



5

Índices de sensibilidade do litoral ao derramamento de óleo

ISL 1 – SUBSTRATOS IMPERMEÁVEIS, DE DECLIVIDADE ALTA A MÉDIA, EXPOSTOS

- Costão rochoso liso, de alta declividade, exposto (Figura 28a)
- Estrutura artificial lisa (paredão marítimo artificial), exposta (Figura 28b)

Características:

- Exposição freqüente a ondas maiores que um metro de altura e/ou a forte corrente de maré
- Tendência refletiva
- Substrato impermeável e sem rugosidade
- Declividade superior a 30 graus (zona intermaré estreita)

Comportamento potencial do óleo/ações de resposta:

- Não há penetração de óleo
- Baixa permanência do óleo
- A remoção tende a ocorrer rapidamente e de modo natural



FIGURA 28a – ISL1, costão rochoso liso, alta declividade, Rio de Janeiro (RJ)



FIGURA 28b – ISL 1, estrutura artificial lisa, exposta, Angra dos Reis (RJ)

ISL 2 – SUBSTRATOS IMPERMEÁVEIS, SUB-HORIZONTAIS, EXPOSTOS

- Costão rochoso liso, de declividade média a baixa exposto (Figura 29a)
- Terraço ou substrato de declividade média, expostos (terraço ou plataforma de abrasão, terraço arenítico exumado bem consolidado) (Figura 29b)

Características:

- Exposição freqüente a ondas maiores que um metro de altura e/ou a forte corrente de maré
- Tendência refletiva
- Substrato impermeável e sem rugosidade, podendo apresentar cobertura de sedimentos mobilizáveis
- Declividade inferior a 30 graus (zona intermaré mais larga que a relativa às feições classificadas no ISL 1)
- Sedimentos podem acumular na base da escarpa e serem removidos nas tempestades

Comportamento potencial do óleo/ações de resposta:

- Não há penetração de óleo
- Remoção geralmente rápida do óleo por ação das ondas
- A remoção de depósitos de óleo na faixa da preamar pode ser necessária, no caso de uso intensivo para recreação ou proteção de espécies animais



FIGURA 29b – ISL 1, terraço de declividade média, exposto, Paraty-Mirim (RJ)



FIGURA 29a – ISL 2, costão rochoso liso de baixa declividade, exposto, da praia de Cocanha (SP)

ISL 3 – SUBSTRATOS SEMIPERMEÁVEIS, BAIXA PENETRAÇÃO/SOTERRAMENTO DO ÓLEO

- Praia dissipativa de areia média a fina, exposta (Figura 30a)
- Faixa arenosa contígua à praia, não vegetada, sujeita à ação de ressaca (restinga isolada ou múltipla, feixes alongados de restingas tipo “long beach”) (Figura 30b)
- Campo de dunas expostas (Figura 30c)

Características:

- Reflexão média das ondas
- Praia com declividade da face praial da ordem de 3 a 5 graus (zona intermaré larga)
- Sedimentos bem selecionados e geralmente compactos
- Penetração do óleo geralmente menor que 10 cm com baixa mobilidade do perfil praial, com baixo potencial de soterramento
- Sedimentos superficiais sujeitos à freqüente remobilização por ação das ondas

Comportamento potencial do óleo/ações de resposta:

- Penetração do óleo geralmente menor que 10 cm de profundidade
- Baixa probabilidade de soterramento do óleo devido à lenta mobilidade da massa sedimentar
- Em praias expostas a tempestades, há possibilidade de soterramento do óleo após a fase erosiva e os impactos sobre as comunidades bióticas de intermaré podem ser severos
- A limpeza é geralmente necessária e onde for possível o tráfego de veículos, deve-se atentar para o ciclo de marés e as eventuais restrições ambientais locais



FIGURA 30a – ISL 3, praia dissipativa, praia Brava (RJ)



FIGURA 30b – ISL 3, faixa arenosa contígua à praia de Paraty-Mirim (RJ)



FIGURA 30c – ISL 3, duna exposta, Imbituba (SC)

ISL 4 – SUBSTRATOS DE MÉDIA PERMEABILIDADE;
MODERADA PENETRAÇÃO/SOTERRAMENTO DO ÓLEO

- Praia de areia grossa (Figura 31a)
- Praia intermediária de areia fina a média, exposta (Figura 31b)
- Praia de areia fina a média, abrigada (Figura 31c)

