLÓGICA NA PESQUISA MINERAL. **Brazilian Journal Of Geophysics**. Rio de Janeiro, p. 269-280. dez. 2000.

FINKL, C.W.; KHALIL, S.M., 2005. Offshore exploration for sand sources: general guidelines and procedural strategies along deltaic coasts. **Journal of Coastal Research**. SI 44: 203-233.

FINKL, C. W., ANDREWS, J., & BENEDET, L.. Shelf sand searches for beach renourishment along Florida Gulf and Atlantic coasts based on geological, geomorphological, and geotechnical principles and practices. In: **Proceedings of Coastal Sediments**, p. 18-23. Mar, 2003.

FINKL, C. W.; BENEDET, L; ANDREWS, J. L. Interpretation of seabed geomorphology based on spatial analysis of high-density airborne laser bathymetry. **Journal Of Coastal Research**. West Palm Beach, Florida, p. 501-514. jun. 2005.

FINKL, C W.; BENEDET, L A. Jet probes. **Encyclopedia of Coastal Science**, p. 572-580, 2005.

FINKL, C. W., ANDREWS, J. L., & BENEDET, L. Assessment of offshore sand resources for beach nourishment along the southwest coast of Florida. Tallahassee, Florida: Florida Shore and Beach Preservation Association, In: **Proceedings of the 19th Annual National Conference on Beach Preservation Technology**. 2006.

FINKL, C. W., & HOBBS III, C. H. (2009). Mining Sand on the Continental Shelf of the Atlantic and Gulf Coasts of the US. **Marine Georesources and Geotechnology**, v. 27, n. 3, p. 230-253, 2009.

FLEMMING, B. W. Side-scan sonar: a practical guide. **International Hydrographic Review**, v. 53, n. 1, p. 65-92, 1976.

FOLK, R. L., WARD, W. C. Brazos River bar [Texas]; a study in the significance of grain size parameters. **Journal Of Sedimentary Research**. Austin, Texas, p. 3-26. mar. 1957.

GIANOU, K. **Soft Shoreline Stabilization: Shoreline Master Program Planning and Implementation Guidance**. 2014.

GORINI, M.A. et al. Geomorfologia e distribuição de sedimentos da plataforma continental entre Natal (RN) e Rio de Janeiro (RJ): Uma re-interpretação com base em dados pré-existentes. **Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia**, 3:454-456. 1996.

GUERRA, N C. Caracterização morfodinâmica e sedimentar das praias do município de Jaboatão dos Guararapes, Região Metropolitana do Recife. In: **Congresso da ABEQUA**, vol. 10, São Paulo. 2005.

HANSON, H. et al. Beach nourishment projects, practices, and objectives—a European overview. **Coastal Engineering**, v. 47, n. 2, p. 81-111, 2002.

JAMES, William R. Beach fill stability and borrow material texture. **Coastal Engineering Proceedings**, v. 1, n. 14, 1974.

KOCH, J.L., Forrest, B. M. & Brantly R.M. (2006). Sand Search And Fill Material Qa/Qc Plans For Beach Nourishment Projects In Florida, **National Conference on Beach Preservation Technology February 1 - 3, 2006 Hyatt Sarasota Sarasota, Florida**.

LACHAPELLE, C. Department of Geomatics Engineering. Lecture Notes: 10016. Hydrography (ENGO 545). Set, 1998.

LANDIM, P.M.B. Análise estatística de dados geológicos multivariados. La. Geomatemática, DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro. Texto Diadático 03, 128p. 2000.

LANESKY, D. E. A New Approach to Portable Vibracoring Underwater and on Land: METHOD PAPER. **Journal Of Sedimentary Research**, v. 2, n. 49, p.654-657, dez. 1979.

MANSO, V. A. V., CORREA, I. C. S., & GUERRA, N. C. (2003). Morfologia e sedimentologia da Plataforma Continental Interna entre as Praias Porto de Galinhas e Campos-Litoral Sul de Pernambuco, Brasil. **Pesquisas em Geociências**. Porto Alegre, RS. Vol. 30, n. 2, p. 17-25. 2003.

MANSO, V. A. V.; COUTINHO, P. N.; GUERRA, N. C.; JUNIOR, C. F. A. S. Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro: Pernambuco. Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha – LGGM. Recife: Editorial da Universidade, 2006.

MARTINS, L. R.; URIEN, C. M. Areias da Plataforma e a Erosão Costeira. **Revista Gravel**, Porto Alegre, p.4-24, out. 2004.

MARTINS, L.R. Significance of skewness and kurtosis in environmental interpretation. **Journal of Sedimentary Research**, v. 35, n. 3, p. 768-770, 1965.

MARTINS, L.R. Recent Sediments and Grain size analysis: **Revista Gravel**, Porto Alegre, 2003.

