

3 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E LOCACIONAIS

Embora a água do mar seja rica em elementos de valor econômico, a maioria dos recursos minerais encontrados nos oceanos está relacionada à ambientes geológicos específicos, e, portanto, à interação entre a água do mar e outros agentes, tais como aporte sedimentar de rios, atividade biológica e magmatismo.

A despeito dos avanços nas pesquisas dos oceanos, o potencial econômico dos recursos minerais marinhos ainda está abaixo daquele estimado por diversos relatórios na década de 70. Com exceção da produção petrolífera que representa importante papel na demanda mundial de energia, somente alguns depósitos minerais marinhos têm sido minerados economicamente: os *placers* de minerais pesados, as areias e cascalhos, as conchas calcárias, os evaporitos e depósitos de fosforitas. No que tange a localização das reservas desses recursos no Brasil, sabe-se que os *Placers* de minerais pesados, com reservas avaliadas preliminarmente ocorrem no litoral do Espírito Santo e Rio de Janeiro. Os evaporitos são encontrados desde Alagoas até São Paulo e as reservas de salgema aproveitáveis atingem mais de 1,2 bilhão de toneladas (DNPM, 2006).

Os depósitos minerais marinhos em geral, podem representar um importante recurso a médio e longo prazo, dependendo de conjunturas internacionais, e, portanto, merecem atenção no que diz respeito aos estudos relacionados à sua atual exploração e exploração. Por estes motivos, estes recursos devem ser hoje entendidos como um recurso predominantemente estratégico.

A região da Plataforma Continental Brasileira apresenta, em toda a sua extensão, variações na composição sedimentar, o que se evidencia pela alternância de sedimentos terrígenos (litoclastos) e biodetríticos (bioclastos).

Os sedimentos terrígenos são representados, na sua maioria, por material quartzoso e silto-argiloso e, apesar de sua incipiente exploração no Brasil, são largamente explorados nos Estados Unidos e Europa, comogranulados litoclásticos, os quais são usados, sobretudo, na construção civil e na construção de estradas (areia quartzosa e cascalho aluvionar). Em 2006, a produção média diária de granulados litoclásticos na Inglaterra foi de 18.000 toneladas (BMAPA, 2010). A África do Sul é o

país destaque em relação a mineração marinha, onde se encontram alguns dos maiores depósitos minerais do planeta. Ouro, diamante e fosfato representam um papel fundamental para a economia deste país.

Os sedimentos biodetríticos ou granulados bioclásticos marinhos são aqueles de composição carbonática, constituídos por algas calcárias (*Maerl* e *Lithothamnium*), por fragmentos de conchas (coquinas e areias carbonáticas) e pela destruição de organismos bentônicos com esqueleto calcário, que sob o efeito das fortes correntes, são fragmentados e depositados em ambientes específicos. Esses sedimentos, tratados genericamente nesse estudo como **Sedimentos Biodetríticos Marinhos (SBM)**, possuem como áreas de aplicação comercial a agricultura, nutrição animal, cosméticos, entre outros.

Nesse contexto, os depósitos de sedimentos carbonáticos marinhos, objeto do presente estudo, representam um recurso de grande interesse econômico. Estudos realizados desde a década de 60 indicam que a plataforma continental brasileira apresenta uma das maiores coberturas de sedimentos carbonáticos em extensão, indicando um grande potencial de exploração e uma valiosa riqueza mineral para o país.

A seguir, encontram-se apresentadas as alternativas tecnológicas para a exploração dos sedimentos carbonáticos na plataforma continental, bem como as alternativas locacionais para a sua realização.

3.1 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

Os diferentes sistemas de dragagem de sedimentos marinhos correspondem às alternativas tecnológicas que serão abordadas nesse estudo. Desse modo, o método de extração do minério do fundo marinho pode basear-se na utilização de dois tipos distintos de dragas: as dragas de caçamba (dragas estacionárias com caçamba em forma de concha, do tipo *Clam-Shell*) ou as dragas de sucção (dragas móveis com bomba hidráulica, do tipo *Hopper*).

