

# CAPÍTULO 1

## Exercícios

### 1) Atingir alvos de difícil acesso

- Desvio de poços já perfurados (*side track*)
- Desenvolvimento de um campo a partir de uma mesma plataforma
- Utilização para desvio de domos salinos
- Como poço de alívio para controle de *blowout*

2) Quanto ao afastamento:  $A = \frac{D}{(TVD - LDA - Airgap)}$

- Poço convencional:  $A < 2$
- Grande afastamento:  $2 < A < 3$
- Afastamento severo  $A > 3$

### Quanto ao raio de curvatura

- Longo:  $2 < BUR \leq 8$  (°/30 m)
- Médio:  $8 < BUR \leq 30$
- Intermediário:  $30 < BUR \leq 60$
- Curto:  $60 < BUR \leq 200$

**3)** Sistema de coordenadas planas com o método de projeção transversa de mercator (UTM)

Sistema de coordenadas geodésicas e o Sistema local de referência

**4)**

1. KOP = *kickoff point*
2. Seção de *buildup*
3. *end-of-build* (EDB)
4. *stant*
5. afastamento
6. ângulo
7. TVD
8. *azimute*

**5)**

a) TVD kop = 1 900 m

b)  $\text{tg } x = \frac{4\,800}{3\,200} = 1,5$

c)  $\text{arc tg } x = \text{azimute} = 56,3^\circ$

$$D = \sqrt{4\,800^2 + 3\,200^2} \cong 5\,769 \text{ m}$$

d)  $\frac{D}{(\text{TVD} - \text{LDA} - \text{Airgap})} = \frac{5\,769}{2\,900 - 1\,500 - 25} \cong 4,2$

Poço possui afastamento severo.

## CAPÍTULO 2

# Exercícios

### 1) Dados básicos para o planejamento de um poço direcional

- Definição dos objetivos
- Informações de poços de correlação (tendência natural da formação que pode levar ao desvio do poço, tipo de coluna de perfuração, parâmetros operacionais...)
- *Layout* submarino (poços de desenvolvimento)
- Geologia da área (seção geológica, pressões esperadas, objetivos, riscos geológicos, fluidos do reservatório)
- Dados relativos a trajetória direcional (afastamento, TVD, taxa de ganho de ângulos...)
- Operações a serem realizadas (testemunhagem, perfilagem...)
- Tipo de completação

### 2) Principais tipo de trajetórias direcionais:

- Trajetória tipo I (*build-hold*) composta por seção vertical finalizada com o KOP, seção de ganho de ângulo e trecho *slant*
- Trajetória tipo II ou “S”: composta por seção vertical até KOP, seção de *buildup*, trecho tangente, seção de *drop off*, seção tangente final opcional.

- Trajetória de poço horizontal, que pode ter 1 trecho de ganho de ângulo ou 2 trechos de ganho de ângulo.
- Trajetória direcional *designer well* (3D), que possui as seguintes características básicas: seção vertical, seção de *buildup* com ou sem giro, seção tangente, seção de *drop off* com ou sem giro, seção tangente (opcional), direções variáveis.