MAZZINI, P. L. F.; SCHETTINI, Carlos Augusto França. Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase-sinóticos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 13, n. 1, p. 53-64, 2009.

MIRANDA, José Iguelmar. EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. **Fundamentos de sistemas de informações geográficas**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, p. 425, 2005.

MOURA, C. M. et al. IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA EROSÃO COSTEIRA NA ORLA MARÍTIMA DE JABOATÃO DOS GUARARAPES. 2010.

MUEHE, D.. Aspectos gerais da erosão costeira no Brasil. **Revista de Geografia da UFC**, Fortaleza, v. 7, n. 4, p.97-110, dez. 2005.

MUEHE, D.. **Erosão e progradação no litoral brasileiro**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006.

MUNSELL, Soil Color Charts; NOTATION, A. Color. Munsell Color Co. Inc., Baltimore, Md, 1954.

NASCIMENTO, M. A. L.. **Geologia, geocronologia, geoquímica e petrogênese das rochas ígneas cretácicas da Província Magmática do Cabo e suas relações com as unidades sedimentares da Bacia de Pernambuco (NE do Brasil)**. 2003. 215 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

OLIVEIRA, J. A. R.; MANSO, V. A. V.; GUERRA, N. C. Análise da vulnerabilidade à erosão nas praias de Porto de Galinhas, Cupê e Gamboa, município de Ipojuca, litoral do Estado do Pernambuco. In: **IX Congresso da ABEQUA**, Recife, Brasil, CD. 2003.

PINHO, M. P. et al. Depósitos fosfáticos marinhos na costa sudeste e sul do Brasil: potenciais áreas de ocorrência identificadas com dados de retroespalhamento acústico do fundo e sedimentológicos analisados sobre mapa batimétrico 3D. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 29, n. 1, p. 113-126, 2011.

POPE, Joan; DEAN, Julie L. Development of design criteria for segmented breakwaters. **Coastal Engineering Proceedings**, v. 1, n. 20, 1986.

SANTOS, J.P. & C.M.A. SOARES. 1999. Crustacea Amphipoda Gammaridae da praia de Piedade – Jaboatão dos Guararapes – Pernambuco – Brasil. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco** 27(2): 61-72.

SEYMOUR, Richard J.. **Beach Nourishment and Protection**. Washington D.c: National Academies Press, 1995.

SHEPARD, F. P. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. **Journal Of Sedimentary Research**. p. 151-158. jun. 1954.

SCHMIEGELOW, J.M.M. O planeta azul: uma introdução às ciências marinhas. 202 p., Editora Interciência, Rio de Janeiro, Brasil. 2004.

SILVA, C. G; FIGUEIREDO, A.; BREHME, I. Granulados litoclásticos. **Revista Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 18, p.319-326, nov. 2000.

SOUZA, C. R. de G. A erosão costeira e os desafios da gestão costeira no Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**. Lisboa, Portugal, p. 17-37. mar. 2009.

SOUZA, C.R. de G.; SOUZA FILHO, P.W.M. ESTEVES, S1.; VITAL, H.; DILLENBURG, S.R.; PATCHINEELAM, S.M. & ADDAD, J.E. 2005. Praias Arenosas e Erosão Costeira. In: Souza et al. (eds.). **Quaternário do Brasil**. Holos Editora, p. 130-152.

SOUZA, L. A. P. Exemplos de utilização de métodos geofísicos na investigação de áreas submersas. In: **Encontro Regional de Geotecnia e Meio Ambiente/Workshop de Geofísica Aplicada**. 1998.

SOUZA, L. A. P. **Revisão crítica da aplicabilidade dos métodos geofísicos na investigação de áreas submersas rasas**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2006.

SPM, **Shore Protection Manual**. 2 Vols. US Army Engineer Waterways Experiment Station, Coastal Engineering Research Center, US Government Printing Office, Washington, DC, 1984.

STAUBLE, D. K.; HANSEN, M.; BLAKE, W. An assessment of beach nourishment sediment characteristics. **Coastal Engineering Proceedings**, v. 1, n. 19, 1984.

STAUBLE, D. K. A review of the role of grain size in beach nourishment projects. In: **Proceedings of the National Conference on Beach Preservation Technology**. 2005.

SUGUIO, Kenitiro. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: E. Blücher, 1973.

SWART, D. H. Beach nourishment and particle size effects. **Coastal Engineering**, v. 16, n. 1, p. 61-81, 1991.

TREMBANIS, A.C.; PILKEY, O.H. Summary of beach nourishment along the U.S. Gulf of Mexico shoreline. **Journal Of Coastal Research**. West Palm Beach, Florida, p. 407-417. 1998.

