



Luís Filipe Janeiro Ferreira

Licenciado em Ciências de Engenharia Mecânica

Determinação dos fatores de intensidade de tensão K_I , K_{II} , K_{III} e K_{eq} induzidos em provetes CT fissurados e sujeitos a diversos valores de momento torsor

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Orientador: Doutor Rui Fernando dos Santos Pereira Martins, Prof. Auxiliar, FCT-UNL

Júri:

Presidente: Doutor João Mário Burguete Botelho Cardoso, Prof. Auxiliar, FCT-UNL

Vogais: Doutor Luís Filipe Galvão dos Reis, Prof. Associado, IST-UTL

Doutor Rui Fernando dos Santos Pereira Martins, Prof. Auxiliar, FCT-UNL



Luís Filipe Janeiro Ferreira

Licenciado em Ciências de Engenharia Mecânica

Determinação dos fatores de intensidade de tensão K_I , K_{II} , K_{III} e K_{eq} induzidos em provetes CT fissurados e sujeitos a diversos valores de momento torsor

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Orientador: Doutor Rui Fernando dos Santos Pereira Martins, Prof. Auxiliar, FCT-UNL

Júri:

Presidente: Doutor João Mário Burguete Botelho Cardoso, Prof. Auxiliar, FCT-UNL

Vogais: Doutor Luís Filipe Galvão dos Reis, Prof. Associado, IST-UTL

Doutor Rui Fernando dos Santos Pereira Martins, Prof. Auxiliar, FCT-UNL

[Determinação dos fatores de intensidade de tensão K_I , K_{II} , K_{III} e K_{eq} induzidos em provetes CT fissurados e sujeitos a diversos valores de momento torsor]

Copyright © Luís Filipe Janeiro Ferreira, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

No âmbito da realização deste trabalho gostaria de expressar o meu agradecimento ao meu orientador, o Prof. Doutor Rui Fernando Martins, do Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, pela oportunidade de desenvolver esta temática, bem como pelo seu constante apoio, interesse e disponibilidade, na resolução das dificuldades que surgiram no desenvolvimento deste trabalho. Agradeço-lhe, ainda, a oportunidade de ter podido colaborar na elaboração de um artigo científico, versando esta mesma temática.

Deixo, também, o mais profundo agradecimento aos meus pais, pelo apoio e motivação que me deram, não só ao longo deste trabalho, mas também ao longo da minha vida, assim como pela formação que me proporcionaram.

À Sara, o meu obrigado por estar sempre a meu lado, nos melhores e piores momentos, e por me ter ajudado a encontrar o melhor caminho.

Resumo

A propagação de fendas por fadiga em componentes ou sistemas mecânicos pode levar à sua falha catastrófica. A velocidade de propagação, bem como a direção de propagação, dependem, entre outros fatores, do tipo e da intensidade do carregamento aplicado, bem como das propriedades mecânicas do material, da espessura da peça, e do comprimento e forma da fenda.

A propagação de fendas por fadiga devido a carregamento em modo I encontra-se amplamente estudada, em oposição à propagação devida a carregamento em modo III, que se restringe, quase que exclusivamente, ao estudo de provetes cilíndricos sujeitos a torção.

Esta dissertação apresenta os valores dos fatores de intensidade de tensão, K_I , K_{II} e K_{III} , para provetes finos de tipo *Compact Tension* (CT) de espessuras diversas (2,5 mm; 3 mm; 5 mm; 7,5 mm; 10 mm), sujeitos a torção (6 N.m; 7,5 N.m; 9 N.m) e contendo duas fendas propagadas a partir da pré-fissura de fadiga segundo duas direções (+70° e -70°). Os valores dos fatores de intensidade de tensão foram obtidos na frente da fenda, para diversos comprimentos de fenda ($a/L=0,00$; $a/L=0,25$; $a/L=0,50$; $a/L=0,75$; $a/L=1,00$), usando o Método dos Elementos Finitos (MEF). Utilizando os valores calculados de K_I , K_{II} e K_{III} , determinou-se o fator de intensidade de tensão equivalente recorrendo aos critérios de Richard e de Pook. Adicionalmente, efetuou-se um ajustamento polinomial de todos os resultados obtidos, o que permitiu obter K_I , K_{II} , K_{III} e $K_{eq(Richard)}$, mediante a especificação da espessura do provete, do comprimento da fenda e da intensidade do momento de torção a que o provete se encontra submetido.

Concluiu-se que, ainda que fosse aplicado remotamente um carregamento em modo III ao provete CT, localmente, na frente da fenda, verificava-se a dominância do modo I, seguido do modo III e do modo II, respetivamente. Observou-se ainda que o fator de intensidade de tensão equivalente atingia os valores máximo e mínimo junto às superfícies laterais do provete, motivando a propagação mais rápida da fenda nesses locais.

Abstract

Fatigue crack growth in mechanical components or structures can lead to catastrophic failure. Crack growth rate and crack growth path will depend on the type and magnitude of the applied loads, as well as on the thickness of the body, the crack length and the mechanical properties of the material, just to name a few.

Mode I driven fatigue crack growth is very well documented in opposition to mode III fatigue crack growth, with a lack of studies on the subject, being that, the existing ones, focus on cylindrical specimens subjected to torsional loads.

This thesis presents the results for the Stress Intensity Factors (SIF), K_I , K_{II} and K_{III} , on thin Compact Tension (CT) specimens (2,5 mm; 3 mm; 5 mm; 7,5 mm; 10 mm), subjected to torsional loads (6 N.m; 7,5 N.m; 9 N.m) with two cracks, grown from a fatigue pre-crack, under two directions (+70° and -70°). Stress Intensity values were obtained at the crack tip, for diverse crack lengths ($a/L=0,00$; $a/L=0,25$; $a/L=0,50$; $a/L=0,75$; $a/L=1,00$), through Finite Elements Analyses (FEA). The values of the equivalent SIF's were, as well, calculated, using the criterions of Richard and Pook, employing the results of K_I , K_{II} e K_{III} . Additionally, a polynomial regression of all the obtained results was made, allowing to obtain K_I , K_{II} , K_{III} and $K_{eq(Richard)}$ by specifying the thickness of the specimens, crack length and the applied torque.

It was observed that, even if a remote mode III loading was applied, mode I was locally dominant at the crack tip, followed by mode III and mode II, in that order of relevance. It was also observed that the maximum and minimum equivalent SIF's occurred near the surface of the specimen, resulting in a bigger crack growth rate in those locations.

Índice Geral

Agradecimentos	III
Resumo.....	V
Abstract.....	VII
Índice Geral	IX
Índice de Tabelas	XI
Índice de Figuras	XV
Simbologia e Acrónimos	XIX
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos.....	3
2. Conceitos Fundamentais.....	5
2.1. Introdução à Mecânica da Fratura Linear Elástica.....	6
2.2. Modos de carregamento.....	6
2.3. Estado Plano de Tensão e Estado Plano de Deformação	7
2.4. Fator de Intensidade de Tensão.....	8
2.5. Integral J	11
2.6. Relação entre K e J	13
2.7. Propagação de Fendas por Fadiga.....	14
3. Pesquisa Bibliográfica Relativa à Propagação de Fendas por Carregamento em Modo III.....	19
3.1. Análise de Provetes de Secção Retangular. Modos de Carregamento. Carregamentos Local e Global.....	19
3.2. Fator de Intensidade de Tensão Equivalente.....	21
3.3. Resultados Experimentais Anteriores em Provetes CT	23
4. Materiais e Métodos	27
4.1. Introdução ao Programa Computacional de Análise por Elementos Finitos.....	27
4.1.1. Método dos Elementos Finitos	27
4.1.2. Processo de Simulação.....	28
4.2. Modelo de Material	28

4.3.	Geometria do provete CT	29
4.4.	Carregamento e Condições de Fronteira	31
4.5.	Malha de elementos finitos	32
4.6.	Escolha e Validação da Geometria de Fenda	33
4.7.	Obtenção de Resultados e Ajustamento Polinomial	36
5.	Apresentação e Análise de Resultados	39
5.1.	Resultados Numéricos e Cálculo do Fator de Intensidade de Tensão Equivalente	39
5.1.1.	Fator de Intensidade de Tensão K_I	39
5.1.2.	Fator de Intensidade de Tensão K_{II}	41
5.1.3.	Fator de Intensidade de Tensão K_{III}	44
5.1.4.	Fator de Intensidade de Tensão $K_{eq(Richard)}$	45
5.1.5.	Fator de Intensidade de Tensão $K_{eq(Pook)}$	48
5.1.6.	Evolução dos Fatores de Intensidade de Tensão com a variação da espessura e do carregamento	50
5.2.	Modelo Polinomial para Obtenção dos Fatores de Intensidade de Tensão Máximos ..	56
5.3.	Comparação dos resultados obtidos com resultados experimentais anteriores	69
6.	Conclusões e Desenvolvimentos Futuros	73
	Desenvolvimentos Futuros	74
	Referências Bibliográficas	75
	ANEXOS	77
A.1.	Resultados de K através de Cálculo Numérico	78