**3) Trajetória 2D tipo II:**

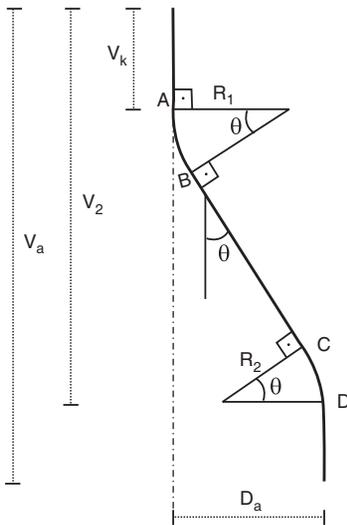
$V_K = 945 \text{ m}$

$D_a = 640 \text{ m}$

Taxas de ganho e perda de ângulo =  $2^\circ/30 \text{ m}$

a)  $V_2 = 3\,109 \text{ m}$

$\theta = ?$



$$R_1 = R_2 = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{K}{BUR}$$

$$= \frac{180}{\pi} \cdot \frac{30}{2} = \frac{859,44}{\text{m}}$$

$$Y = \arctan\left(\frac{V_2 - V_K}{R_1 + R_2 - D_a}\right)$$

$$Y = \arctan\left(\frac{3\,109 - 945}{859,44 + 859,44 - 640}\right)$$

$$Y = 1,108 \text{ rad} = 63,5^\circ$$

$$\theta = Y - \arccos\left(\frac{R_1 + R_2}{V_2 - V_K} \sin Y\right)$$

$$\theta = 1,108 - \arccos$$

$$\left(\frac{2 \cdot 859,44}{3\,109 - 945} \sin(63,5)\right)$$

$$\theta = 1,108 - 0,78$$

b)  $V_a = 3\ 309$

$$L_{AB} = \frac{\pi}{180} \times R_1 \times \theta = \frac{\pi}{180} \times 859,44 \times 18,8 = 282 \text{ m}$$

$$L_{CD} = L_{AB} = 282 \text{ m}$$

$$V_{AB} = R_1 \text{ sen}\theta = 859,44 \cdot \text{sen } 18,8^\circ \cong 277 \text{ m}$$

$$V_{CD} = R_2 \text{ sen}\theta = V_{AB} = 277 \text{ m}$$

$$V_s = V_2 - V_{AB} - V_{CD} - V_K$$

$$V_s = 3\ 109 - 277 - 277 - 945 = 1\ 610 \text{ m}$$

$$L_{BC} = \frac{V_s}{\cos \theta} = \frac{1\ 610}{\cos 18,8^\circ} = 1\ 700,7 \text{ m}$$

$$MD = V_K + L_{AB} + L_{BC} + L_{CD} + (V_a - V_2)$$

$$MD = 945 + 282 + 1\ 700,7 + 282 + (3\ 309 - 3\ 109)$$

$$MD = 3\ 409,7 \text{ m}$$

o comprimento do revestimento de produção deve ser 3 409,7 m

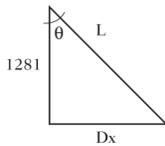
c)  $V_{REV} = 2\ 503 \text{ m}$

$$V_{REV} = V_K + V_{AB} + x = 2\ 503$$

$$x = 2\ 503 - 945 - 277 = 1\ 281$$

$$\cos\theta = \frac{1281}{L} = 0,95$$

$$L = 1\ 353 \text{ m}$$



$$\tan\theta = \frac{D_x}{1\ 281} = 0,34$$

$$D_x = 435,5 \text{ m}$$

$$D_{AB} = R_1 (1 - \cos\theta)$$

$$D_{AB} = 859,44 (1 - \cos 18,8)$$

$$D_{AB} = 45,9 \text{ m}$$

comprimento do rev =  $945 + 282 + 1\ 353 = 2\ 580 \text{ m}$

afastamento horizontal do rev =  $435,5 + 45,9 = 481,4 \text{ m}$

4)  $V_K = 305 \text{ m}$

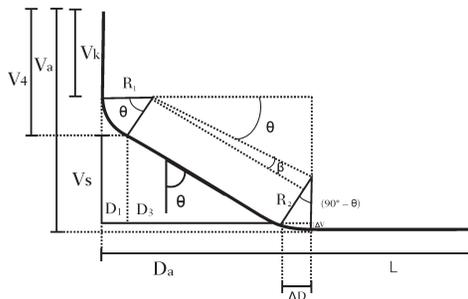
$$D_a = 2\ 438 \text{ m}$$

$$V_a = 1\ 676 \text{ m}$$

$$L = 1\ 000 \text{ m}$$

$$\text{BUR}_1 = 2^\circ/30 \text{ m}$$

$$\text{BUR}_2 = 1,5^\circ/30 \text{ m}$$



$$\varnothing = \arctan\left(\frac{V_a - R_2 - V_k}{D_a - R_1}\right)$$

$$\beta = \arcsen\left(\frac{R_2 - R_1}{\sqrt{(D_a - R_1)^2 + (V_a - R_2 - V_k)^2}}\right)$$

$$\theta = 90^\circ - \varnothing - \beta$$

$$R_1 = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{K}{BUR} = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{30}{2} = 859,44 \text{ m}$$

$$R_2 = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{30}{1,5} = 1\,145,9 \text{ m}$$

