

SUMÁRIO

Prefácio VII

Introdução IX

CAPÍTULO 1. O PETRÓLEO 1

1.1 Histórico 1

1.1.1 No mundo 1

1.1.2 No Brasil 3

1.2 Constituintes do petróleo 4

1.2.1 Hidrocarbonetos 6

1.2.2 Não-hidrocarbonetos 9

1.3 Composição do petróleo 10

1.4 Classificação do petróleo 11

1.4.1 Classe parafínica 12

1.4.2 Classe parafínico-naftênica 12

1.4.3 Classe naftênica 12

1.4.4 Classe aromática intermediária 12

1.4.5 Classe aromático-naftênica 13

1.4.6 Classe aromático-asfáltica 13

CAPÍTULO 2. NOÇÕES DE GEOLOGIA DE PETRÓLEO 15

2.1 Origem do petróleo 15

2.1.1 Migração do petróleo 16

2.1.2 Rocha-reservatório 17

2.1.3 Rocha selante 18

2.1.4 Aprisionamento do petróleo 19

CAPÍTULO 3. PROSPECÇÃO DE PETRÓLEO 23

3.1 Métodos geológicos 23

3.1.1 Geologia de superfície 23

3.1.2 Aerofotogrametria e fotogeologia 24

3.1.3 Geologia de subsuperfície 24

3.2 Métodos potenciais 26

- 3.2.1 Gravimetria 26
- 3.2.2 Magnetometria 28

3.3 Métodos sísmicos 29

- 3.3.1 Fontes e receptores sísmicos 30
- 3.3.2 Aquisição de dados sísmicos 31
- 3.3.3 Tipos de ondas sísmicas e velocidades de propagação 33
- 3.3.4 Sismograma sintético 35
- 3.3.5 Técnica CDP e obtenção de velocidades 36
- 3.3.6 Processamento de dados sísmicos 39
- 3.3.7 Interpretação de dados sísmicos 41
- 3.3.8 Sísmica tridimensional (3-D) 42
- 3.3.9 Sísmica aplicada à perfuração e ao desenvolvimento da produção 47
- 3.3.10 Sísmica 4-D 48
- 3.3.11 Sísmica de poço 49

CAPÍTULO 4. PERFURAÇÃO 55**4.1 Equipamentos da sonda de perfuração 55**

- 4.1.1 Sistema de sustentação de cargas 55
- 4.1.2 Sistema de geração e transmissão de energia 58
- 4.1.3 Sistema de movimentação de carga 59
- 4.1.4 Sistema de rotação 62
- 4.1.5 Sistema de circulação 65
- 4.1.6 Sistema de segurança do poço 67
- 4.1.7 Sistema de monitoração 69

4.2. Colunas de perfuração 70

- 4.2.1 Comandos 70
- 4.2.2 Tubos pesados 70
- 4.2.3 Tubos de perfuração 71
- 4.2.4 Acessórios da coluna de perfuração 72
- 4.2.5 Ferramentas de manuseio da coluna 73
- 4.2.6 Dimensionamento da coluna de perfuração 74

4.3. Brocas 76

- 4.3.1 Brocas sem partes móveis 76
- 4.3.2 Brocas com partes móveis 78

4.4. Fluidos de perfuração 80

- 4.4.1 Propriedades dos fluidos de perfuração 81
- 4.4.2 Classificação dos fluidos de perfuração 83

4.5 Operações normais de perfuração 87

- 4.5.1 Alargamento e repassamento 87
- 4.5.2 Conexão, manobra e circulação 87
- 4.5.3 Revestimento de um poço de petróleo 88
- 4.5.4 Cimentação de poços de petróleo 91
- 4.5.5 Perfilagem 99
- 4.5.6 Movimentação da sonda 99

4.6 Otimização da perfuração 99

- 4.6.1 Programa de revestimento 100
- 4.6.2 Programa de fluido de perfuração 100
- 4.6.3 Programa de brocas 100
- 4.6.4 Parâmetros mecânicos 101
- 4.6.5 Parâmetros hidráulicos 101