Índice de Tabelas

Tabela 3.3-1 – Dimensões do Provete CT	24
Tabela 3.3-2 - Propriedades dos Materiais	24
Tabela 3.3-3 - Resultados Experimentais.	26
Tabela 4.6-1 – Valores máximos de K_I , pela norma ASTM E-647 e, na frente de fenda semielíptica, para os valores de $b=0,1$ mm e $b=1$ mm, para provete CT com $t=2,5$ mm e $P=2500$ N.	35
Tabela 5.2-1 – Coeficientes polinomiais para obtenção de K_I máximo na ramificação superior da fenda, para 3 carregamentos distintos	59
Tabela 5.2-2 - Coeficientes polinomiais para obtenção de K_I máximo na ramificação inferior da fenda, para 3 carregamentos distintos	60
Tabela 5.2-3 – Coeficientes polinomiais para obtenção de K_{II} máximo na ramificação superior da fenda, para 3 carregamentos distintos	60
Tabela 5.2-4 – Coeficientes polinomiais para obtenção de K_{II} máximo na ramificação inferior da fenda, para 3 carregamentos distintos	61
Tabela 5.2-5 – Coeficientes polinomiais para obtenção de K_{III} máximo na ramificação superior da fenda, para 3 carregamentos distintos	61
Tabela 5.2-6 – Coeficientes polinomiais para obtenção de K_{III} máximo na ramificação inferior da fenda, para 3 carregamentos distintos	62
Tabela 5.2-7 – Coeficientes polinomiais para obtenção de $K_{eq(Richard)}$ máximo na ramificação superior da fenda, para 3 carregamentos distintos	62
Tabela 5.2-8 – Coeficientes polinomiais para obtenção de $K_{eq(Richard)}$ máximo na ramificação inferior da fenda, para 3 carregamentos distintos	63
Tabela 5.2-9 – Coeficiente de ajustamento, R^2 , e Raiz Quadrada do Erro Médio Quadrático, RMSE, para os diferentes ajustamentos polinomiais efetuados	64
Tabela 5.2-10 – Coeficientes Polinomiais para a obtenção de K_I ao longo da fenda inferior..	65
Tabela 5.2-11 – Coeficientes Polinomiais para a obtenção de K_I ao longo da fenda superior	66
Tabela 5.2-12 – Coeficientes Polinomiais para a obtenção de K_{II} ao longo da fenda inferior.	66
Tabela 5.2-13 – Coeficientes Polinomiais para a obtenção de K_{II} ao longo da fenda superior	67
Tabela 5.2-14 – Coeficientes Polinomiais para a obtenção de K_{III} ao longo da fenda inferior	67
Tabela 5.2-15 – Coeficientes Polinomiais para a obtenção de K_{III} ao longo da fenda superior	68
Tabela 5.2-16 – Coeficientes Polinomiais para a obtenção de $K_{eq(Richard)}$ ao longo da fenda inferior	68
Tabela 5.2-17 – Coeficientes Polinomiais para a obtenção de $K_{eq(Richard)}$ ao longo da fenda superior	69
Tabela A.1-1 - KI [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=3$ mm, submetido a $T=6$ N.m	79

Tabela A.1-2 - <i>KII</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=3 mm, submetido a T=6 N.m	80
Tabela A.1-3 - <i>KIII</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=3 mm, submetido a T=6 N.m	81
Tabela A.1-4 - <i>Keq(Richard)</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=3 mm, submetido a T=6 N.m	82
Tabela A.1-5 - <i>Keq(Pook)</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=3 mm, submetido a T=6 N.m	83
Tabela A.1-6 - <i>KI</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=5 mm, submetido a T=6 N.m	84
Tabela A.1-7 - <i>KII</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=5 mm, submetido a T=6 N.m	85
Tabela A.1-8 - <i>KIII</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=5 mm, submetido a T=6 N.m	86
Tabela A.1-9 - <i>Keq(Richard)</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=5 mm, submetido a T=6 N.m	87
Tabela A.1-10 - <i>Keq(Pook)</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=5 mm, submetido a T=6 N.m	88
Tabela A.1-11 - <i>KI</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=5 mm, submetido a T=7,5 N.m	89
Tabela A.1-12 - <i>KII</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=5 mm, submetido a T=7,5 N.m	90
Tabela A.1-13 - <i>KIII</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=5 mm, submetido a T=7,5 N.m	91
Tabela A.1-14 - <i>Keq(Richard)</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=5 mm, submetido a T=7,5 N.m	92
Tabela A.1-15 - <i>Keq(Pook)</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=5 mm, submetido a T=7,5 N.m	93
Tabela A.1-16 - <i>KI</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=5 mm, submetido a T=9 N.m	94
Tabela A.1-17 - <i>KII</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=5 mm, submetido a T=9 N.m	95
Tabela A.1-18 - <i>KIII</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=5 mm, submetido a T=9 N.m	96
Tabela A.1-19 - <i>Keq(Richard)</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=5 mm, submetido a T=9 N.m	97
Tabela A.1-20 - <i>Keq(Pook)</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=5 mm, submetido a T=9 N.m	98

Tabela A.1-21 - <i>KI</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=7,5 mm, submetido a T=6 N.m	99
Tabela A.1-22 - <i>KII</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=7,5 mm, submetido a T=6 N.m	100
Tabela A.1-23 - <i>KIII</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=7,5 mm, submetido a T=6 N.m	101
Tabela A.1-24 - <i>Keq(Richard)</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=7,5 mm, submetido a T=6 N.m	102
Tabela A.1-25 - <i>Keq(Pook)</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=7,5 mm, submetido a T=6 N.m	103
Tabela A.1-26 - <i>KI</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=7,5 mm, submetido a T=7,5 N.m	104
Tabela A.1-27 - <i>KII</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=7,5 mm, submetido a T=7,5 N.m	105
Tabela A.1-28 - <i>KIII</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=7,5 mm, submetido a T=7,5 N.m	106
Tabela A.1-29 - <i>Keq(Richard)</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=7,5 mm, submetido a T=7,5 N.m	107
Tabela A.1-30 - <i>Keq(Pook)</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=7,5 mm, submetido a T=7,5 N.m	108
Tabela A.1-31 - <i>KI</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=7,5 mm, submetido a T=9 N.m	109
Tabela A.1-32 - <i>KII</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=7,5 mm, submetido a T=9 N.m	110
Tabela A.1-33 - <i>KIII</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=7,5 mm, submetido a T=9 N.m	111
Tabela A.1-34 - <i>Keq(Richard)</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=7,5 mm, submetido a T=9 N.m	112
Tabela A.1-35 - <i>Keq(Pook)</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=7,5 mm, submetido a T=9 N.m	113
Tabela A.1-36 - <i>KI</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=10 mm, submetido a T=6 N.m	114
Tabela A.1-37 - <i>KII</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=10 mm, submetido a T=6 N.m	115
Tabela A.1-38 - <i>KIII</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=10 mm, submetido a T=6 N.m	116
Tabela A.1-39 - <i>Keq(Richard)</i> [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=10 mm, submetido a T=6 N.m	117

Tabela A.1-40 - $K_{eq}(Pook)$ [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=10 mm, submetido a T=6 N.m	118
Tabela A.1-41 - K_I [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=10 mm, submetido a T=7,5 N.m	119
Tabela A.1-42 - K_{II} [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=10 mm, submetido a T=7,5 N.m	120
Tabela A.1-43 - K_{III} [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=10 mm, submetido a T=7,5 N.m	121
Tabela A.1-44 - $K_{eq}(Richard)$ [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=10 mm, submetido a T=7,5 N.m	122
Tabela A.1-45 - $K_{eq}(Pook)$ [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=10 mm, submetido a T=7,5 N.m	123
Tabela A.1-46 - K_I [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=10 mm, submetido a T=9 N.m	124
Tabela A.1-47 - K_{II} [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=10 mm, submetido a T=9 N.m	125
Tabela A.1-48 - K_{III} [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=10 mm, submetido a T=9 N.m	126
Tabela A.1-49 - $K_{eq}(Richard)$ [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=10 mm, submetido a T=10 N.m	127
Tabela A.1-50 - $K_{eq}(Pook)$ [MPa.m], ao longo da espessura, para fendas de provete de t=10 mm, submetido a T=10 N.m	128

