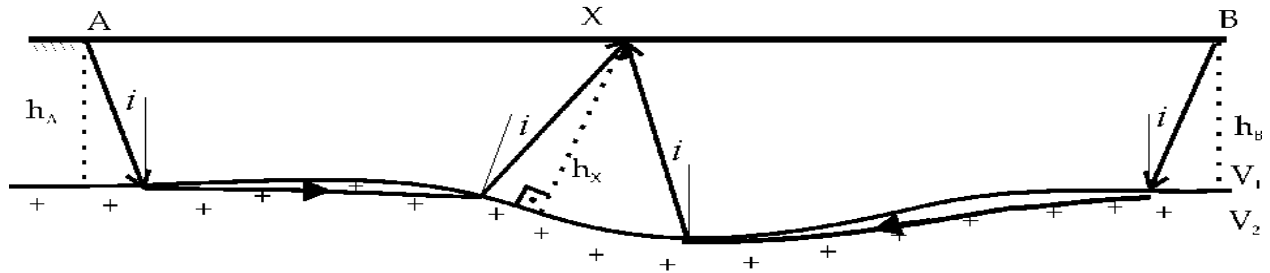


**Lista 14: Método t+t- para determinação da topografia do embasamento**

Quando há um grande contraste entre a velocidade da primeira camada ( $V_1$ ) e do semi-espaço ( $V_2$ ), como por exemplo no caso de uma camada de solo sobre rocha sã, e a topografia da interface varia lentamente, pode-se determinar a espessura da camada sob cada geofone com uma aquisição com um tiro direto e um reverso.

A Fig. 1 abaixo mostra um caso de variação “lenta” da base da camada 1.



**Fig 1.** Variação lenta da profundidade da camada

Se a interface tiver inclinações pequenas, podemos aproximar os tempos de percurso dos tiros A e B, registrados no ponto X, por

$$t_{AX} = \frac{AX}{V_2} + a_A + a_X \quad [1]$$

$$t_{BX} = \frac{BX}{V_2} + a_B + a_X \quad [2]$$

onde  $a_A$ ,  $a_B$ , e  $a_X$  são os atrasos em cada ponto (fonte ou geofone) dados por  $a_A = h_A \cos i / V_1$ ,  $a_X = h_X \cos i / V_1$ , etc., sendo o ângulo crítico dado por  $\sin i = V_1 / V_2$ .

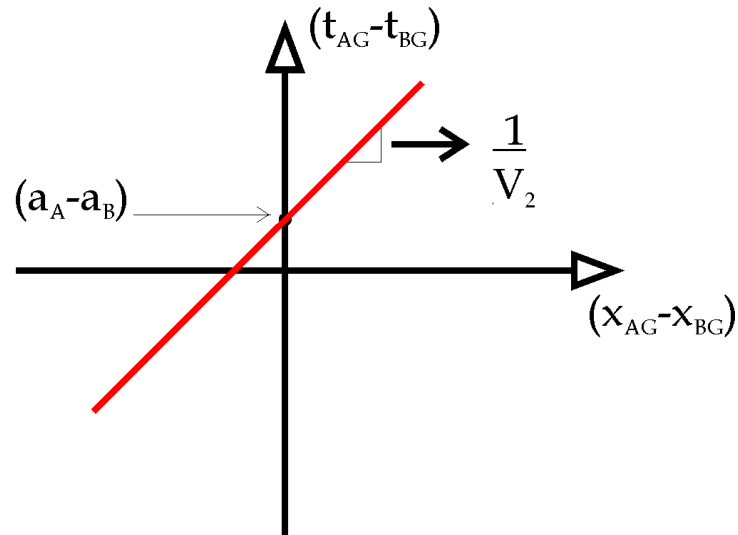
Os “atrasos” (“delay times”) são calculados com a espessura  $h$  medida perpendicularmente à interface (e não na vertical, perpendicularmente à superfície). Note que o atraso no ponto X,  $a_X$ , é o mesmo para os dois tiros, Isto é uma simplificação que só vale se o topo da camada 2 variar suavemente. Conhecendo-se os tempos do tiro direto e reverso em várias posições X (posição dos geofones), pode-se determinar a velocidade  $V_2$  do refrator.

**Determinação de  $V_2$**

Eliminamos a incógnita  $a_X$  subtraindo as equações 1 e 2 para cada posição X do geofone:

$$t_{AX} - t_{BX} = \frac{(AX - BX)}{V_2} + a_A - a_B = t \quad [3]$$

Para cada geofone que registrou a onda refratada dos dois tiros, teremos um par de valores de tempo  $t$ . e de “distância”  $X$ . = (AX-BX). O gráfico de  $t$ . por  $X$ . é uma reta com inclinação  $1/V_2$ .



