

ANEXO 2 - FONTE SÍSMICA 4135H_2000

2.1 DESCRIÇÃO DA FONTE SÍSMICA

A escolha do arranjo de fonte sísmica a ser utilizado dependerá dos dados sísmicos a serem obtidos, do navio sísmico e das características ambientais da área de pesquisa sísmica. A PGS pretende utilizar no navio sísmico o arranjo de canhões de ar 4135H_2000.

O arranjo 4135H_2000 é do tipo GII GUN e possui 4.135 polegadas cúbicas de volume e pressão de disparos de 2000psi. Esse arranjo será posicionado entre 5,0 e 10,0 metros (+/-0,5 m) de profundidade. Para fins de caracterização do arranjo e modelagem de decaimento sonoro, apresentaremos neste Estudo o arranjo 4135H_80_2000_80, aprovado o Plano de Controle Ambiental de Sísmica - PCAS da PGS, cuja profundidade de posicionamento é de 8,0 metros.

A Figura 2.1a apresenta a configuração geométrica do arranjo 4135H_80_2000_80, com indicação do volume dos canhões, agrupamento e canhões ativos. A Tabela 2.1a contém os parâmetros de configuração do arranjo.

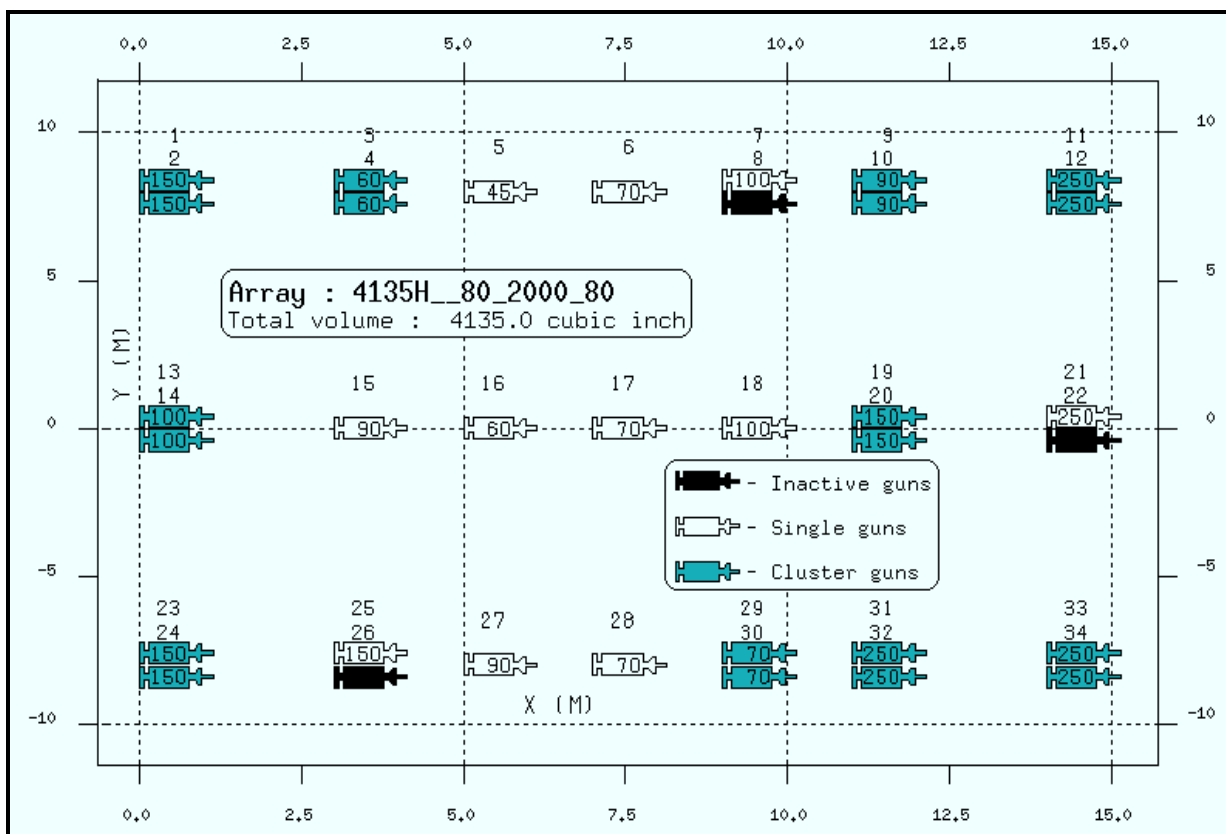


Figura 2.1a – Configuração geométrica do Arranjo de Canhões 4135H_80_2000_80 (CAMPBELL, 2010),



EAS - Estudo Ambiental de Sísmica
Pesquisa Sísmica Marítima 3D na Bacia Sedimentar do Ceará
Programa CEARA_R11_3D

Tabela 2.1a – Parâmetros de Configuração do Arranjo de Canhões 4135H_80_2000_80 (CAMPBELL, 2010).

NOME DO ARRANJO		4135H_80_2000_80						
NÚMERO DE CANHÕES ATIVOS		31						
VOLUME ATIVO TOTAL		4135 polegadas cúbicas						
NÚMERO DE CANHÕES SOBRESSAIENTES		3						
CANHÃO	TIPO	X (m)	Y (m)	Z (m)	VOLUME (psi)	PRESSÃO (POL.CUB.)	INTERV (ms)	Nº DO GRUPO
1	21	0.00	8.40	8.00	150	2000	0.00	1
2	21	0.00	7.60	8.00	150	2000	0.00	1
3	21	3.00	8.40	8.00	60	2000	0.00	2
4	21	3.00	7.60	8.00	60	2000	0.00	2
5	21	5.00	8.00	8.00	45	2000	0.00	0
6	21	7.00	8.00	8.00	70	2000	0.00	0
7	21	9.00	8.40	8.00	100	2000	0.00	0
8	21	9.00	7.60	8.00	100	SOBRES.	0.00	0
9	21	11.00	8.40	8.00	90	2000	0.00	3
10	21	11.00	7.60	8.00	90	2000	0.00	3
11	21	14.00	8.40	8.00	250	2000	0.00	4
12	21	14.00	7.60	8.00	250	2000	0.00	4
13	21	0.00	0.40	8.00	100	2000	0.00	5
14	21	0.00	-0.40	8.00	100	2000	0.00	5
15	21	3.00	0.00	8.00	90	2000	0.00	0
16	21	5.00	0.00	8.00	60	2000	0.00	0
17	21	7.00	0.00	8.00	70	2000	0.00	0
18	21	9.00	0.00	8.00	100	2000	0.00	0
19	21	11.00	0.40	8.00	150	2000	0.00	6
20	21	11.00	-0.40	8.00	150	2000	0.00	6
21	21	14.00	0.40	8.00	250	2000	0.00	0
22	21	14.00	-0.40	8.00	250	SOBRES.	0.00	0
23	21	0.00	-7.60	8.00	150	2000	0.00	7
24	21	0.00	-8.40	8.00	150	2000	0.00	7
25	21	3.00	-7.60	8.00	150	2000	0.00	0
26	21	3.00	-8.40	8.00	150	SOBRES.	0.00	0
27	21	5.00	-8.00	8.00	90	2000	0.00	0
28	21	7.00	-8.00	8.00	70	2000	0.00	0
29	21	9.00	-7.60	8.00	70	2000	0.00	8
30	21	9.00	-8.40	8.00	70	2000	0.00	8
31	21	11.00	-7.60	8.00	250	2000	0.00	9
32	21	11.00	-8.40	8.00	250	2000	0.00	9
33	21	14.00	-7.60	8.00	250	2000	0.00	10
34	21	14.00	-8.40	8.00	250	2000	0.00	10

TIPO DE CANHÃO 21: G-GUN II

A assinatura da fonte (far-field) na vertical (0° ângulo e 0° azimute) do arranjo 4135H_80_2000_80 está sendo apresentada na Figura 2.1b e resumizada na Tabela 2.1b. A máxima amplitude pico-a-pico do arranjo 4135H_80_2000_80 na assinatura vertical é de 263,0dB re: 1 µPa a 1 metro da fonte (CAMPBELL, 2010).