WENTWORTH, C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **The Journal Of Geology**. p. 377-392. jun. 1922.

APÊNDICE A – Metodologia para produção de imagens 3D.

ROTEIRO PARA TRABALHAR COM FUROS DE SONDAGEM EM AMBIENTE TARGET®

Para utilizar o Target, é necessário primeiro organizar e montar uma planilha de entrada de dados, neste caso foi escolhido o formato Excel (.xls). Nesta planilha serão organizados todos os dados relativos aos testemunhos geológicos com os quais se pretende trabalhar.

Observação: Para evitar problemas na importação dos dados da planilha pelo software, é importante não deixar linhas e colunas em branco antes dos dados. As unidades dos dados devem corresponder às do sistema de coordenadas escolhido para se trabalhar.

1. A primeira planilha, com o nome padrão “Collar Data”, possui informações a respeito da posição dos furos (figura 1). Esta deve conter ao menos: Identificação do furo (Hole_ID), X (Easting), Y (Northing), e Z (RL).

Geosoft Database Window												
JB_Collar.gdb JB_From_To.gdb												
✓ DH Collar	DH Hole	DH East	DH North	DH RL	DH Dip	DH Azimuth	DH Top	DH Bottom	H PlanDept	DH Descr	Mask	
0.0	JB_UC_01	286887.2	9088879.3	-1.8	-90.0	0.0	0.0	3.3	*		1	
1.0	JB_UC_02	286924.6	9089202.2	-3.1	-90.0	0.0	0.0	3.0	*		1	
2.0	JB_UC_03	287078.2	9089510.2	-2.2	-90.0	0.0	0.0	2.7	*		1	
3.0	JB_UC_04	287166.7	9089807.7	-1.8	-90.0	0.0	0.0	2.8	*		1	
4.0	JB_UC_05	287267.2	9090066.7	-5.5	-90.0	0.0	0.0	1.6	*		1	
5.0	JB_UC_06	287531.9	9090271.0	-2.4	-90.0	0.0	0.0	3.2	*		1	
6.0	JB_UC_07	293761.3	9098030.3	-16.8	-90.0	0.0	0.0	2.1	*		1	
7.0	JB_UC_08	287345.2	9083076.4	-12.7	-90.0	0.0	0.0	1.4	*		1	
8.0	JB_UC_09	287821.1	9083405.9	-12.9	-90.0	0.0	0.0	1.8	*		1	
9.0	JB_UC_10	287629.6	9083079.6	-12.6	-90.0	0.0	0.0	1.9	*		1	

Neste exemplo, o sistema de coordenadas utilizado é o WGS_1984_UTM_Zone_25S, portanto as unidades estão em metros. Nota-se que por se tratar de dados batimétricos, é necessário preencher a coluna “Z” com os valores negativos.

2. A segunda planilha (From_To) a ser importada é a que contém dados referentes a cada testemunho, que variam conforme a profundidade. Deve ser colocado o intervalo de amostragem escolhido.

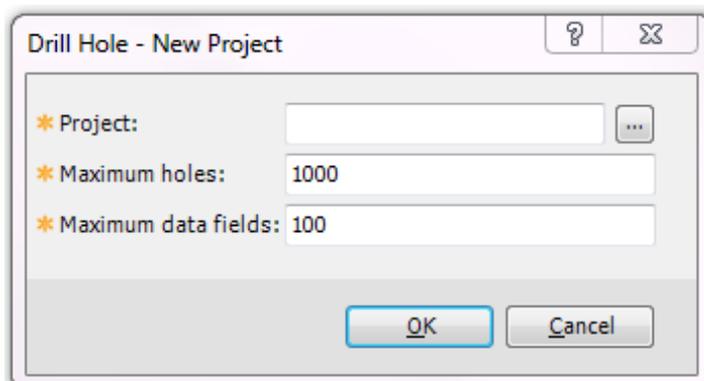
Geosoft Database Window														
JB_Collar.gdb JB_From_To.gdb														
✓ JB_UC_01	Sample	DH From	DH To	Media	Selecao	Assimetria	Curtose	Lana	Seixo	Cor	DH East	DH North	DH RL	Mask
0.01		0.00	0.05	1.16	1.45	-0.17	2.40	2.50	6.02	Cinza Huita	286887.2	9088879.3	-1.8	1
1.02		0.05	0.10	1.16	1.45	-0.17	2.40	2.50	6.02	Cinza Huita	286887.2	9088879.3	-1.9	1
2.03		0.10	0.15	1.16	1.45	-0.17	2.40	2.50	6.02	Cinza Huita	286887.2	9088879.3	-1.9	1
3.04		0.15	0.20	1.16	1.45	-0.17	2.40	2.50	6.02	Cinza Huita	286887.2	9088879.3	-2.0	1
4.05		0.20	0.25	1.16	1.45	-0.17	2.40	2.50	6.02	Cinza Huita	286887.2	9088879.3	-2.0	1
5.06		0.25	0.30	1.16	1.45	-0.17	2.40	2.50	6.02	Cinza Huita	286887.2	9088879.3	-2.1	1
6.07		0.30	0.35	0.69	1.30	-0.30	1.63	0.52	7.81	Harron Clar	286887.2	9088879.3	-2.1	1
7.08		0.35	0.40	0.69	1.30	-0.30	1.63	0.52	7.81	Harron Clar	286887.2	9088879.3	-2.2	1
8.09		0.40	0.45	0.69	1.30	-0.30	1.63	0.52	7.81	Harron Clar	286887.2	9088879.3	-2.2	1
9.10		0.45	0.50	0.69	1.30	-0.30	1.63	0.52	7.81	Harron Clar	286887.2	9088879.3	-2.3	1
10.11		0.50	0.55	0.69	1.30	-0.30	1.63	0.52	7.81	Harron Clar	286887.2	9088879.3	-2.3	1
11.12		0.55	0.60	0.69	1.30	-0.30	1.63	0.52	7.81	Harron Clar	286887.2	9088879.3	-2.4	1
12.13		0.60	0.65	0.69	1.30	-0.30	1.63	0.52	7.81	Harron Clar	286887.2	9088879.3	-2.4	1

