

# Sumário

<b>Apresentação</b> .....	<b>IX</b>
<b>Prefácio</b> .....	<b>XI</b>
<b>Simbologia</b> .....	<b>XIII</b>
<b>Introdução</b> .....	<b>1</b>
1.1 Introdução .....	1
1.2 Geopressões .....	2
1.3 Projeto de Poços .....	3
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>Conceitos Básicos Relativos às Geopressões</b> .....	<b>7</b>
1.1 Introdução .....	7
1.2 Tensão × Pressão .....	7
1.3 Pressão em Fluidos .....	8
1.3.1 Pressões Manométricos e Absoluta .....	9
1.3.2 Distribuição de Pressão em um Fluido .....	10
1.3.3 Pressão Hidrostática em Líquidos .....	11
1.3.4 Pressão Hidrostática em Gases .....	12
1.4 Gradientes de Pressão .....	14
1.5 Tensão de Sobrecarga .....	20
1.6 Pressão de Poros .....	21
1.7 Tensão Efetiva .....	22
1.8 Pressões Decorrentes do Fluido de Perfuração .....	22
1.8.1 Caso Estático .....	23
1.8.2 Caso Dinâmico: ECD .....	23
1.9 Falha de Rochas .....	26
1.9.1 Pressão de Colapso .....	26
1.9.2 Pressão de Fratura .....	26
1.10 Janela Operacional .....	26
1.11 Assentamento de Sapatas .....	27
1.12 Fluxo de Trabalho para o Cálculo das Geopressões .....	28

**CAPÍTULO 2**

<b>Geologia e Geofísica</b> .....	<b>31</b>
2.1 Introdução .....	31
2.2 Geologia .....	31
2.2.1 Tempo Geológico .....	32
2.2.2 Rochas .....	33
2.2.3 Rochas Sedimentares .....	35
2.2.4 Geologia Estrutural .....	49
2.2.5 Estratigrafia .....	54
2.3 Geofísica .....	58
2.3.1 Método Sísmico .....	59
2.3.2 Sísmica de Poço .....	71
2.3.3 Previsão dos Gradientes de Pressão de Poros Utilizando Dados Sísmicos ..	73
2.4 Perfilagem .....	74
2.4.1 Perfil Raios Gama ( <i>Gamma Ray</i> – GR) .....	76
2.4.2 <i>Caliper</i> .....	77
2.4.3 Resistividade .....	77
2.4.4 Sônico – Tempo de Trânsito .....	78
2.4.5 Densidade .....	81
2.4.6 Perfil Neutrônico .....	82
2.4.7 Perfil PWD ( <i>Pressure While Drilling</i> ) .....	84
2.4.8 Comportamento de Perfis .....	84
2.5 Exercícios .....	86

**CAPÍTULO 3**

<b>Gradiente de Sobrecarga</b> .....	<b>87</b>
3.1 Introdução .....	87
3.2 Tensão de Sobrecarga .....	87
3.3 Gradiente de Sobrecarga .....	88
3.4 Estimativa da Pressão de Sobrecarga .....	88
3.5 Determinação das Densidades das Formações .....	91
3.5.1 Medição das Densidades das Formações .....	91
3.5.2 Métodos de Cálculo .....	96
3.6 Influência da Lâmina d'Água no Gradiente de Sobrecarga .....	108
3.7 Tópicos Especiais Relativos a Gradiente de Sobrecarga .....	110
3.7.1 Correlação de Miller .....	110
3.7.2 Método de Bourgoyne .....	113
3.8 Exercícios .....	118

**CAPÍTULO 4**

<b>Gradiente de Pressão de Poros</b> .....	<b>121</b>
4.1 Introdução .....	121
4.2 Pressão de Poros .....	121
4.3 Classificação dos Gradientes de Pressão de Poros .....	123

4.4	Pressões de Poros Anormalmente Baixas . . . . .	124
4.5	Pressões de Poros Anormalmente Altas. . . . .	125
4.6	Origens das Pressões Anormalmente Altas . . . . .	126
4.6.1	Mecanismos Relacionados às Tensões <i>In Situ</i> . . . . .	127
4.6.2	Mecanismos de Expansão de Fluidos . . . . .	139
4.6.3	Mecanismo <i>Buoyancy</i> (Diferença de Densidade). . . . .	145
4.6.4	Transferência de Pressão . . . . .	147
4.7	Indicadores de Zonas Anormalmente Pressurizadas. . . . .	156
4.7.1	Taxa de Penetração . . . . .	157
4.7.2	Taxa de Penetração Normalizada . . . . .	157
4.7.3	Aspectos dos Cascelhos . . . . .	162
4.7.4	Torque e Arraste . . . . .	164
4.7.5	Gás no Fluido de Perfuração . . . . .	165
4.7.6	Condutividade do Fluido de Perfuração . . . . .	177
4.7.7	Temperatura do Fluido de Perfuração . . . . .	178
4.8	Zona de Transição . . . . .	179
4.9	Quantificação dos Gradientes de Pressão de Poros. . . . .	182
4.9.1	Medições Diretas . . . . .	182
4.9.2	Métodos Indiretos . . . . .	186
4.10	Modelagem de Áreas e Bacias . . . . .	203
4.10.1	Modelagem de Área: Tensão Efetiva <i>versus</i> Velocidade Intervalar . . . . .	203
4.10.2	Modelagem de Bacias . . . . .	205
4.11	Exercícios. . . . .	208

