

Nome: Gabriel Aparecido das Chagas Silva 14571098

Prática Computacional: Edição da geometria de aquisição CMP

1 Geometria de aquisição convencional da técnica CMP.

Considere as seguintes informações sobre os parâmetros de aquisição CMP:

- **Aquisição CMP convencional:** movimentação dos tiros e dos geofones, mantendo o afastamento mínimo constante
- **Afastamento mínimo:** 10 m
- **Intervalo de geofones:** 10 m
- **Intervalo entre pontos de tiro:** 20 m
- **Coordenada do primeiro tiro:** 0 m
- **Multiplicidade do levantamento:** 24

1.1 I.1) Questões:

Seja M a multiplicidade, N o número de geofones, dx o espaçamento dos geofones e d a distância entre os tiros, temos que a multiplicidade se dá por:

$$M = \frac{N \cdot dx}{2d} \quad (1)$$

A partir de (1) pode-se obter o número de geofones utilizados nesse levantamento:

$$N = \frac{2Md}{dx} \implies N = \frac{2 \cdot 24 \cdot 20}{10} = 96$$

1.1.1 1) Qual a coordenada (em metros) do CMP 1 (cdp=1)?

Sendo o primeiro tiro $X_s = 0m$ e $X_g = 10m$ a posição do primeiro geofone de acordo com o offset mínimo, temos que a posição do primeiro CDP (CMP 1) é

$$X_{CDP} = \frac{X_s + X_g}{2} = 5m$$

1.1.2 2) Qual o número do CMP do primeiro traço do tiro 2?

Um tiro, em um arranjo com 96 geofones, vai ter 96 traços em cada um deles. Sendo o intervalo entre os tiros $\Delta d = 20m$, o tiro 2 se encontra na posição $X_S = 20m$, enquanto o primeiro geofone (responsável pelo primeiro traço) se encontra na posição, em relação ao tiro, de

$$X_g = 20m + 10m = 30m$$

. Logo, obtém-se o valor de posição do CMP de

$$X_{CMP} = \frac{30 + 20}{2} = 25m$$

. Levando em consideração que o intervalo entre os CDP's é dado por

$$\Delta CMP = CMP_{i+1} - CMP_i = \frac{\Delta X_g}{2} \quad (2)$$

,obtem-se o intervalo entre os CMP's de $5m$. Como a posição do CMP do primeiro traço no tiro 2 é de $25m$, o número do CMP é 5, já que $5 \cdot 5 = 25$.

1.1.3 3) Qual o número e a coordenada do primeiro CMP com 3 traços?

O primeiro CMP com 3 traços é o primeiro CMP que teve 3 pares fonte-geofone que possuem o mesmo ponto médio. A posição do CMP do tiro 2 está em $25m$ e corresponde ao CMP 5; o primeiro CMP com três traços será o primeiro ponto amostrado pelo tiro 3. Como o número do CMP do primeiro geofone do primeiro tiro é 1 e o CMP do primeiro geofone do segundo tiro é 5, pela camada ser plana, pode-se considerar o intervalo entre os CMP's para cada geofone de $5 - 1 = 4$ geofones, também obtido pela relação

$$\frac{Tiro}{CDP} = \frac{\Delta d}{\Delta X_{CDP}} \quad (3)$$

que diz quantos CDP's são 'pulados' a cada tiro. Logo, para o tiro 3, calcula-se

$$\frac{20}{5} = 4$$

Sabendo disso, o primeiro CMP com três traços será o do tiro 3, e somando 4 ao primeiro CMP do segundo tiro obtemos $5 + 4 = 9$. Generalizando a equação para determinar qualquer CDP com n traços:

$$CDP_n = CDP_1 + (n - 1) \cdot Pulo \quad (4)$$

sendo *Pulo* a equação (3). Para saber a coordenada correspondente, pode-se converter (4), que retorna um índice, em coordenadas em metros, por meio da multiplicação do valor do pulo pelo intervalo entre cada índice do CDP (no caso dessa questão, $5m$):

$$X_n = X_1 + (n - 1) \cdot (Pulo \cdot \Delta CMP) \quad (5)$$

A partir da equação acima, obtemos $X_3 = 45m$, no $CDP = 9$.