3.1.1 Dragas de Caçamba - *Clam-Shell*

A draga de caçamba ou *Clam-Shell* (**Figura 3.1-1**) possui seu funcionamento baseado num conjunto de guindaste e caçamba em forma de concha que aprisiona o sedimento enquanto a embarcação permanece ancorada (**Figura 3.1-2** e **Figura 3.1-3**). O ciclo de dragagem compreende a descida da caçamba aberta até o fundo marinho, seu fechamento, içamento até a superfície e abertura da caçamba no interior da embarcação, que pode ser um navio ou uma balsa autopropelida. O rendimento efetivo deste sistema irá depender do volume da caçamba e da natureza do substrato de fundo, que irá determinar a facilidade com que o sedimento é recuperado pela caçamba.



Figura 3.1-1: Draga estacionária com caçamba em forma de concha ou draga *Clam-Shell*.



Figura 3.1-2: Operação da draga *Clam-Shell* armazenando o material no compartimento de carga.



Figura 3.1-3: Operação da draga *Clam-Shell* carregando o material escavado misturado com água do mar.

Esse tipo de exploração é recomendado para jazidas que apresentam área superficial limitada e grossa espessura sedimentar, como foi o caso das áreas exploradas pela empresa Fermisa Mineração S.A., que utilizou esse tipo de draga até 1998, e pela empresa Algarea Mineração Ltda, que desde 2002 utiliza a draga *Clam-Shell* para a extração de sedimentos biodetríticos marinhos em suas jazidas localizadas no litoral sul do Espírito Santo. O uso do *Clam-Shell* também permite a desagregação dos sedimentos consolidados caso necessário.



Figura 3.1-4: Dragas *Clam-Shell* utilizadas pela Fermisa até 1998.



Figura 3.1-5: Dragas *Clam-Shell* utilizadas pela Algarea em 2002.

As dragas *Clam-Shell* representam a metodologia mais onerosa, com custo operacional mais elevado e produtividade inferior quando comparada com outras metodologias, como a draga *Hopper* (sucção), descrita a seguir.

3.1.2 Dragas de Sucção - *Hopper*

As dragas de sucção ou *Hopper* (**Figura 3.1-6**) são embarcações autônomas geralmente de médio e grande porte (>500 m³) nas quais o material é sugado

continuamente do fundo do mar por meio de tubulação rígida ou flexível (1) sob a forma de uma mistura de água e sedimento. As tubulações podem ser acopladas a um sistema de compensação de ondas (2), que permite ao barco operar em mar agitado com ondas.

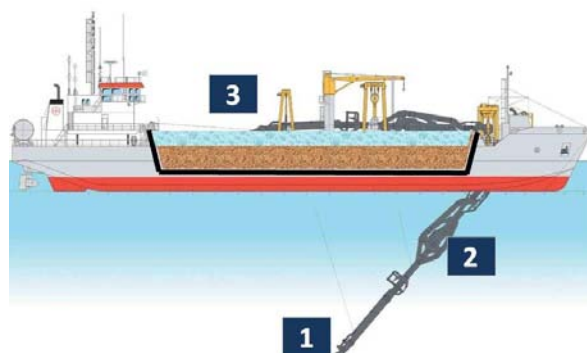


Figura 3.1-6: Esquema de draga *Hopper* com bomba hidráulica de sucção.

Durante a aspiração, o minério é acumulado por decantação no porão do navio (3) e a água em excesso é extravasada com as partículas mais finas, sendo esse movimento mantido por uma bomba centrífuga. Atualmente, as dragas mais aperfeiçoadas podem trabalhar em profundidade de até 35 metros, dependendo do tipo de material a ser dragado e as condições de mar.

A vantagem desse processo é a seleção e a lavagem do material extraído, além de apresentar eficiência maximizada quando, durante toda a extração, as bocas de dragagem estiverem em contato direto com o fundo e sugarem uma mistura de água e sedimento biodetrítico marinho com a máxima porcentagem de sólidos possíveis, garantindo, assim, um alto rendimento operacional.