Índice de Figuras

Figura 1.1-1 – Cambota fraturada por fadiga	1
Figura 1.1-2 – Liberty Ship após fratura do casco	2
Figura 1.1-3 – Avião de Havilland Comet.....	2
Figura 2-1 – Concentração de tensões com origem na presença de um entalhe/fenda.	5
Figura 2.2-1 – Modos de carregamento I, II e III	7
Figura 2.3-1 – Dependência da Tenacidade à Fratura em relação à espessura do provete.....	8
Figura 2.4-1 - Estado de tensão na vizinhança da extremidade de uma fenda.....	9
Figura 2.5-1 – Contorno do Integral J, em torno de uma fenda	12
Figura 2.5-2 – Demonstração da independência de contorno do Integral J	12
Figura 2.7-1 – a) Carregamento alternado puro ($R=-1$, $\sigma_m=0$). b) Carregamento alternado ($\sigma_m \neq 0$). c) Carregamento de amplitude variável.....	15
Figura 2.7-2 – Curva de propagação de fendas por fadiga.....	16
Figura 3.1-1 – a) Angulo de inclinação b) Angulo de rotação	20
Figura 3.3-1 – Provete CT	23
Figura 3.3-2 – a) Provete na máquina hidráulica biaxial. b) Provete CT fixado na máquina hidráulica biaxial.	25
Figura 3.3-3 – Fenda e respetivas ramificações.	25
Figura 3.3-4 – Superfície de fratura.....	26
Figura 4.3-1 – Exemplo de um provete CT modelado	29
Figura 4.3-2 – a) $a/L_2=0,00$ e $a/L_3=0,00$ b) $a/L_2=0,25$ e $a/L_3=0,25$ c) $a/L_2=0,50$ e $a/L_3=0,50$ d) $a/L_2=0,75$ e $a/L_3=0,75$ e) $a/L_2=1,00$ e $a/L_3=1,00$	30
Figura 4.3-3 – Frente de fenda semielíptica para a ramificações superior (a) e inferior (b) de fenda de comprimento $a/L=0,00$	30
Figura 4.4-1 – Montagem experimental.....	31
Figura 4.4-2 – Aplicação de um Momento de Torção (A) e de Condição de Fronteira de Encastramento (B) ao provete CT modelado.....	31
Figura 4.5-1 – Exemplo de malha de elementos finitos aplicada ao provete CT.....	32
Figura 4.5-2 – Pormenor da malha de elementos finitos na região da fenda do provete CT ..	33
Figura 4.6-1 – a) Fenda com $b=0,1$ mm b) Fenda com $b=1$ mm	34
Figura 4.6-2 – Valores de K_I na frente de fenda semielíptica para os valores de $b=0,1$ mm e $b=1$ mm, para provete CT com $t=2,5$ mm e $P=2500$ N, carregado em modo I.....	35
Figura 4.7-1 – Deformação do provete CT.....	36
Figura 4.7-2 – K_I para o 6º contorno, ao longo da ramificação superior da fenda.....	37
Figura 5.1.1-1 - K_I [MPa.m], ao longo da espessura, para fenda superior de provete de $t=2,5$ mm, submetido a $T=6$ N.m	40

Figura 5.1.1-2 - KI [MPa.m], ao longo da espessura, para fenda inferior de provete de $t=2,5$ mm, submetido a $T=6$ N.m	41
Figura 5.1.2-1 - KII [MPa.m], ao longo da espessura, para fenda superior de provete de $t=2,5$ mm, submetido a $T=6$ N.m	42
Figura 5.1.2-2 - KII [MPa.m], ao longo da espessura, para fenda inferior de provete de $t=2,5$ mm, submetido a $T=6$ N.m	43
Figura 5.1.3-1 - KIII [MPa.m], ao longo da espessura, para fenda superior de provete de $t=2,5$ mm, submetido a $T=6$ N.m	44
Figura 5.1.3-2 - KIII [MPa.m], ao longo da espessura, para fenda inferior de provete de $t=2,5$ mm, submetido a $T=6$ N.m	45
Figura 5.1.4-1 - K_{eq} (Richard) [MPa.m], ao longo da espessura, para fenda superior de provete de $t=2,5$ mm, submetido a $T=6$ N.m	46
Figura 5.1.4-2 - K_{eq} (Richard) [MPa.m], ao longo da espessura, para fenda inferior de provete de $t=2,5$ mm, submetido a $T=6$ N.m.....	47
Figura 5.1.5-1 - K_{eq} (Pook) [MPa.m], ao longo da espessura, para fenda superior de provete de $t=2,5$ mm, submetido a $T=6$ N.m.....	48
Figura 5.1.5-2 - K_{eq} (Pook) [MPa.m], ao longo da espessura, para fenda inferior de provete de $t=2,5$ mm, submetido a $T=6$ N.m.....	49
Figura 5.1.6-1 – K_I - a) $t=2.5$ mm e $T= 7,5$ N.m; b) $t=2.5$ mm e $T= 9$ N.m; c) $t=3$ mm e $T= 7,5$ N.m; d) $t=3$ mm e $T= 9$ N.m; e) $t=2.5$ mm e $T= 7,5$ N.m; f) $t=2.5$ mm e $T= 9$ N.m; g) $t= 3$ mm e $T= 7,5$ N.m h) $t=3$ mm e $T= 9$ N.m.....	51
Figura 5.1.6-2 – K_{II} - a) $t=2.5$ mm e $T= 7,5$ N.m; b) $t=2.5$ mm e $T= 9$ N.m; c) $t=3$ mm e $T= 7,5$ N.m; d) $t=3$ mm e $T= 9$ N.m; e) $t=2.5$ mm e $T= 7,5$ N.m; f) $t=2.5$ mm e $T= 9$ N.m; g) $t= 3$ mm e $T= 7,5$ N.m h) $t=3$ mm e $T= 9$ N.m.....	52
Figura 5.1.6-3 – K_{III} - a) $t=2.5$ mm e $T= 7,5$ N.m; b) $t=2.5$ mm e $T= 9$ N.m; c) $t=3$ mm e $T= 7,5$ N.m; d) $t=3$ mm e $T= 9$ N.m; e) $t=2.5$ mm e $T= 7,5$ N.m; f) $t=2.5$ mm e $T= 9$ N.m; g) $t= 3$ mm e $T= 7,5$ N.m h) $t=3$ mm e $T= 9$ N.m.....	53
Figura 5.1.6-4 – K_{eq} (Richard) - a) $t=2.5$ mm e $T= 7,5$ N.m; b) $t=2.5$ mm e $T= 9$ N.m; c) $t=3$ mm e $T= 7,5$ N.m; d) $t=3$ mm e $T= 9$ N.m; e) $t=2.5$ mm e $T= 7,5$ N.m; f) $t=2.5$ mm e $T= 9$ N.m; g) $t= 3$ mm e $T= 7,5$ N.m h) $t=3$ mm e $T= 9$ N.m.....	54
Figura 5.1.6-5 – K_{eq} (Richard) - a) $t=2.5$ mm e $T= 7,5$ N.m; b) $t=2.5$ mm e $T= 9$ N.m; c) $t=3$ mm e $T= 7,5$ N.m; d) $t=3$ mm e $T= 9$ N.m; e) $t=2.5$ mm e $T= 7,5$ N.m; f) $t=2.5$ mm e $T= 9$ N.m; g) $t= 3$ mm e $T= 7,5$ N.m h) $t=3$ mm e $T= 9$ N.m.....	55
Figura 5.2-1 K_I para a ramificação superior, para provete submetido a $T=6$ N.m, em função do comprimento de fenda (x) e da espessura (y).....	56
Figura 5.2-2 – K_I para a ramificação inferior, para provete submetido a $T=6$ N.m, em função do comprimento de fenda (x) e da espessura (y).....	57
Figura 5.2-3 – K_{II} para a ramificação superior, para provete submetido a $T=6$ N.m, em função do comprimento de fenda (x) e da espessura (y)	57

Figura 5.2-4 – K_{II} para a ramificação inferior, para provete submetido a $T=6$ N.m, em função do comprimento de fenda (x) e da espessura (y).....	57
Figura 5.2-5 - K_{III} para a ramificação inferior, para provete submetido a $T=6$ N.m, em função do comprimento de fenda (x) e da espessura (y).....	58
Figura 5.2-6 - K_{III} para a ramificação inferior, para provete submetido a $T=6$ N.m, em função do comprimento de fenda (x) e da espessura (y).....	58
Figura 5.2-7 - $K_{eq(Richard)}$ para a ramificação superior, para provete submetido a $T=6$ N.m, em função do comprimento de fenda (x) e da espessura (y).....	58
Figura 5.2-8 - $K_{eq(Richard)}$ para a ramificação inferior, para provete submetido a $T=6$ N.m, em função do comprimento de fenda (x) e da espessura (y).....	59
Figura 5.3-1 – $K_{eq(Richard)}$ [MPa.m], ao longo da espessura, para fenda superior de provete de $t=2,5$ mm, submetido a $T=6$ N.m, com razão de carregamento $R=-1$	70
Figura 5.3-2 - $K_{eq(Richard)}$ [MPa.m], ao longo da espessura, para fenda inferior de provete de $t=2,5$ mm, submetido a $T=6$ N.m, com razão de carregamento $R=-1$	71

Simbologia e Acrónimos

a	Comprimento de fenda [m]	$K_{eqI,II}$	Fator de intensidade de tensão equivalente modo misto plano [$Pa\sqrt{m}$]
b	Menor semieixo da elipse [m]	$K_{eq(Pook)}$	Fator de intensidade de tensão equivalente de Pook [$Pa\sqrt{m}$]
c	Maior semieixo da elipse [m]	$K_{eq(Richard)}$	Fator de intensidade de tensão equivalente de Richard [$Pa\sqrt{m}$]
C	Constante do material na Lei de Paris [$m / Pa\sqrt{m}$]	K_I	Fator de intensidade de tensão associado ao modo I [$Pa\sqrt{m}$]
da	Incremento do comprimento de fenda [m]	K_{Ic}	Tenacidade à fratura em EPD [$Pa\sqrt{m}$]
dN	Incremento do número de ciclos	$K_{I_{max}}$	Fator de intensidade de tensão máximo associado ao modo I [$Pa\sqrt{m}$]
ds	Elemento do contorno Γ	$K_{I_{th}}$	Fator de intensidade de tensão limite de propagação associado ao modo I [$Pa\sqrt{m}$]
dU	Incremento de energia elástica de deformação [J]	K_{II}	Fator de intensidade de tensão associado ao modo II [$Pa\sqrt{m}$]
E	Módulo de Young [Pa]	$K_{II_{th}}$	Fator de intensidade de tensão limite de propagação associado ao modo II [$Pa\sqrt{m}$]
G	Taxa de libertação de energia de deformação [$Pa \cdot m$]	K_{III}	Fator de intensidade de tensão associado ao modo III [$Pa\sqrt{m}$]
G_c	Taxa de libertação de energia de deformação crítica [$Pa \cdot m$]	$K_{III_{th}}$	Fator de intensidade de tensão limite de propagação associado ao modo III [$Pa\sqrt{m}$]
i, j	Números naturais [\mathbb{N}^+]	l	Comprimento de fenda
J	Valor do Integral J [J/m^2]	L	Comprimento de fenda de referência [m]
J_c	Valor do Integral J crítico [J/m^2]	L_1	Comprimento de fenda de referência em modo I [m]
J_I	Valor do Integral J associado ao modo I [J/m^2]		
J_{II}	Valor do Integral J associado ao modo II [J/m^2]		
J_{III}	Valor do Integral J associado ao modo III [J/m^2]		
K	Fator de intensidade de tensão [$Pa\sqrt{m}$]		
K_c	Tenacidade à fratura em EPT [$Pa\sqrt{m}$]		
K_{eq}	Fator de intensidade de tensão equivalente [$Pa\sqrt{m}$]		