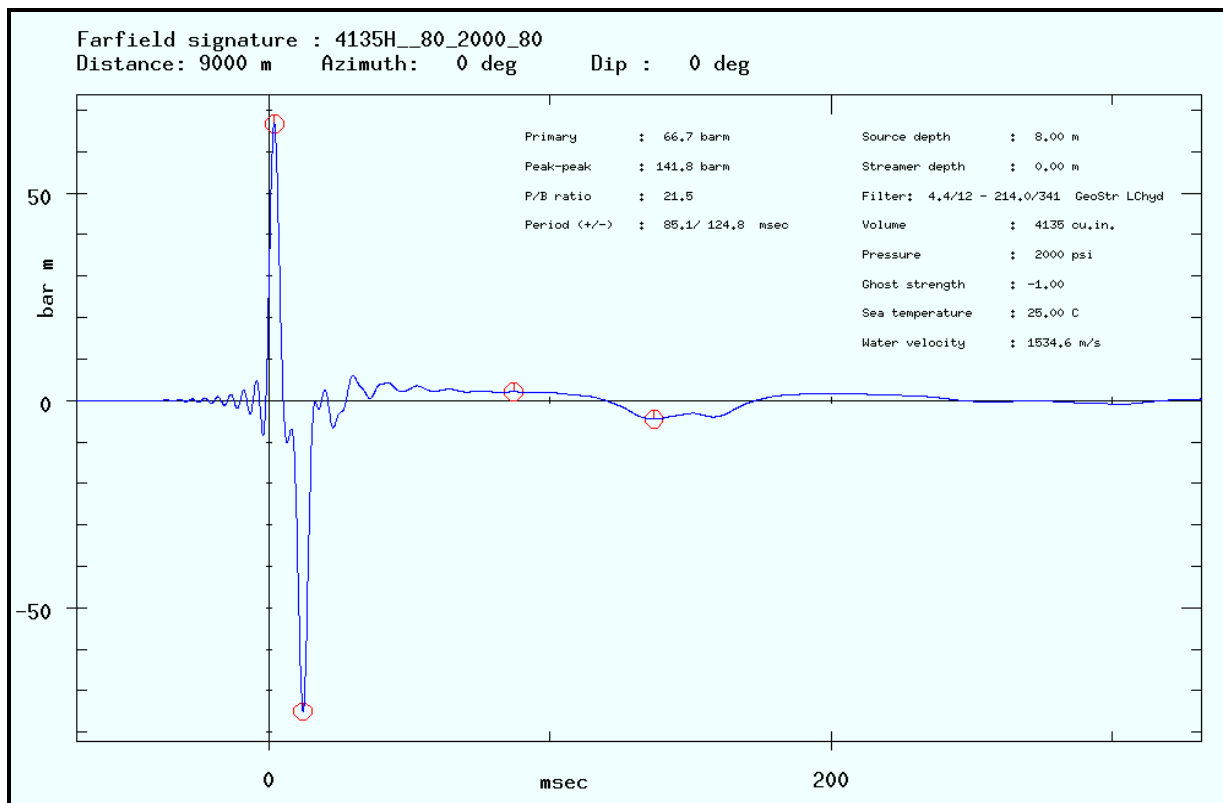


Figura 2.1b – Assinatura da fonte (far-field) na vertical (0° ângulo e 0° azimute) do arranjo 4135H_80_2000_80 (CAMPBELL, 2010).

Tabela 2.1b – Características da Assinatura da Fonte (Far-Field) na Vertical (0° Ângulo e 0° Azimute) do Arranjo de Canhões 4135H_80_2000_80 (CAMPBELL, 2010).

	Bar-meters	dB re: 1 µPa a 1m
Amplitude de Pico	66,7	256,5
Amplitude Pico-a-Pico	141,8	263,0

A Figura 2.1c apresenta o espectro de amplitudes na vertical (0° ângulo e 0° azimute) no intervalo de frequência de 0 (zero) a 200Hz (CAMPBELL, 2010). O arranjo produz um sinal sonoro de amplitude absoluta máxima de 213,5dB re: 1 µPa na frequência de 41,99Hz, conforme Tabela 2.1c.

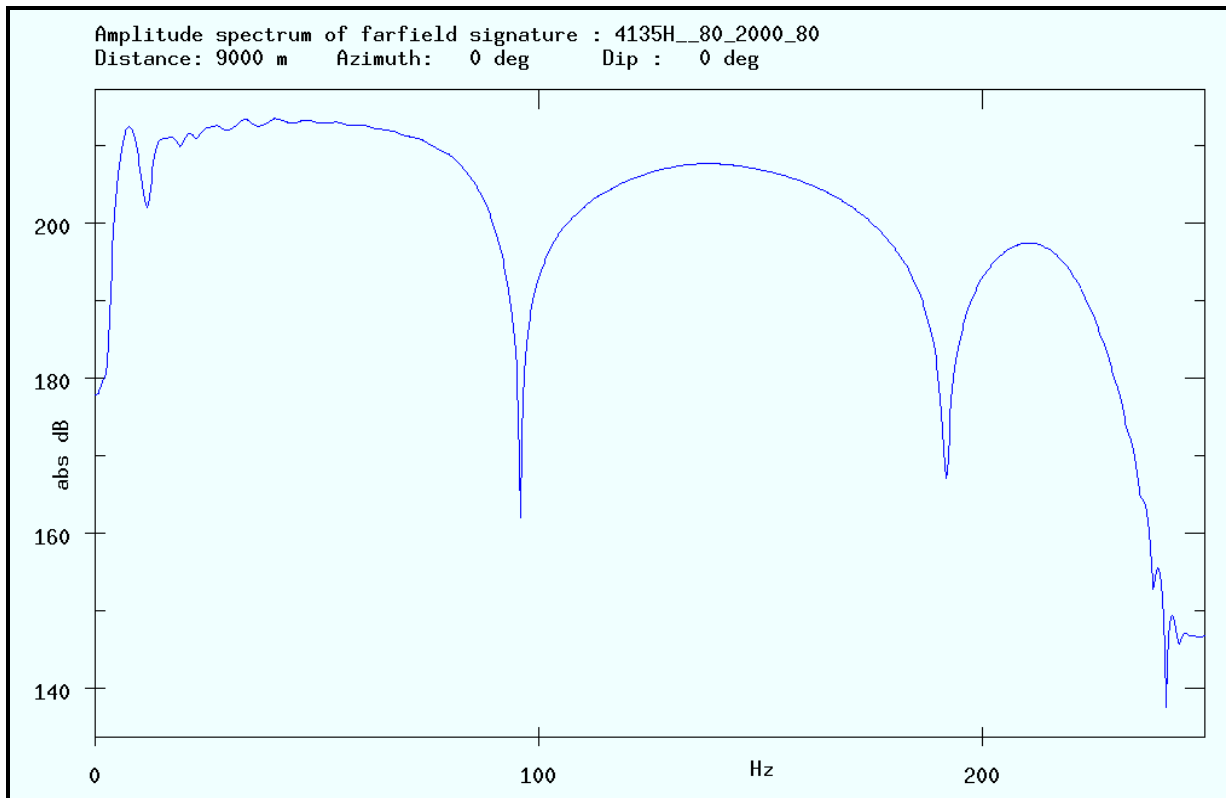


Figura 2.1c – Espectro de amplitude vertical (0° ângulo e 0° azimute) do arranjo 4135H_80_2000_80 nas frequências variáveis entre 0 e 200Hz (Amplitudes em dB re: 1 µPa/Hz a 1m da fonte) (CAMPBELL, 2010).

Tabela 2.1c – Características do Espectro de Amplitude na Vertical (0° ângulo e 0° azimute) do Arranjo de Canhões 4135H_80_2000_80 (CAMPBELL, 2010).

	Frequência (Hz)	dB re: 1 µPa a 1m
Amplitude Absoluta Máxima	41,99	213,5

A assinatura da fonte (far-field) na horizontal (90° ângulo e 90° azimute) do arranjo 4135H_80_2000_80 está sendo apresentada na Figura 2.1d e resumida na Tabela 2.1d. A máxima amplitude pico-a-pico do arranjo 4135H_80_2000_80 na assinatura horizontal é de 207,2dB re: 1 µPa a 1 metro da fonte (CAMPBELL, 2010).