Características:

- Declividade da face praial entre 3 e 10 graus
- Substrato moderadamente permeável
- Mobilidade sedimentar relativamente elevada (acumulação de até 20 cm por ciclo de maré)
- Possibilidade de soterramento parcial do óleo
- As praias de areia fina a média abrigadas têm características análogas às do índice anterior (ISL 3), sendo, porém, mais sensíveis por serem protegidas, com menor grau de exposição à energia de onda e maré



FIGURA 31b – ISL 4,
praia intermediária,
Trindade (RJ)



FIGURA 31a – ISL 4,
praia de areia grossa,
praia de Taquarinhas (SC)



FIGURA 31c – ISL 4,
praia de areia fina,
Palhoça (SC)

Comportamento potencial do óleo/ações de resposta:

- Penetração máxima do óleo de 25 cm de profundidade
- Mobilidade do sedimento tende ao soterramento do óleo
- Possibilidade de ocorrência de seqüência de estratos contaminados intercalados, exigindo o manuseio de grande volume de sedimentos
- Impacto sobre as comunidades bióticas de intermaré pode ser severo
- Limpeza difícil, agravada pela tendência do equipamento misturar ainda mais o óleo com o sedimento
- Tráfego de veículos pode não ser possível, pode haver a transposição da praia por ondas em situações de tempestade, com potencial contaminação da retaguarda do cordão litorâneo

ISL 5 – SUBSTRATOS DE MÉDIA A ELEVADA PERMEABILIDADE, COM ALTA PENETRAÇÃO/SOTERRAMENTO DO ÓLEO

- Praia mista de areia e cascalho, ou conchas (Figura 32a)
- Terraço ou plataforma de abrasão de superfície irregular ou recoberta de vegetação (Figura 32b)

Características:

- Energia variada das ondas e das correntes de maré
- Declividade entre 8 e 15 graus, nos casos de substratos móveis, ou sub-horizontal em substratos duros
- Média a elevada permeabilidade do substrato (mistura de cascalho e areia), participação relativa da fração cascalho (maior que 2 mm) de pelo menos 20% na composição do sedimento
- Cascalho pode ser composto de fragmentos de rochas, conchas ou corais
- Percolação do óleo até cerca de 50 cm de profundidade
- Mobilidade dos sedimentos muito elevada no ciclo tempestade/pós-tempestade potencial de erosão durante tempestades e posterior soterramento
- Superfície irregular ou recoberta de vegetação, no caso de substratos duros

Comportamento potencial do óleo/ações de resposta:

- Penetração máxima do óleo de 50 cm de profundidade
- Maior profundidade de penetração do óleo dificulta a limpeza, podendo causar erosão ou problemas de descarte
- Baixa trafegabilidade em função do substrato
- Persistência do óleo pode ser alta se houver soterramento ou retenção em irregularidades do substrato
- Tempestades periódicas podem ajudar a remoção e/ou soterramento do óleo.



FIGURA 32a – ISL 5, praia mista de areia e cascalho, Florianópolis (SC)



FIGURA 32b – ISL 5, plataforma de abrasão, Rio de Janeiro (RJ)

**ISL 6 – SUBSTRATOS DE ELEVADA PERMEABILIDADE;
ALTA PENETRAÇÃO/SOTERRAMENTO DE PETRÓLEO**

- Praia de cascalho (seixos e calhaus) (Figura 33a)
- Depósito de tálus (Figura 33b)
- Enrocamentos (“rip-rap”, guia corrente, quebra-mar) expostos (Figura 33c)

Características:

- Elevada variabilidade anual no grau de exposição e, conseqüentemente, na frequência de mobilização de sedimentos por ação das ondas
- Reflexão variável das ondas
- Elevada permeabilidade do substrato (cascalho) ou substrato rochoso/duro com muitas reentrâncias
- Declividade moderada
- Potencial de soterramento e erosão durante tempestades
- Baixa trafegabilidade e reposição natural dos sedimentos

Comportamento potencial do óleo/ações de resposta:

- Penetração máxima do óleo de 100 cm de profundidade
- praia de cascalho sofrem maior impacto devido à maior penetração do óleo e dificuldade de remoção
- Persistência do óleo pode ser alta se houver soterramento ou se as tempestades após o soterramento forem pouco frequentes
- Limpeza pode ser difícil devido à grande profundidade de penetração do óleo e baixa trafegabilidade
- Jateamento com água pode ser uma solução parcial em enrocamentos



FIGURA 33a – ISL 6,
praia de cascalho,
Pedra de Guaratiba (RJ)

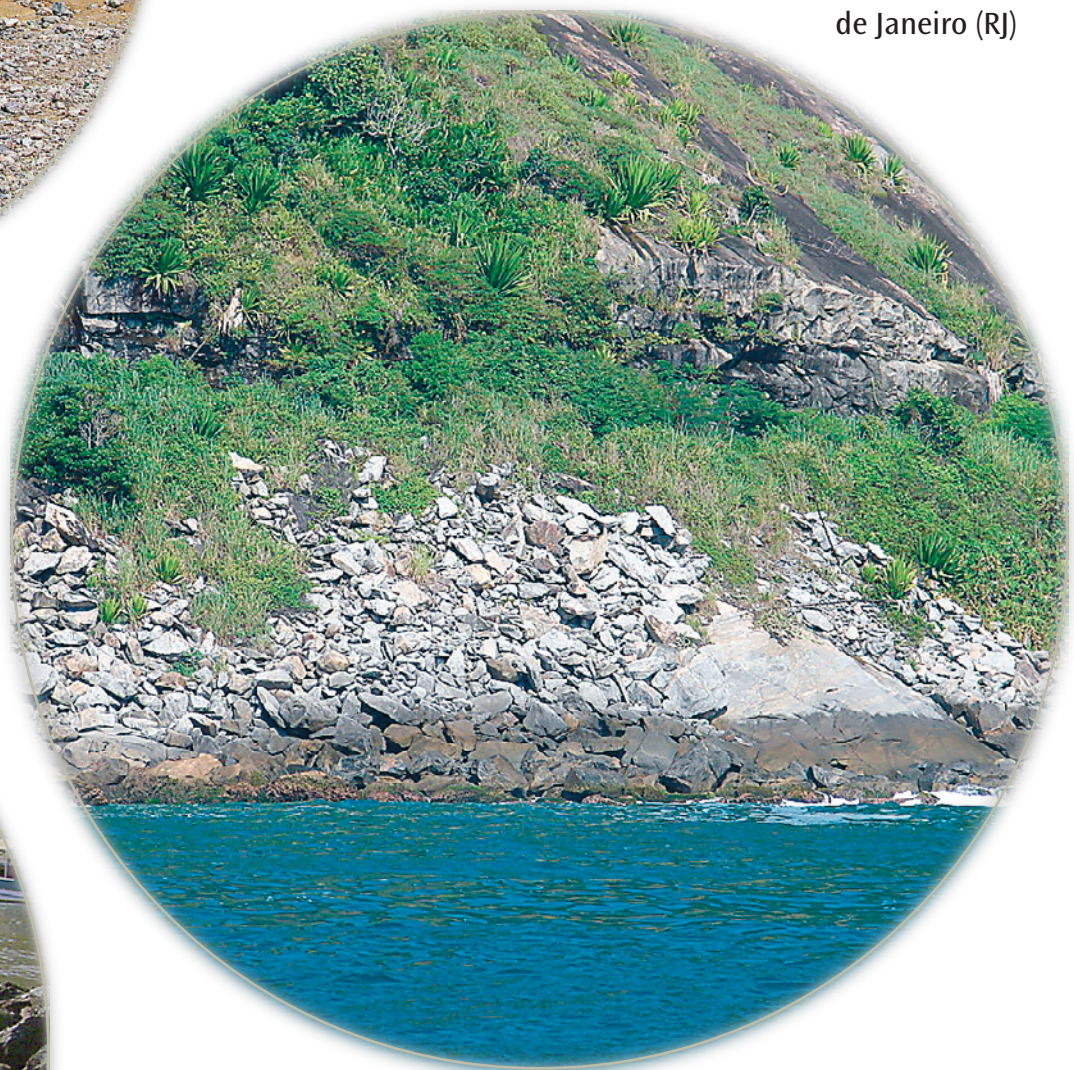


FIGURA 33b – ISL 6,
depósito de tálus, Rio
de Janeiro (RJ)