Existem basicamente dois tipos de dragas de sucção:

- 1) **Sucção em pontos fixos** – Neste caso, a draga opera com a embarcação ancorada e a dragagem é feita por um tubo suspenso por braço lateral direcionado para frente da embarcação, permitindo realizar cavidades pontuais, contíguas e de forma cônica, e;
- 2) **Sucção em movimento** – Neste caso, a dragagem é realizada com uma embarcação se deslocando em movimento retilíneo e contínuo a uma velocidade lenta (de 2 até 3 nós) produzindo sulcos laterais, lineares e

paralelos à embarcação. Geralmente possui dois tubos suspensos por braços laterais localizados nos bordos da embarcação. Por ter que trabalhar navegando em linhas paralelas, este tipo de barco exige um sistema de posicionamento muito preciso (**Figura 3.1-7**).



Figura 3.1-7: Draga *Hopper* operando em movimento.

O funcionamento detalhado da draga *Hopper* consiste na sucção do material pela boca de dragagem, passando pela tubulação de sucção, pela bomba de dragagem e pelo tubo de recalque, até ser lançado dentro da cisterna da draga.

Pelo fato de ser um equipamento autopropelido, possui uma grande flexibilidade e manobrabilidade, fazendo com que a sua operação possa ser contínua ou por etapas. Dessa forma, não é exigido o lançamento de ferros de fundeio para a extração e nem grande estrutura de cais para atracação e desembarque de minério, podendo operar em áreas abrigadas e desabrigadas, e atingir grandes produções para substratos desagregados (sedimento solto), como é caso dos carbonatos marinhos objeto do presente Estudo.

A seguir, é ilustrado o processo de funcionamento da draga:

O ciclo de dragagem inicia-se com o completo enchimento da cisterna com água do mar. Ao longo da atividade de dragagem, o minério tende a decantar depositando-se no fundo da cisterna (**Figura 3.1-8**). Nessa fase inicial, a água associada aos sedimentos permanece na cisterna, recobrando os sedimentos.

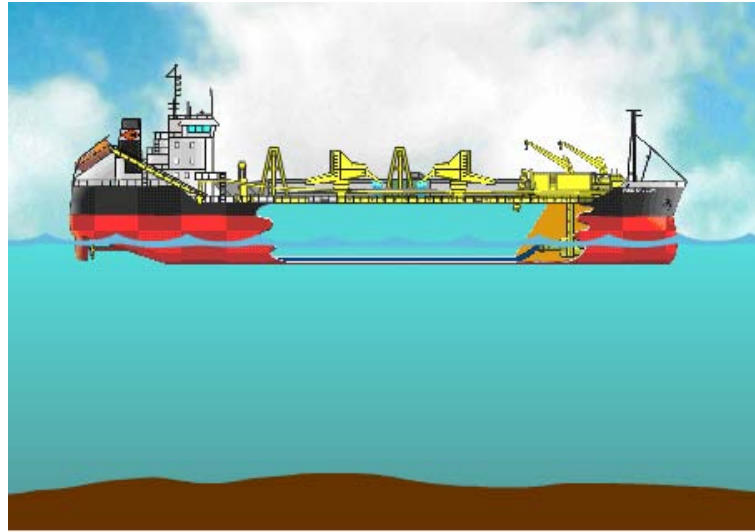


Figura 3.1-8: Enchimento da cisterna. Fase inicial.

Todo o material granulado, bem como o fino mantém-se no interior da cisterna até que o nível d'água atinja o dreno, quando então se inicia o processo de extravasamento da cisterna (*overflow*) (**Figura 3.1-9**).

