



LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Elemento de integração bidimensional com o MEC	10
Figura 3.1 – (a) Modelo da estrutura; (b) Discretização do modelo; (c) Solução Fundamental.	22
Figura 3.2: Domínio e contorno de um problema genérico resolvido pelo MEC	25
Figura 3.3: Fontes de singularidade e quase-singularidade.....	28
Figura 3.4: Modelos onde ocorrem efeitos de quase-singularidade em análise bidimensional.	28
Figura 3.5: (a) região a ser excluída no caso 2D; (b) região a ser excluída no caso 3D.	31
Figura 3.6: Classificação dos pólos de singularidade para o caso 2D.....	36
Figura 3.7: Classificação dos pólos de singularidade para o caso 3D.....	37
Figura 3.8: Determinação das coordenadas do pólo de quase-singularidade.....	38
Figura 3.9: (a) $\frac{1}{4}$ da curva da $r(\xi, \eta)$; (b) $\frac{1}{4}$ da curva da $r(\xi, \eta) = 0$ (Equação 3.25).....	38
Figura 3.10: (a) $\frac{1}{4}$ da curva da $r(\xi, \eta)$ (Equação 3.24).	39
Figura 3.11: Representação da AST.	40
Figura 3.12: (I) Comportamento do integrando (Equação 3.28); (II) Regularização do integrando com o 1º termo da série (Equação 3.29); (III) Regularização do integrando com 1º e 2º termos da série; (IV) Regularização proposta em [DUM94].	42
Figura 4.1: Representação de um elemento quadrático para problemas bidimensionais em MEC.....	45
Figura 4.2: (a) Pólos a distâncias 0.1, 0.5, 1.0 e 5.0 do intervalo de integração; (b) Efeitos de singularidade de cada um dos pólos; (c) Erros de integração através de quadraturas de Gauss Legendre.....	49
Figura 4.3: Comparação da precisão obtida entre sistemática proposta por [NOR98] e técnicas clássicas de integração numérica.	55
Figura 4.4: Comparação da precisão obtida entre sistemática proposta por [NOR98] e a técnica de Gauss-Legendre.	56
Figura 5.1: Representação de um elemento quadrático para problemas tridimensionais em MEC.	59
Figura 5.2: (a) Pólos a distâncias 0.001, 0.1, 0.5, 1.0 e 5.0 do intervalo de integração; (b) Erros de integração através de quadraturas de Gauss Legendre.....	66
Figura 5.3: Representação de um elemento quadrático curvo para problemas tridimensionais em MEC.	67
Figura 5.4: (a) Gráfico de $\frac{1}{r}$; (b) Gráfico de $\frac{1}{w}$; (c) Gráfico de $\frac{w}{r}$	68
Figura 5.5: (a) Elemento distorcido (sistema global); (b) Elemento transformado (sistema local).	79
Figura 5.6: (a) Domínios de integração; (b) Partes a serem subtraídas.....	80
Figura 6.1: Elemento bidimensional linear quadrático de 4 nós.....	85
Figura 6.2: (a) Gráfico de $\frac{1}{r}$; (b) Gráfico de $\frac{1}{w}$; (c) Gráfico de $\frac{w}{r}$	86
Figura 6.3: Elemento bidimensional linear quadrático de 4 nós com distorção em “ ξ ” e escala em “ η ”..	87



Figura 6.4: (a) Gráfico de $\frac{1}{r}$; (b) Gráfico de $\frac{1}{w_p}$; (c) Gráfico de $\frac{w_p}{r}$	88
Figura 6.5: Elemento bidimensional linear quadrático de 4 nós com distorção nas direções “ ξ ” e “ η ”....	89
Figura 6.6: (a) Gráfico de $\frac{1}{r}$; (b) Gráfico de $\frac{1}{w_p}$; (c) Gráfico de $\frac{w_p}{r}$	91
Figura 6.7: Gráfico de $\frac{w}{r}$ por Dumont et al. (2000).....	92
Figura 6.8: Elemento bidimensional quadrático de 9 nós com distorção e escala nas direções “ ξ ” e “ η ”.	93
Figura 6.9: (a) Gráfico de $\frac{1}{r}$; (b) Gráfico de $\frac{1}{w_p}$; (c) Gráfico de $\frac{w_p}{r}$	94
Figura 6.10: Distâncias relativas dos pontos fontes em relação ao elemento de contorno	96
Figura 6.11: (a) Convergência para o ponto fonte em A; (b) Convergência para o ponto fonte em B	98
Figura 6.12: (a) Convergência para o ponto fonte em A; (b) Convergência para o ponto fonte em B	100
Figura 6.13: (a) Convergência para o ponto fonte em A; (b) Convergência para o ponto fonte em B	101
Figura 6.14: (a) Convergência para o ponto fonte em A; (b) Convergência para o ponto fonte em B	102
Figura 6.15: (a) Cubo engastado e livre.....	105
Figura 6.16: (a) Viga engastada e livre submetida a esforço axial de tração	107
Figura 6.17: (a) Análise do <i>gap</i> por meio do erro relativo para tensões σ_{xx} ao longo de MM’	108
Figura 6.18: (a) Viga engastada e livre submetida a esforço transversal	109
Figura 6.19: (a) Tensões σ_{xx} ao longo de MM’	109



LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Constantes de Newton-Cotes.	14
Tabela 2.2 – Abscissas e pesos de Gauss-Legendre.	15
Tabela 3.1 – Visão geral da revisão bibliográfica.	30
Tabela 3.2 – Níveis de singularidades	31
Tabela 4.2 – Parcelas de singularidade efetiva em integrais unidimensionais com MEC	52
Tabela 4.3 – Número de abscissas necessárias com a aplicação da técnica bidimensional em MEC.....	53
Tabela 5.2 – Parcelas de singularidade efetiva em integrais bidimensionais com MEC	82
Tabela 6.1 – Resultados em deslocamento e tensões	105