Com as estas planilhas prontas, pode-se dar início ao projeto. Acessar a barra de ferramentas *Geosoft Database* e clicar em *Show Geosoft Database Window*, assim aparecerá a janela vazia:

Geosoft Database Window □ ×

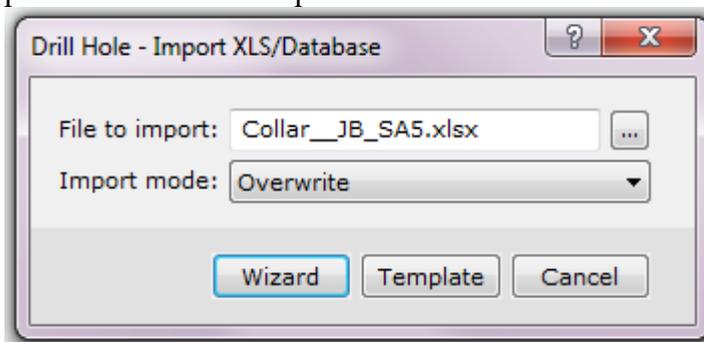
No Geosoft Databases Loaded

Agora para iniciar o projeto, na barra de ferramentas *Target drillhole* selecionar a opção *New Project*. Aqui você escolherá o nome do projeto.

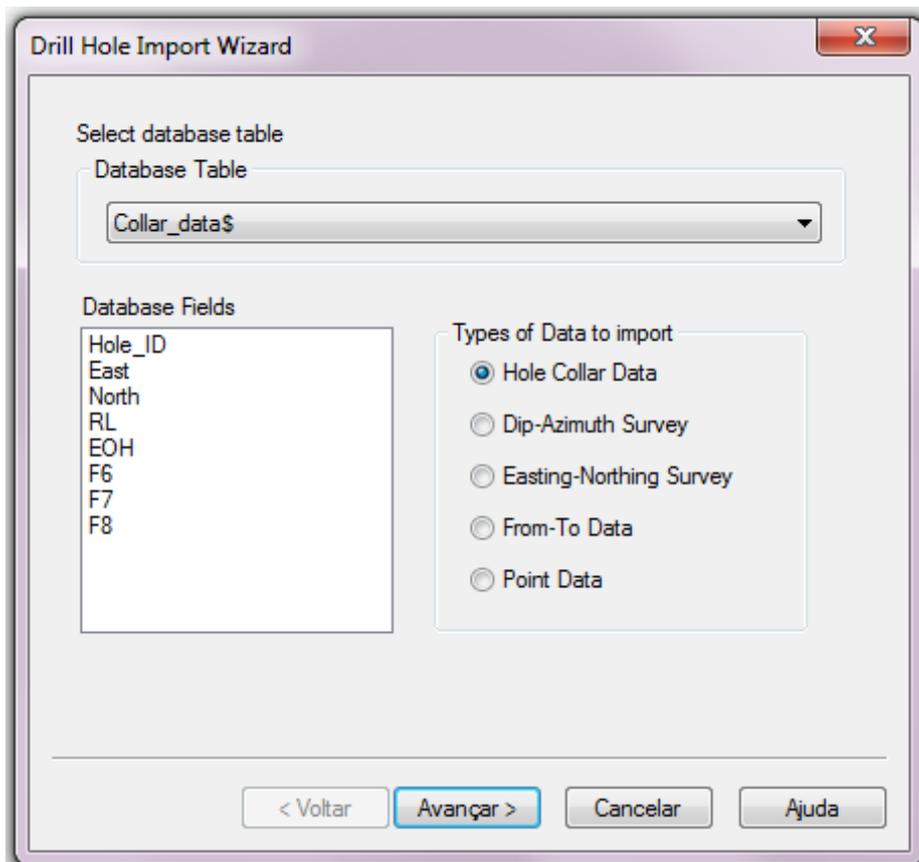


Você também poderá escolher o número máximo de furos de sondagem, e o número máximo de dados, ou deixar na opção padrão “*default*”.