## CAPÍTULO 5

<b>Mecânica das Rochas . . . . .</b>	<b>213</b>	
5.1	Introdução . . . . .	213
5.2	Tensão . . . . .	213
5.3	Estado Tridimensional de Tensão. . . . .	217
5.4	Estado Plano de Tensão (Bidimensional) . . . . .	219
5.5	Tensões Principais, Média e Desviadora . . . . .	221
5.6	Círculo de Mohr de Tensões . . . . .	223
5.7	Tensões Efetivas. . . . .	227
5.8	Deformações e Deslocamentos . . . . .	229
5.9	Comportamento Tensão-Deformação . . . . .	234
5.9.1	Ensaio de Compressão . . . . .	234
5.9.2	Rochas Frágeis e Rochas Dúcteis. . . . .	240
5.10	Teoria da Elasticidade Linear . . . . .	241
5.10.1	Lei de Hooke . . . . .	241
5.10.2	Coefficiente de Poisson. . . . .	242
5.10.3	Lei de Hooke para Cisalhamento . . . . .	244
5.10.4	Lei de Hooke Generalizada . . . . .	245
5.10.5	Estimativa das Constantes Elásticas no Campo. . . . .	246

5.11	Falha da Rocha .....	247
5.11.1	Ruptura por Cisalhamento .....	248
5.11.2	Ruptura por Tração .....	258
5.12	<i>Creep</i> .....	260
5.13	Exercícios .....	262

## CAPÍTULO 6

<b>Estabilidade de Poço .....</b>	<b>265</b>	
6.1	Introdução .....	265
6.2	Tensões <i>In Situ</i> .....	265
6.3	Tensões ao Redor de um Poço .....	267
6.3.1	Tensões Tangenciais ou <i>Hoop Stress</i> .....	268
6.3.2	Tensões Radiais .....	270
6.3.3	Tensão Axial .....	271
6.3.4	Estado de Tensão Triaxial ao longo da Parede do Poço .....	272
6.4	Fluido Penetrante e Não Penetrante .....	273
6.5	Determinação das Tensões na Parede de um Poço .....	275
6.6	Estabilidade de Poço .....	281
6.7	Gradiente de Colapso .....	282
6.7.1	Direção da Falha e <i>Break-out</i> .....	290
6.7.2	Estimativa do Gradiente de Colapso .....	291
6.8	Gradiente de Fratura .....	293
6.8.1	Tipo e Direção da Fratura .....	298
6.8.2	Estimativa do Gradiente de Fratura .....	304
6.9	Exercícios .....	333

## CAPÍTULO 7

<b>Projetos Típicos, Início de Poço e Equipamento de Segurança .....</b>	<b>335</b>	
7.1	Introdução .....	335
7.2	Tipos de Revestimentos e suas Funções .....	335
7.3	Projetos Típicos .....	343
7.4	Início de Poço e Sistemas de Cabeça de Poço .....	352
7.4.1	Sondas Terrestres, Plataformas Fixas e Autoelevatórias .....	352
7.4.2	Plataformas Flutuantes .....	359
7.5	<i>Riser</i> de Perfuração .....	375
7.6	Equipamentos de Segurança .....	377
7.6.1	<i>Blowout Preventer</i> – BOP .....	377
7.6.2	Funções dos Preventores .....	382
7.6.3	Sistemas Especiais de Emergência .....	384
7.7	Escolha do BOP e dos Equipamentos de Superfície .....	385
7.7.1	Escolha do BOP com Base na <i>Maximum Anticipated Surface Pressure</i> (MASP) .....	387
7.7.2	Escolha do BOP com Base na <i>Maximum Anticipated Well Head Pressure</i> (MAWHP) .....	389

7.7.3	Escolha do BOP com Base no Revestimento . . . . .	390
7.7.4	Escolha do BOP Levando em Conta o Efeito Lâmina d'Água . . . . .	390
7.8	Sistema <i>Diverter</i> . . . . .	392

