

Sumário

1	CONCEITOS BÁSICOS	13
1.1	Conceituação de tensão (estresse)	14
1.2	Convenções para sinais de tensões	16
1.3	O elipsoide de deformação	16
1.4	Tipos de deformação	17
1.5	Resistência dos materiais	18
1.6	Tensão e deformação	18
1.7	Pressões hidrostática, litostática e confinante	19
1.8	Fatores influenciadores no processo de deformação dos materiais rochosos	20
1.9	Ensaio de tração e de compressão	23
Parte I ANÁLISE DAS TENSÕES E RUPTURA DAS ROCHAS		
2	ANÁLISE DAS TENSÕES	27
2.1	Tensão atuante em um plano	28
2.2	Tensão uniaxial	29
2.3	Tensão biaxial	31
2.4	Estado bidimensional geral de tensões	34
2.5	Tensões principais	38
2.6	Tensões máximas de cisalhamento	40
2.7	Tensões atuando em um corpo de prova	41
2.8	O círculo de Mohr	43
2.9	Noção de atrito entre os sólidos	44
2.10	Envoltória de Mohr	46
2.11	Materiais coesivos	47
2.12	Polo do círculo de Mohr para tensões	50
2.13	Efeitos da pressão de fluidos ou de poros	52
2.14	Esforço deviatórico	53
3	ENVOLTÓRIA DE RUPTURA COMPOSTA E CAMPOS DE FRATURAMENTO	57
3.1	Envoltória de ruptura composta no diagrama de Mohr	57
3.2	Condições para a ruptura no campo rúptil	61
3.3	Esforços na crosta e a influência da pressão de fluidos	62
3.4	Campos de fraturamento	65
3.5	Estruturas híbridas e fluxo de fluidos	73
4	PROFUNDIDADES MÁXIMAS E CAMPOS DE FRATURAMENTO	77
4.1	Profundidades máximas de ocorrência do fraturamento hidráulico	78
4.2	Profundidades máximas de ocorrência de fraturas por cisalhamento tracional	82
4.3	Profundidades máximas de ocorrência de fraturas abertas	84
4.4	Os campos de fraturamento nos diversos sistemas de falhas	86
4.5	Influência da pressão de fluidos na permeabilidade secundária	90
4.6	Influência das tensões na permeabilidade secundária ou estrutural	92

5 REATIVAÇÃO DE FALHAS E FORMAÇÃO DE NOVAS ESTRUTURAS	95
5.1 Reativação de falhas preexistentes.....	95
5.2 Pressão de fluidos necessária para a reativação de falhas preexistentes	96
5.3 Condição do campo de tensões para a reativação de falhas preexistentes...	100
5.4 Reativação <i>versus</i> ruptura de rochas intactas	103
5.5 Mudança no campo de tensões e redistribuição de fluidos	105
6 FLUXO DE FLUIDOS ATRAVÉS DE ROCHAS FRATURADAS.....	109
6.1 Fluxo vertical.....	112
6.2 Fluxo horizontal.....	115
6.3 Transporte de fluidos e atitude de falhas	115
6.4 Sistema regular de juntas.....	115
Parte II ANÁLISE DA DEFORMAÇÃO: MODELOS E SUPERPOSIÇÃO DE DEFORMAÇÕES	
7 CONCEITOS BÁSICOS DE DEFORMAÇÃO.....	123
7.1 O elipsoide de deformação	123
7.2 Tipos de deformação.....	124
8 MODELO DE CISALHAMENTO PURO	129
8.1 Variação no comprimento de linhas.....	129
8.2 Variação nos ângulos.....	131
8.3 Linhas de elongação finita nula.....	132
8.4 Rotação interna.....	133
8.5 Valor máximo do cisalhamento simples	136
8.6 Mudança de área.....	136
9 MODELO DE CISALHAMENTO SIMPLES.....	139
9.1 Extensão de uma linha qualquer.....	140
9.2 Orientação de uma linha qualquer	142
9.3 Orientação das extensões principais.....	142
9.4 Ângulo de rotação dos eixos principais de deformação	143
9.5 Magnitude das extensões principais.....	144
9.6 Modificação na espessura.....	145
9.7 Mudança de direção de linhas	146
9.8 O método de Thomson e Tait.....	147
9.9 Integração da deformação em zonas de cisalhamento.....	151
10 MODELOS DE TRANSTRAÇÃO E TRANSPRESSÃO.....	155
10.1 Elementos geométricos.....	155
10.2 Mudança de ângulo	156
10.3 Mudança de comprimento de uma linha.....	158
10.4 Orientação dos eixos principais de deformação	159
10.5 Magnitude das extensões principais.....	160