4.7 Operações especiais de perfuração 101

- 4.7.1 Controle de *kicks* 101
- 4.7.2 Pescaria 104
- 4.7.3 Testemunhagem 105

4.8 Perfuração direcional 106

- 4.8.1 Controle da verticalidade em poços verticais 106
- 4.8.2 Perfuração de poços direcionais 106

4.9 Perfuração marítima 109

- 4.9.1 Tipos de unidades 110
- 4.9.2 Sistemas de cabeça de poço submarino 113
- 4.9.3 Cabeça de poço em sondas flutuantes 117
- 4.9.4 Movimentos de uma sonda 118
- 4.9.5 Equipamentos auxiliares 119

CAPÍTULO 5. AVALIAÇÃO DE FORMAÇÕES 121**5.1 Perfilagem a poço aberto 122**

- 5.1.1 Fundamentos de perfilagem 122
- 5.1.2 Tipos de perfis 123

5.2 Testes de pressão em poços 125

- 5.2.1 Objetivos dos testes 126
- 5.2.2 Tipos de testes de pressão 128

5.3 Perfilagem de produção 133

- 5.3.1 *Production logging tool* (PLT) 133
- 5.3.2 *Thermal decay time log* (TDT) 135

CAPÍTULO 6. COMPLETAÇÃO 137**6.1 Tipos de completação 137**

- 6.1.1 Quanto ao posicionamento da cabeça do poço 137
- 6.1.2 Quanto ao revestimento de produção 138
- 6.1.3 Quanto ao número de zonas exploradas 139

6.2 Etapas de uma completação 140

- 6.2.1 Instalação dos equipamentos de superfície 140
- 6.2.2 Condicionamento do poço 141
- 6.2.3 Avaliação da qualidade da cimentação 141
- 6.2.4 Canhoneio 147
- 6.2.5 Instalação da coluna de produção 147
- 6.2.6 Colocação do poço em produção 149

6.3. Principais componentes da coluna de produção 149

- 6.3.1 Tubos de produção 149
- 6.3.2 *Shear-out* 150
- 6.3.3 *Hydro-trip* 151
- 6.3.4 *Nipples* de assentamento 151
- 6.3.5 Camisa deslizante (*sliding sleeve*) 152
- 6.3.6 *Check valve* 152
- 6.3.7 *Packer* de produção 152
- 6.3.8 Unidade selante 155
- 6.3.9 Junta telescópica (TSR) 155
- 6.3.10 Mandril de *gas-lift* 156
- 6.3.11 Válvula de segurança de subsuperfície (DHSV) 157

6.4 Equipamentos de superfície 157

- 6.4.1 Cabeça de produção 158
- 6.4.2 Árvore de natal convencional (ANC) 158
- 6.4.3 Árvore de natal molhada (ANM) 160

6.5 Intervenções em poços 163

- 6.5.1 Avaliação 164
- 6.5.2 Recompletação 164
- 6.5.3 Restauração 164
- 6.5.4 Limpeza 166
- 6.5.5 Mudança do método de elevação 166
- 6.5.6 Estimulação 166
- 6.5.7 Abandono 168

CAPÍTULO 7. RESERVATÓRIOS 169**7.1 Propriedades básicas 169**

- 7.1.1 Compressibilidade 169
- 7.1.2 Saturação 170

- 7.1.3 Permeabilidade absoluta 170
- 7.1.4 Permeabilidade efetiva 171
- 7.1.5 Permeabilidade relativa 173
- 7.1.6 Mobilidade 174

7.2 Regimes de fluxo 174

7.3 Classificação dos reservatórios 176

- 7.3.1 Vaporização de uma substância pura 176
- 7.3.2 Mistura de hidrocarbonetos 178
- 7.3.3 Diagramas de fases 179
- 7.3.4 Tipos de reservatórios 180