1.3 I.3) Visualize a carta de empilhamento para a geometria de aquisição acima.

- $n = 96$ (é o número de geofones)
- $nplot = 500$ (é o número de pontos de tiro)

```
suchart < null-geometria.su key1=ep key2=cdp | xgraph n=$n nplot=$nplot
marksize=5 mark=0 linewidth=0 x1beg=0 x2beg=0 label1=ep label2=cdp
&
```

Escreva os valores utilizados para os números de geofones e de pontos de tiro.

Faça um printscreen da imagem da carta de empilhamento (anexe no Moodle o arquivo com a imagem da carta de empilhamento).

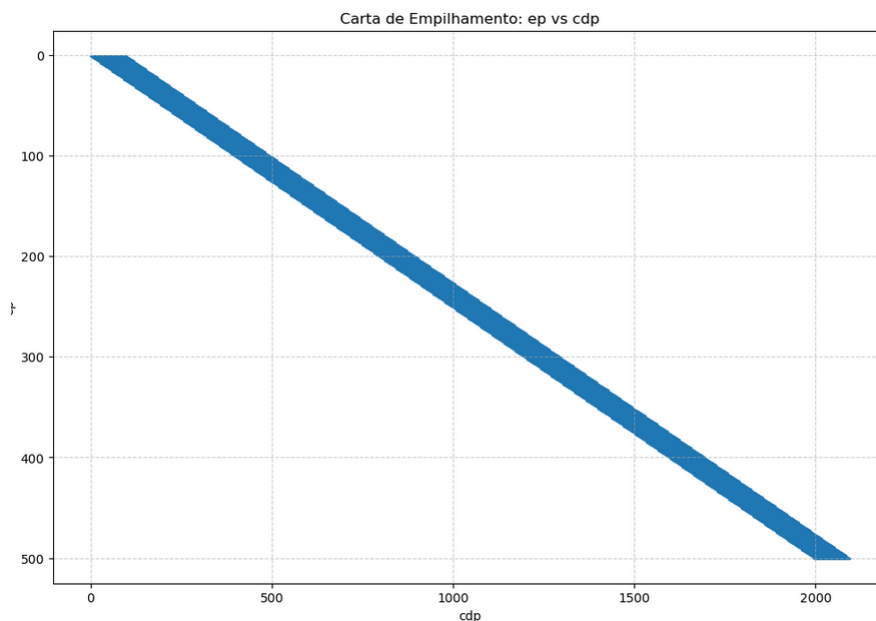


Figura 2: Carta de empilhamento

1.4 I.4) Questões:

1.4.1 1) Qual o intervalo (dx) entre os traços dentro de um sismograma CMP ($dx =$ intervalo do offset)?

Sabe-se que o offset ρ é dado por

$$\rho = X_G - X_S \quad (6)$$

Isolando X_G obtemos $X_g = X_S + \rho$. Substituindo na equação da coordenada do CDP:

$$X_{CDP} = \frac{X_S + X_G}{2} = X_S + \frac{\rho}{2}$$

Calculando as coordenadas do CDP para tiros A e B adjacentes:

- Tiro A: $X_{CDP} = X_{SA} + \frac{\rho_A}{2}$

- Tiro B: $X_{CDP} = X_{SB} + \frac{\rho_B}{2}$

Igualando as equações dos tiros, sabendo que $X_{SB} = X_{SA} + \Delta X_S$ sendo ΔX_S o intervalo entre as fontes, obtém-se a relação:

$$\rho_A = 40 + \rho_B \implies 40 = \rho_a - \rho_b$$

Logo, $40m$ é o intervalo entre os traços do sismograma.

1.4.2 2) Qual o comprimento da linha sísmica em superfície?