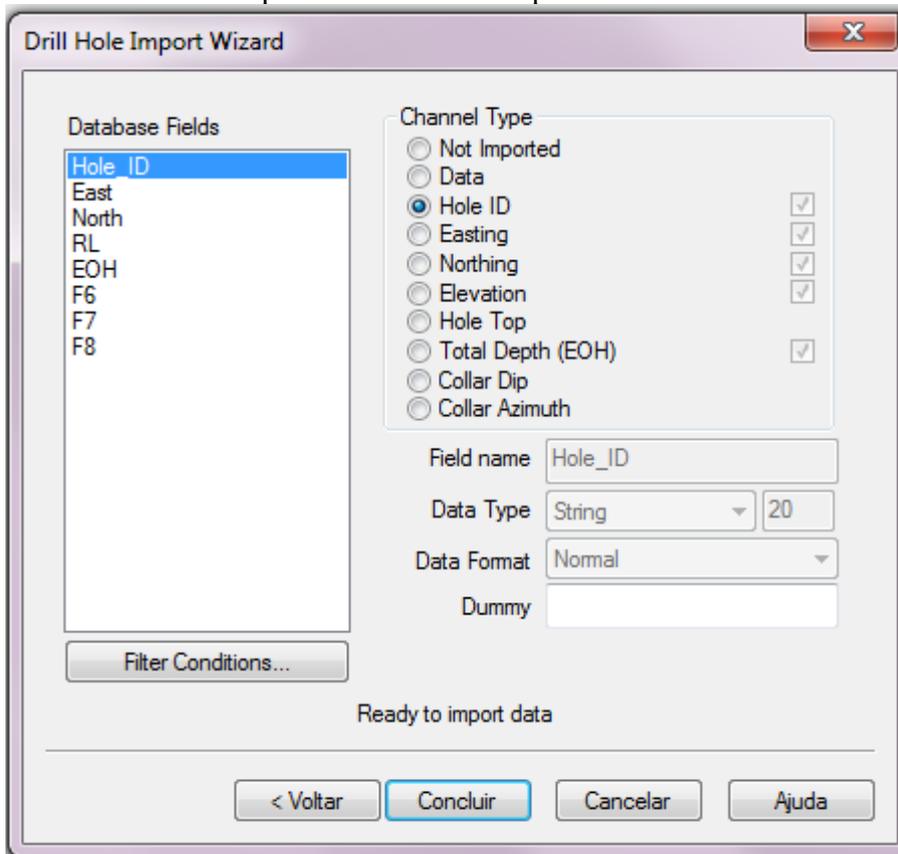
Para importar suas planilhas de dados ainda na barra *Target drillhole*, escolher a opção *Dta>Import*. No caso o tipo de arquivo importado será *XLS/Database*. Inserir primeiro o destino da planilha Collar:



Escolher a opção *Hole Collar Data*



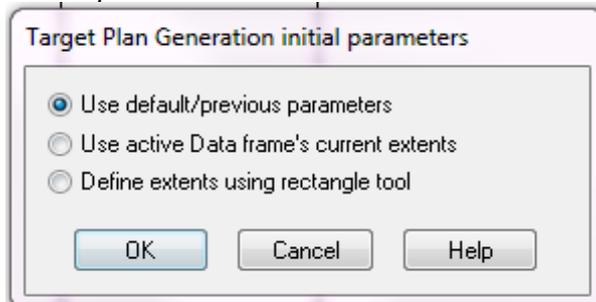
E selecionar os campos aos canais correspondentes



Repetir os mesmos passos para importar a planilha com os dados em perfil, porém selecionar a opção *From To*, em *Types of data to import*.

Após completar as etapas anteriores, você necessita ainda gerar um *Plan Map*. Este mapa permite delimitar a superfície de visualização dos furos de sondagem, a qual será utilizada no momento da interpolação 3D.