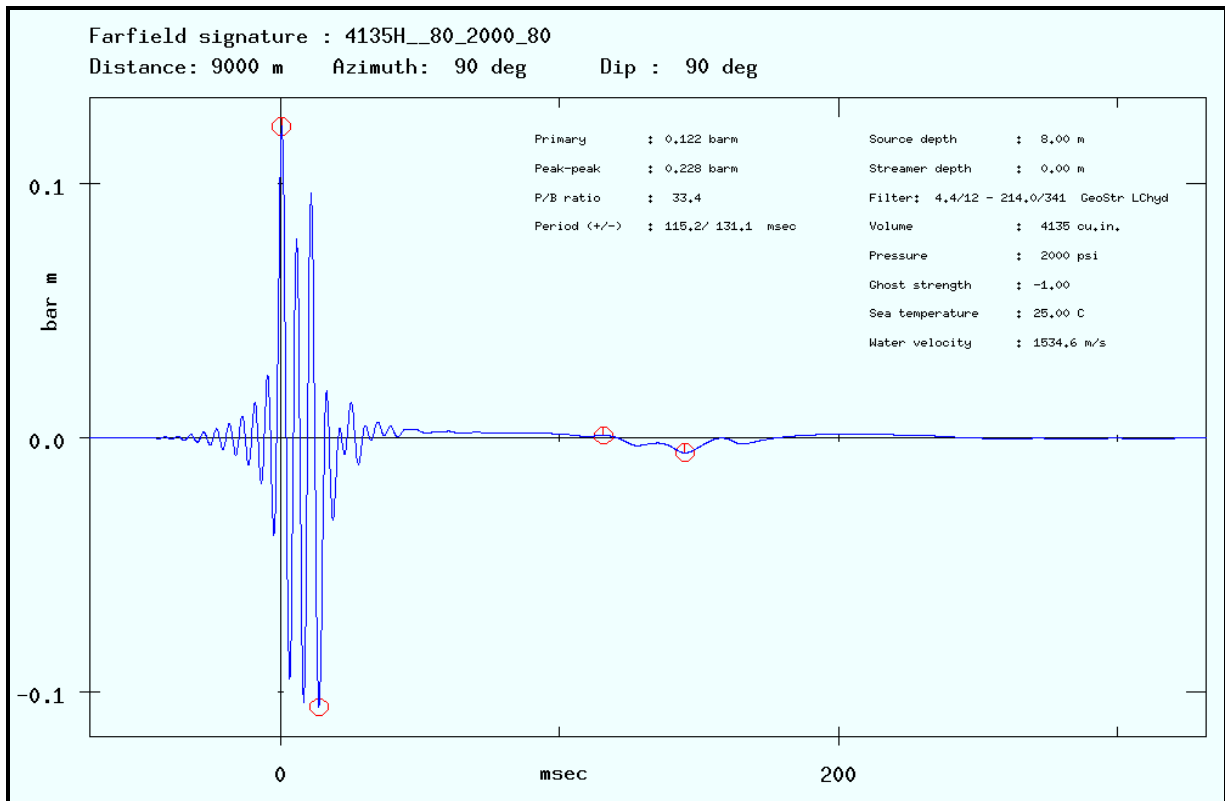


Figura 2.1d – Assinatura da fonte (far-field) na horizontal (90° ângulo e 90° azimute) do arranjo 4135H_80_2000_80 (CAMPBELL, 2010).

Tabela 2.1d – Características da Assinatura da Fonte (far-field) na Horizontal (90° ângulo e 90° azimute) do Arranjo de Canhões 4135H_80_2000_80 (CAMPBELL, 2010).

	Bar-meters	dB re: 1 µPa a 1m
Amplitude de Pico	0,122	201,7
Amplitude Pico-a-Pico	0,228	207,2

A Figura 2.1e apresenta o espectro de amplitudes na horizontal (90° ângulo e 90° azimute) no intervalo de frequência de 0 (zero) a 200Hz (CAMPBELL, 2010). O arranjo produz um sinal sonoro de amplitude absoluta máxima de 159,4dB re: 1 μPa^2 na frequência de 197,3Hz, conforme Tabela 2.1e.

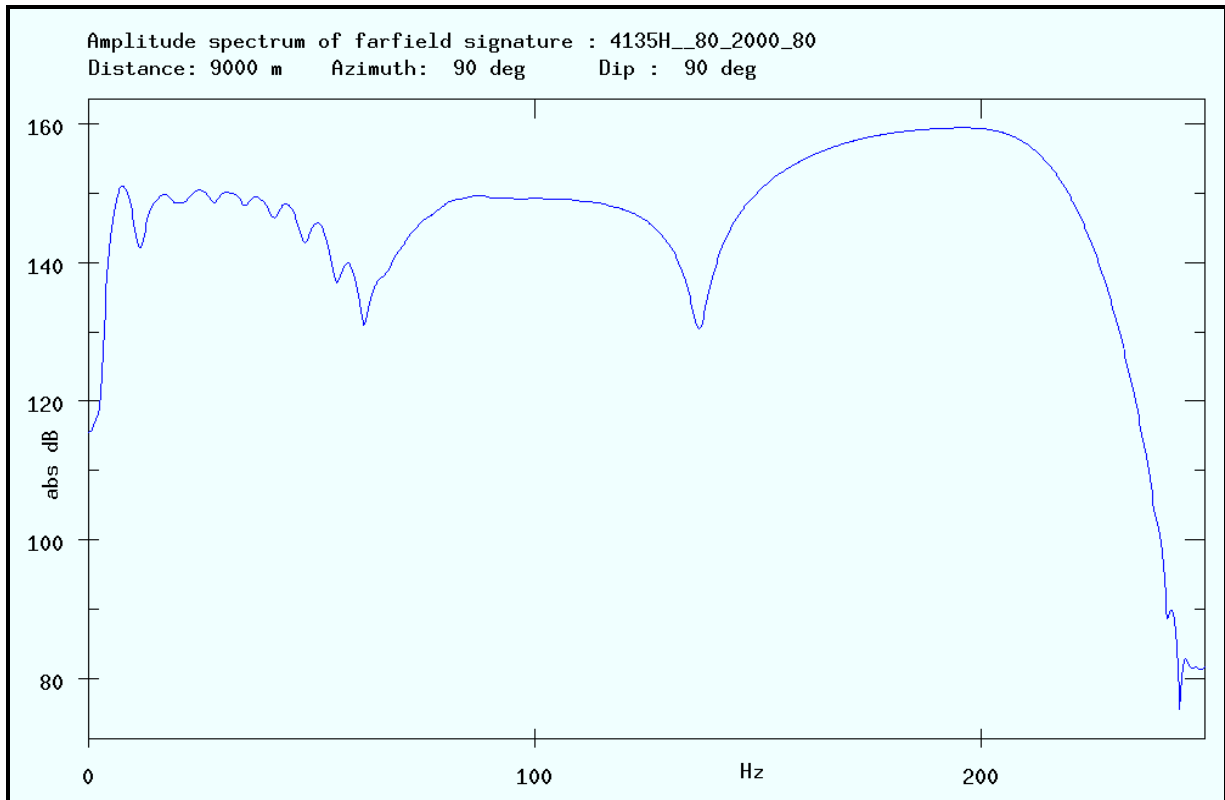


Figura 2.1e – Espectro de amplitude horizontal (90° ângulo e 90° azimute) do arranjo 4135H_80_2000_80 nas frequências variáveis entre 0 e 200Hz (Amplitudes em dB re: 1 $\mu\text{Pa}/\text{Hz}$ a 1m da fonte) (CAMPBELL, 2010).

Tabela 2.1e – Características do Espectro de Amplitude na Horizontal (90° Ângulo e 90° Azimute) do Arranjo de Canhões 4135H_80_2000_80 (CAMPBELL, 2010).

	Frequência (Hz)	dB re: 1 μPa a 1m
Amplitude Absoluta Máxima	197,3	159,4

2.2 MODELAGEM DE DECAIMENTO DA ENERGIA SONORA

O meio que é impactado diretamente e com maior intensidade pela atividade, é o biológico, pelas interferências que as ondas sonoras produzidas pelos canhões de ar e as configurações de aparatos e equipamentos, utilizados para a coleta de dados, têm na fauna marinha. Quantificar o decaimento do sinal sonoro, desde a fonte produtora até os possíveis receptores possibilita estabelecer os limites de impacto da atividade de Pesquisa Sísmica sobre a biota associada às áreas costeiras, principalmente sobre os mamíferos marinhos devido à alta acuidade auditiva.