A posição do primeiro tiro está em $0m$. Sabendo que o espaçamento entre os tiros é de $20m$, o último tiro estará na posição $20 \cdot 499 = 9980m$ levando em consideração os 500 pontos de tiro. O último dos 96 geofones estará na posição $96 \cdot 10 = 960m$ em relação ao começo do offset de 10 metros. Logo, o comprimento total da linha é de $9980 + 960 = 10940m$.

1.4.3 3) Quais as coordenadas do início e final da amostragem em subsuperfície com máxima multiplicidade?

A multiplicidade é de 24. O primeiro CMP com 24 traços está no CMP 93. é necessário achar o último CMP com essa multiplicidade.

A coordenada do CMP 93 é calculada com a equação (5) e resulta em $460m$, que é a largura da base do triângulo que se forma estabelecendo uma reta vertical nesse ponto, obtendo um triângulo retângulo. Podemos obter a coordenada do último CMP com base nos valores máximos da fonte e da posição dos geofones, estabelecendo como origem a extremidade esquerda no arranjo dos tiros, e o final a extremidade direita dos geofones. Utilizando os dados da questão anterior:

$$X_{CDP} = \frac{9980 + 10940}{2} = 10460m$$

Sendo essa a coordenada do último CMP. Subtraindo o valor da base do triângulo, chegamos à reta vertical do começo da multiplicidade máxima, a partir do referencial dos pontos com maiores CMD no gráfico de QC. Dessa forma, essa reta está localizada na posição $10460 - 460 = 10000m$. Portanto, a coordenada inicial é $460m$ e a final é $10000m$.

2 II) Outro tipo de movimentação da geometria de aquisição CMP (Base fixa):

- a) Todos os geofones permanecem na mesma posição (base fixa), enquanto os tiros são deslocados continuamente, com intervalo constante, no sentido do arranjo de geofones, até que o número de tiros realizados tenha permitido alcançar a multiplicidade desejada.
- b) Após essa sequência de tiros (sem movimentação do arranjo), um número de geofones igual ao número de tiros realizados são deslocados para o final do arranjo, e reinicia-se uma nova sequência de tiros sem deslocamento do arranjo de geofones.
- c) A cada vez que forem realizados a mesma quantidade de tiros, repete-se o procedimento descrito em (b).

Parâmetros de aquisição:

- Multiplicidade desejada: 24 (2400%)
- Afastamento mínimo do tiro 1 de cada base de geofones: 30m
- Intervalo de geofones: 1 m
- Intervalo entre pontos de tiro: 1m
- Coordenada do primeiro tiro: 0 m

2.1 II.1) Questões:

2.1.1 1) Qual a coordenada (em metros) do CMP 1 (cdp=1)?

Sabendo a equação da coordenada do CMP, a partir da definição de CMP:

$$X_{CDP} = \frac{X_S + X_G}{2} = \frac{0 + 30}{2} = 15m$$

obtemos o valor de $X_{CDP} = 15m$ para o CMP 1.

2.1.2 2) Qual o número do CMP do primeiro traço do tiro 2?

Reescrevendo a equação de coordenada do CMP, sabendo que $X_{S_{i+1}} = X_{S_i} + \Delta X_S$, e que X_G é fixo e constante, a coordenada o i-ésimo CMP será:

$$X_{CDP_{i+1}} = \frac{(X_{S_i} + \Delta X_S) + X_G}{2}$$

Os primeiros e segundos termos da equação (2) mostra a variação de CMP ΔCMP . Aplicando a operação utilizando a equação obtida para a variação do CMP é, para o caso da base fixa:

$$\Delta CMP = \frac{\Delta X_S}{2} \quad (7)$$

Para a coordenada de um CMP com base em seu índice i, temos a equação (considerando a posição do primeiro tiro em 0m):

$$X_{CMP}(i) = X_{CMP_{inicial}} + (i - 1) \cdot \Delta CMP = X_{CMP_1} - \Delta CMP + i \cdot \Delta CMP$$