L_2	Comprimento de fenda de referência para a ramificação superior da fenda [m]	ν	Coefficiente de Poisson
L_3	Comprimento de fenda de referência para a ramificação inferior da fenda [m]	σ_a	Amplitude de tensão [Pa]
m	Constante do material na Lei de Paris	σ_m	Tensão média [Pa]
P	Valor do Carregamento [N]	σ_{max}	Tensão normal máxima [Pa]
p_i	Coefficiente quadrático	σ_{min}	Tensão normal mínima [Pa]
p_{ij}	Coefficiente polinomial	σ_r	Varição de tensões [Pa]
r	Raio [m]	$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$	Tensão normal [Pa]
R	Razão de tensões	$\tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz}$	Tensão de corte [Pa]
R^2	Coefficiente de ajustamento	CT	<i>Compact Tension specimen</i>
t	Espessura [m]	EPD	Estado plano de deformação
T	Momento de torção [N.m]	EPT	Estado plano de tensão
\vec{T}	Vetor de tração	MEF	Método dos Elementos Finitos
\vec{u}	Vetor de deslocamento	MFLE	Mecânica da Fratura Linear Elástica
w	Densidade de energia de deformação	RMSE	Raiz Quadrada do Erro Médio Quadrático
x	Comprimento da fenda [m]		
y	Espessura [m]		
z	Valor do fator de intensidade de tensão [$Pa\sqrt{m}$]		
θ	Ângulo [rad]		
θ_2	Ângulo de inclinação da ramificação superior da fenda [rad]		
θ_3	Ângulo de inclinação da ramificação superior da fenda [rad]		
Γ	Contorno do Integral J		
ΔK	Varição do fator de intensidade de tensão [Pa]		

1. Introdução

1.1. Enquadramento

A previsão do crescimento e da propagação de fendas por fadiga, em componentes ou estruturas mecânicas, tornou-se numa temática de elevada importância, visto, em situação limite, uma fenda poder causar a falha abrupta, indesejada e, potencialmente catastrófica destes mesmos componentes ou estruturas (Fig. 1.1-1). É, então, de extrema importância compreender estes fenómenos, bem como monitorizar a evolução dos mesmos.

A fadiga consiste num fenómeno de rotura progressiva de materiais sujeitos a ciclos repetidos de tensão ou deformação, pelo que, submetendo componentes a cargas ciclicamente variáveis, poderão ocorrer fraturas destes mesmos componentes, em situações de baixa tensão nominal e, regra geral, numa mudança de secção ou na vizinhança de um entalhe. Este fenómeno torna desadequados muitos critérios tradicionais de dimensionamento, os quais são baseados em limitar as tensões máximas nas secções críticas do componente ou estrutura aplicando um coeficiente de segurança [1]. Na figura 1.1-1 pode observar-se a falha de um componente mecânico por fadiga.

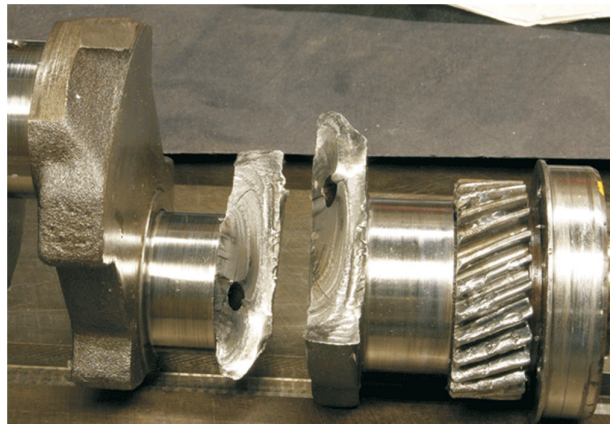


Figura 1.1-1 – Cambota fraturada por fadiga [2]

O fenómeno de fadiga terá começado a ser estudado no séc. XIX, tendo Wöhler publicado resultados que correlacionavam o número de ciclos até à fratura com a carga aplicada; os estudos que realizou foram motivados pela ocorrência de falha de componentes na indústria ferroviária, após um curto período de serviço. Estes resultados terão potenciado o aparecimento de novos critérios de dimensionamento, bem como o estudo da propagação instável de fendas por fadiga, por parte de Griffith, na década de 20 do séc. XX; contudo, apenas na segunda metade do século XX, e com o desenvolvimento da Mecânica da Fratura, este conhecimento pôde ter aplicação prática, sendo,

primeiramente, introduzido na indústria aeronáutica. Esta falta de conhecimento terá levado ao mau dimensionamento que esteve na origem das bem documentadas falhas catastróficas dos navios *Liberty* (Fig.1.1-2, Fig. 1.1-3) e dos aviões de passageiros *Comet*, nas décadas de 40 e 50 do séc. XX, respetivamente.

A crescente complexidade e nível de exigência do projeto, bem como motivos de ordem económica e de segurança associados à falha de estruturas e de componentes, por vezes com perda de vidas humanas, promovem o aprofundamento do estudo dos aspectos fenomenológicos e aplicados da propagação de fendas por fadiga [1].

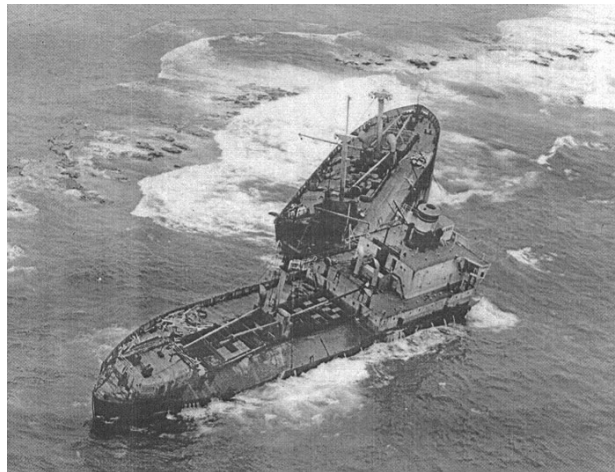


Figura 1.1-2 – Liberty Ship após fratura do casco [3]



Figura 1.1-3 – Avião de Havilland Comet [4]

1.2. Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo alargar o conhecimento científico no que diz respeito à propagação de fendas por fadiga, com foco nas chapas finas sujeitas a cargas torsionais. A dissertação focar-se-á na quantificação dos fatores de intensidade de tensão existentes na extremidade de uma fenda propagada num provete CT, de espessura fina, submetido a uma carga torsional, replicando as condições dos ensaios experimentais efetuados por Chambel [5]. Mais concretamente, pretende-se, aprofundar os resultados do estudo anteriormente mencionado no que diz respeito ao carregamento em modo III.

Importa referir que a bibliografia na área de estudo versada é relativamente reduzida, não existindo métodos analíticos, nem normas, que correlacionem as condições de carregamento em modo III e a geometria específica do provete CT, com os fatores de intensidade de tensão resultantes, em oposição ao que acontece para carregamentos em modo I. Deste modo, foi necessário recorrer a métodos numéricos – Método dos Elementos Finitos (MEF) - para quantificar os valores dos fatores de intensidade de tensão K_I , K_{II} e K_{III} .

Especificam-se, para este trabalho, os seguintes objetivos principais:

- Elaboração de uma pesquisa bibliográfica, visando obter os conceitos essenciais relativos à temática da dissertação;
- Modelação de provetes CT, com diferentes espessuras, para diversos estágios de propagação de fenda/comprimentos de fenda ($a/L=0; 0,25; 0,5; 0,75; 1$);
- Validação da metodologia e do programa computacional comercial utilizado (ANSYS), por comparação dos resultados numéricos obtidos para um provete CT submetido a carregamento em modo I com os resultados obtidos através das normas existentes na literatura;
- Aplicação de três valores distintos de momento de torção, em modo III, a cinco provetes CT finos, de diferentes espessuras, com vista a obter os valores de K_I , K_{II} e K_{III} , ao longo da frente da fenda, para cinco comprimentos de fenda distintos. Adicionalmente, recorrendo aos valores anteriormente obtidos, pretendia-se calcular os valores do fator de intensidade de tensão equivalente;
- Definição de um modelo matemático de ajustamento polinomial aos valores dos fatores de intensidade de tensão máximos obtidos na frente da fenda, com vista a obter estes mesmos valores para provetes CT finos, ao longo do comprimento da fenda definida segundo a direção $\pm 70^\circ$, mediante a especificação do valor do binário aplicado, da espessura do provete e do comprimento da fenda;
- Análise e discussão dos resultados obtidos, com listagem das principais conclusões.