Para criar o *Plan Map*, na barra *Target drillhole* clique no ícone , e a seguinte caixa aparecerá:



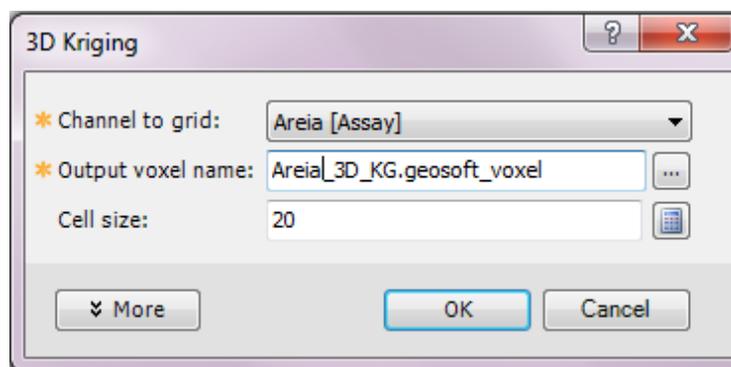
Você pode optar pela opção *default*, ou selecionar sua área de interesse utilizando uma ferramenta retangular.

INTERPOLAÇÃO 3D

Agora você possui dos recursos mínimos para iniciar a interpolação em 3D.

Você possui a opção de selecionar com quais furos de sondagem pretende trabalhar. Isso pode ser feito através do *Selection Tool*, que está em *Target drillhole > Selection*. Após a seleção, torna-se possível criar um *3D Voxel Grid*. O Voxel é a grade tridimensional com a qual seus dados serão interpolados. Neste estudo o método utilizado foi o *Geosoft 3D Kriging method*. A outra opção de interpolação 3D disponível neste software é a *3D Inverse Distance Weighted Gridding*.

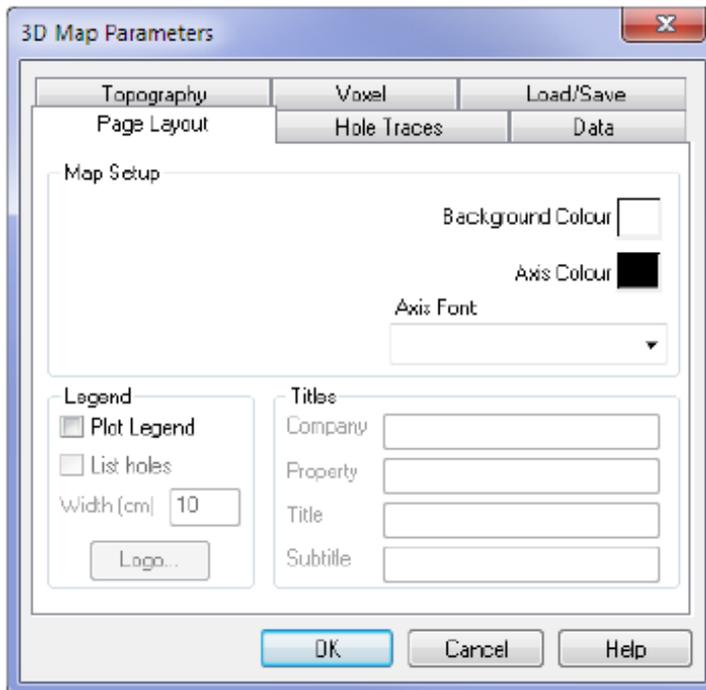
Selecione *Target drillhole > 3D > 3D Gridding from Target Project > Kriging*.



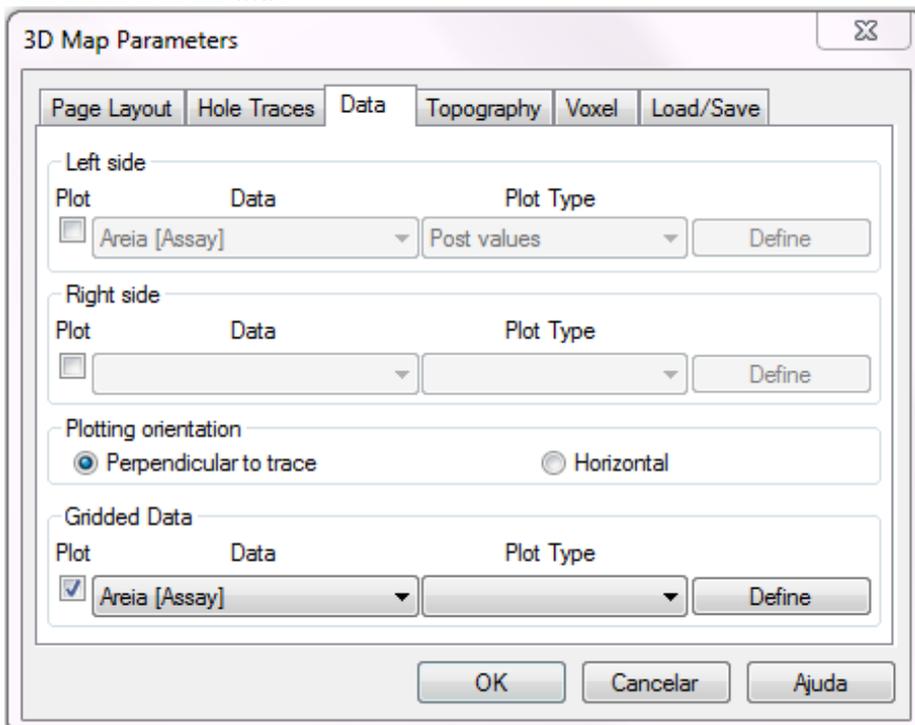
Nesta janela você deve escolher qual elemento da sua planilha pretende-se gridar, bem como o nome do *Voxel*. O tamanho de célula (*Cell Size*) é calculado automaticamente pelo software com base na distribuição dos seus dados. Porém você pode definir suas opções avançadas de interpolação clicando em *More*. Agora seu Voxel foi criado e pode ser visualizado em *Geosoft 3D Viewer*, permitindo plotar um *3D Map*.