FIGURA 33c – ISL 6,
enrocamento exposto,
Paraty (RJ)

ISL 7 – SUBSTRATOS SUB-HORIZONTAIS, PERMEÁVEIS, EXPOSTOS

- Planície de maré arenosa exposta (Figura 34a)
- Terraço de baixa-mar (Figura 34b)

Características:

- Acumulação sedimentar de baixíssima declividade (menor que 3 graus)
- Substrato formado predominantemente por areia, podendo ocorrer frações de silte e cascalho
- Penetração do óleo muito reduzida, devido à saturação do sedimento com água
- Largura variando de poucos metros a quilômetros
- Substrato inconsolidado de baixa trafegabilidade

Comportamento potencial do óleo/ações de resposta :

- Óleo tende a não penetrar ou aderir facilmente aos sedimentos arenosos saturados
- Óleo tende a ser transportado para a zona de alcance máximo da preamar ou é levado ao longo da costa pelas correntes de maré
- O impacto na biota pode ser alto devido à exposição tóxica (óleos leves ou frações dispersas) ou asfixia (óleos pesados)
- Limpeza difícil devido à tendência de transferir o óleo para camadas mais profundas de sedimento através do pisoteio ou outras ações de resposta



FIGURA 34a – ISL 7, Planície de maré arenosa, Guaratiba (RJ)



FIGURA 34b – ISL 7, terraço de baixa-mar, Biguaçu (SC)

FIGURA 35d – ISL 8, enrocamento artificial abrigado, Balneário Camboriú (SC)



ISL 8 – SUBSTRATOS IMPERMEÁVEIS A MODERADAMENTE PERMEÁVEIS, ABRIGADOS, COM EPIFAUNA ABUNDANTE

- Escarpa/encosta de rocha lisa, abrigada (Figura 35a)
- Escarpa/encosta de rocha não lisa, abrigada (Figura 35b)
- Escarpa e talude íngreme de areia, abrigado (Figura 35c)
- Enrocamento (“rip-rap” e outras estruturas artificiais não lisas) abrigado (Figura 35d)

Características:

- Abrigado da ação das ondas, substrato duro composto por rocha do embasamento, estrutura artificial ou argila dura
- Substrato pode variar de vertical liso a encosta rugosa de variados graus de permeabilidade
- Declividade geralmente íngreme (maior que 15 graus), resultando em estreita faixa de estirâncio
- Comum a presença de cobertura densa de algas e outros organismos

Comportamento potencial do óleo/ações de resposta:

- Óleo tende a recobrir a superfície contaminada, persistindo por longo tempo devido à inexistência de hidrodinamismo capaz de efetuar a remoção
- Impacto na biota pode ser alto devido à exposição tóxica (óleos leves ou frações dispersas) ou asfixia (óleos pesados)
- Limpeza frequentemente necessária, tanto por razões estéticas, quanto pela baixa remoção natural, sendo muitas vezes complicada, devido à dificuldade de acesso

FIGURA 35a – ISL 8, encosta de rocha lisa abrigada, Biguaçu (SC)



FIGURA 35b – ISL 8, encosta de rocha não-lisa, São José (SC)



FIGURA 35c – ISL 8, escarpa de areia abrigada, Imbituba (SC)

ISL 9 – SUBSTRATOS SEMIPERMEÁVEIS, PLANOS, ABRIGADOS

- Planície de maré arenosa/lamosa abrigada e outras áreas úmidas costeiras não vegetadas (Figura 36a)
- Terraço de baixa-mar lamoso abrigado (Figura 36b)

Características:

- Abrigado da ação das ondas, substrato sub-horizontal lamoso (declividade menor que 3 graus)
- Sedimento saturado com água, com baixa permeabilidade a não ser pela presença de orifícios feitos por animais
- Largura variando de poucos metros a quilômetros
- Sedimentos finos de baixa trafegabilidade

Comportamento potencial do óleo/ações de resposta:

- A penetração de óleo é limitada pelos sedimentos saturados de água
- Óleo tende a ser transportado para a zona de alcance máximo da preamar, onde pode ocorrer penetração no substrato
- O impacto na biota pode ser alto devido à exposição tóxica (óleos leves ou frações dispersas) ou asfixia (óleos pesados)
- A remoção natural ocorre de forma extremamente lenta
- O substrato mole e a dificuldade de acesso inviabilizam a limpeza, qualquer esforço nesse sentido tende a introduzir o óleo nas camadas mais profundas



FIGURA 36a – ISL 9, planície de maré lamosa, Ilha de Florianópolis (SC)



FIGURA 36b – ISL 9, terraço de baixa-mar lamoso, abrigado, Florianópolis (SC)

ISL 10 – ZONAS PANTANOSAS COM VEGETAÇÃO ACIMA D'ÁGUA

- Delta e barra de rio vegetada (Figura 37a)
- Terraço alagadiço, banhado, brejo, margem de rio e lagoa (Figura 37b)
- Brejo salobro ou de água salgada, com vegetação adaptada ao meio salobro ou salgado (Figura 37c)
- Marisma (Figura 37d)
- Manguezal (mangues frontais e mangues de estuários) (Figura 37e)

Características:

- Ambientes de baixa energia, substrato plano, lamoso a arenoso, sendo mais comuns os substratos muito orgânicos lamosos
- Declive geralmente muito baixo, menor que 3 graus (zona intermaré tende a ser extensa)
- Sedimento saturado com água com baixa permeabilidade a não ser pela presença de orifícios feitos por animais, sedimentos moles de baixíssima trafegabilidade



FIGURA 37a – ISL 10, barra de rio vegetada, Guaratuba (PR)



FIGURA 37b – ISL 10, margem de lagoa, Florianópolis (SC)



FIGURA 37c – ISL 10, brejo de água salobra, Florianópolis (SC)

Comportamento potencial do óleo/ações de resposta:

- A penetração do óleo é limitada pelos sedimentos saturados de água, possibilidade de cobertura direta da vegetação pelo óleo na zona intermaré
- Cobertura direta com óleos viscosos pode sufocar os organismos bentônicos e sistemas radiculares
- Impacto na biota pode ser alto devido à exposição tóxica (óleos leves ou frações dispersas) ou asfixia (óleos pesados)
- Remoção natural ocorre de forma extremamente lenta, devido aos baixos níveis de energia e biodegradação (condição anaeróbia do substrato) desses ambientes
- Hábitats mais sensíveis devido à elevada riqueza e valor biológico, estruturas vivas funcionam como armadilhas de retenção de óleo
- O substrato mole e a dificuldade de acesso tornam a limpeza impraticável
- Qualquer tentativa de limpeza poderá introduzir o óleo nas camadas mais profundas e agravar o dano



FIGURA 37e – ISL 10,
manguezal,
Angra dos Reis (RJ)



FIGURA 37d – ISL 10,
marisma, Palhoça (SC)

6

Cartas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo

6.1. CARTA ESTRATÉGICA

As cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo na zona costeira e marinha devem atender a todos os níveis de incidentes de poluição por óleo. O emprego das cartas SAO pode variar desde o uso para planejamento de proteção e limpeza da costa em locais específicos, até o planejamento estratégico, em uma escala regional, para grandes acidentes em áreas remotas.

A carta Estratégica para a BMS foi construída na escala de 1:850.000, de acordo com as Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de cartas SAO e com o Plano Cartográfico para o Mapeamento de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Zona Costeira e Marinha. Esta escala é adequada para acidentes de grande porte, que extrapola a capacidade da empresa responsável pelo acidente de responder imediatamente. O acidente pode ocorrer tanto próximo às instalações quanto muito distante e pode mobilizar recursos locais, nacionais e internacionais.

A carta estratégica contempla uma classificação simplificada da sensibilidade da linha de costa ao óleo, em três níveis (baixo, médio e alto), conforme descrito (Tabela 4). Além dos índices de sensibilidade do litoral, as seguintes informações constam da carta SAO estratégica:

- batimetria;
- parâmetros de circulação oceânica;
- direção predominante do transporte litorâneo;
- indicação da amplitude de maré;
- climatologia dos ventos em superfície;
- contorno da linha de costa;
- unidades de conservação costeiras e marinhas, com os seus respectivos nomes, classificação e limites;
- principais recursos e atividades socioeconômicas que podem ser afetados por derramamentos de óleo;