2. Conceitos Fundamentais

Os materiais metálicos viram a sua utilização massificada no fabrico de componentes e de estruturas com a Revolução Industrial ocorrida no séc. XIX. No período que se lhe seguiu, a filosofia de projeto empregue teve como base a limitação da tensão máxima em serviço a uma fração da tensão de cedência do material (determinada em laboratório e/ou disponível na literatura) nas secções críticas dos componentes. No entanto, esta abordagem não entra em conta com a concentração de tensões localizadas, provocadas pelas transições abruptas de geometria, ou pelos defeitos ou fendas existentes (figura 2-1), e o seu efeito na resistência dos componentes ou estruturas, revelando-se uma abordagem não conservativa, a qual pode conduzir à falha dos mesmos.

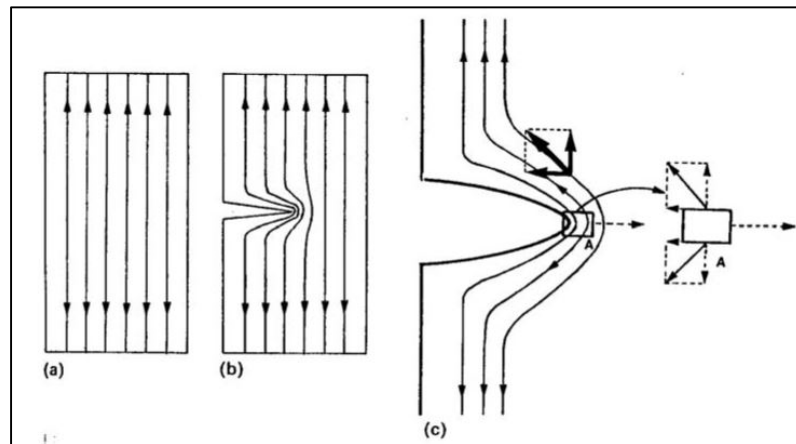


Figura 2-1 – Concentração de tensões com origem na presença de um entalhe/fenda. Adaptado [6]

Esta filosofia de projeto foi amplamente usada até ao final da primeira metade do séc. XX, resultando, invariavelmente, em falhas catastróficas que, inclusive, terão levado à perda de vidas humanas. É neste contexto que surgiu uma nova área de estudo, a da Mecânica da Fratura, que visava estudar a resistência dos materiais à fratura, procurando estabelecer relações entre as dimensões dos defeitos, as solicitações e as propriedades dos materiais para caracterizar a ocorrência da fratura.

Uma das primeiras contribuições para o estudo da Mecânica da Fratura Linear Elástica terá sido dada por Griffith, ainda na década de 20 desse século, que, ao realizar experiências com recurso a vidro, demonstrou que o motivo pelo qual os materiais apresentavam uma menor resistência à tração do que a resistência calculada, a nível atómico, se prendia com o facto de se encontrarem pequenos defeitos inerentes no material. Deduziu também a taxa de libertação de energia associada à propagação de fendas.

2.1. Introdução à Mecânica da Fratura Linear Elástica

A metodologia da Mecânica da Fratura Linear Elástica tem por base uma análise que relaciona a intensidade e a distribuição do campo de tensões na vizinhança da fenda, com a tensão aplicada, as dimensões e orientação da fenda, visando definir as condições para as quais esta se propaga. Os pressupostos básicos são os mesmos da Mecânica dos Materiais, assumindo que o material é homogêneo, isotrópico e contínuo, e que as tensões são proporcionais às deformações, sendo que assume que estas últimas são de valor reduzido. Este modelo adequa-se, maioritariamente, à análise de materiais pouco dúcteis, nos quais não se verifique uma deformação plástica apreciável, antes da fratura.

O princípio fundamental da aplicação da MFLE tem por base a possibilidade da caracterização do campo de tensões, presente na vizinhança da frente da fenda, através de um único parâmetro, K , o fator de intensidade de tensão, sendo este influenciado pelo carregamento aplicado, pelas dimensões da fenda, ou pela espessura do componente, entre outros.

2.2. Modos de carregamento

Os modos de carregamento e de propagação de uma fenda dividem-se em três modos principais, encontrando-se, cada modo, associado a um fator de intensidade de tensão específico induzido por um carregamento global. Estes modos dividem-se em: modo I, modo II e modo III, podendo observar-se na figura 2.2-1 estes três modos de carregamento aplicados a um sólido com uma fenda presente.

Entende-se por modo I, um carregamento que seja aplicado numa direção perpendicular ao plano da fenda, promovendo tensões normais e de tração, na extremidade da fenda. Este carregamento é o mais comum em aplicações práticas, sendo, por conseguinte, o mais estudado. Salienta-se que a propagação da fenda ocorre, sempre, na direção perpendicular ao plano de carregamento.

O modo II caracteriza-se pela aplicação de um carregamento na direção paralela ao plano da fenda e perpendicular à frente da fenda, promovendo tensões de corte na extremidade da mesma.

Adicionalmente, o modo III é caracterizado pela aplicação de um carregamento paralelo ao plano e frente da fenda, promovendo, também, tensões de corte na extremidade da mesma.

Salienta-se a possibilidade da aplicação de um carregamento que combina dois ou três modos fundamentais, classificando-se como modo misto plano (I+II) ou espacial (I+II+III), respetivamente.

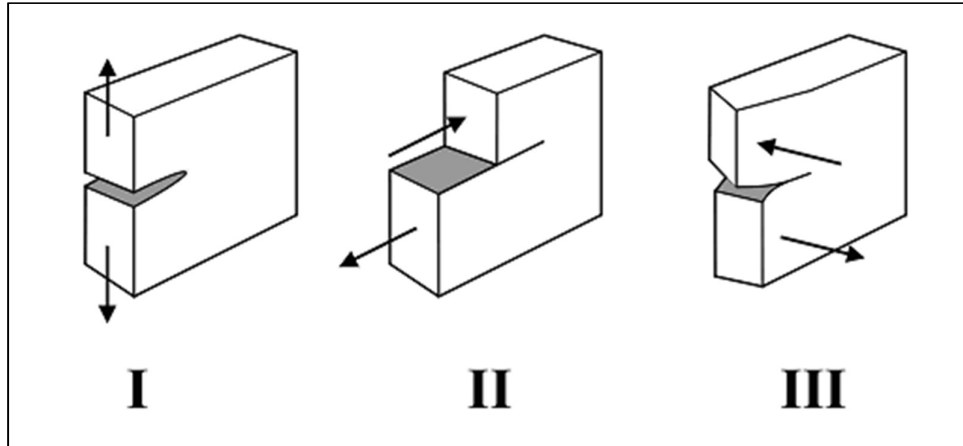


Figura 2.2-1 – Modos de carregamento I, II e III [7]

2.3. Estado Plano de Tensão e Estado Plano de Deformação

O estado de tensão ao qual um material se encontra sujeito pode influenciar as suas propriedades, tais como a tenacidade à fratura, bem como o modo como uma fratura se propaga. Consideram-se dois estados de tensão fundamentais a que um provete CT pode ser submetido: o estado plano de tensão e o estado plano de deformação, sendo estes, fortemente influenciados pela espessura do componente.

O estado plano de tensão pode caracterizar-se por um estado biaxial de tensões, promovido pela ausência de tensão na direção perpendicular às superfícies laterais do provete, $\sigma_z=0$, para modo I. Este estado de tensão é característico de provetes finos (de pequena espessura) (Fig. 2.3-1).

O estado plano de deformação caracteriza-se por um estado triaxial de tensões, sendo o estado dominante em provetes/componentes espessos, resultando em superfícies de fratura planas e normais à direção de aplicação da carga (Fig. 2.3-1). A equação (2.3.1) especifica um valor para a espessura do provete, abaixo do qual se verifica a presença de um estado plano de tensões, o qual é obtido através do quadrado do quociente entre a tenacidade à fratura do material e a tensão de cedência do mesmo. A tenacidade, para um material específico, é influenciada pela espessura do provete. Recorrendo à figura 2.3-1, é possível observar que a tenacidade à fratura tem o seu valor máximo para espessuras finas, em estado plano de tensão, diminuindo com o aumento da espessura, até o seu valor atingir o mínimo e estabilizar, encontrando-se o provete, então, em estado plano de deformação.

$$B \leq 2.5 \left(\frac{K_{Ic}}{\sigma_{ced}} \right)^2$$

(2.3.1)

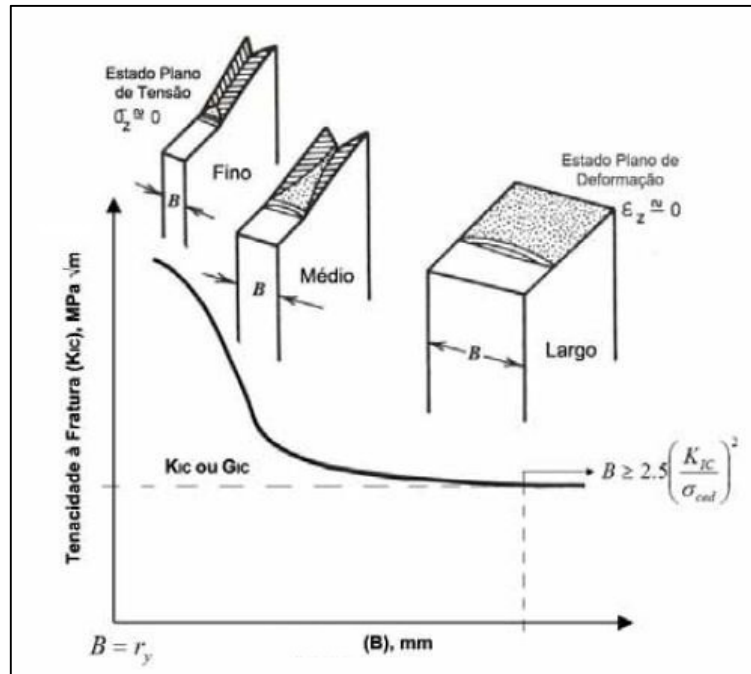


Figura 2.3-1 – Dependência da Tenacidade à Fratura em relação à espessura do provete. Adaptado de [8]

Representa-se a tenacidade em modo I, para estado plano de tensão, e, por conseguinte, influenciada pela espessura, por K_c , sendo que, para estado plano de deformação é dada por K_{Ic} . O parâmetro K_{Ic} encontra-se amplamente estudado e tabelado para um vasto leque de materiais. Salienta-se que a aplicação de K_{Ic} em análises que envolvam estado plano de tensões conduz a resultados conservadores.