11	SUPERPOSIÇÃO SEQUENCIAL DE DEFORMAÇÕES EM DUAS DIMENSÕES	163
11.1	Tipos básicos de deslocamento	163
11.2	Superposição sequencial de deformações	169
11.3	Determinação de parâmetros da deformação superposta.....	174
11.4	Mudança no comprimento de linhas.....	175
12	SUPERPOSIÇÃO SEQUENCIAL DE DEFORMAÇÕES EM TRÊS DIMENSÕES.....	181
12.1	Modelos básicos de deformação	181
12.2	Rotação	181
12.3	Cisalhamento simples	183
12.4	Cisalhamento puro.....	185
12.5	Mudança de volume	186
12.6	Superposição sequencial de deformações em três dimensões	187
12.7	O elipsoide de deformação	193
Parte III TENSÕES E DEFORMAÇÕES NO CAMPO ELÁSTICO		
13	TENSÕES E DEFORMAÇÕES NO CAMPO ELÁSTICO	201
13.1	Lei de Hooke.....	202
13.2	Deformação longitudinal e de cisalhamento infinitesimais	203
13.3	Tensões em seções transversais.....	205
13.4	Tensões principais.....	206
13.5	Tração ou compressão axial e o coeficiente de Poisson.....	207
13.6	Tração ou compressão em duas direções ortogonais	210
13.7	Cisalhamento puro	212
13.8	Tração ou compressão em três direções ortogonais.....	214
13.9	Equações gerais de tensão.....	216
13.10	Equações gerais de deformação.....	218
13.11	Casos especiais.....	220
13.12	Materiais isotrópicos e ortotrópicos	226
13.13	Efeito da pressão confinante	229
13.14	Tensão diferencial	230
13.15	Energia da deformação elástica.....	230
ANEXO I – DERIVAÇÃO DA EQ. 2.83		
		233
ANEXO 2 – COORDENADAS DO PONTO DE TANGÊNCIA ENTRE A PARÁBOLA		
DE GRIFFITH E A RETA DE COULOMB		
		235
1	Equação da parábola no sistema (τ, σ_n)	235
2	Equação da reta tangente	235
3	Ordenada do ponto de tangência τ_0	235
4	Abscissa do ponto de tangência σ_0	235
5	Equação da reta tangente (obtenção).....	236

ANEXO 3 – CÍRCULO MÁXIMO DE MOHR NO FRATURAMENTO HIDRÁULICO.....	237
1 Função de Lagrange.....	237
2 Condições necessárias de máximo.....	238
3 Conclusão.....	239
ANEXO 4 – CÍRCULO MÁXIMO DE MOHR PARA CISALHAMENTO TRACIONAL.....	240
1 Raio do círculo.....	240
2 Equação da circunferência	240
3 Interseção da circunferência com o eixo σ_n	240
4 Diâmetro do círculo.....	241
ANEXO 5 – CÍRCULO MÁXIMO DE MOHR PARA FRATURAMENTO ABERTO.....	242
1 Equação da parábola	242
2 Equação da reta tangente	242
3 Ordenada do ponto de tangência τ_0	242
4 Abscissa do ponto de tangência σ_0	242
5 Equação da reta tangente (obtenção).....	242
6 Interseção do círculo de Mohr com o eixo (σ_n)	242
ANEXO 6 – DERIVAÇÃO DAS EQS. 3.25 E 3.26.....	244
ANEXO 7 – CONDIÇÕES DE REATIVAÇÃO DE FALHAS	245
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	249
ÍNDICE REMISSIVO	254