## CAPÍTULO 8

<b>Critérios de Assentamento de Sapatas de Revestimentos . . . . .</b>	<b>397</b>	
8.1	Introdução . . . . .	397
8.2	Profundidades de Assentamento de Sapatas . . . . .	397
8.2.1	Revestimentos das Zonas Superficiais . . . . .	398
8.2.2	Revestimentos das Zonas mais Profundas . . . . .	406
8.3	Fatores que Afetam o Assentamento das Sapatas . . . . .	425
8.3.1	Objetivos do Poço . . . . .	426
8.3.2	Poços Direcionais . . . . .	426
8.3.3	Zonas de Perda de Circulação . . . . .	428
8.3.4	Longas Extensões de Poço Aberto . . . . .	429
8.3.5	Diferencial de Pressão entre o Poço e a Formação . . . . .	429
8.3.6	Margem de <i>Riser</i> . . . . .	434
8.4	Escolha do Peso do Fluido de Perfuração Ótimo . . . . .	438
8.4.1	Problemas Relativos ao Peso do Fluido de Perfuração . . . . .	439
8.4.2	Princípio da Linha Média . . . . .	445
8.5	Exercício Resolvido . . . . .	448
8.5.1	Projetos dos Poços B e C . . . . .	464
8.5.2	Fluxo de Trabalho para a Elaboração dos Projetos dos Poços B e C . . . . .	465
8.5.3	Resolução do Problema . . . . .	466
8.5.4	Projeto do Poço B . . . . .	470
8.6	Exercícios . . . . .	491

## CAPÍTULO 9

<b>Segurança em Projetos de Perfuração de Poço . . . . .</b>	<b>499</b>	
9.1	Introdução . . . . .	499
9.2	<i>Kicks</i> , Causas e Indícios . . . . .	499
9.2.1	Comportamento do Fluido Invasor . . . . .	501
9.2.2	Considerações Relativas a <i>Kicks</i> . . . . .	508
9.2.3	Métodos de Controle de <i>Kicks</i> . . . . .	511
9.3	<i>Blowouts</i> , <i>Underground Blowouts</i> e Fluxos Cruzados . . . . .	514
9.3.1	Métodos de Controle de <i>Blowouts</i> . . . . .	516
9.3.2	Casos Especiais: Fluxos Cruzados e <i>Underground Blowouts</i> . . . . .	534
9.4	Exercícios . . . . .	556

## CAPÍTULO 10

<b>Tópicos Especiais . . . . .</b>	<b>559</b>	
10.1	Introdução . . . . .	559
10.2	Barreiras de Segurança . . . . .	560

10.3	Metodologia para Construção de Poços	563
10.3.1	Categorização de Poços (Complexidade), Robustez e Matriz de Criticidade	564
10.3.2	Processos de Trabalho	570
10.3.3	Processo de Segurança de Poço (PSP)	572
10.4	<i>Geohazards</i>	575
10.4.1	<i>Geohazards</i> Relacionados às Condições da Plataforma Continental.	578
10.4.2	<i>Geohazards</i> Relacionados à Migração de Fluidos no Poço	579
10.5	<i>Managed Pressure Drilling</i> (MPD)	598
10.5.1	Pressão do Fundo do Poço Constante (PFPC)	601
10.5.2	<i>Pressurized Mud Capping Drilling</i> (PMCD)	602
10.5.3	Sistema de Circulação Contínua ( <i>Continuous Circulation System, CCS</i> )	604
10.5.4	<i>Dual Gradient</i> (DG)	604
10.5.5	Perfuração sem <i>Riser</i> ( <i>Riserless Drilling</i> )	607
10.5.6	Redução do ECD ( <i>ECD Reduction</i> )	610
10.5.7	<i>Underbalance Drilling</i> (UBD) ou Perfuração Sub-Balanceada	611
10.6	Perfuração em Zonas de Sal	612
10.6.1	Detecção de Zonas de Sal antes da Perfuração	613
10.6.2	Detecção de Zonas de Sal durante a Perfuração	615
10.6.3	Importantes Aspectos Relacionados à Perfuração de Zonas de Sal	617
10.6.4	Perfuração Próxima a Domos Salinos	630
10.7	Poços HPHT [ <i>High Pressure</i> (HP) – <i>High Temperature</i> (HT)]	632
10.7.1	Gradientes de Pressão de Poros, Janela Operacional, <i>Kicks</i> e Falsos <i>Kicks</i>	634
10.7.2	Limitação de Equipamentos	636
10.7.3	Fluido de Perfuração e Controle de Poços	637
10.7.4	Fluido de Perfuração e o Efeito <i>Barite Sag</i>	639
10.8	Falsos <i>Kicks</i>	641
10.9	Metodologia de Trabalho do PDCA	649
10.10	Altas Pressões devido à Transferência Lateral de Pressão	658
10.11	Poços com Alta Sobrepressão	661
10.12	Poços Direcionais em Águas Profundas	665
10.13	Alguns Problemas Típicos e suas Soluções	671
10.14	Fatores que Afetam a Estabilidade do Poço	678
	<b>Referências</b>	<b>691</b>