CAMPBELL (2010) realizou uma análise de modelagem das características de amplitude do arranjo de fonte sísmica marítima 4135H_80_2000_80. Este arranjo representa uma das configurações padrões de arranjo de fonte sísmica utilizadas pela PGS no mundo e tem gerado registros de alta qualidade e eficiência. Todas as assinaturas, análises e gráficos foram gerados com o “Marine Source Modeling” versão 5.3.1 do programa “Nucleus Seismic Analysis”, versão 6.5.7.

Uma série de perfis de amplitude foi gerada para avaliar a taxa à qual a pressão ao redor do arranjo decai com a distância. Como os perfis foram gerados em imagem bidimensional, pode-se observar o decaimento da energia sonora no sentido vertical e no sentido horizontal. Estes perfis foram gerados em termos de amplitude pico-a-pico no tempo dominante e em termos de amplitude absoluta máxima na frequência dominante.

Foram gerados vários perfis para examinar o decaimento da pressão na profundidade de 200 metros: um perfil longitudinal (“inline”) estendendo a 200 metros para frente e para trás do arranjo; um perfil vertical transversal (“crossline”) estendendo 200 metros em qualquer lado do arranjo; e um perfil de plano de fundo horizontal (“depth plane”) na profundidade de 200 metros abaixo do arranjo. Adicionalmente, com a finalidade de verificar a amplitude sonora que alcança o limite da zona de segurança para cetáceos e quelônios na distância de 500 metros da fonte sísmica, foram gerados os mesmos perfis apresentados anteriormente considerando esta distância de 500 metros na modelagem.

As Figuras 2.2a, 2.2b e 2.2c apresentam os perfis de amplitude pico-a-pico do arranjo 4135H_80_2000_80, nas respectivas direções: longitudinal (“inline”), vertical transversal (“crossline”) e plano de fundo horizontal (“depth plane”). O perfil longitudinal (“inline”) estende-se para uma distância de 200 metros para frente e para trás do centro do arranjo e estende-se a uma profundidade de 200 metros (Figura 2.2a). Similarmente, o perfil vertical transversal (“crossline”) estende-se 200 metros em qualquer lateral do centro do arranjo e para uma profundidade de 200 metros (Figura 2.2b). O perfil de plano de fundo horizontal (“depth plane”) está a uma profundidade de 200 metros e estende 200 metros em todas as direções do centro do arranjo (Figura 2.2c). Para estas figuras, a escala de cores varia de 0 bar-metros a 6 bar-metros, o que é equivalente a 160dB re 1 μ Pa a 1 metro (0.001 bar-meters) a 235dB re 1 μ Pa a 1 metro.

No entorno da fonte (escala de cor amarelo), a amplitude pico-a-pico é de 235dB re 1 μ Pa a 1m. Este sinal sonoro decai cerca de 75dB na distância de 200 metros para frente e para trás (Vide Figura 2.2a) e para lateral (Vide Figura 2.2b) do centro do arranjo, alcançando a amplitude pico-a-pico de 160dB re 1 μ Pa. Na direção vertical, para baixo do arranjo, o sinal decai cerca de 65dB alcançando a amplitude pico-a-pico de 170dB re 1 μ Pa na profundidade de 200 metros (Vide Figuras 2.2a e 2.2b e detalhe do perfil de fundo na profundidade de 200 metros na Figura 2.2c). A maior energia (235-200dB re 1 μ Pa) está concentrada na distância de 50 metros para baixo e 25 metros para qualquer lado do centro do arranjo. Na distância de 100 metros, em 45° do centro do arranjo, a amplitude pico-a-pico decai 70dB, o que corresponde a 165dB dB re 1 μ Pa. Na mesma distância de 100 metros, na superfície do mar, a amplitude pico-a-pico decai 75dB, o que corresponde a 160dB dB re 1 μ Pa.

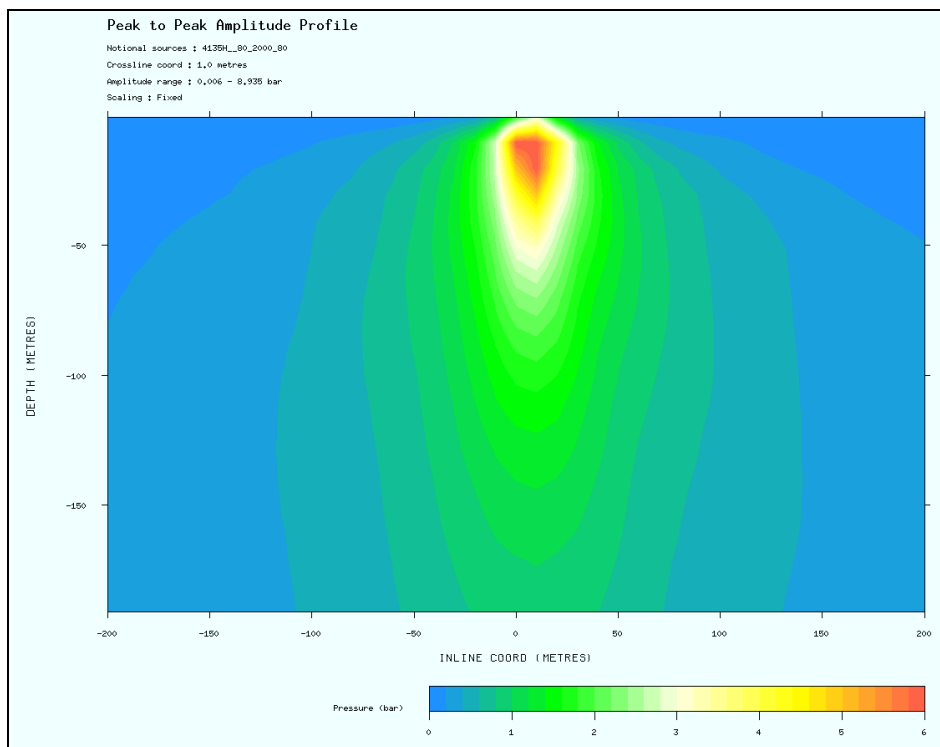


Figura 2.2a – Perfil longitudinal (“inline”) na amplitude pico-a-pico do arranjo de canhão 4135H_80_2000_80 a uma profundidade de 200 metros (Escala de cores de 0 bar-metros a 6 bar-metros equivale a 160dB re 1 μ Pa a 1m (0.001 bar-meters) a 235dB re 1 μ Pa a 1m) (CAMPBELL, 2010)

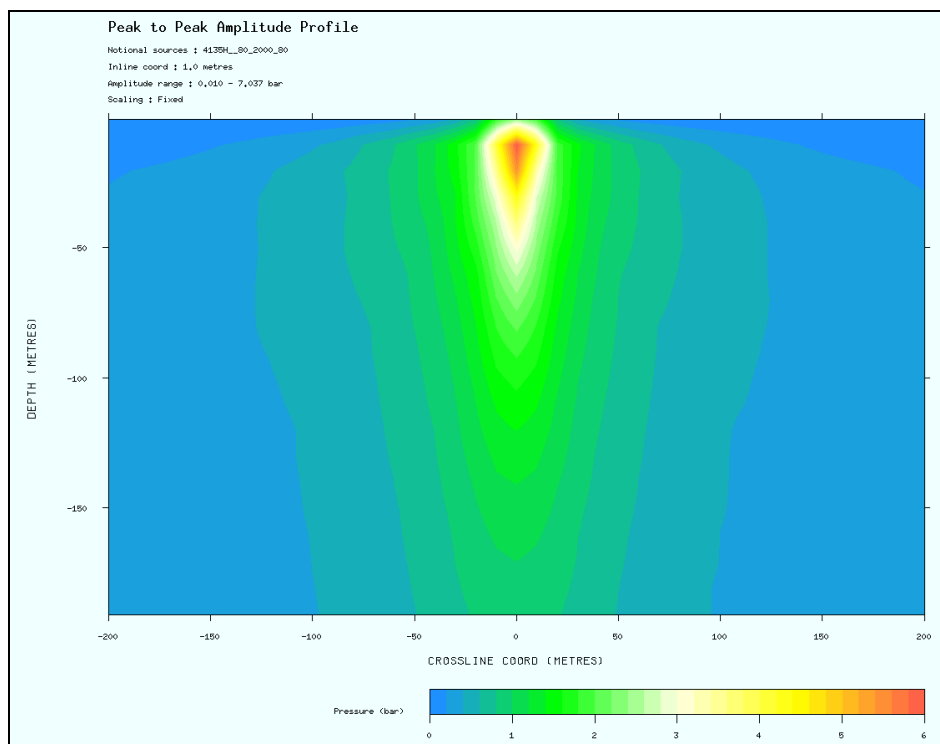


Figura 2.2b – Perfil vertical transversal (“crossline”) na amplitude pico-a-pico do arranjo de canhão 4135H_80_2000_80 a uma profundidade de 200 metros (Escala de cores de 0 bar-metros a 6 bar-metros equivale a 160dB re 1 μ Pa a 1m (0.001 bar-meters) a 235dB re 1 μ Pa a 1m) (CAMPBELL, 2010)