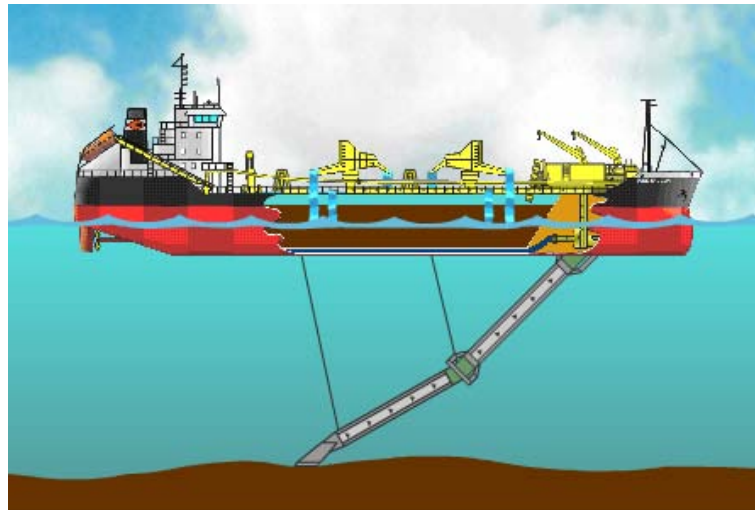


Figura 3.1-9: Enchimento da cisterna. Início do extravasamento pelo dreno.

Quando o volume máximo de sedimento na cisterna é atingido (**Figura 3.1-3.1-10**), o bombeamento é interrompido, os tubos são içados e colocados na posição de descanso e inicia-se a navegação em direção ao local de descarregamento.

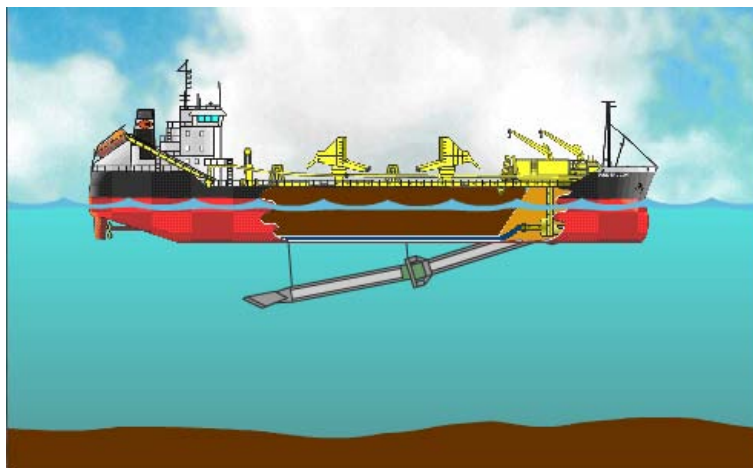


Figura 3.1-3.1-10: Fase final de enchimento da cisterna. Interrupção da dragagem.

3.1.3 Escolha do sistema de dragagem pela empresa Algadermis

Ambas as dragas supracitadas são viáveis para a extração de sedimento biodetrítico marinho, entretanto, a análise comparativa dos dois tipos de dragas, em conjunto com as análises das características da jazida, características do minério, volume de extração inicial e condições do mar, apontam a **draga de sucção tipo Hopper em movimento** como o método mais adequado.

Esse tipo de draga apresentará boa eficiência no processo de dragagem e alto rendimento na obtenção da matéria-prima, tendo em vista a profundidade e espessura do pacote sedimentar da área estudo.

Vale ressaltar que, em termos ambientais, a draga de sucção corresponde ao método de menor impacto ambiental quando comparado com a draga *Clam-Shell*, uma vez que, apesar das duas dragas atuarem na extração de sedimentos superficiais, a draga de sucção em movimento atua de forma dinâmica e quase homogênea durante o processo de extração em determinada área, já a Draga *Clam-Shell* atua de forma pontual em cada processo de extração.

As especificações técnicas da draga de sucção Siluma (**Figura 3.1-11 e Figura 3.1-12**) de propriedade da empresa Algadermis serão apresentadas no **Capítulo 4 - Descrição do Empreendimento, Subitem 4.5 Plano de Produção**.



Figura 3.1-11: Draga Siluma durante atividade de dragagem de areia em rio.



Figura 3.1-12: Draga Siluma durante atividade de dragagem de areia em rio (carregada).