onde o termo $X_{CMP_1} - \Delta CMP = CR$ é o termo de referência do CDP (coordenada do índice $i = 0$). Podemos reorganizar a equação:

$$i \cdot \Delta CMP = X_{CMP}(i) - CR$$

Como queremos achar a mesma posição para um índice i em relação a um tiro n , igualamos $X_{CMP_i} = X_{CMP_n}$, obtendo a relação

$$i \cdot \Delta CMP = X_{CMP}(n) - CR$$

Substituindo os valores e isolando i :

$$i = \frac{1}{\Delta CMP} \left[\frac{X_{S_N} + X_{S_G}}{2} - X_{CMP_1} + \Delta CMP \right] \quad (8)$$

Que diz o índice i do CMP com base nas coordenadas físicas e no número do tiro. Essa equação é universal e também serve para a geometria convencional, dados seus devidos parâmetros.

A coordenada do primeiro tiro é

$$X_S = X_{S_1} + (n - 1)\Delta X_S \quad (9)$$

Substituindo os valores da questão:

$$X_S(n) = 0 + (n - 1)\Delta X_S \cdot 1 = (n - 1) \cdot 1$$

Com isso, substituindo os valores em (8):

$$i = \frac{1}{0.5} \left[\frac{(n + 1) + 30}{2} - 15 + 0.5 \right] = n$$

Nesse arranjo, os valores de i e n coincidem. Sendo assim, o número CMP do primeiro traço do tiro $n = 2$ é $i = 2$ para o CMP.

2.1.3 3) Qual o número do primeiro CMP com 24 traços?

A equação (8) nos dá o índice do primeiro CNP para qualquer número de tiros n . Como no caso desse arranjo $i = n$, o valor buscado é do CMP 24.

2.1.4 4) Quantos tiros devem ser realizados para se alcançar a multiplicidade de 24?

Na base fixa, o número de tiros necessários para alcançar uma multiplicidade específica é igual à própria multiplicidade. Dessa forma, devem ser realizados 24 tiros.

2.1.5 5) De acordo com o procedimento descrito acima, o número de geofones da base fixa, para que a multiplicidade máxima do levantamento seja mantida em 24, deve ser 48. Neste caso, após o número de tiros que você respondeu na questão 4:

- 5.1) Quantos pontos CMP possuem a multiplicidade de 24?

A posição de $X_{CMP_{24}}(\text{primeiro ponto})$ é em $26.5m$. Utilizando (9), obtém-se a posição do último tiro realizado, de um total de $n = 24$: $X_S = 23m$. O comprimento total da linha vai ser de $23m + 30m + 24m = 77m$, correspondendo a soma do comprimento dos tiros, o offset e o comprimento dos geofones. A posição do último CDP tem como base a posição do último tiro e a posição final do último geofone.

$$X_{CDP} = \frac{23 + 77}{2} = 50m$$

Tendo a posição do último CDP, podemos descobrir seu n correspondente, utilizando a relação $i = n$.

$$50 = \frac{(n - 1) + 30}{2} \implies n = 71$$

Portanto, o número n vai ser de $n = (71 - 24) + 1 = 47$ pontos. Para a base fixa, não é necessária a subtração da base do triângulo anteriormente feita em outro item.

- 5.2) Qual o número e coordenada do CMP que começa a ter a multiplicidade reduzida, ou seja que tem 23 traços?

O CMP com multiplicidade reduzida vem depois CMP 72, o último com multiplicidade 24. Sendo a posição do CMP

$$X_{CMP_i} = X_{CMP_1} + (n - 1) \cdot \Delta CMP \quad (10)$$

chegamos no valor de coordenada de $X_{CMP_{72}} = 15 + (72 - 1) \cdot 0.5 = 50.5m$.

2.1.6 6) Considere agora o primeiro tiro da segunda base de geofones, depois de realizada a movimentação descrita no item (b). Qual a coordenada do primeiro ponto amostrado em subsuperfície?