**Fig. 2.** A posição do geofone G, é dada por  $X_{AG} = AX$ , e  $X_{BG} = BX$ .  $t_{AG} - t_{BG} = t$ .

Note que o gráfico acima só pode ser feito com os tempos lidos nos geofones que registraram as refrações dos dois tiros. Deste gráfico devem ser excluídos os geofones que registraram a onda direta ( $V_1$ ) de um dos tiros !

### Determinação das espessuras sob cada geofone

Para determinarmos a espessura, é preciso isolar o valor do atraso  $a_x$  de cada geofone. Para isso podemos somar os tempos das equações 1 e 2 de cada geofone:

$$t_{AX} + t_{BX} = \frac{AX}{v_2} + a_A + a_X + \frac{BX}{v_2} + a_B + a_X = \frac{(AX+BX)}{v_2} + a_A + a_B + 2*a_X$$

como  $AX+BX = AB$ , e  $t_{AB} = AB/v_2 + a_A + a_B$ , temos que:

$$t_X = t_{AX} + t_{BX} = t_{AB} + 2*a_X$$

ou simplesmente

$$a_X = \frac{1}{2}(t_X - t_{AB})$$

Para se conhecer o valor do atraso sob cada geofone,  $a_x$ , é preciso conhecer o tempo de percurso entre os tiros A e B. Isto é precisamos registrar o tiro A no ponto B, ou o tiro B no ponto A. Este tempo de percurso da onda refratada entre os dois pontos,  $t_{AB}$ , é chamado **tempo recíproco**.

Com o atraso  $a_x$  determina-se a espessura pela definição do atraso:  $a_x = h_x \cos i / V_1$

Os atrasos  $a_x$ , na verdade, podem ser interpretados como devido a três fatores diferentes:

1) profundidade da interface, 2) altitude do ponto onde estava o geofone, e 3) variação da velocidade da primeira camada,  $V_1$ . Qualquer destes fatores contribui para o atraso  $a_x$ .

Como as profundidades  $h_x$  são medidas perpendicularmente à interface (e não verticalmente), a topografia da interface é a “envoltória” de todos os círculos com raios  $h_x$ , como mostrado na Fig. 3 abaixo.

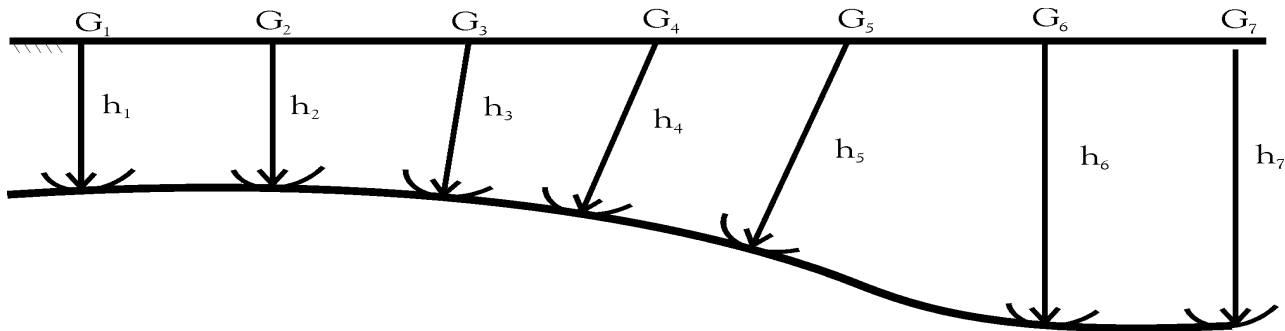


Fig. 3. Interface definida pela envoltória dos círculos de raio  $h_x$

**Exercício:** Dois tiros situados nas posições 0 km (A) e 13 km (B) foram registrados por geofones posicionados a cada 1 km conforme a tabela abaixo.

	Posição (km)	$t_A$ (s)	$t_B$ (s)
<b>Tiro A</b>	0	0.0	2.95
	1	0.42	2.75
	2	0.78	2.55
	3	1.20	2.30
	4	1.39	2.05
	5	1.55	1.88
	6	1.66	1.65
	7	1.84	1.45
	8	1.95	1.20
	9	2.20	1.08
	10	2.35	0.90
	11	2.60	0.75
	12	2.80	0.40
<b>Tiro B</b>	13	3.00	0.00

- Coloque os pontos acima num gráfico (EXCELL ou XMGR) e determine a velocidade da onda direta ( $V_1$ , velocidade da primeira camada) e quais pontos registraram a onda refratada.
- Calcule os tempos  $t$  e distâncias  $X$ , para todos os geofones que registraram as duas ondas refratadas e faça o gráfico para determinar a velocidade  $V_2$ .
- Para cada um destes geofones, determine o atraso  $a_x$  e a espessura da camada.
- Como você determinaria as espessuras sob os geofones mais próximos de cada tiro, que registraram a onda direta e portanto não podem ser usados no cálculo do  $t_+$  ?