3.2 ALTERNATIVAS LOCACIONAIS

3.2.1 Área de Exploração

A análise das alternativas locacionais para a área de exploração considerou, dentre outros, aspectos de ordem geológica (ocorrência dos depósitos minerais), operacional (profundidades de operação) e logística (proximidade às áreas de descarregamento), dentre os quais se enumera:

- Ocorrência de depósitos sedimentares com altos teores de carbonatos (bioclastos);
- Região com profundidades compatíveis com o método de dragagem escolhido;
- Distância das áreas de extração ao ponto de descarregamento e beneficiamento;

3.2.1.1 Ocorrência de depósitos carbonáticos no Brasil

Os sedimentos biodetríticos marinhos existentes na costa brasileira ocupam, de forma geral, profundidades variando entre 2 e 100m e constituem-se de extensos

bancos de algas calcárias e de depósitos sedimentares formados através da bioerosão desses bancos próximos à linha de costa.

O projeto REMAC, coordenado pelo CENPES / PETROBRAS em convênio com DNPM/MME, CPRM/MME, DHN/MM e o CNPq/SPPR deu origem ao mais extenso programa de pesquisas geológicas executado em águas submersas do território brasileiro, realizando um levantamento amplo de toda margem continental brasileira com duração entre 21/02/72 a 30/06/78.

No seu Volume 10 - DEPÓSITOS CARBONÁTICOS são apresentados seis principais faixas de ocorrência desses depósitos na plataforma continental brasileira, conforme descrito a seguir:

- Desembocadura do Rio Amazonas (AM) até São Luis (MA);
- Desembocadura do rio Parnaíba (MA/PI) até a desembocadura do rio São Francisco (AL/SE);
- Desembocadura do rio São Francisco (AL/SE) ao cabo Tromba Grande (BA);
- Norte de Ilhéus (BA) ao sul de Guarapari (ES);
- Desembocadura do rio Paraíba do Sul ao Cabo de São Tomé (RJ);
- De Paranaguá (PR) ao extremo sul do país.

Observa-se grande variação dos tipos morfológicos das algas calcárias em função da profundidade de ocorrência e dos setores geográficos ao longo da plataforma continental brasileira. Destaca-se a existência de grandes depósitos de algas do gênero *halimeda* no Nordeste e a inexistência destes depósitos na região SE, a presença de rodolitos maciços em certas áreas contrastando com outras onde ocorrem apenas rodolitos ramificados do tipo *maerl* ou a participação de briozoários que podem ser predominantes em certas áreas como na plataforma continental norte do ES. Foi constatada na região N-NE a existência de bancos localizados de algas coralinas, com variadas espessuras, desenvolvendo-se diretamente sobre fundo areno-quartzoso.

No Item 4 – DISCUSSÃO, encontramos a seguinte citação: “Pela excelente qualidade e enormes reservas, os depósitos carbonáticos da plataforma continental brasileira assumem fantástico valor diante das múltiplas e importantes utilizações industriais a que se prestam. A experiência francesa comprova-o”.

A existência de amplas ocorrências de algas calcárias na plataforma continental N-NE foi também evidenciada, desde a década de 60, por pesquisadores do Instituto Oceanográfico da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE (KEMPF, 1970). O potencial de exploração econômica destas algas, comparando-as com o *maerl* Francês, foi descrito por Kempf (1974). Segundo ele “... entre Natal (RN) e a foz do Rio São Francisco os depósitos estão próximos à costa, o que facilita sua exploração; os nódulos acompanhados de areia e lama calcária têm um teor em carbonatos sempre superior a 90%, e considerando apenas uma pequena faixa mais apropriada à exploração, defronte ao Estado de Pernambuco, foi registrada a ocorrência numa área de 1.350 Km² de algas e sedimentos...”.

Levantamentos regionais posteriores mostraram que a plataforma continental brasileira representa a mais extensa cobertura de sedimentos carbonáticos. Esses sedimentos, de modo geral, ocupam os setores médio e externo da plataforma, sendo representados por areias e cascalho constituídos por algas coralinas ramificadas, maciças ou em concreções, artículos de *halimeda*, moluscos, briozoários e foraminíferos bentônicos (COUTINHO, 1992). O desenvolvimento de corais é restrito a certas áreas localizadas (LABOREL, 1967).

