

 BAHIA MINERAÇÃO	 PROJCONSULT ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA.	PROJETO PORTO SUL	
TÍTULO Projeto de Engenharia Memorial TRATAMENTO ACÚSTICO SUBMARINO		UNIDADE:	
		Nº. BAMIN:	PÁGINA 2/14
		Nº FORNECEDOR	REV.

 BAHIA MINERAÇÃO	 PROJCONSULT ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA.	PROJETO PORTO SUL	
		UNIDADE:	
TÍTULO Projeto de Engenharia Memorial TRATAMENTO ACÚSTICO SUBMARINO	Nº. BAMIN:	PÁGINA 3/14	
	Nº FORNECEDOR	REV.	

ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	OBJETIVO	4
2.0	INTRODUÇÃO	4
3.0	METODOLOGIA	4
5.0	CONCLUSÕES	14

 BAHIA MINERAÇÃO		PROJETO PORTO SUL	
		UNIDADE:	
TÍTULO Projeto de Engenharia Memorial TRATAMENTO ACÚSTICO SUBMARINO	Nº. BAMIN:	PÁGINA 4/14	
	Nº FORNECEDOR	REV.	

1.0 OBJETIVO

Preconizou-se esse documento no intuito de disciplinar e estabelecer critérios e procedimentos mínimos para as atividades e aplicações correlatas à execução de fundações e estruturas offshore.

Esse documento faz parte da documentação do Projeto Conceitual do Porto Sul, situado em Ilhéus, estado da Bahia.

2.0 INTRODUÇÃO

O Porto Sul está localizado no município de Ilhéus, estado da Bahia,...

3.0 METODOLOGIA

A presente metodologia pretende apresentar procedimentos preventivos que têm por objetivo reduzir os sons abaixo da superfície da água causados pelas atividades concernentes à implantação das estruturas Off-shore do Porto Sul.

A maior parte dos efeitos que impactam, marcadamente, a fauna marinha são decorrentes da dispersão de ondas mecânicas advindas de equipamentos em funcionamento durante a fase de construção e montagem dos portos. Alguns procedimentos que utilizam recursos humanos e materiais podem auxiliar na mitigação ou abrandamentos dos referidos efeitos, sendo apresentados a seguir:

4.0 (PD1A) CORTINA DE BOLHAS E ÁRVORE DE BOLHAS ALTAS **Por exemplo faixa de khz (domenico, 1982a). As bolhas são criadas por forçar ar por pequenos furos feitos em um anel metálico ou plástico. Os exemplos são mostrados abaixo. O anel é locado no fundo do oceano, e o compressor de ar é usado para empurrar o ar pelo anel.**



Lado esquerdo (Reyff, 2004)



Lado direito (Laughlin, 2005a)

 BAHIA MINERAÇÃO	 PROJCONSULT ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA.	PROJETO PORTO SUL	
		UNIDADE:	
TÍTULO Projeto de Engenharia Memorial TRATAMENTO ACÚSTICO SUBMARINO		Nº. BAMIN:	PÁGINA 5/14
		Nº FORNECEDOR	REV.

FIGURA PD1a (1): Exemplos de cortinas de bolhas de ar

Os anéis mostrados são utilizados para criar bolhas de ar. O ar é bombeado dentro dos anéis por meio de um compressor e liberados através de pequenos furos. Os anéis forma feitos de metal e de plástico. O tamanho do furo, espaçamento e número de filas causarão o impacto na efetividade da cortina.

Muitas fontes foram identificadas para discutir os aspectos teóricos das bolhas de ar na água e cortinas de bolhas. Shagapov (1998) provê um modelo simplificado de reflexão de som através da parede de bolhas. Usando as equações fornecidas por Shagapov, várias percepções podem ser adquiridas.