CRIANDO O TARGET 3D MAP

Em *Target drillhole* clique em *Generate 3D Drill Hole Plot* (). Esta janela será mostrada:

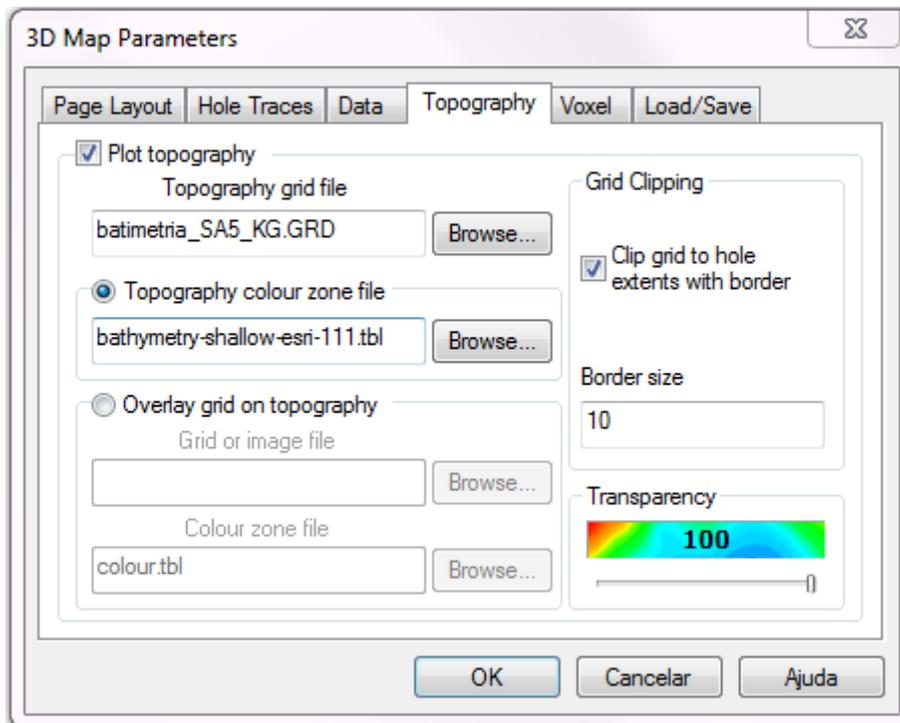


Nela é possível selecionar opções de *layout*, opções plotagem dos furos de sondagem (hole traces). Neste exemplo foram utilizadas as opções *default*.
Selecione a aba *Data*.