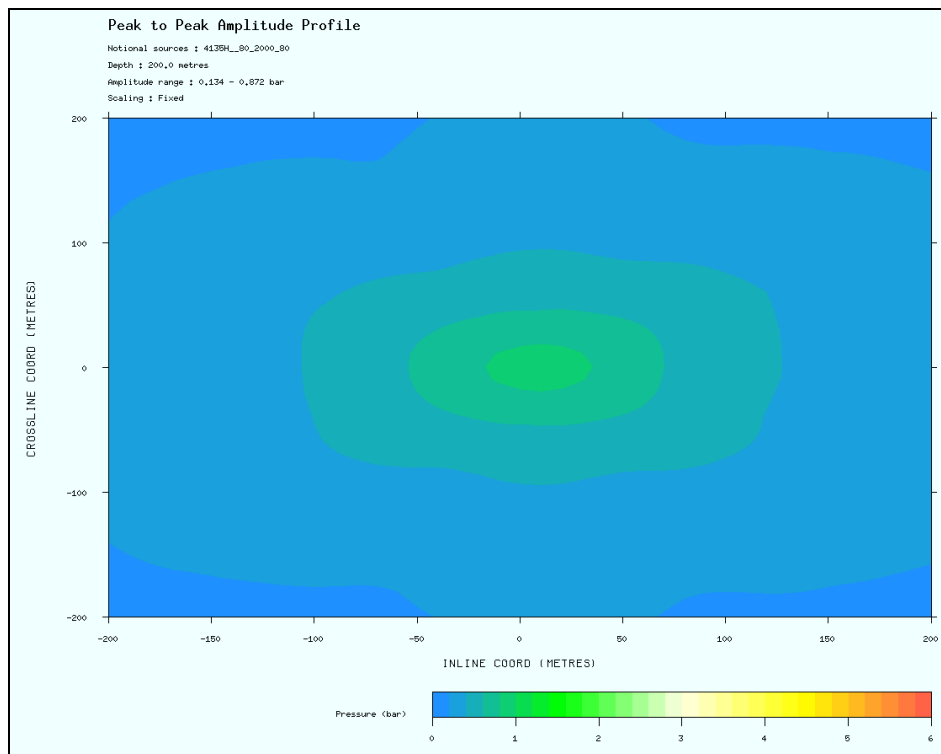


Figura 2.2c – Plano de fundo horizontal (“depth plane”) na amplitude pico-a-pico do arranjo 4135H_80_2000_80 a uma profundidade de 200 metros (Escala de cores de 0 bar-metros a 6 bar-metros equivale a 160dB re 1 μ Pa a 1m (0.001 bar-meters) a 235dB re 1 μ Pa a 1m) (CAMPBELL, 2010)

As Figuras 2.2d, 2.2e e 2.2f apresentam os perfis de amplitude absoluta máxima do arranjo 4135H_80_2000_80 para distâncias de 200 metros na longitudinal (“inline”), vertical transversal (“crossline”) e plano de fundo horizontal (“depth plane”), respectivamente. Para estas Figuras, a escala de cores varia de 140dB re 1 μ Pa/Hz a 1 metro a 200dB re 1 μ Pa/Hz a 1 metro.

No entorno da fonte (escala de cor amarelo), a amplitude absoluta máxima é de 200dB re 1 μ Pa/Hz a 1 metro. Este sinal sonoro decai cerca de 60dB na distância de 200 metros para frente e para trás (*Vide* Figura 2.2d) e para lateral (*Vide* Figura 2.2e) do centro do arranjo, alcançando a amplitude absoluta máxima de 140dB re1 μ Pa/Hz. Na direção vertical, para baixo do arranjo, o sinal decai cerca de 32dB, alcançando a amplitude absoluta máxima de 168dB re1 μ Pa na profundidade de 200 metros (*Vide* Figuras 2.2d e 2.2e e detalhe do perfil de fundo na profundidade de 200 metros na Figura 2.2f). A maior energia (200-180dB re1 μ Pa) está concentrada na distância de 50 metros para baixo e 25 metros para qualquer lado do centro do arranjo. Na profundidade de 100 metros, em 45° do centro do arranjo, a amplitude absoluta máxima decai 32dB, o que corresponde a 168dB dB re1 μ Pa/Hz. Na mesma distância de 100 metros, na superfície do mar, a amplitude absoluta máxima decai de 60dB, o que corresponde de 140dB re1 μ Pa/Hz.

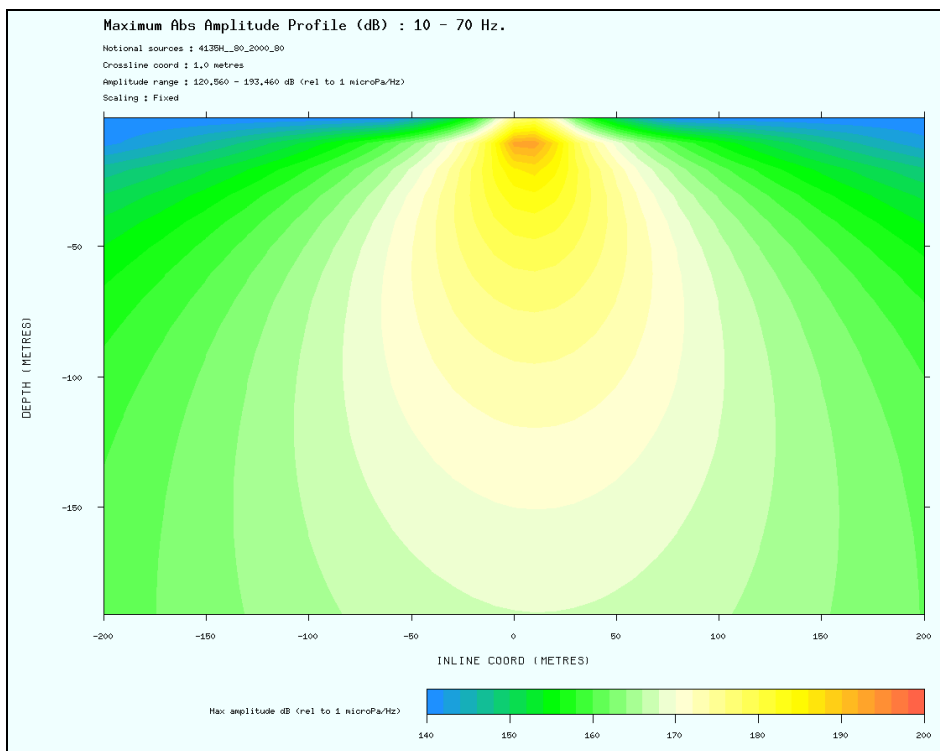


Figura 2.2d – Perfil longitudinal (“inline”) na amplitude absoluta máxima do arranjo de canhão 4135H_80_2000_80 a uma profundidade de 200 metros (Escala de cores de 140dB re 1 μ Pa a 1m (0.001 bar-meters) a 200dB re 1 μ Pa a 1m) (CAMPBELL, 2010)