- A efetividade da cortina de bolhas é baseada não somente no tamanho da bolha, mas também na espessura da cortina de ar, “densidade das bolhas” (por exemplo: volume de ar pelo total de volume de unidade), e profundidade da água.
- Efetividade geral aumenta com o aumento da espessura cortina de are maior densidade de bolhas.
- A efetividade é vista decair se o tamanho da bolha é menor enquanto mantendo outros parâmetros constantes. No entanto, com tamanhos menores de bolhas pode ser possível aumentar o total de densidade de ar. Sensibilidade ao tamanho de bolha única não é tão forte quanto outros parâmetros.
- Efetividade é vista diminuir com o aumento da profundidade da água.
- Estas conclusões foram amplamente verificadas na prática. Vagle (2003) atesta que várias pequenas bolhas são preferíveis à poucas bolhas grandes. Em referência ao ponto 3 acima, bolhas menores podem permitira densidades maiores de bolhas, as quais podem também permitir um campo de bolhas mais denso (Ross, 2005). Laughlin (2005a) descreveu desenhos onde múltiplas fileiras de furos são usados em um único anel (por exemplo: veja o lado direito da figura PD1a (1) acima) Esta provavelmente corresponde à uma espessura aumentada da cortina, o qual é mostrada por Shagapov para aumentar a efetividade.

 BAHIA MINERAÇÃO		PROJETO PORTO SUL	
		UNIDADE:	
TÍTULO Projeto de Engenharia Memorial TRATAMENTO ACÚSTICO SUBMARINO	Nº. BAMIN:	PÁGINA 6/14	
	Nº FORNECEDOR	REV.	

Cortinas de bolhas são suscetíveis à correntes. A efetividade de uma cortina de bolhas pode ser parcialmente ou completamente comprometida in correntes moderadas ou fortes. O uso de árvores de bolhas pode ser efetivo em mitigar efeitos deletérios de correntes. Um diagrama de árvore de bolhas é dado na Figura PD1a(2). O espaçamento entre cada anel de bolhas deve ser na ordem de 10-35 pés (Petrie, 2005; Longmuir, 2001; CADOT, 2001). Nota-se que Laughlin (2007) achou que árvores de bolhas não aumentam a efetividade da cortina de bolhas quando correntes não estão presentes.

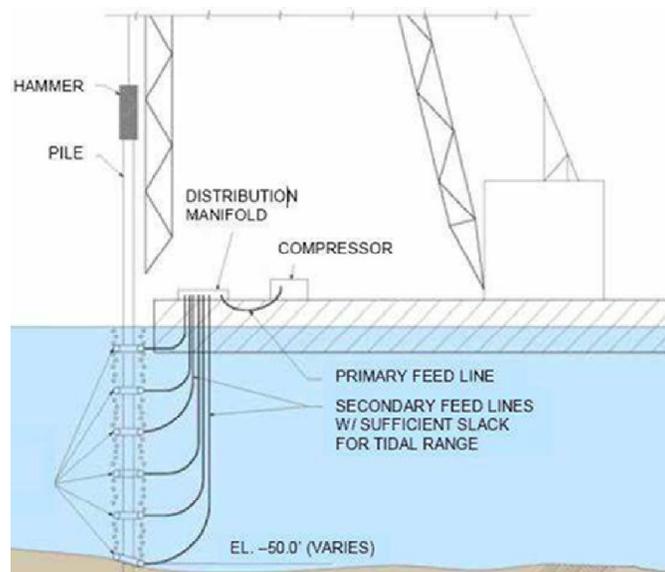


FIGURA PD1a (2): Árvore de cortina de bolhas (Petrie, 2005)

Árvores de bolhas usam anéis múltiplos para ajudar a reduzir os efeitos negativos de correntes por manutenção de parede de bolhas contínuas. Uma cortina convencional de bolhas usaria apenas um anel localizado no fundo do mar. O ar é distribuído para os anéis via coletores de distribuição primária e secundária. Como visto aqui, a cortina de bolhas necessita circular completamente a estaca por toda a coluna de água. Assentar o anel no fundo do mar é importante. Se não assentado propriamente a efetividade da cortina será comprometida.