$$\varnothing = \arctan\left(\frac{1\,676 - 1\,145,9 - 305}{2\,438 - 859,44}\right) = 0,142 = 8,14^\circ$$

$$\beta = \arcsen\left(\frac{1\,145,9 - 859,44}{\sqrt{(2\,438 - 859,44)^2 + (1\,676 - 1\,145,9 - 305)^2}}\right)$$

$$\beta = 0,181 \text{ rad} = 10,4^\circ$$

$$\theta = 90^\circ - 8,14^\circ - 10,4^\circ = 71,5^\circ$$

$$L_1 = \frac{K \times \theta}{BUR_1} = \frac{30 \times 71,5^\circ}{2} = 1\,072,5 \text{ m}$$

$$L_2 = \frac{K \times (90 - \theta)}{BUR_2} = \frac{30 \times (90 - 71,5)}{1,5} = 370 \text{ m}$$

$$V_1 = V_k + R_1 \text{ sen } \theta$$

$$V_1 = 305 + 859,44 \cdot \text{sen}(71,5) = 305 + 815 = 1\,120 \text{ m}$$

$$D_1 = K_1 - R_1 \cos \theta$$

$$D_1 = 859,44 - 859,44 \cdot \cos(71,5) = 859,44 - 272,7 = 586,7 \text{ m}$$

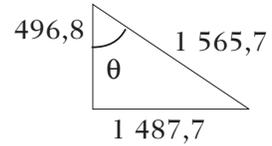
$$\Delta V = R_2 \cdot (1 - \cos(90 - \theta))$$

$$\Delta V = 1\,145,9 (1 - \cos(90 - 71,5)) = 1\,145,9 \cdot 0,052 = 59,2 \text{ m}$$

$$\Delta D = R_2 \cdot \text{sen}(90 - \theta) = 1\,145,9 \cdot \text{sen}(18,5) = 363,6 \text{ m}$$

$$D_s = D_a - \Delta D - D_1$$

$$D_s = 2\,438 - 363,6 - 586,7 = 1\,487,7 \text{ m}$$



$$V_s = V_a - \Delta V - V_1 = 1\,676 - 59,2 - 1\,120 = 496,8 \text{ m}$$

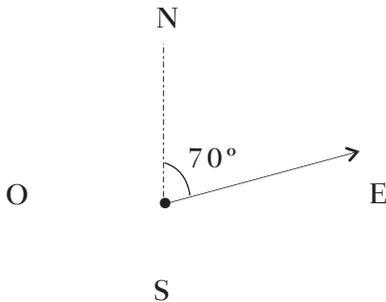
$$\text{slant} = \frac{496,8}{\cos(71,5)} = 1\,566$$

conferindo os cálculos:

$$\tan \theta = \frac{D_s}{V_s} = \frac{1\,487,7}{496,8} = 2,995 \rightarrow \theta = 71,5^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{MD do poço} &= V_K + L_1 + \text{slant} + L_2 + L \\ &= 305 + 1\,072,5 + 1\,566 + 370 + 1\,000 \\ &= 4\,313,5 \text{ m} \end{aligned}$$

5)  $L = 1\,000 \text{ m}$



$$\text{giro} = \frac{1^\circ}{100 \text{ m}}$$

$$\Delta \varepsilon = 1\,000 \cdot \frac{1^\circ}{100} = 10^\circ$$

$$\varphi_x = \frac{\Delta \varepsilon}{2} = 5^\circ$$

Direção da ferramenta  
N 65° E

6)  $KOP = 500 \text{ m}$

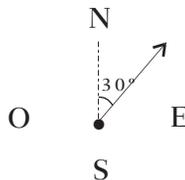
$$\text{BUR} = \frac{2^\circ}{30 \text{ m}}$$

$$\varphi_x = 10^\circ$$

$$\text{giro} = \frac{1^\circ}{30 \text{ m}}$$

aero : N 30° E

$$\Delta M = 30 \text{ m}$$



a)  $M1 = 500 \text{ m}$

$V_1 = 500 \text{ m}$

$x = 0$

$\epsilon = \text{N } 20^\circ \text{ E}$

$A_1 = 0$

$N_1 = 0$

$E_1 = 0$

b)  $M2 = 530 \text{ m}$   $x = 2^\circ$   $\epsilon = \text{N } 20^\circ \text{ E}$