A posição atual do primeiro geofone da base é X_{base} . Como a base foi deslocada por $24m$, indo para a posição final da base anterior, a variação de posição da base foi de $\Delta X_{base} = 24m$. Com o offset de $30m$, a posição do primeiro geofone da nova base será de $X_{base} = 30 + 24 = 54m$. Sendo o primeiro tiro da base o tiro 25 ($n = 25$), sua posição é dada por

$$X_{S_{25}} = X_{S_1} + (n - 1) \cdot d = 0 + (25 - 1) \cdot 1 = 24m$$

Tendo a posição do primeiro tiro na nova base e do primeiro geofone, calculamos a posição do primeiro CMP amostrado:

$$X_{CDP_1} = \frac{X_S + X_G}{2} = \frac{24 + 54}{2} = 39m$$

A coordenada do primeiro ponto amostrado é $39m$.

2.1.7 7) Você concorda que a multiplicidade de 24 é mantida de forma contínua com a movimentação descrita no item (b)?

- (x) Sim
- () Não entendi

2.2 II.2) Geometria de aquisição no cabeçalho:

Insira nos cabeçalhos a palavra-chave `ep`. Para tal:

```
sushw <null2.su key=ep a= b= c= j= >null2_ep.su
```

Agora, insira nos cabeçalhos as palavras-chave: `sx`, `gx`, `offset`, `cdp` em cada uma das bases (conjunto de dados correspondente ao número de tiros realizados com os geofones na mesma posição). Para tal:

i) separe os dados em conjuntos de arquivos referentes a cada base:

```
suwind <null2_ep.su key=ep min=1 max=24 >base1.su
suwind <null2_ep.su key=ep min=25 max=48 >base2.su
```

ii) defina os parâmetros no programa `sushw` separadamente para cada base:

Base 1:

- `key=sx,gx,offset,cdp`
- `a= 30m (offset)`
- `b= 1m (intervalo dos geofones)`
- `c= 1m (intervalo entre tiros)`
- `j= 48 (número de geofones)`

```
sushw <base1.su key=$key a=$a b=$b c=$c j=$j >b1-geometria.su
```

Base 2:

- `key=sx,gx,offset,cdp`
- `a= 54m`
- `b= 1m`
- `c= 1m`
- `j= 48`

```
sushw <base2.su key=$key a=$a b=$b c=$c j=$j >b2-geometria.su
```

iii) concatene os arquivos após a edição acima, com o comando `cat`:

```
cat b1-geometria.su b2-geometria.su >null2-geometria.su
```

2.3 II.3) Visualize a carta de empilhamento para a geometria de aquisição acima.

Faça um printscreen da imagem da carta de empilhamento e anexe no Moodle.