2.4. Fator de Intensidade de Tensão

Foi em 1957, em resultado do seu trabalho experimental, que Irwin [9] propôs o conceito de fator de intensidade de tensões para quantificar o campo de tensões presente num componente de comportamento maioritariamente elástico e na vizinhança de uma fenda. O seu trabalho foi apoiado pelo trabalho de Williams [10], que, embora por métodos distintos dos seus, obteve os mesmos resultados. Este conceito foi prontamente aceite pela indústria aeronáutica que, na sequência dos

acidentes nos aviões *Comet*, procurava quantificar e limitar o efeito da propagação instável de fendas, na origem destes mesmos acidentes.

Os campos de tensões na vizinhança da extremidade da fenda (Fig. 2.4-1) estão associados aos três modos básicos de carregamento, sendo, então, caracterizados pelo fator de intensidade de tensão K . Este fator possui unidades do tipo $[MPa \times \sqrt{m}]$ e, apresenta-se como função das dimensões e do carregamento aplicado ao componente (Eqs. 2.4.1). Os fatores de intensidade de tensão associados aos carregamentos em modo I, modo II e modo III são K_I , K_{II} e K_{III} , respetivamente, e todas as variáveis são valores escalares que quantificam a intensidade de um campo de tensões, numa determinada coordenada polar (r, θ) , como se pode visualizar na figura 2.4-1.

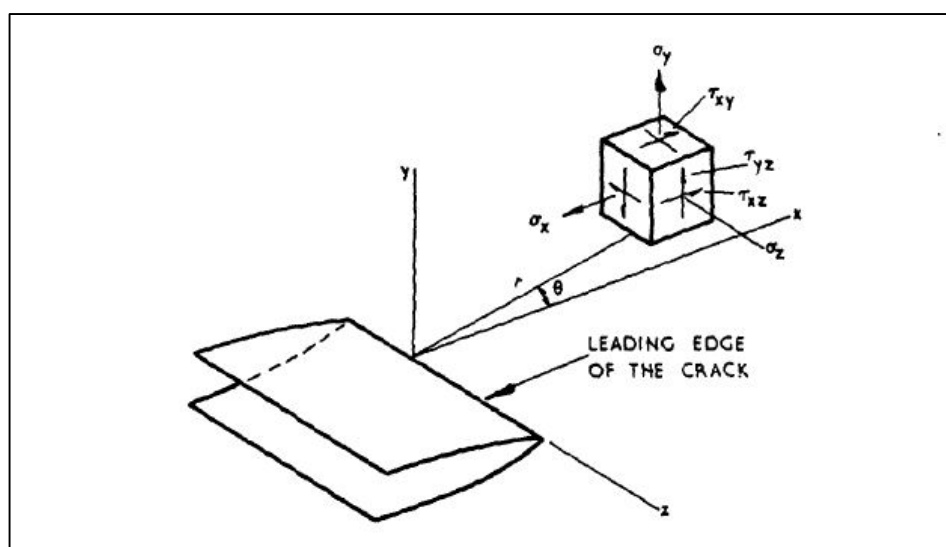


Figura 2.4-1 - Estado de tensão na vizinhança da extremidade de uma fenda [11]

A expressão completa do campo de tensões, em qualquer local próximo da frente da fenda, sujeita a um carregamento em modo I, considerando um material linear, elástico, isotrópico e homogéneo, é dada pelas equações (2.4.1) [1]:

$$\sigma_x = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi \cdot r}} \cos \frac{\theta}{2} \left[1 - \operatorname{sen} \frac{\theta}{2} \operatorname{sen} \frac{3\theta}{2} \right] \quad (2.4.1a)$$

$$\sigma_y = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi \cdot r}} \cos \frac{\theta}{2} \left[1 + \operatorname{sen} \frac{\theta}{2} \operatorname{sen} \frac{3\theta}{2} \right] \quad (2.4.1b)$$

$$\tau_{xy} = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi \cdot r}} \cos \frac{\theta}{2} \operatorname{sen} \frac{\theta}{2} \cos \frac{3\theta}{2} \quad (2.4.1c)$$

$$\tau_{xz} = \tau_{yz} = 0, \quad (2.4.1d)$$

com:

$\sigma_z = 0$, para estado plano de tensão;

$\sigma_z = \nu(\sigma_x + \sigma_y)$, para estado plano de deformação.

Deste modo, a expressão do fator de intensidade de tensão pode escrever-se na sua forma geral (Eq. 2.4.2):

$$K_I = \sigma \cdot Y \sqrt{\pi \cdot a}, \quad (2.4.2)$$

onde K_I é o parâmetro linear elástico que quantifica a intensidade do campo de tensões na extremidade de uma fenda, σ representa a tensão nominal aplicada no componente, a representa o comprimento da fenda, e Y representa o fator geométrico que descreve a influência da geometria da peça e da fenda no campo de tensões.

De forma semelhante, o campo de tensões, para uma fenda em modo II, é dado pelas equações (2.4.3) [1]:

$$\sigma_x = -\frac{K_{II}}{\sqrt{2\pi \cdot r}} \operatorname{sen} \frac{\theta}{2} \left[2 - \cos \frac{\theta}{2} \cos \frac{3\theta}{2} \right] \quad (2.4.3a)$$

$$\sigma_y = \frac{K_{II}}{\sqrt{2\pi \cdot r}} \operatorname{sen} \frac{\theta}{2} \cos \frac{\theta}{2} \cos \frac{3\theta}{2} \quad (2.4.3b)$$

$$\tau_{xy} = \frac{K_{II}}{\sqrt{2\pi \cdot r}} \cos \frac{\theta}{2} \left[1 - \operatorname{sen} \frac{\theta}{2} \operatorname{sen} \frac{3\theta}{2} \right] \quad (2.4.3c)$$

$$\tau_{xz} = \tau_{yz} = 0, \quad (2.4.3d)$$

com:

$\sigma_z = 0$, para estado plano de tensão;

$\sigma_z = \nu(\sigma_x + \sigma_y)$, para estado plano de deformação.

Adicionalmente, a expressão que descreve o campo de tensões, para uma fenda em modo III, é dada por [1]:

$$\tau_{xz} = -\frac{K_{III}}{\sqrt{2\pi \cdot r}} \operatorname{sen} \frac{\theta}{2} \quad (2.4.4a)$$

$$\tau_{yz} = \frac{K_{III}}{\sqrt{2\pi \cdot r}} \operatorname{cos} \frac{\theta}{2} \quad (2.4.4b)$$

Esta análise linear elástica de tensões contém uma singularidade, já que prevê que as tensões tenderão para um valor infinito na extremidade da fenda, ou seja, quando $r \rightarrow 0$, o que representa uma impossibilidade física uma vez que ocorrerá a plastificação localizada do material na zona próxima à frente da fenda. Deste modo, mesmo quando submetidas a tensões nominais de baixo valor, as fendas não instáveis apresentam sempre uma região plástica junto da extremidade da fenda; para a região anteriormente mencionada, e desde que a dimensão da zona plástica seja reduzida, a análise pela Mecânica da Fratura Linear Elástica é válida.

Adicionalmente, salienta-se que os fatores de intensidade de tensão possuem uma propriedade importante para o mesmo tipo de carregamento: a aditividade, resultando na possibilidade de cálculo do fator de intensidade de tensão, para um sistema complexo de carregamentos, através da soma dos fatores de intensidade de tensão resultantes de cada um dos carregamentos, se considerados individualmente.

2.5. Integral J

Eshelby [12] estudou as variações do potencial energético associadas à deformação resultante do movimento de uma singularidade por ação de um vetor de tração, formulando, em 1951, um integral de linha, que descrevesse esta mesma singularidade, pressupondo um comportamento elástico não-linear. Neste seguimento, Cherepanov (1967) e Rice (1968), de uma forma independente, introduziram o conceito de Integral J, como um parâmetro aplicável à Mecânica da Fratura, que permitia avaliar

campos de tensões e deformações na proximidade de uma fenda, para materiais elásticos lineares e não-lineares.