$\Delta V = 30 \cdot \cos x$

$\Delta V = 30 \cdot \cos (2^\circ) = 29,98 \text{ m}$

$V_2 = 500 + 29,98 = 529,98 \text{ m}$

$\Delta A = \Delta M \cdot \sen x$

$\Delta A = 30 \cdot \sen (2^\circ) = 1,05 \text{ m}$

$A_2 = 1,05 \text{ m}$

$\Delta N = 30 \cdot \sen 2^\circ \cdot \cos 20^\circ = 0,98$

$N_2 = 0,98 \text{ m}$

$\Delta E = 30 \cdot \sen 2^\circ \cdot \sen 20^\circ = 0,36$

$E_2 = 0,36$

c)  $M3 = 560 \text{ m}$

$x = 4^\circ$

$\epsilon = \text{N } 20^\circ \text{ E}$

$\Delta V = 30 \cdot \cos (4^\circ) = 29,93$

$V_3 = 529,98 + 29,93 = 559,91 \text{ m}$

$\Delta A = 30 \cdot \sen (4^\circ) = 2,09$

$A_3 = 1,05 + 2,09 = 3,14 \text{ m}$

$\Delta N = 30 \cdot \sen (4^\circ) \cdot \cos (20^\circ) = 1,97$

$N_3 = 0,98 + 1,97 = 2,95 \text{ m}$

$\Delta E = 30 \cdot \sen (4^\circ) \cdot \sen (20^\circ) = 0,72$

$E_3 = 0,36 + 0,72 = 1,08 \text{ m}$

d)  $M4 = 590 \text{ m}$

$x = 6^\circ$

$\epsilon = \text{N } 21^\circ \text{ E}$

$\Delta V = 30 \cdot \cos (6^\circ) = 29,84$

$V_4 = 559,91 + 29,84 = 589,75 \text{ m}$

$\Delta A = 30 \cdot \sen (6^\circ) = 3,14$

$A_4 = 3,14 + 3,14 = 6,28 \text{ m}$

$\Delta N = 30 \cdot \sen (6^\circ) \cdot \cos (21^\circ) = 2,93$

$N_4 = 2,95 + 2,93 = 5,88 \text{ m}$

$\Delta E = 30 \cdot \sen (6^\circ) \cdot \sen (21^\circ) = 1,12$

$E_4 = 1,08 + 1,12 = 2,20 \text{ m}$

e)  $M5 = 620 \text{ m}$

$x = 8^\circ$

$\epsilon = \text{N } 22^\circ \text{ E}$

$\Delta V = 30 \cdot \cos (8^\circ) = 29,71$

$V_5 = 589,75 + 29,71 = 619,46 \text{ m}$

$\Delta A = 30 \cdot \sen (8^\circ) = 4,18$

$A_5 = 6,28 + 4,18 = 10,46 \text{ m}$

$\Delta N = 30 \cdot \sen 8^\circ \cdot \cos 22^\circ = 3,87$

$N_5 = 5,88 + 3,87 = 9,75 \text{ m}$

$\Delta E = 30 \cdot \sen 8^\circ \cdot \sen 22^\circ = 1,56$

$E_5 = 2,20 + 1,56 = 3,76 \text{ m}$

**7)** Para poços com ângulos entre  $45^\circ$  e  $65^\circ$  uma quantidade de cascalho pode se concentrar na porção inferior do poço, formando uma espécie de duna que se move lentamente em direção à superfície, com a parada das bombas essas dunas podem formar uma espécie de avalanche, podendo causar o aprisionamento da coluna.

Para poços com ângulo entre  $65^\circ$  e  $90^\circ$  os cascalhos formam um leito na parte baixa do poço podendo causar excessivos arrastes na retirada da coluna.

