

SUMÁRIO

PREFÁCIO	9
SIMBOLOGIA UTILIZADA	11
CAPÍTULO 1	15
INTRODUÇÃO	15
Gláucia Maria Dalfré e Guilherme Aris Parsekian	
1.1 USO DE FRPs NA CONSTRUÇÃO CIVIL	15
1.2 FRPs (FIBER REINFORCED POLYMERS)	20
1.2.1 MATRIZ POLIMÉRICA	21
1.2.2 FIBRAS	23
1.2.2.1 Fibra de carbono	26
1.2.2.2 Fibra de aramida	27
1.2.2.3 Fibra de vidro	27
1.2.2.4 Fibra de basalto	28
1.2.2.5 Fibras de aço	29
1.2.2.6 Fibras naturais	29
1.3 MATERIAIS COMPÓSITOS	29
1.4 TÉCNICAS DE REFORÇO COM FRPs	32
1.4.1 TÉCNICA EBR	32
1.4.2 TÉCNICA NSM	35
1.4.3 TÉCNICAS MF-EBR E MF-FRP	37
1.4.4 TÉCNICAS EBROG E EBRIG	38
1.4.5 FRP PROTENDIDO	39
1.4.6 TÉCNICA ETS	40
1.4.7 TÉCNICA TRC (FRCM)	42
1.5 BARRAS NÃO METÁLICAS	44
1.6 PERFIS DE FRPs	53
REFERÊNCIAS	56
CAPÍTULO 2	61
CONTROLE DE QUALIDADE	61
Gláucia Maria Dalfré	
2.1 PREPARO DO SUBSTRATO DE CONCRETO	61
2.2 ADESIVOS ESTRUTURAIS/RESINAS	65

2.3 REFORÇO COM FRPs EXTERNAMENTE ADERIDOS	67
2.3.1 SISTEMA <i>DRY-LAY-UP</i>	67
2.3.2 SISTEMA <i>WET-LAY-UP</i>	68
2.3.3 SISTEMA PRÉ-CURADO	68
2.4 REFORÇO COM FRPs APLICADOS SEGUNDO A TÉCNICA NSM	72
2.5 SISTEMAS DE PROTEÇÃO E ACABAMENTOS	74
2.6 CONTROLE DE QUALIDADE	75
2.6.1 CARACTERIZAÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DOS MATERIAIS DE REFORÇO	75
2.6.2 CONTROLE DE QUALIDADE NO PROCESSO DE APLICAÇÃO	75
2.6.2.1 Técnicas parcialmente destrutivas (PDTs)	76
2.6.2.2 Técnicas não destrutivas	76
a) Verificação de sons cavos (percussão)	76
b) Termografia	76
REFERÊNCIAS	78

CAPÍTULO 3

DURABILIDADE DOS MATERIAIS COMPÓSITOS

81

Gláucia Maria Dalfré, Amanda Duarte Escobal Mazzú, Luiz Antônio Sarti Junior, Mariana Corrêa Posterli, Matusalém do Carmo Oliveira, Douglas da Costa Ferreira, Camila Pessoa Pinto e Fabrício Goulart

3.1 INTRODUÇÃO	81
3.1.1 RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA (AMBIENTE EXTERNO)	82
3.1.2 UMIDADE	87
3.1.3 TEMPERATURA ELEVADA	91
3.1.4 AMBIENTES ALCALINOS E CORROSÃO	93
3.1.5 BARRAS DE FRP	95
REFERÊNCIAS	97

CAPÍTULO 4

DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE REFORÇO À FLEXÃO COM MATERIAIS COMPÓSITOS

101

Gláucia Maria Dalfré

4.1 RECOMENDAÇÕES PARA DIMENSIONAMENTO DE REFORÇO À FLEXÃO SEGUNDO A NORMA ACI 440.2R	101
4.1.1 DEFORMAÇÕES, AÇÕES E COMBINAÇÕES PARA DIMENSIONAMENTO	102
a) Deformações iniciais	103
b) Ações e combinações de dimensionamento	105
4.1.2 PROPRIEDADES DOS FRPs FRENTE À CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL	107
4.1.3 ESTADO LIMITE ÚLTIMO DA SEÇÃO REFORÇADA	109
4.1.4 TENSÃO NO AÇO E NO FRP DEVIDO ÀS CARGAS DE SERVIÇO	111
4.2 EXEMPLOS DE DIMENSIONAMENTO	113
4.2.1 EXEMPLO 1 (ADAPTADO DA ACI 440.2R)	113
4.2.2 EXEMPLO 2	138
REFERÊNCIAS	148

CAPÍTULO 5

DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE REFORÇO AO CISLHAMENTO COM FRPs

149

Gláucia Maria Dalfré

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA DIMENSIONAMENTO DE REFORÇO AO CISLHAMENTO SEGUNDO A NORMA ACI 440.2R	149
5.2 MODOS DE RUPTURA	154
5.3 EXEMPLOS DE DIMENSIONAMENTO	155