Descrições e instalações detalhadas são fornecidas por Longmuir (2001) e CADOT (2001). Fontes adicionais mostram que furos de diâmetro 1 -1.4 mm feitos no anel da cortina de bolhas têm rendido bons resultados. Furos menores podem ser possíveis. Informações disponíveis indicam que espaçamento de 6-20 mm entre os furos espaçados menos espaçados entre si. Compressores múltiplos podem ser necessários dependendo do tamanho do sistema. Desdobramentos de distribuição primária e secundária devem ser usados para distribuição uniforme de bolhas.

 BAHIA MINERAÇÃO	 PROJCONSULT ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA.	PROJETO PORTO SUL	
		UNIDADE:	
TÍTULO Projeto de Engenharia Memorial TRATAMENTO ACÚSTICO SUBMARINO	Nº. BAMIN:	PÁGINA 7/14	
	Nº FORNECEDOR	REV.	

Referencias diferentes listam diferentes necessidades para tamanhos de compressores. Estabelecidas as exigências para saídas de compressores estendem-se desde 1500 pés cúbicos / minuto (42 metros cúbicos / minuto) a 750 pés cúbicos / minuto (21 metros cúbicos / minuto). Outras fontes prescrevem 150 pés cúbicos / minuto (4 metros cúbicos / minuto) por linha secundária, ou 70-150 metros cúbicos (2-3 metros cúbicos / minuto) por metro linear de cano em cada camada. Naturalmente, as exigências atuais para cada configuração estabelecida dependem dos detalhes do desenho.

A literatura mostra que reduções de 5-30 dB são possíveis para impulsos de picos de pressão negativos e positivos e níveis de banda larga quando cortinas de bolhas são utilizadas, apesar de reduções de 5-20dB são mais comumente encontradas. Lucke (Workshop) indicou um decréscimo de 16 dB em ambos níveis de pico e “densidade de fluxo de energia” (Ver apêndice C). Reyff (2004) apresenta informação o qual indica reduções de dB similares em picos negativos e positivos, Nível de Exposição de Som (SEL) com redução de 12dBem nível RMS. Outra comparação mostra uma redução de 20 dB no nível de pico, uma redução acumulada de 16dB na energia de som, e uma redução de nível de 15 dB em RMS. Laughlin (2005c) mostra informações as quais indicam reduções em pico, RMS e SEL. Para a implantação de uma cortina de bolhas mais efetiva, uma informação indica reduções de 9, 16 e 11 dB nestas quantidades, respectivamente, com outra mostras de redução de 4-11 e 12 para as mesmas quantidades. Laughlin (2005b) também mostra níveis relativos similares entre essas métricas. Em geral é visto que os montantes de redução relativos vistos em várias métricas são similares por uma medição dada, pelo menos dentro do nível de precisão que pode ser esperado dos campos de medição de atividades de cravação de estacas.

O tempo de subida parece ser similar com e sem a cortina de bolhas onde informação é fornecida. Laughlin (2005b) e Laughlin (2005c) calculam especificamente os tempos de subida para estacas tratadas e não tratadas. A informação é geralmente dispersa e não há diferenças claras. MacGillivray (2005) indica que esta métrica é inconveniente enquanto o pulso muda de forma quando a cortina de bolhas é usada. (Ver item PD1b (1) a seguir).

Ellison/Laughlin (Workshop), Shagapov (1998), e outros geralmente indicam que reduções maiores devem ser e devem ter sido em frequências mais altas. Por exemplo, Wursig (2000) mostra o nível geral (RMS), o qual é controlado por níveis de frequência abaixo de 400 Hz, forma reduzidos apenas por 3-5dB, no entanto, reduções de 8-10 Db foram vistas de 400-800 Hz e 15-20 dB de 1600 à 6400 Hz.