- 8)** – capacidade de carga: pode ser de 30 a 50° maior que um poço vertical devido aos altos valores de atrito por causa da inclinação.
- capacidade do sistema de circulação: trechos de maior inclinação requerem altas vazões; e grandes profundidades medidas exigem altas pressões devido a maior perda de carga.
  - potência dos geradores: ocorrência de operações simultâneas como retirada da coluna, bombeio de fluido e rotação da mesa podem exigir altas potências.
  - conservação da coluna de perfuração: maiores esforços exigem colunas novas (fadiga).
  - manutenção rigorosa: trabalho em condições extremas leva ao desgaste prematuro dos equipamentos.
  - estocagem de materiais e acomodação de pessoas.

**9)** Poros: pressão exercida pelo fluido dentro dos poços das rochas

Fratura: falha da formação por tração

Colapso: falha da formação por cisalhamento

Estes gradientes definirão o peso de fluido ideal para ser utilizado na perfuração. Caso o peso do fluido de perfuração seja menor que o gradiente de pressão de poros, pode ocorrer um *kick* no poço. Já se o peso for muito maior que o gradiente de pressão de poros pode haver uma prisão da coluna por diferencial de pressão.

Caso o peso do fluido de perfuração não respeite o gradiente de colapso pode haver uma instabilidade mecânica da formação levando a desmo-

ronamentos para dentro do poço e caso o gradiente de fratura seja ultrapassado pode ocorrer uma perda de circulação.

**10)**  $V_a = 3\,000\text{ m}$

$$D_a = 130\text{ m}$$

$$\theta = 30^\circ$$

$$D_a = R(1 - \cos\theta)$$

$$130 = R(1 - \cos 30^\circ)$$

$$R = \frac{130}{1 - 0,87} = 1000\text{ m}$$

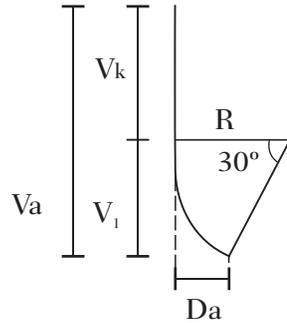
$$V_1 = R \sin\theta$$

$$V_1 = 1000 \cdot 0,5 = 500\text{ m}$$

$$V_K = V_a - V_1$$

$$V_K = 3\,000 - 500$$

$$V_K = 2\,500\text{ m}$$



# Exercícios

- 1) – DC – *Drill collars* ou comandos: tubos pesados e com grande rigidez utilizados para dar peso a broca
- HWDP – *Heavy weight drillpipe*: possuem o mesmo diâmetro externo que os DP, porém com maior espessura de parede. Assim, são utilizados para dar peso sobre a broca e para permitir uma mudança gradual de rigidez entre os comandos e os DP
- Estabilizadores: tem a função de estabilizar o BHA, controlar o desvio do poço, manter os comandos no centro do poço, reduzindo a vibração lateral e previne a prisão por pressão diferencial e o desgaste dos comandos.
- *Drilling Jar*: facilita a retirada da coluna do poço em casos de prisão. Possui 2 sentidos de atuação (para cima e para baixo) liberando uma carga de impacto para vencer as forças que mantêm a coluna presa. Seu mecanismo de atuação pode ser mecânico ou hidráulico.
- *Float sub*: permite apenas o fluxo do fluido de perfuração de dentro da coluna para o anular, sendo usado em caso de desbalanceamento de pressões.
- Broca: sem partes móveis que trabalham com arraste ou esmerilhamento como princípio de corte
  - integral com lâminas de aço

- diamantes naturais
- diamantes artificiais (PDC e TSP).
- Broca: com partes móveis (se danificam com maior facilidade)
  - tricônica dentada
  - tricônica com insertos

**2) Tipos básicos de coluna de perfuração:**

- para ganhar ângulo (princípio da alavanca): efeito alavanca promovido pelo estabilizador colocado bem próximo a broca, empurrando-a para o lado alto do poço à medida que o peso do BHA curva gradualmente o comando adjacente a broca.
- para manter ângulo (coluna empacada): 3 estabilizadores em sequência após a broca, separados por pequenas seções de comandos rígidos. O 1º estabilizador deve estar imediatamente após a broca e ser *full gauge*.
- para perder ângulo (princípio do pêndulo): não utilizar estabilizador próximo a broca ou usá-lo com um diâmetro menor do que da broca. A porção do BHA que vai da broca até o 1º estabilizador inclina devido ao seu peso próprio, pressionando a broca contra a parte baixa do poço. O comprimento do comando após a broca também é de grande importância para determinar a força lateral do efeito pendular.