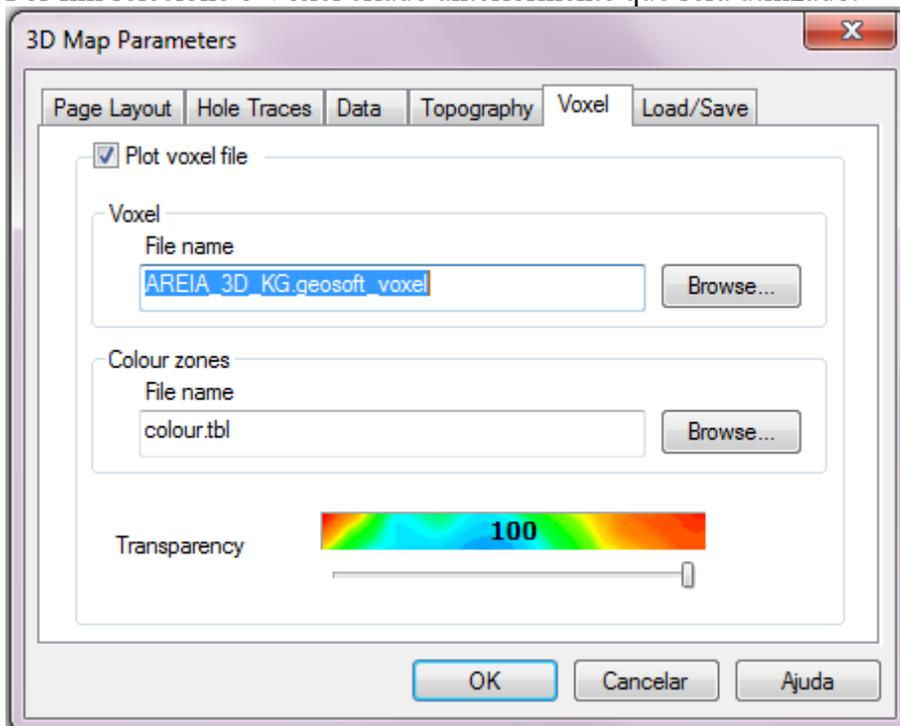


Você deverá escolher o elemento a ser interpolado, em *Gridded Data*, bem como o tipo de plotagem. Aqui podem também ser escolhidos 2 parâmetros a serem plotados ao longo dos furos de sondagem (*Left Side* e *Right Side*). Para definir parâmetros avançados de interpolação clicar em *Define*.

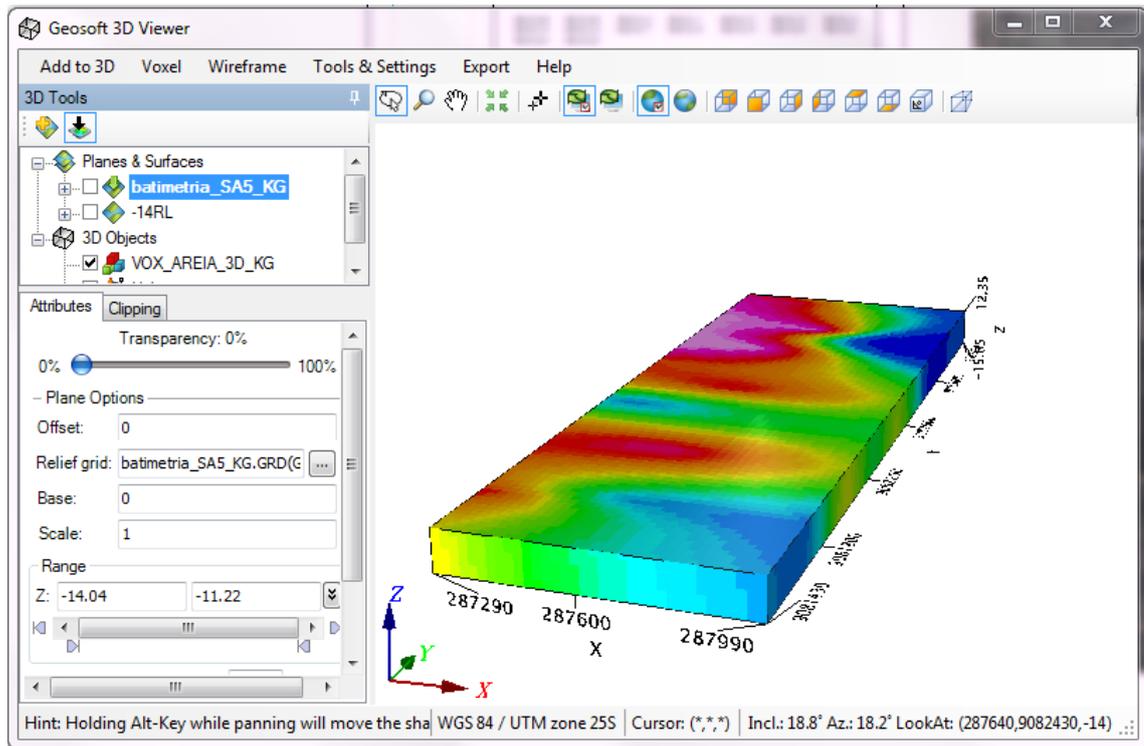
Na aba *Topography* você deverá selecionar o arquivo *.grd* com os dados de topografia (batimetria). Selecione a opção *Clip Grid*.



Por fim seleccione o Voxel criado anteriormente que será utilizado.



Agora seu resultado de interpolação pode ser visualizado no *3D Viewer*.



No *3D Viewer* você tem opções de visualização, ferramenta que permitem rotacionar a imagem, ou mudar o intervalo de visualização nos 3 eixos (x,y,z) por exemplo.