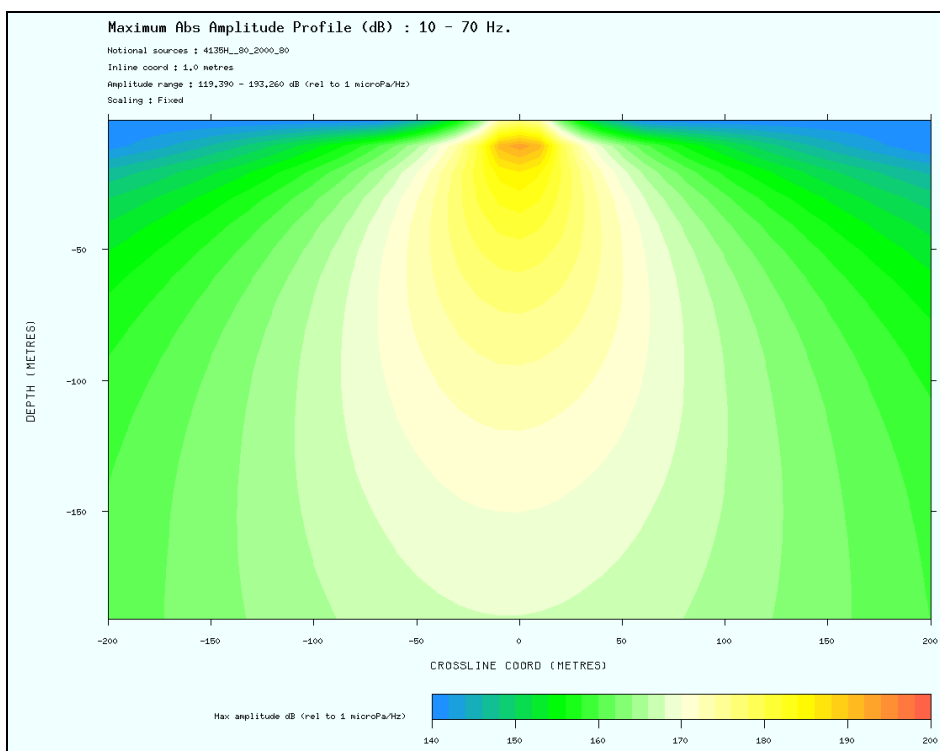


Figura 2.2e – Perfil vertical transversal (“crossline”) na amplitude absoluta máxima do arranjo de canhão 4135H_80_2000_80 a uma profundidade de 200 metros (Escala de cores de 140dB re 1 μ Pa a 1m (0.001 bar-meters) a 200dB re 1 μ Pa a 1m) (CAMPBELL, 2010)

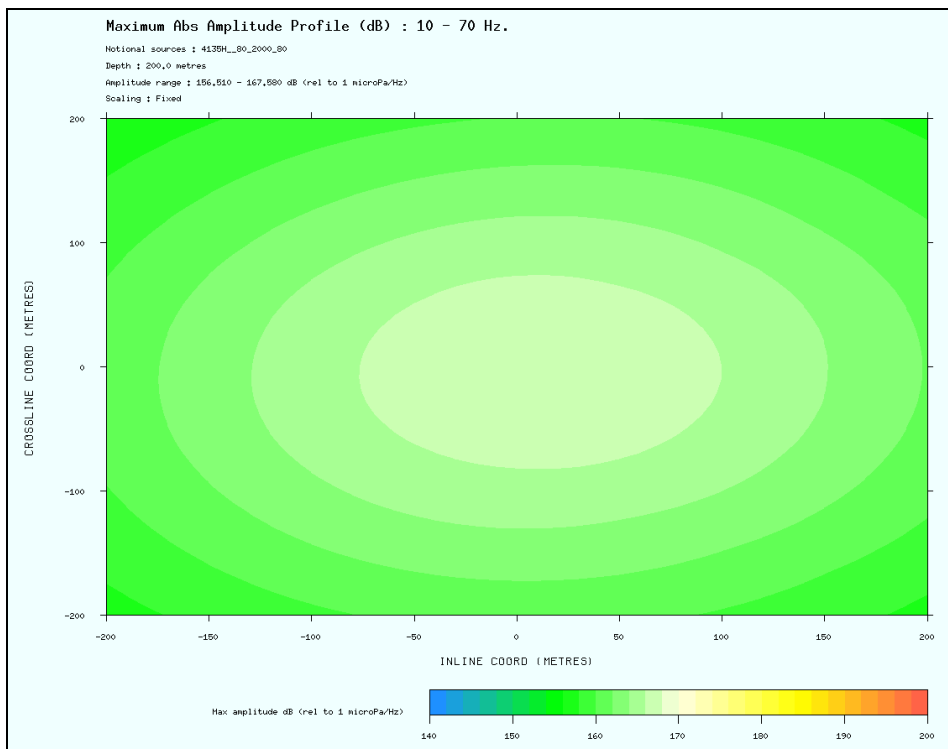


Figura 2.2f – Plano de fundo horizontal (“depth plane”) na amplitude absoluta máxima do arranjo de canhão 4135H_80_2000_80 a uma profundidade de 200 metros (Escala de cores de 140dB re 1 μ Pa a 1m (0.001 bar-meters) a 200dB re 1 μ Pa a 1m) (CAMPBELL, 2010)

As Figuras 2.2g, 2.2h e 2.2i apresentam os perfis de amplitude pico-a-pico do arranjo 4135H_80_2000_80 para a distância de 500 metros, nas respectivas direções: longitudinal (“inline”), vertical transversal (“crossline”) e plano de fundo horizontal (“depth plane”). O perfil longitudinal (“inline”) estende-se para uma distância de 500 metros para frente e para trás do centro do arranjo e estende-se a uma profundidade de 500 metros (Figuras 2.2g). Similarmente, o perfil vertical transversal (“crossline”) estende-se 500 metros em qualquer lateral do centro do arranjo e para uma profundidade de 500 metros (Figura 2.2h). O perfil de plano de fundo horizontal (“depth plane”) está a uma profundidade de 500 metros e estende-se 500 metros em todas as direções do centro do arranjo (Figura 2.2i). Para estas Figuras, a escala de cores varia de 0 bar-meters a 1,5 bar-meters, o que é equivalente a 160dB re 1 μ Pa a 1m (0.001 bar-meters) a 224dB re 1 μ Pa a 1m.

No entorno da fonte (escala de cor amarelo), a amplitude pico-a-pico é de 224dB re 1 μ Pa a 1m. Este sinal sonoro decai cerca de 64dB na distância de 500 metros para frente e para trás (Vide Figura 2.2g) e para lateral (Vide Figura 2.2h) do centro do arranjo, alcançando a amplitude pico-a-pico de 160dB re 1 μ Pa. Na direção vertical, para baixo do arranjo, o sinal decai cerca de 61,5dB, alcançando a amplitude pico-a-pico de 162,5dB re 1 μ Pa na profundidade de 500 metros (Vide Figuras 2.2g e 2.2h e detalhe do perfil de fundo na profundidade de 200m na Figura 2.2i). A maior energia (224-200dB re 1 μ Pa) está concentrada na distância de 50 metros para baixo e 25 metros para qualquer lado do centro do arranjo. Na distância horizontal de 500 metros na superfície do mar, que corresponde a zona de segurança para cetáceos e quelônios, a amplitude pico-a-pico decai 64 dB, o que corresponde a 160dB re 1 μ Pa. Na profundidade de 250 metros, em 45° do centro do arranjo, a amplitude pico-a-pico decai 64dB, o que corresponde a 160dB re 1 μ Pa.