**3)** A diferença está na possibilidade de se mudar o posicionamento dos componentes do BHA de acordo com as características da trajetória do poço. Para poços horizontais existe uma elevada fricção afetando as cargas axiais e além disso, o efeito da gravidade ou empurrar a coluna para baixo é parcialmente ou totalmente anulado. Assim, para compensar esses fatores são utilizadas colunas invertidas, isto é, os componentes mais pesados, como os comandos (DC) e HWDP, são mantidos na seção vertical do poço, longe da posição convencional que é logo acima da broca. Nesta posição os componentes mais pesados serão mais eficientes em aplicar peso sobre a broca.

**4)** O sistema *steerable* é composto por um motor *steerable* e um MWD (ferramenta de medição direcional contínua). A perfuração é feita em 2 modos:

- orientado: após a orientação do motor da superfície para a direção desejada, a coluna é deslizada poço adentro, sem haver rotação, mantendo a direção escolhida.

- rotativo: após a direção e o ângulo final desejados serem atingidos utiliza-se a perfuração rotativa, na qual toda a coluna gira.

O sistema *rotary steerable* permite que a coluna de perfuração gire durante todo o tempo, inclusive durante os trechos de ganho de ângulo e mudança de direção e é classificado em 2 grupos: *push the bit* (aplica força contra o poço, empurrando a broca para a inclinação e direção desejada) e *point the bit* (anéis excêntricos deslocam a broca com relação ao resto da coluna para atingir a trajetória desejada).

O ganho de se utilizar um sistema *rotary steerable* é evitar que a coluna fique parada. A coluna parada pode levar a prisão diferencial ou por desmoronamento e a uma dificuldade de se deslizar a coluna (deficiência na limpeza, acumulando cascalho). Outras deficiências do modo orientado e da alternância entre este e o modo rotativo é a baixa taxa de penetração; alta tortuosidade; variações de ECD; flambagem da coluna.

Já a desvantagem de se utilizar um sistema *rotary steerable* está em:

- *push the bit*: não podem ser utilizados em formações friáveis pois a perfuração resulta em calibres maiores e o dispositivo que empurraria a coluna contra a parede acaba se tornando ineficaz. Outra desvantagem é a necessidade de brocas de calibre ativo, que resulta em poços espiralados, de menor qualidade.

- *point the bit*: são mais complexos, aumentando o risco de falha além de necessitarem que uma parte da ferramenta ainda fique parada como referência para a *tool face*.

**5) Geoseering** é a navegação por dentro do reservatório utilizando-se para isso uma coluna equipada, além do motor ou do *rotary steerable*, com um conjunto de LWD. É possível assim um controle da trajetória direcional em tempo real e também a identificação de tipos de formação, porosidade e fluidos contidos nos poros das rochas, ajustando a trajetória na direção desejada com a ajuda das ferramentas azimutais.

## CAPÍTULO 4

# Exercícios

**1)** A determinação da trajetória direcional é feita através dos seguintes métodos:

- Tangente;
- Tangente balanceada;
- Ângulo médio;
- Raio de curvatura;
- Mínimo raio de curvatura.

sendo este último o método mais utilizado na indústria atualmente.

**2)** Por sofrerem interferência magnética, os equipamentos magnéticos de medição direcional não podem ser utilizados dentro ou próximo de poços revestidos e para diminuir a interferência magnética causada pela coluna de perfuração são alojados em comandos com liga não magnética (monel). Dentre eles, podemos citar:

- Equipamento magnético de registro simples (MSS)
- Equipamento magnético de registro múltiplo (MMS)
- Equipamento de medição contínua sem cabo – MWD

**3) Foto 1:**

Profundidade medida: 1 500 m

Coordenadas: 4 m N e 2 m L

Inclinação: 35°

Azimute: 24°

**Foto 2:**

Profundidade medida: 1 600 m

Inclinação: 39°

Azimute: 26°

**Resultados:**

	Métodos				
	Tangente	Tang. Balanc.	Ang. Médio	Raio de Curvat.	Min. Raio Curvat.
N2 (m)	60,56	54,48	54,54	54,53	54,51
E2 (m)	29,59	25,46	25,43	25,43	25,47
DV (m)	77,71	79,81	79,86	79,85	79,81
DH (m)	62,93	60,14	60,18	60,17	60,17
dogleg (°)	1,25°/30 m	1,25°/30 m	1,25°/30 m	1,25°/30 m	1,25°/30 m

Onde N2 e E2 são as coordenadas Norte e Leste da foto 2, DV e DH o ganho de profundidade vertical e de afastamento.