5.3.1 EXEMPLO 1 (ADAPTADO DE ACI 440.2R)	155
5.3.2 EXEMPLO 2 (ADAPTADO DE DIAS E BARROS)	158
5.3.2.1 Levantamento da resistência do concreto e mecanismos complementares (V_c)	161
5.3.2.2 Levantamento da resistência da armadura de cisalhamento (V_s)	162
5.3.2.3 Sistema de reforço <i>in situ</i> com mantas de CFRP – série A	164
5.3.2.4 Sistema de reforço <i>in situ</i> com mantas de CFRP – série B	166
5.3.2.5 Comparação entre os modelos de dimensionamento e resultados experimentalmente obtidos	169
REFERÊNCIAS	169

CAPÍTULO 6

DIMENSIONAMENTO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADAS À FLEXÃO COM BARRAS NÃO METÁLICAS SEGUNDO A NORMA ACI 440.1R **171**

Gláucia Maria Dalfré e Amanda Duarte Escobal Mazzú

6.1 RECOMENDAÇÕES DE DIMENSIONAMENTO DAS BARRAS NÃO METÁLICAS À FLEXÃO SEGUNDO A NORMA ACI 440.1R	171
6.2 ESTADO LIMITE ÚLTIMO (ELU)	173
6.2.1 COEFICIENTE DE REDUÇÃO DO MATERIAL FRENTE À AGRESSIVIDADE DO MEIO	174
6.2.2 DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO	175
6.2.2.1 Ruína governada pelo esmagamento do concreto	178
6.2.2.2 Ruína governada pela ruptura da barra de FRP	181
6.2.2.3 Ruína governada pela ruptura da barra e esmagamento do concreto	182
6.2.2.4 Armadura mínima	183
6.2.2.5 Camadas múltiplas de barras e diferentes tipos de FRP	183
6.2.2.6 Redistribuição dos momentos fletores	184
6.2.3 ESTADO LIMITE DE SERVIÇO (ELS)	184
6.2.3.1 Fissuração	184
6.2.3.2 Deformação	186
6.2.4 RUPTURA POR FLUÊNCIA E FADIGA	189
6.3 EXEMPLOS DE DIMENSIONAMENTO	190
6.3.1 EXEMPLO 1 (SIMILAR AO EXEMPLO 6.1 DO PCA NOTES DA ACI 318)	190
6.3.2 EXEMPLO 2	194
6.3.3 EXEMPLO 3 (SIMILAR AO EXEMPLO 10.1 DO PCA NOTES DA ACI 318)	197
6.3.4 EXEMPLO 4	203
6.3.5 EXEMPLO 5	206
REFERÊNCIAS	216

CAPÍTULO 7

DIMENSIONAMENTO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADAS AO CISALHAMENTO COM BARRAS NÃO METÁLICAS SEGUNDO A NORMA ACI 440.1R **219**

Gláucia Maria Dalfré e Amanda Duarte Escobal Mazzú

7.1 ESTADO LIMITE ÚLTIMO (ELU)	219
7.2 COEFICIENTE DE REDUÇÃO DO MATERIAL FRENTE À AGRESSIVIDADE DO MEIO	219
7.3 DIMENSIONAMENTO AO CISALHAMENTO	220
7.4 EXEMPLOS DE DIMENSIONAMENTO	223
7.4.1 EXEMPLO 1 (ADAPTADO DO EXEMPLO 12.1 DO PCA NOTES DA ACI 318)	223
7.4.2 EXEMPLO 2	234
REFERÊNCIAS	239

CAPÍTULO 8**DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE REFORÇO À FLEXÃO COM O USO DA TÉCNICA TRC (TEXTILE REINFORCED CONCRETE) 241**

Gláucia Maria Dalfré

8.1 RECOMENDAÇÕES DE DIMENSIONAMENTO DO REFORÇO À FLEXÃO SEGUNDO A NORMA ACI 549.4R	241
8.1.1 FILOSOFIA DE PROJETO	242
8.1.2 CONTRIBUIÇÃO DO TRC À FLEXÃO	242
8.1.3 ESTADO LIMITE ÚLTIMO DA SEÇÃO REFORÇADA	243
8.1.4 TENSÃO NO AÇO E NO TRC	244
8.2 EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO (EXTRAÍDO DE ACI 549.4R)	244
8.2.1 CAPACIDADE RESISTENTE DA ESTRUTURA ORIGINAL SEM CORROSÃO	245
8.2.2 CAPACIDADE RESISTENTE DA ESTRUTURA ORIGINAL COM CORROSÃO (15%)	247
8.2.3 DIMENSIONAMENTO SEGUNDO A TÉCNICA TRC	249
REFERÊNCIAS	253

CAPÍTULO 9**DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE REFORÇO AO CISALHAMENTO COM O USO DA TÉCNICA TRC (TEXTILE REINFORCED CONCRETE) 255**

Gláucia Maria Dalfré

9.1 RECOMENDAÇÕES PARA DIMENSIONAMENTO DO REFORÇO AO CISALHAMENTO SEGUNDO A NORMA ACI 549.4R	255
9.2 EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO (EXTRAÍDO DE ACI 549.4R)	257
REFERÊNCIAS	260

SOBRE OS AUTORES 263