Em contraste, algumas referências (incluindo Lucke, Workshop) indicam que reduções em frequências baixas foram maiores que reduções em altas frequências. As razões para essas discrepâncias não são inteiramente sabidas, mas podem ter conexão com o barulho de fundo criado pela cortina de bolhas e / ou caminhos flanqueados.

Drake (2004) dá detalhes sobre um método para aumento de tempo de emersão bolhas pelo uso de aditivos. Aditivos potenciais incluem n-propanol, 2-ethyl haxanol, Alcool Exxon Mobil Chemical Exxal-8, Alcool ExxonMobil Chemical Exxal-9, álcool Exxon Mobil Chemical Exxal-13,sulfato de sódio dodecyl. O uso de tais aditivos pode aumentar o tempo de emersão de

 BAHIA MINERAÇÃO	 PROJCONSULT ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA.	PROJETO PORTO SUL	
		UNIDADE:	
TÍTULO Projeto de Engenharia Memorial TRATAMENTO ACÚSTICO SUBMARINO	Nº. BAMIN:	PÁGINA 8/14	
	Nº FORNECEDOR	REV.	

bolhassem 3-4 vezes. O uso de qualquer aditivo requer a aprovação prévia de órgãos regulatórios.

4.1.1 Limitações e Necessidade por pesquisas futuras: Cortinas de bolhas devem circular completamente a fonte de barulho (360 graus) e deve ser contínua por toda a coluna. Lacunas na cortina de bolhas são limitadas a águas rasas e áreas costeiras por razões práticas e econômicas (Continental, 2004), e3 devem também reduzir a efetividade em maiores profundidades (Shagapov, 1998). Aplicações em estacas inclinadas são limitadas a não ser que um número maior de anéis de bolhas for usado ou o diâmetro dos anéis aumentarem. A efetividade de cortinas de bolhas pode ser limitada por caminhos laterais, particularmente caminhos laterais pelo chão. Estudos no qual condições de solo são mais inclinados aos tais caminhos laterais não foram identificados. Sistemas de bolhas sempre fazem algum barulho em suas operações, e podem adicionar ao barulho subaquático total em algumas frequências, ou no mínimo limitar a efetividade do sistema.

4.1.2 Descrição e custos estimados: Custos de implantação em projetos passados alcançam de \$50-200k. Custos de \$4,000 por estaca têm sido reportados por Laughlin (2005a) em um projeto particular.

4.1.3 Impactos Ambientais: Efeitos adversos podem estar presentes em alguns aditivos utilizados para diminuir o tempo de emersão das bolhas. O ar injetado deve ser limpo.

4.1.4 Outros impactos não acústicos: O sistema requer um esforço de engenharia significativo para construção e implantação. Aos desdobramentos de distribuição de ar necessitam ser propriamente dimensionados e construídos para permitir uma distribuição uniforme das bolhas. Uma distribuição não uniforme levará a uma perda na atuação da cortina. O uso de um sistema de cortina de bolhas precisa ser reposicionado a cada estaca. Pode ser necessário incluir a barcaça do bate-estaca, no interior de uma cortina de bolhas, ou no mínimo, garantir que a barcaça não interfira nas colunas de bolhas. (Wursig, 2000). Manutenção inspeção minoritária podem ser solicitadas para projetos de longo tempo (>1 mês). Vagle (2003) indica que as cortinas de bolhas irão comprometer a efetividade de cortina de lodo, se usada.

4.1.5 Referências e Informação Adicional: Longmuir (2001), Vagle (2003), Reyff 2004), Wursig (2000), Petrie (2005), MacGilivray (2005), Laughlin (2005b), Laughlin (2005c) Laughlin (2007), Ellison/Laughlin (Workshop), Lucke (Workshop)

 BAHIA MINERAÇÃO		PROJETO PORTO SUL	
		UNIDADE:	
TÍTULO Projeto de Engenharia Memorial TRATAMENTO ACÚSTICO SUBMARINO	Nº. BAMIN:	PÁGINA 9/14	
	Nº FORNECEDOR	REV.	