Obs.: Não foi possível calcular o TVD como solicitado, pois foi apenas informada a profundidade medida na foto 1 (inclinação = 35°).

**4) Passos para análise de anti-colisno:**

A) *Métodos de cálculo de incerteza ou modelos de erros*: utilizados para estimar os erros inerentes dos equipamentos de medição dos dados direcionais. Cada equipamento tem seus coeficientes de incerteza associados ao modelo de cálculo de erro e de acordo com a precisão da ferramenta. Modelos de erros mais comuns:

Erros sistemáticos: o erro é tratado de forma estatística levando em conta influências internas e externas ao equipamento de medição. As causas de erro são sistemáticas, não considerando os erros randômicos. Ex.: desalinhamento do instrumento em relação ao centro do poço; leitura influenciada pela magnetização da coluna...

ISCWSA: leva em conta erros relativos para instrumentos magnéticos precisos (MWD).

Cone de erro: assume esfera ao redor de cada foto, sendo um modelo empírico. O tamanho da esfera é determinado pela profundidade do poço, o raio da esfera da leitura anterior e pelo coeficiente de erro do equipamento anterior.

Grid de erro de inclinação: expansão do cone de erro de acordo com a profundidade medida.

B) Tipos de cones de incerteza: o erro obtido a cada profundidade medida é o resultado não só do modelo de erro adotado, mas também do erro encontrado na profundidade anterior. O modelo de cone de incerteza consiste em acumular os erros ao longo da trajetória formando os cones de incerteza.

C) *Separação mínima e fator de separação*: Para a aplicabilidade dos modelos de erros e dos cones de incerteza temos que definir:

Separação mínima: é a mínima distância entre o poço de referência e seu adjacente (soma dos raios das elipses de incerteza). Cada companhia de petróleo possui o seu padrão de segurança quanto a mínima SF aceitável. Um exemplo:

$SF < 1$ : colisão entre as elipses, logo deve-se replanejar a trajetória.

$SF = 1$ : colisão de forma tangencial, logo deve-se replanejar a trajetória.

$SF > 1$ : não há colisão.

$1 < SF < A$ , offset deve sofrer parada de produção.

$A < SF < B$ , tolerável para projeto, desde que offsets sejam monitorados.

$SF > B$ , permite maior margem de segurança no caso de haver correções e desvios do projeto inicial.

Fator de separação: é a razão entre a distância de separação dos poços (distância entre os centros das elipses de incerteza) e a separação mínima.

D) *Métodos de rastreamento*: utilizados para calcular a proximidade entre trajetórias.

Proximidade 3D: mais conservador, localiza em um plano tridimensional qualquer ponto mais próximo do poço offset.

Travelling Cylinder (TC): utiliza um plano perpendicular B trajetória de referência para rastrear os poços offset.

Plano horizontal: utiliza uma distância horizontal entre a trajetória de referência e o poço offset.

Com a proximidade 3D o poço adjacente é localizado antes do que com os outros métodos.

5) Os exercícios foram resolvidos com as seguintes equações:

$$\Delta\varepsilon = \text{arc tan} \left( \frac{\tan(\beta) \text{sen}(\gamma)}{\text{sen}(\alpha_1) + \tan(\beta) \cos(\alpha_1) \cos(\gamma)} \right)$$

$$\alpha_2 = \text{arc cos}(\cos(\alpha_1) \cos(\beta) - \text{sen}(\alpha_1) \text{sen}(\beta) \cos(\gamma))$$

$$g = \text{arc cos} \left( \frac{\cos(\alpha_1) \cos(\beta) - \cos(\alpha_2)}{\text{sen}(\alpha_1) \text{sen}(\beta)} \right)$$