O Integral J consiste num integral de linha, que possibilita quantificar a taxa de libertação de energia de deformação, encontrando-se definido em torno da extremidade de uma fenda, com início numa das duas superfícies da fenda, estendendo-se ao longo de um contorno bem definido e terminando na superfície oposta da fenda (sentido anti-horário) (Fig. 2.5-1). Este integral possui a particularidade de ser independente do contorno se, adicionalmente às condições anteriormente apresentadas, forem verificadas as seguintes condições: ausência de tensões de origem térmica, processo quasi-estático, material elástico homogéneo, ausência de forças de corpo aplicadas (Fig.2.5-2).

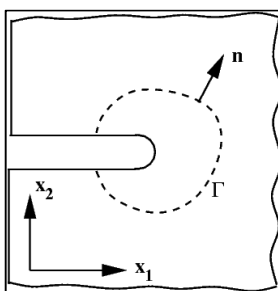


Figura 2.5-1 – Contorno do Integral J, em torno de uma fenda [13]

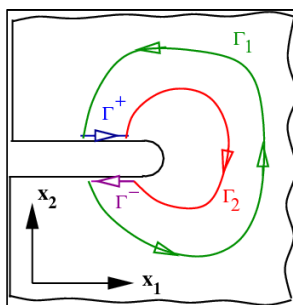


Figura 2.5-2 – Demonstração da independência de contorno do Integral J [13]

Foi, também, demonstrado por Rice [14] que o valor do Integral J é equivalente à taxa de libertação de energia de um sólido, G (derivado para comportamento linear elástico), aplicável a comportamento elástico não-linear, consistindo numa medida da variação de energia de deformação elástica com o aumento do comprimento da fenda (Eq. 2.5.1):

$$J = G = \frac{dU}{da} \tag{2.5.1}$$

O Integral J é dado analiticamente, para um contorno Γ , pela expressão 2.5.2:

$$J = \int_{\Gamma} w \cdot dy - \vec{T} \frac{\partial \vec{u}}{\partial x} ds \quad (2.5.2)$$

onde w é a densidade de energia de deformação em pontos do contorno, \vec{T} é o vetor de tração, \vec{u} é o vetor deslocamento e ds o elemento do contorno Γ . Quando o valor crítico do integral J é atingido, J_c , que equivale à taxa de libertação de energia crítica, G_c , dá-se a propagação da fenda.

2.6. Relação entre K e J

É possível estabelecer uma relação entre os três tipos de fator de intensidade de tensão, K_I , K_{II} e K_{III} , e os valores do integral J, associado a cada modo, assumindo que o material é homogêneo, isotrópico e apresenta um comportamento linear-elástico.

Para modo I, as expressões (2.6.1) e (2.6.2), apresentam a relação entre J_I e K_I , para EPT e EPD, respetivamente:

$$J_I = K_I^2 \left(\frac{1}{E} \right) \quad (2.6.1)$$

$$J_I = K_I^2 \left(\frac{1 - \nu^2}{E} \right) \quad (2.6.2)$$

Para modo II, as expressões (2.6.3) e (2.6.4), apresentam a relação entre J_{II} e K_{II} , para EPT e EPD, respetivamente:

$$J_{II} = K_{II}^2 \left(\frac{1}{E} \right) \quad (2.6.3)$$

$$J_{II} = K_{II}^2 \left(\frac{1 - \nu^2}{E} \right) \quad (2.6.4)$$

Para modo III, a expressão (2.6.5) apresenta a relação entre J_{III} e K_{III} , para EPT e para EPD:

$$J_{III} = K_{III}^2 \left(\frac{1}{2G} \right) = K_{III}^2 \left(\frac{1+\nu}{E} \right); G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (2.6.5)$$

Para um carregamento em modo misto, a relação entre o valor do integral J e K_I , K_{II} e K_{III} , apresenta-se sob a forma das equações (2.6.6) e (2.6.7), para EPT e EPD, respetivamente:

$$J = (K_I^2 + K_{II}^2) \left(\frac{1}{E} \right) + K_{III}^2 \left(\frac{1+\nu}{E} \right) \quad (2.6.6)$$

$$J = (K_I^2 + K_{II}^2) \left(\frac{1-\nu^2}{E} \right) + K_{III}^2 \left(\frac{1+\nu}{E} \right) \quad (2.6.7)$$

2.7. Propagação de Fendas por Fadiga

A fadiga foi um problema reconhecido no princípio do séc. XIX quando se verificou a ocorrência da propagação de fendas em componentes de pontes e em material ferroviário. Para que se verifique o fenómeno de fadiga, é necessária a ocorrência de três fatores: um valor do carregamento aplicado, suficientemente elevado; uma variação ou flutuação do valor do carregamento, suficientemente elevada; um número suficientemente elevado de ciclos de carga. Um carregamento alternado é definido por dois parâmetros, sendo estes a tensão média, σ_m , a média algébrica entre as tensões máxima e mínima aplicadas (Eq. 2.7.1), e a amplitude de tensão (Eq. 2.7.2), σ_a , igual a metade da gama de tensões (Eq. 2.7.3). A gama de tensões, σ_r , é dada pela diferença entre a tensão máxima e a tensão mínima ocorridas ao longo de um ciclo de carga. Para definir um carregamento cíclico, é, também, vulgar recorrer à razão de tensões (Eq. 2.7.4), dada pelo quociente entre a tensão mínima e a tensão máxima verificadas.

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} \quad (2.7.1)$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_r}{2} \quad (2.7.2)$$

$$\sigma_r = \sigma_{max} - \sigma_{min} \quad (2.7.3)$$

$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$$

(2.7.4)

A figura 2.7.1 apresenta alguns dos tipos de sollicitação possíveis.

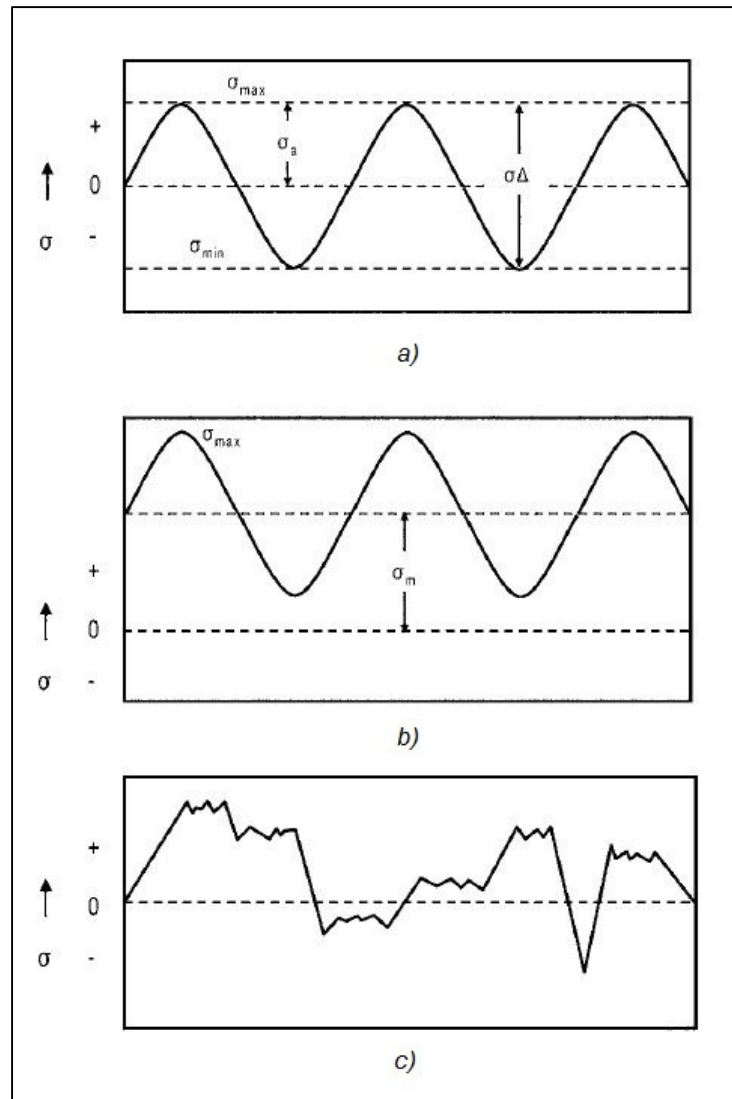


Figura 2.7-1 – a) Carregamento alternado puro ($R=-1$, $\sigma_m=0$). b) Carregamento alternado ($\sigma_m \neq 0$). c) Carregamento de amplitude variável. Adaptado de [15]

As fendas propagadas por meio de um mecanismo de fadiga iniciam-se em superfícies livres, geralmente em superfícies externas, mas também no interior de componentes, quando se verifica a

presença de defeitos inerentes ao material. A nucleação e a propagação de fendas por fadiga, pode ser dividida em três fases:

- Fase I – O início da propagação da fenda ocorre, geralmente, a partir de um entalhe ou de outra descontinuidade superficial. Ainda que na ausência de um defeito superficial, o início da propagação irá ocorrer devido à formação de bandas de escorregamento permanentes (plastificação localizada do material). O escorregamento alternado destas bandas promove a formação de intrusões e extrusões no material, resultando na formação de fendas. Esta fase, caracterizada por uma propagação muito lenta segundo a direção das bandas de escorregamento, termina quando o campo de tensões na extremidade da fenda passa a ser dominante; neste caso, a propagação passa a dar-se em regime II (Fig. 2.7-2);

- Fase II – Esta fase é caracterizada por uma propagação estável da fenda, a qual é modelada de forma satisfatória pela Lei de Paris (Fig.2.7-2, Eq. 2.7.5);

- Fase III – Esta fase, de propagação instável, ocorre quando a fenda propagada por fadiga apresenta uma dimensão suficientemente elevada para que a secção resistente não suporte a carga aplicada, resultando na propagação instável e súbita da fenda e conduzindo, posteriormente, à fratura do componente.