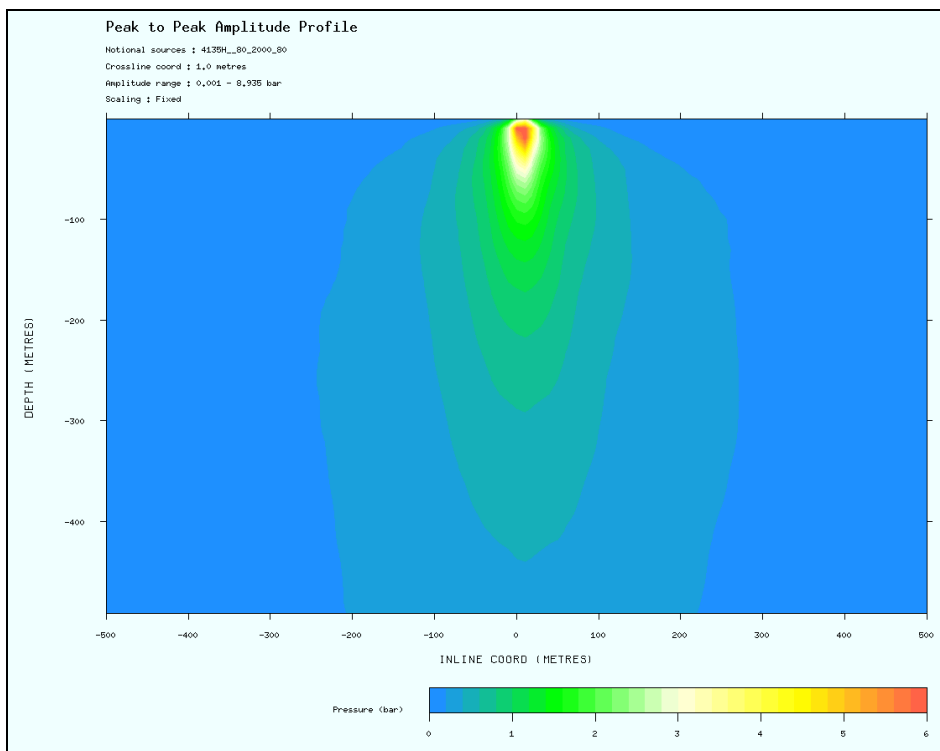


Figura 2.2g – Perfil longitudinal (“inline”) na amplitude pico-a-pico do arranjo de canhão 4135H_80_2000_80 a uma profundidade de 500 metros (Escala de cores de 0 bar-metros a 1,5 bar-metros equivale a 160dB re 1µPa a 1m (0.001 bar-meters) a 224dB re 1µPa a 1m) (CAMPBELL, 2010)

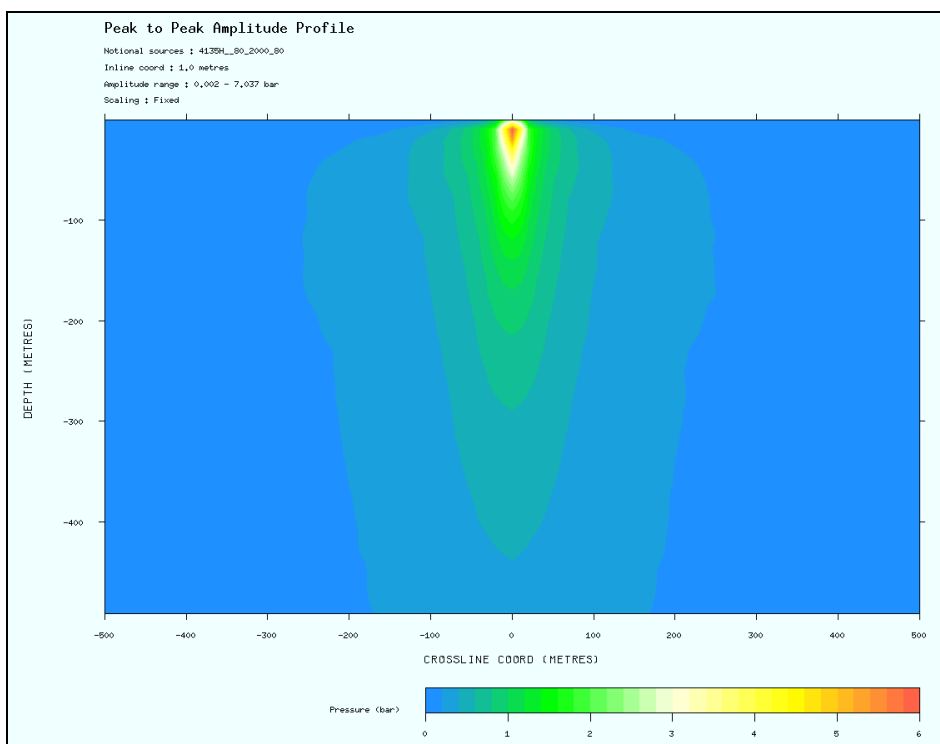


Figura 2.2h – Perfil vertical transversal (“crossline”) na amplitude pico-a-pico do arranjo de canhão 4135H_80_2000_80 a uma profundidade de 500 metros (Escala de cores de 0 bar-metros a 1,5 bar-metros equivale a 160dB re 1µPa a 1m (0.001 bar-meters) a 224dB re 1µPa a 1m) (CAMPBELL, 2010)

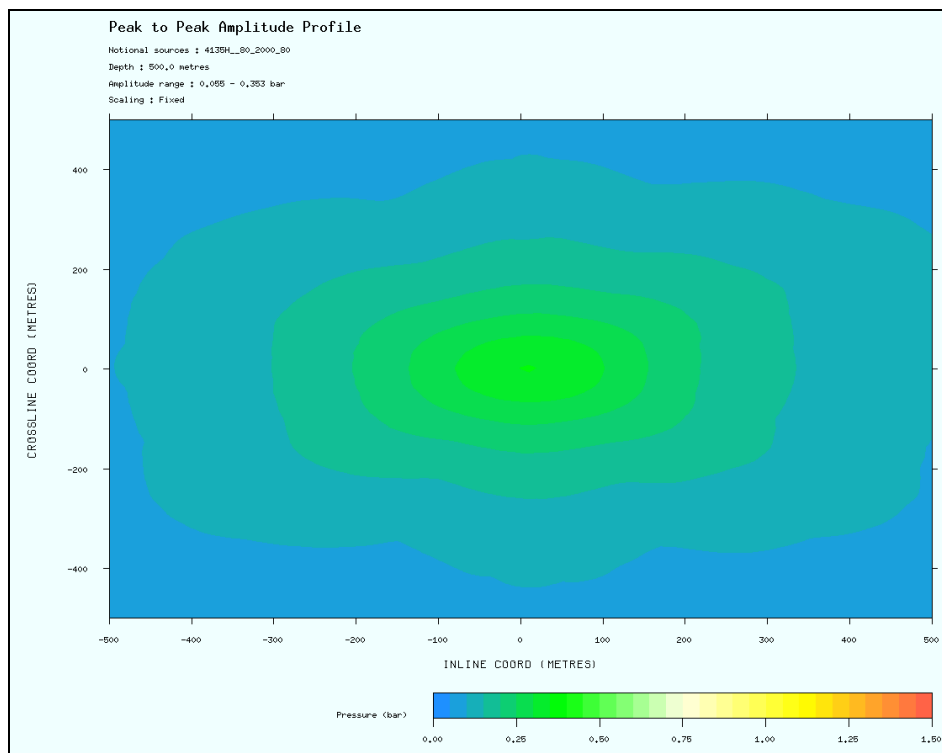


Figura 2.2i – Plano de fundo horizontal (“depth plane”) na amplitude pico-a-pico do arranjo de canhão 4135H_80_2000_80 a uma profundidade de 500 metros (Escala de cores de 0 bar-metros a 1,5 bar-metros equivale a 160dB re 1 μ Pa a 1m (0.001 bar-meters) a 224dB re 1 μ Pa a 1m) (CAMPBELL, 2010)

As Figuras 2.2j, 2.2k e 2.2l apresentam os perfis de amplitude absoluta máxima do arranjo 4135H_80_2000_80 para distâncias de 500 metros na longitudinal (“inline”), vertical transversal (“crossline”) e plano de fundo horizontal (“depth plane”), respectivamente. Para estas Figuras, a escala de cores varia de 140dB re 1 μ Pa/Hz a 1m a 200dB re 1 μ Pa/Hz a 1m.

No entorno da fonte (escala de cor amarelo), a amplitude absoluta máxima é de 200dB re 1 μ Pa/Hz a 1m. Este sinal sonoro decai cerca de 60dB na distância de 500m para frente e para trás (*Vide* Figura 2.2j) e para lateral (*Vide* Figura 2.2k) do centro do arranjo, alcançando a amplitude absoluta máxima de 140dB re 1 μ Pa/Hz. Na direção vertical, para baixo do arranjo, o sinal decai cerca de 40dB, alcançando a amplitude absoluta máxima de 160dB re 1 μ Pa na profundidade de 500m (*Vide* Figuras 2.2j e 2.2k e detalhe do perfil de fundo na profundidade de 200m na Figura 2l). Na distância horizontal de 500m na superfície do mar, que corresponde a zona de segurança para cetáceos e quelônios, a amplitude absoluta máxima decai 60dB, o que corresponde a 140dB dB re 1 μ Pa. Na profundidade de 250 metros, em 45° do centro do arranjo, a amplitude absoluta máxima decai 42dB, o que corresponde a 158dB dB re 1 μ Pa.