- *Theory*: Shagapov (1998), Domenico (1982a), Domenico (1982b), Khabeev (2006).

4.2 (PD1B) CORTINA DE BOLHAS FORÇADAS

4.2.1 *Notas no manejo*: Cortinas de bolhas contidas operam em uma maneira similar à cortina de bolhas convencional (PD1a). Um pedaço de tecido, um invólucro de metal ou outro material é usado para conter as bolhas de ar para prevenir quebra da cortina de bolhas pelas correntes. Um exemplo de cortina de bolha contida é mostrado na figura abaixo. A vendedora de sistema cortina de bolhas contidas, Gunderboom, afirma que a cortina feita de tecido permeável à água de polipropileno/poliéster, a SAStm de dupla camada patenteada, é suspensa por tarugos flutuantes e ancoragem um lugar, ou instalado em uma moldura rígida em torno da áreas de atividade.

Um ar comprimido é liberado no fundo da cortina, o espaço entre as duas camadas finas de tecido infla-se, criando uma parede de bolhas de bloqueio de som. Outra abordagem não comercial tem também sido identificada (Knoll, 2004; MacGilivray(2005)).



FIGURA PD1b (1): Cortina de Bolhas Confinadas (Reyff, 2004)

Uma cortina física pode ser usada no lugar de uma árvore de bolhas (como descrito no item PD1a) para ajudar a manter a integridade da cortina de bolhas quando correntes estão presentes.

Informação publicada indica a efetividade de valores similar às cortinas contidas. No entanto, geralmente é o caso de que cortinas contidas de bolhas forma implantadas porque correntes locais iriam minimizar a efetividade de uma cortina não contida. MacGilivray (2005) mostra que o pico e pressões RMS forma reduzidas em uma média de 9 dB enquanto que o pico e velocidade de partículas RMS foram reduzidas a 12 dB.

MacGilivray também usa uma métrica de comprimento de pulso, o qual consiste do tempo que leva para 90% da energia ser acumulada, para determinar o efeito na forma do pulso no

 BAHIA MINERAÇÃO	 PROJCONSULT ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA.	PROJETO PORTO SUL	
		UNIDADE:	
TÍTULO Projeto de Engenharia Memorial TRATAMENTO ACÚSTICO SUBMARINO	Nº. BAMIN:	PÁGINA 10/14	
	Nº FORNECEDOR	REV.	

lugar de tempo de afloramento (Ver item PD1 a acima). Isso foi feito para ambos, medidas de pressão e velocidade. Foi descoberto que o tempo do pulso de pressão tende a ser levemente mais longo quando a cortina de bolhas foi usada, na ordem de 30%. No entanto, o tempo de velocidade de pulso tendeu a ser levemente mais longo por um fator de 3 na média.

Limitações / Necessidade de pesquisas Futura: Cortinas de bolhas são limitadas a águas rasas e áreas costeiras por questões práticas e econômicas (Continental, 2004). O sistema requererá um esforço de engenharia significativa para construção e implantação. O uso do sistema pode atrasar a produção já que o sistema necessita ser reposicionado a cada estaca. A aplicação em estacas inclinadas requer o uso de cortinas maiores.

Descrição e custos estimados: Custos de implantação em projetos passados estão na faixa de \$ 100-200k.

Impactos Ambientais: Ver seção PD1a.

Referências e Informações adicionais: <http://www.gunderboom.com>, Knoll (2004), MacGilivray (2005), Gunderboom, Workshop.

Vendedores: Gunderboom (www.gunderboom.com).

 BAHIA MINERAÇÃO		PROJETO PORTO SUL	
		UNIDADE:	
TÍTULO Projeto de Engenharia Memorial TRATAMENTO ACÚSTICO SUBMARINO	Nº. BAMIN:	PÁGINA 11/14	
	Nº FORNECEDOR	REV.	