7.4 Fluidos produzidos 182

- 7.4.1 Produção de óleo 183
- 7.4.2 Produção de gás 183
- 7.4.3 Produção de água 183
- 7.4.4 RGO, RAO e BSW 183
- 7.4.5 Histórico de produção 184
- 7.4.6 Fator volume de formação do gás 184
- 7.4.7 Fator volume de formação do óleo 185
- 7.4.8 Razão de solubilidade 186

7.5 Mecanismos de produção 187

- 7.5.1 Mecanismo de gás em solução 188
- 7.5.2 Mecanismo de capa de gás 190
- 7.5.3 Mecanismo de influxo de água 191
- 7.5.4 Mecanismo combinado 192
- 7.5.5 Segregação gravitacional 193

7.6 Estimativas de reservas 194

- 7.6.1 Definições 194
- 7.6.2 Fator de recuperação e reservas 195
- 7.6.3 Condições de abandono e volume recuperável 196
- 7.6.4 Métodos de cálculo 197

7.7 Métodos de recuperação 200

- 7.7.1 Métodos convencionais de recuperação 201
- 7.7.2 Eficiências de recuperação 203
- 7.7.3 Reservas e métodos de recuperação 204
- 7.7.4 Métodos especiais de recuperação 205

CAPÍTULO 8. ELEVAÇÃO 209

8.1 Elevação natural – poços surgentes 209

- 8.1.1 Fatores que influem na produção acumulada por surgência 210
- 8.1.2 Fluxo no meio poroso 211
- 8.1.3 Fluxo na coluna de produção 213

| | | |
|--|---|------------|
| 8.1.4 | Fluxo na superfície | 219 |
| 8.1.5 | Resolução de problemas de fluxo | 221 |
| 8.2 | Gas-Lift | 223 |
| 8.2.1 | Tipos de <i>gas-lift</i> | 223 |
| 8.2.2 | Sistema de <i>gas-lift</i> | 224 |
| 8.2.3 | Tipos de instalações | 225 |
| 8.2.4 | Válvulas de <i>gas-lift</i> | 226 |
| 8.2.5 | Descarga de um poço de <i>gas-lift</i> | 227 |
| 8.2.6 | <i>Gas-lift</i> contínuo | 229 |
| 8.2.7 | <i>Gas-lift</i> intermitente | 230 |
| 8.3 | Bombeio centrífugo submerso | 233 |
| 8.3.1 | Princípio teórico do método | 233 |
| 8.3.2 | Equipamentos de subsuperfície | 234 |
| 8.3.3 | Equipamentos de superfície | 238 |
| 8.3.4 | Acompanhamento do poço em produção | 240 |
| 8.4 | Bombeio mecânico com hastes | 241 |
| 8.4.1 | Bomba de subsuperfície | 242 |
| 8.4.2 | Coluna de hastes | 244 |
| 8.4.3 | Unidade de bombeio | 246 |
| 8.4.4 | Acompanhamento do poço em produção | 247 |
| 8.5 | Bombeio por cavidades progressivas | 248 |
| 8.5.1 | Sistema de BCP | 248 |
| 8.5.2 | Bomba de subsuperfície | 249 |
| 8.5.3 | Coluna de hastes | 251 |
| 8.5.4 | Equipamentos de superfície | 252 |
| 8.5.5 | Acompanhamento de um poço em produção | 253 |
| CAPÍTULO 9. PROCESSAMENTO PRIMÁRIO DE FLUIDOS 255 | | |
| 9.1 | Separação do gás natural | 255 |
| 9.1.1 | Separação bifásica | 257 |
| 9.1.2 | Separação trifásica | 258 |
| 9.1.3 | Problemas operacionais nos separadores | 259 |
| 9.2 | Condicionamento e processamento do gás natural | 260 |
| 9.2.1 | Condicionamento | 260 |
| 9.2.2 | Processamento | 261 |
| 9.3 | Tratamento do óleo | 262 |
| 9.4 | Tratamento e destino da água produzida | 264 |
| 9.4.1 | Tratamento da água | 264 |
| 9.4.2 | Destino da água | 266 |
| REFERÊNCIAS 269 | | |