a) Dados:

$$\alpha_1 = 10^\circ$$

$$\text{Rumo} = \text{N}20^\circ\text{E}$$

$$\gamma = 45^\circ$$

$$\beta = 3^\circ/30 \text{ m}$$

Resultado:

$$\Delta\varepsilon = 10^\circ$$

$$\text{Rumo} = \text{N}30^\circ\text{E}$$

$$\alpha_2 = 12,3^\circ$$

b) Dados:

$$\text{PM} = 652 \text{ m}$$

$$\alpha_1 = 3^\circ$$

$$\text{Rumo} = \text{N}5^\circ\text{W}$$

$$\gamma = 20^\circ$$

$$\beta = 3,5^\circ/30 \text{ m}$$

Resultado:

$$PM = 689 \text{ m}$$

$$\Delta PM = 689 - 652 = 37 \text{ m}$$

$$\beta = 4,32^\circ/37 \text{ m}$$

$$\Delta \epsilon = 11,84^\circ$$

$$\text{Rumo} = N6,84^\circ E$$

$$\alpha_2 = 7,21^\circ$$

c) Dados:

$$\alpha_1 = 30^\circ$$

$$\beta = 4,5^\circ/30 \text{ m}$$

Resultado:

Variando o valor de  $y$  para conseguir a maior correção a direita foi obtido:

$$\gamma = 90^\circ$$

$$\Delta \epsilon = 8,63$$

$$\Delta \epsilon_{\text{MAX}} = \alpha \text{sen} \left( \frac{\beta}{\alpha_1} \right) = 8,63^\circ \text{ desde que } \beta < \alpha_1$$

Variando o valor de  $y$  para conseguir a maior correção a esquerda foi obtido:

$$\gamma = 98^\circ$$

$$\Delta \epsilon = 8,63^\circ$$

d) Dados:

$$\alpha_1 = 4^\circ$$

$$\beta = 5^\circ/30 \text{ m}$$

Resultados:

$$\gamma = 143^\circ$$

$$\Delta \epsilon = 89,94^\circ \quad \text{Método iterativo (planilha)}$$

Dados:

$$\alpha_1 = 4^\circ$$

$$\beta = 2,5^\circ/30 \text{ m}$$

Resultados:

$$\gamma = 128^\circ$$

$$\Delta\varepsilon = 38,7^\circ$$

$$\Delta\varepsilon_{\text{MAX}} = \alpha \text{sen} \left( \frac{\beta}{\alpha_1} \right) = 38,7^\circ \quad \alpha_1$$

e)Dados:

Coordenada última estação:

$$S = 8,50 \text{ m}$$

$$W = 1\,053,95$$

$$PM = 2\,516 \text{ m}$$

$$\alpha = 41,5^\circ$$

Direção do objetivo na última estação:

$$\text{Rumo} = \text{N}81^\circ\text{W}$$

Coordenada do objetivo:

$$N = 202 \text{ m}$$

$$W = 1549 \text{ m}$$

$$\text{TVD} = 2800 \text{ m}$$

$$PM = 3343,02$$

Giro da broca =  $1,5^\circ/100 \text{ m}$  à direita

Resultado:

$$\Delta PM = 3\,343,02 - 2\,516 = 827,02 \text{ m}$$

$$\Delta\varepsilon = 827,01 \cdot 1,5^\circ/100 = 12,4^\circ$$

$\varepsilon$  última estação:

$$\text{Arctan}(8,5/1\,053,95) = 0,46^\circ \text{ logo } 90^\circ - 0,46^\circ = 89,54^\circ$$

$$\text{Rumo} = \text{S } 89,54^\circ\text{W}$$

Com o giro da broca o rumo após perfurar 827,02 m será:

$$\text{S } 89,54^\circ\text{W} + 12,4^\circ = \text{N } 78,06^\circ\text{W}$$

$\varepsilon$  objetivo:

$$\text{Arctan}(202/1\ 549) = 7,4^\circ \text{ logo } 90^\circ - 7,4^\circ = 82,6^\circ$$

Rumo = N 82,6°W

Como N 78,06° W  $\neq$  N 82,6° W vemos que haverá necessidade de se fazer correção.