As áreas explotáveis de algas calcárias na plataforma continental são limitadas em função da profundidade e dos teores de mistura com areias quartzosas. De modo geral, no Brasil, as ocorrências mais contínuas encontram-se numa região compreendida entre a plataforma média e a externa, muitas vezes em profundidades maiores que 50 m, impedindo a exploração por métodos tradicionais de dragagem que atingem, em geral, a profundidade máxima de 30 m.

Na Expedição Central II (bentos/geologia) do Programa REVIZEE, as dragagens biológicas revelaram, próximo à borda da plataforma na região SE, amplas áreas constituídas por algas coralinas em crostas superpostas, de espessuras variadas (milimétricas a centimétricas) dependendo da área de ocorrência. Ao largo do Cabo

de São Tomé (RJ) estas crostas podem estar intercaladas com lamias terrígenas litoclásticas.

Programa REVIZEE elaborado pela FEMAR/SECIRM com recursos repassados pelo MMA na sua página 55, capítulo 4.4.2 onde analisa os Carbonatos cita: “Mont’Alverne & Coutinho (1982) considerando uma área de aproximadamente 900 Kkm², compreendida entre as isóbatas de 20 e 30 m na plataforma continental de Pernambuco, e, admitindo uma espessura média de apenas 1,5 m de sedimentos, calcularam uma reserva inferida de 1.926 x 10⁶ toneladas, o que permitirá uma lavra de um milhão de ton/ano durante quase dois milênios. Este verdadeiro cinturão de ouro permite ao Brasil explorar suas reservas de algas calcárias por muitos anos, especialmente, sabendo-se que se trata de um recurso renovável. Calcários semelhantes aos que ocorrem na plataforma brasileira são aproveitados por vários países.”

Também na década de 80, a empresa Fermisa Mineração S.A. realizou os primeiros levantamentos prospectivos visando à extração de algas calcárias na costa do Espírito Santo, tendo adquirido concessão de lavra, junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, na área de Moleques I, situada ao largo do Município de Itapemirim, Espírito Santo.

Posteriormente, Albino (1999) evidenciou a presença de três áreas com fácies sedimentares distintas entre a foz do Rio Doce e a Baía de Vitória.

A primeira região corresponde àquela adjacente à desembocadura do Rio Doce, apresentando predomínio de sedimentos lamosos e lamo-arenosos, em evidência ao aporte sedimentar deste rio à zona submersa. A presença de uma faixa alongada recoberta por areias biolitoclásticas distante aproximadamente 18 km rumo ao mar aberto da desembocadura fluvial, provavelmente define a zona de interface entre a contribuição do aporte continental, representada pela fácies lamo-arenosa e a contribuição do aporte marinho de areias bioclásticas.

A segunda região se localiza em frente à praia de Comboios e proximidades, sendo constituída por areias essencialmente quartzosas (areias litoclásticas).

Por último, a terceira região recobre a zona submersa que se estende de Barra do Sahy à Praia de Bicanga e apresenta sedimentos essencialmente bioclásticos. Porém, é visível manchas de areias essencialmente quartzosas próximas à desembocadura do rio Reis Magos e a fácies de areia lamosa registrada nas proximidades de todas as desembocaduras fluviais representando o aporte sedimentar dos rios.

A partir de 2000, outros estudos foram realizados pelas empresas Thotham Mineração S.A., Brasalgas e Talento que requereram áreas para pesquisa mineral na região localizada entre a Baía de Vitória e Barra do Riacho (Aracruz). Esses estudos corroboram os padrões apresentados por Albino (1999) e indicam a ocorrência de depósitos com altas concentrações de carbonatos, intercalados por áreas com maior concentração de litoclastos, comprovando a viabilidade comercial de seu aproveitamento como recurso mineral.