(PD2) Estacas alternativas

4.2.2 Notas no manejo: Foi indicado por Laughlin (2005a), Reyff (2004) e WSDOT (2005) que estacas de aço “H”, vistas abaixo, podem produzir um pico de nível de som submarino menor do que estacas de aço circulares ou de concreto. As diferenças podem ocorrer na ordem de 10-20 dB. Além disso, estacas de concreto tem mostrado um significativo nível de redução de pico Laughlin (2007). Nota-se que essa redução, pode ser na verdade, em função da capa de madeira da estaca usada para encabeçamento e instalação de todas as estacas de concreto (ver item PD3).



FIGURA PD2 (1): Exemplo de Estaca com perfil “H”

4.2.3 Limitações e necessidade de pesquisas futuras: A informação corrente é esparsa. Testes adicionais são necessários antes que conclusões definitivas possam ser feitas. O uso de estacas H pode não ser apropriado em algumas situações por razões não acústicas.

4.2.4 Descrição e custos estimados: A diferença de custo de material é esperada ser menor em relação a outras estacas.

4.2.5 Outros impactos não acústicos: Mais estacas “H” podem atingir o mesmo intuito quando comparadas ao uso de estacas circulares. Isso irá aumentar o tempo de instalação.

4.2.6 Referências e informações adicionais: Laughlin (2005a), Laughlin (2007), WSDOT (2005), Reyff (2004).

 BAHIA MINERAÇÃO		PROJETO PORTO SUL	
		UNIDADE:	
TÍTULO Projeto de Engenharia Memorial TRATAMENTO ACÚSTICO SUBMARINO	Nº. BAMIN:	PÁGINA 12/14	
	Nº FORNECEDOR	REV.	

4.3 (PD3) ENCABEÇAMENTOS DE ESTACAS

4.3.1 Notas no manejo: Laughlin (2006a) mostrou que os encabeçamentos de estacas podem reduzir significativamente os níveis de pressão subaquática gerada pelo impacto do estaqueamento. Exemplos de encabeçamentos de estacas são mostrados na figura PD3 abaixo. Quatro diferentes tipos de material foram testados, cada um com uma variação de resultados. A madeira obteve o melhor desempenho com redução na medição do pico de pressão de 11-26 dB. Amortecedores de “micarta” mostrou reduções de 7-8 dB e com nylon mostrou reduções de 4-5dB. Amortecedores de “conbest” mostrou reduções de apenas 1-5 dB. Reduções em RMS e SEL também forma vistas cair nestas variações. Tempos de afloramento forma indicados serem mais longos quando encabeçamentos são utilizados. A madeira mostrou os maiores aumentos, apesar de haver alguma dispersão na informação. Estacas não encabeçadas tiveram tempos de afloramento de 1.5-1.8 m segundos, onde estacas encabeçadas tiveram afloramento que variaram entre 3.7-37.7 m segundos. Nota-se que o tempo de afloramento da estaca não encabeçada estão no final curto do tempo de afloramento publicado em qualquer outra literatura.

Laughlin indica que “micarta” pode ser o material preferível à madeira, pois o encabeçamento de madeira tende a quebrar mais rapidamente e é inclinado a pegar fogo. Amortecedores com “micarta” e outros materiais testados foram pouco suscetíveis a estes problemas.



FIGURA PD3 (1): Exemplos de Amortecedores de Cravação de Estacas (Laughlin (2006a))

 BAHIA MINERAÇÃO	 PROJCONSULT ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA.	PROJETO PORTO SUL	
		UNIDADE:	
TÍTULO Projeto de Engenharia Memorial TRATAMENTO ACÚSTICO SUBMARINO	Nº. BAMIN:	PÁGINA 13/14	
	Nº FORNECEDOR	REV.	