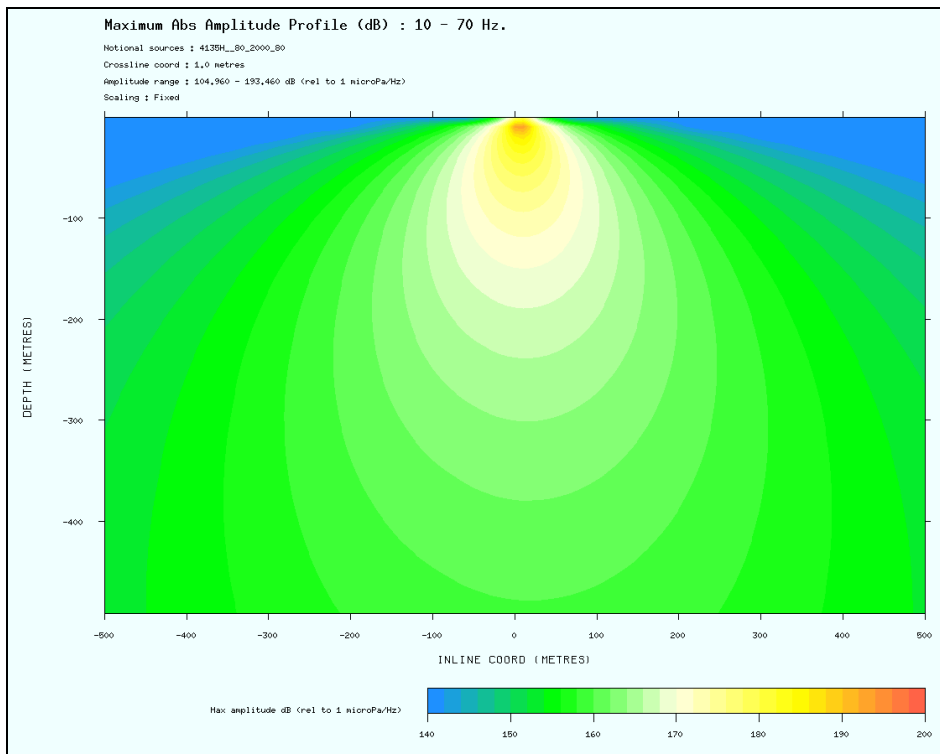


Figura 2.2j – Perfil longitudinal (“inline”) na amplitude absoluta máxima do arranjo de canhão 4135H_80_2000_80 a uma profundidade de 500m (Escala de cores de 140dB re 1 μ Pa a 1m (0.001 bar-meters) a 200dB re 1 μ Pa a 1m) (CAMPBELL, 2010)

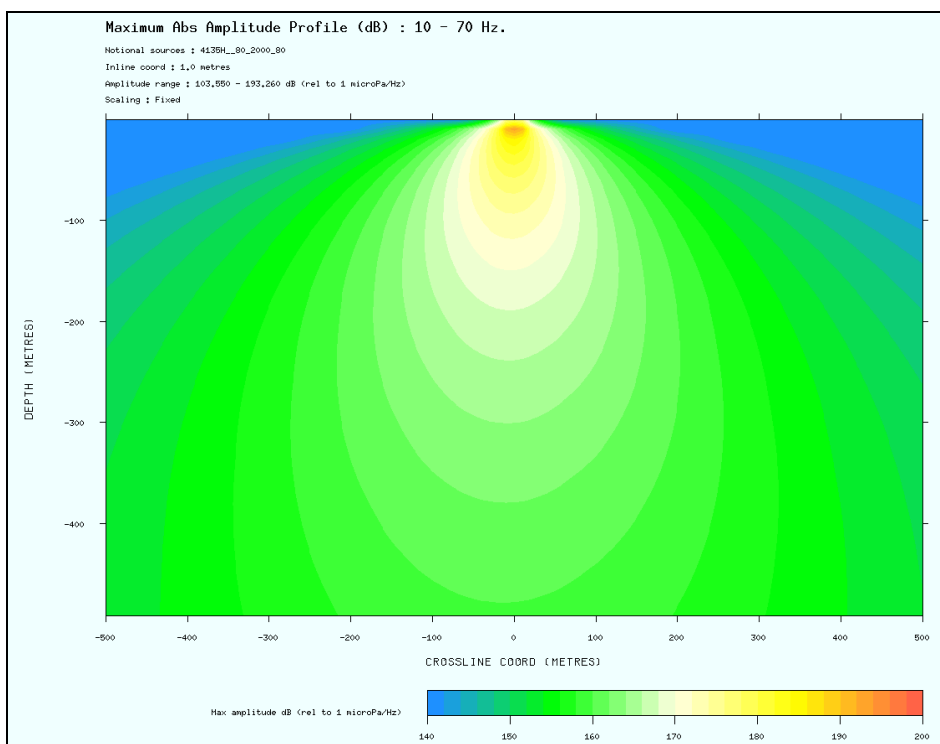


Figura 2.2k – Perfil vertical transversal (“crossline”) na amplitude absoluta máxima do arranjo de canhão 4135H_80_2000_80 a uma profundidade de 500 metros (Escala de cores de 140dB re 1 μ Pa a 1m (0.001 bar-meters) a 200dB re 1 μ Pa a 1m) (CAMPBELL, 2010)

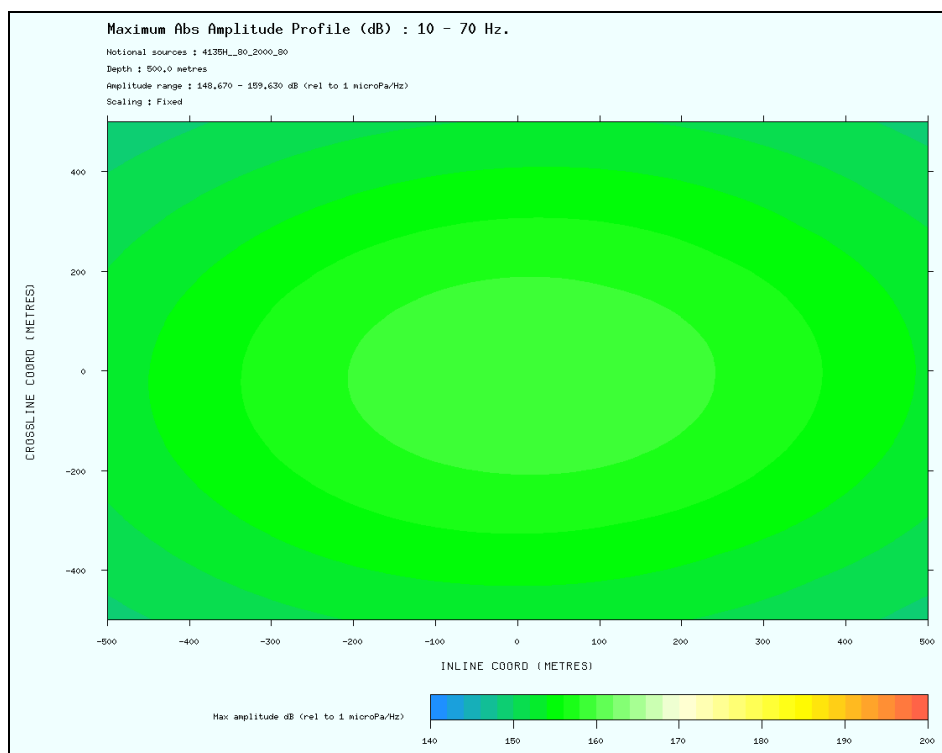


Figura 2.21 – Plano de fundo horizontal (“depth plane”) na amplitude absoluta máxima do arranjo de canhão 4135H_80_2000_80 a uma profundidade de 500 metros (Escala de cores de 140dB re 1 μ Pa a 1m (0.001 bar-meters) a 200dB re 1 μ Pa a 1m) (CAMPBELL, 2010)

2.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPBELL, S. **4135H_80_2000_80 Array Amplitude Characteristics**. Report for Petroleum Geo-Services, Marine Geophysical NSA. PGS Geophysical Support, Houston. 19pp. 2010.