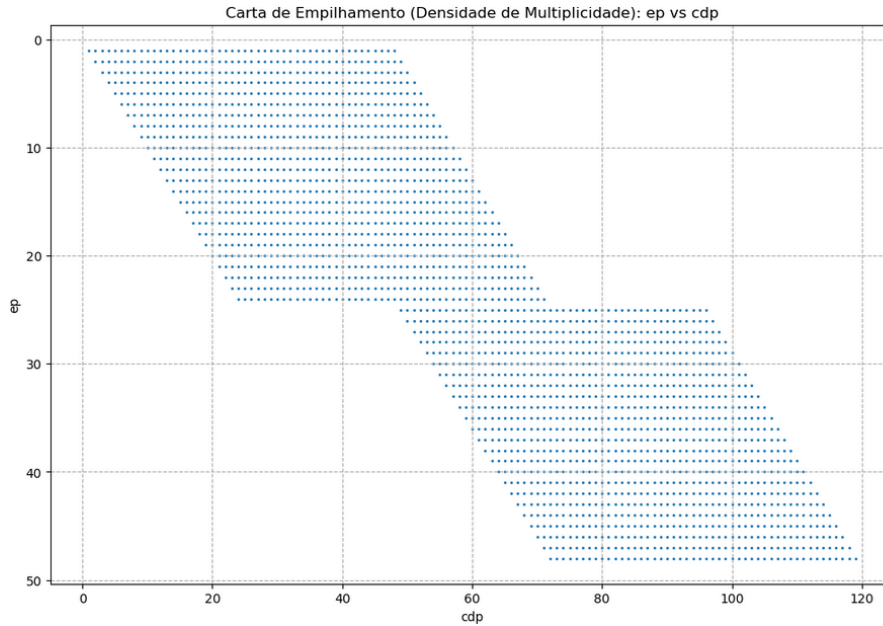


Figura 3: Carta de empilhamento da base fixa.

2.4 II.4) Questões:

2.4.1 1) Qual a janela de afastamentos do primeiro CMP com a multiplicidade de 2400%?

Uma janela de afastamento é o conjunto de valores de offset ρ que amostram um determinado CDP, com $\rho = X_G - X_S$. Sendo assim, por todos pontos amostrarem um único CMP, a posição do CMP deve ser constante.

O afastamento mínimo ρ_{min} será dado pelo tiro mais longe e pelo geofone mais próximo. A posição do tiro máximo é $X_{S_{24}} = 0 + 23 \cdot 1 = 23m$. Isolando X_g na equação de obtenção da coordenada do CMP, sabendo que $X_{CMP_{24}} = 26.5$, obtemos:

$$X_G = 2 \cdot X_{CMP} - X_S = 2 \cdot 26.5 - 23 = 30m$$

Agora, calculando ρ_{min} :

$$\rho_{min} = X_G - X_S = 30 - 23 = 7m$$

O afastamento máximo ρ_{max} será dado pelo tiro mais próximo e o geofone mais longe. A posição do primeiro tiro é $X_S = 0m$. Calculando X_G , obtemos um valor de $X_G = 2 \cdot 26.5 - 0 = 53m$. Portanto, a janela de afastamentos é $[7, 53]m$.

2.4.2 2) a) Após a realização de 24 pontos de tiro, qual a janela de afastamentos do último CMP com a multiplicidade de 2400%?

O último geofone da base 1 está localizado em $X_G = 77m$. Calculando seu X_{CDP} , chegamos em $38.5m$, correspondente ao índice $i = 48$. De forma análoga ao item anterior, calcula-se X_G obtendo o valor de $54m$. Portanto, também de forma análoga ao item anterior, obtemos $\rho_{min} = 54 - 23 = 31m$.

O afastamento máximo se dará quando a fonte e o geofone estiverem na maior distância possível. $X_G = 2 \cdot 38.5 - 0 = 77m$.

Portanto, a janela será de $[31, 77]m$.

2.4.3 b) E qual a janela de afastamentos do CMP seguinte, após a realização de um novo ponto de tiro?

Com o tiro 25 na posição $24m$ (o último tiro da base 1 está em $23m$), o início da base em $54m$ e o fim da base em $77m$, o afastamento mínimo se dará pela fonte mais a direita e o recepto mais próximo. Calculando: $\rho_{min} = 54 - 24 = 30m$.

O afastamento máximo se dará pelo tiro mais a esquerda e a fonte mais distante: $\rho_{max} = 77 - 1 = 76m$. Logo, a janela é $[30, 76]m$.

2.4.4 3) Qual o comprimento da linha sísmica em superfície?

O comprimento é de $101m$.

2.4.5 4) Quais as coordenadas do início e final da amostragem em subsuperfície com máxima multiplicidade?

O início é em $X_{CMP_{24}} = 26.5m$. O final se dará por

$$\frac{24 + 101}{2} = 62.5m$$

2.4.6 5) Descreva duas possibilidades para mudar os parâmetros da geometria de aquisição acima de modo que a multiplicidade máxima fosse 1200%.

Pode-se reduzir o número de geofones ou aumentar o intervalo entre tiros, assim manipulando a equação de M para obter o valor desejado.