Discos de encabeçamento de estacas são locados entre a estaca e a cabeça guia. Materiais diferentes podem ser usados, e resultam diferentes produções de barulhos. Encabeçamentos de madeira são comumente utilizados para estacas de concreto.

4.3.2 Limitações / Necessidade de Pesquisas Futuras: O feito de encabeçamentos de estacas na cravação não foi estudado diretamente, com exceção que foi notado que madeira não transfere a energia do impacto muito bem. Laughlin (2007) também mostra que encabeçamentos de madeira perdem sua efetividade conforme vão sendo comprimidas. Aprofundamento na pesquisa pode ser necessário para aperfeiçoar os materiais de encabeçamento de estacas e determinar o efeito geral sobre a eficiência de cravação da estaca.

4.3.3 Descrição dos Custos Estimados: Custos de encabeçamentos de estacas são estimados ser pequenos em relação a outros custos do projeto. Um único encabeçamento pode ser usado para algumas estacas.

4.3.4 Outros Impactos não acústicos: Encabeçamentos podem atrasar o processo de produção.

4.3.5 Referências e Informações adicionais: Laughlin (2006a) Laughlin (2007)

4.4 (PD4) SISTEMA DE INÍCIO INCREMENTAL DE CRAVAÇÃO DE ESTACAS

O sistema de início incremental de cravação de estacas é um processo de cravação, auxiliado por sistema alternativo de início de motores e/ou transmissão que transmite torque crescentemente para o sistema de cravação. Isto é a cravação da estaca inicia-se com altura e intervalo de impacto menor e vai aumentando a altura de elevação do martelo em intervalos menores, aumentando assim a Energia de Cravação, ou a intensidade de cravação da estaca.

Com o acréscimo de intensidade na cravação a Energia de Cravação vai crescendo de forma gradativa, tendo como consequência disso a amplificação das ondas de choque que vão aumentando de intensidade, também, gradativamente.

Esse regime de aumento de intensidade em gradiente constante permite, principalmente, aos cetáceos e quelônios, mas também aos peixes, um período de percepção, consciência e afastamento que causa menores prejuízos a esses animais.

 BAHIA MINERAÇÃO	 PROJCONSULT ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA.	PROJETO PORTO SUL	
		UNIDADE:	
TÍTULO Projeto de Engenharia Memorial TRATAMENTO ACÚSTICO SUBMARINO		Nº. BAMIN:	PÁGINA 14/14
		Nº FORNECEDOR	REV.

5.0 CONCLUSÕES

Pode ser uma boa opção a utilização das soluções, propostas ao longo dessa dissertação, todavia há de se impor condições específicas para cada caso admitindo-se no mínimo o que segue:

- A solução PD1a “Cortina de bolhas e Árvore de bolhas altas” poderá ser utilizada independente da solução PD1b “Cortina de bolhas forçadas”, todavia sempre deverá ser utilizada com as soluções PD3 “Encabeçamentos de estacas” e PD4 “Sistema de início incremental de cravação de estacas”;
- A solução PD1b “Cortina de bolhas forçadas” poderá ser utilizada independente da solução PD1a “Cortina de bolhas e Árvore de bolhas altas”, todavia sempre deverá ser utilizada com as soluções PD3 “Encabeçamentos de estacas” e PD4 “Sistema de início incremental de cravação de estacas”.

Portanto, independentemente da solução adotada, será compulsório a utilização das soluções PD3 “Encabeçamentos de estacas” e PD4 “Sistema de início incremental de cravação de estacas” durante o processo de construção das pontes Off-shore.

Mediante a análise das soluções consideradas viáveis, levando-se em conta a operação e custos envolvidos a equipe técnica que elaborou o presente estudo acredita ser o melhor conceito a adoção da solução PD1b “Cortina de bolhas forçadas” combinada com as soluções PD3 “Encabeçamentos de estacas” e PD4 “Sistema de início incremental de cravação de estacas” durante o processo de construção das pontes Off-shore.