Nesse contexto, a empresa Algadermis requereu em 2008 áreas para pesquisa mineral, nessa mesma região, visando a exploração de sedimentos biodetríticos marinhos. Os resultados obtidos para essa região indicaram áreas com altas concentrações de carbonatos, conforme apresentados no **Capítulo 6 – Diagnóstico Ambiental – Meio Físico**, do presente Estudo. Esses resultados, associados aos demais fatores, discutidos a seguir, determinaram a definição da localização das áreas do empreendimento da Algadermis.

3.2.1.2 Região com profundidades compatíveis com o método de dragagem escolhido

Outro aspecto relevante quanto à localização das áreas para a instalação do empreendimento diz respeito à profundidade de ocorrência dos depósitos minerais em função da limitação (viabilidade comercial) dos métodos de dragagem discutidos anteriormente a profundidades de aproximadamente 30 metros.

Nesse sentido, as jazidas identificadas pela Algadermis no litoral do Espírito Santo apresentam profundidades que variam entre 19 e 40 metros, apresentando depósitos economicamente viáveis nesse intervalo, conforme discutido com maior

detalhamento no **Capítulo 6 – Diagnostico Ambiental – Meio Físico**, do presente Estudo.

A localização das áreas requeridas pela empresa Algadermis justifica-se pela existência prévia desta empresa e sua atuação, em uma escala menor do que a proposta no Estudo atual, no litoral norte do Espírito Santo, tendo como fonte de matéria prima a coleta manual de algas (rodolitos) arribadas nas praias dessa região.

Ao longo dos últimos 10 anos a empresa investiu em pesquisas para avaliação das concentrações de carbonatos no sedimento da plataforma continental do Espírito Santo visando à escolha de áreas para requerimento de pesquisa mineral junto ao DNPM.

3.2.1.3 Distância das áreas de extração ao ponto de descarregamento e beneficiamento

A distância entre as áreas de extração e os pontos de descarregamento e beneficiamento representa uma variável importante no custo da operação de dragagem, determinando os volumes a serem extraídos e transportados em cada ciclo de dragagem.

As áreas de extração da empresa Algadermis localizam-se entre 34 km (ponto mais próximo) e 38 km (ponto mais distante) da área de descarregamento, localizada na Baía de Vitória – ES, distâncias consideradas reduzidas em virtude do ciclo operacional proposto para o empreendimento.

O transporte do sedimento biodetrítico marinho será feito via marítima pela própria draga de sucção auto-transportadora até um dos Terminais Portuários da Grande Vitória, onde será realizado o descarregamento. Da área de descarregamento até a Unidade de Beneficiamento, o material será transportado por caminhões e utilizará as vias principais como rota de transporte.

3.2.2 Área de Descarregamento

A análise das alternativas locacionais para a área de descarregamento considerou, como principal aspecto, a instalação em área portuária consolidada. Dentre outros, foram considerados:

- Proximidade com a Unidade de Beneficiamento já instalada;
- Proximidade com a Área de Exploração proposta;
- Infraestrutura viária para escoamento do Sedimento Biodetrítico Marinho e;
- Área disponível para instalação dos equipamentos necessários.

Neste sentido, está sendo proposto o descarregamento do material dragado em algum dos inúmeros terminais portuários, devidamente licenciados, localizados no Porto Organizado de Vitória.

A descrição e caracterização das áreas propostas para descarregamento dos sedimentos dragados estão apresentadas no **Capítulo 4 – Descrição do empreendimento, item 4.5 – Plano de Produção.**

3.2.3 Unidade de Beneficiamento

O Sedimento Biodetrítico Marinho dragado será transportado por carretas da Área de Descarregamento para a Unidade de Beneficiamento localizada no bairro Feu Rosa, município de Serra/ES. A Unidade de Beneficiamento encontra-se devidamente licenciada pela Secretária Municipal de Meio Ambiente da Serra (SEMMA) para realizar a referida atividade, por meio da **Licença Ambiental Simplificada de Operação – LAS Nº 51/2008 (Figura 3.2-1)**, conforme é discutido em maior detalhe no **Capítulo 4 - Descrição do Empreendimento.**



Figura 3.2-1: Licença Ambiental Simplificada de Operação.