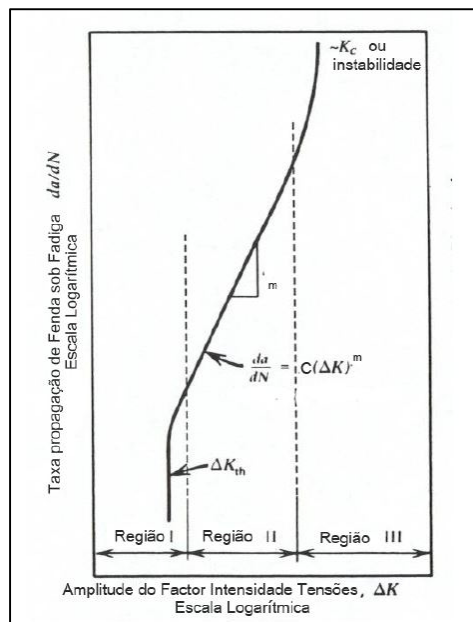


Figura 2.7-2 – Curva de propagação de fendas por fadiga. Adaptado de [5].

A figura 2.7-2 apresenta uma curva idealizada da taxa de crescimento da fenda, da/dN , em função da variação do fator de intensidade de tensão, ΔK . Na região I, ΔK_{th} representa o valor limiar

mínimo a partir do qual se verifica a propagação da fenda, por fadiga, sendo esta região caracterizada por valores baixos de ΔK e de da/dN . A região II apresenta uma taxa de crescimento estável e, essencialmente, linear, podendo ser modelada pela lei de Paris (Eq. 2.7.5):

$$\frac{da}{dN} = C(\Delta K)^m \quad (2.7.5)$$

onde a representa a dimensão da fenda, N representa o número de ciclos e C e m representam constantes relacionadas com as propriedades do material, temperatura e condições de carregamento de que depende a velocidade de propagação de uma fenda (da/dN).

3. Pesquisa Bibliográfica Relativa à Propagação de Fendas por Carregamento em Modo III

O presente capítulo pretende apresentar os resultados da pesquisa bibliográfica efetuada, no que diz respeito ao estudo da propagação de fendas sob o modo III de carregamento e com ênfase na análise de provetes de secção retangular. Pretende, também, apresentar alguns resultados experimentais relevantes para o presente trabalho.

3.1. Análise de Provetes de Secção Retangular. Modos de Carregamento. Carregamentos Local e Global.

O estudo da propagação de fendas em componentes de secção retangular, submetidos a carregamentos em modo III puro, em particular no que diz respeito a provetes CT, dificilmente se encontra na literatura. Com efeito, grande parte dos resultados experimentais e numéricos associados à propagação de fendas sob Modo III de carregamento foram determinados recorrendo a provetes cilíndricos, entalhados, e portanto de secção circunferencial. Uma pesquisa da literatura revela alguns resultados exemplificativos [16–21]. Adicionalmente, nos resultados encontrados para os provetes apoiados em 3 pontos, ou para os provetes CT, estes eram submetidos a carregamentos em modo misto [22-25], frequentemente contendo uma fenda inclinada, não sendo aplicados carregamentos torsionais. No caso específico da aplicação de um carregamento torsional a provetes CT, apenas Chambel [5] realizou ensaios experimentais que vão ao encontro deste mesmo caso.

A coexistência de diferentes modos de carregamento aplicados a um componente, nomeadamente modo I, modo II e modo III, podem caracterizar-se como sendo uma condição de carregamento em modo misto, de natureza tridimensional, que dá origem a superfícies de fratura não planares. Na prática, o carregamento em modo I é o carregamento mais comumente aplicado a componentes ou estruturas que se encontram em serviço e, geralmente, induz uma propagação de fenda de tipo retangular [26]. Adicionalmente, no caso da aplicação de um carregamento em modo II, verifica-se a inclinação da trajetória da fenda (Fig. 3.1-1a) [27], enquanto que, no caso da aplicação de um carregamento em modo III, se verifica uma rotação da trajetória da fenda [27] (Fig. 3.1-1b).

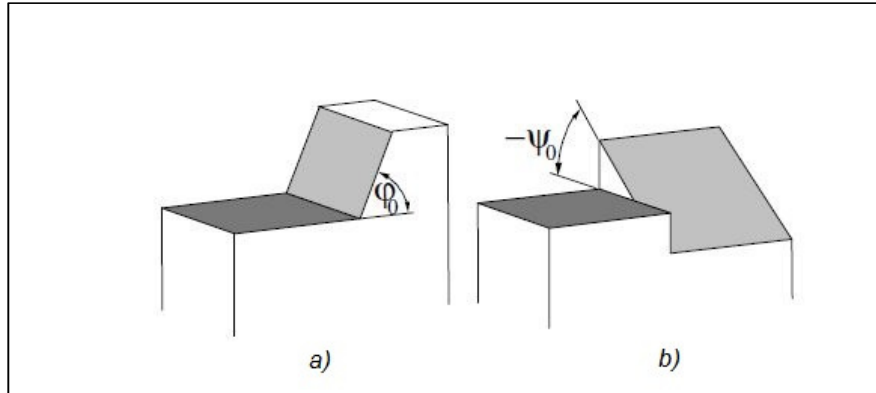


Figura 3.1-1 – a) Ângulo de inclinação b) Ângulo de rotação [27]

Os carregamentos em modo I irão induzir tensões normais na extremidade da fissura, enquanto que, os outros dois modos de carregamento, nomeadamente, o modo II e o modo III, irão induzir tensões de corte na extremidade da fenda.

A deformação na extremidade da fenda e a propagação da fenda em modo I é, então, causada pela geração de planos de escorregamento na extremidade da fenda ou na sua vizinhança [28], enquanto que o carregamento em modo II irá gerar o avanço da fenda devido à movimentação de deslocações no plano da fenda. Adicionalmente, no caso de se aplicar um carregamento em modo III puro, pode ser gerada uma região plástica na extremidade da fenda, ou na sua vizinhança, devido a deslocações de tipo parafuso, paralelas à frente da fenda, não contribuindo diretamente para a propagação da mesma, mas para a formação de zonas plastificadas nas superfícies livres dos componentes, que irão propagar localmente segundo as condições de um carregamento em modo II, numa direção paralela à frente da fenda [28, 29]. Paralelamente, Fremy et al. [30] afirmaram que a aplicação de um carregamento de tipo modo III promoveria, para além da expectável plastificação devida ao modo III, um aumento significativo do fator de intensidade de tensão em modo I e também em modo II, resultando numa morfologia de frente de fenda bastante complexa [31]; para além do referido, a trajetória de crescimento de fenda é de previsão difícil, tendo em conta que a inclinação e a rotação da fenda (Fig. 3.1-1) irão depender da intensidade dos carregamentos em modo II e modo III a atuar na extremidade da fenda (comparativamente ao carregamento equivalente). Nestes casos, são necessários testes experimentais à escala real [26], uma vez que a existência de troços em modo II local, originados por um carregamento em modo III global, poderão levar à inclinação da fenda em relação ao plano macro da fenda, característica do modo II [32], com a propagação da fenda a dar-se ao longo do plano local segundo o qual se verifica a tensão de corte máxima na extremidade da fenda [33].

Adicionalmente, dependendo do rácio entre os valores limite de gama do fator de intensidade de tensão em modo I e ao corte, é possível que se formem fendas ramificadas no início da propagação

da fenda, segundo um ângulo de, aproximadamente, $70,5^\circ$, como estabelecido por Murakami *et al.* [34]. Este fenômeno de ramificação resulta da instabilidade dinâmica de uma fenda em propagação, sendo que ocorre quando a velocidade de propagação excede uma velocidade crítica, v_c , e na presença de campos de tensões não estacionários [35].

No que diz respeito aos materiais metálicos, dependendo do valor de atrito envolvido na propagação de uma fissura, que difere no caso das fendas se iniciarem a partir do entalhe do provete ou se propagarem a partir de uma pré-fenda aberta em modo I, diferentes valores limiares de propagação foram medidos para materiais com igual composição química e tratamento térmico idêntico [36]. Para aços inoxidáveis, os ângulos de inclinação e de rotação medidos foram iguais a $67\pm 5^\circ$ e $39\pm 16^\circ$, respetivamente, enquanto que, os valores limite efetivos dos fatores de intensidade de tensão foram de 2.3, 2.5 e $4.2 MPa\sqrt{m}$ para modo I, modo II e modo III, respetivamente [36]. Adicionalmente, e como referido anteriormente, a rotação da fenda pode observar-se no caso da propagação em modo III [27]. Neste caso, após uma extensão limitada de propagação, a fenda tende a passar de plana a inclinada, com um ângulo de inclinação de 45° , sendo este o ângulo que minimiza a taxa de dissipação de energia [37], estando, também, de acordo com os resultados experimentais obtidos [36]. No entanto, em alguns casos, uma fenda de formato em V pode ser observada [37] com um ângulo de inclinação, também, próximo de 45° , resultado de duas fendas inclinadas a $+45^\circ$ ou -45° da direção do carregamento [37].

A modelação e a compreensão da transição da fenda, entre plana e inclinada, recorrendo à mecânica da deformação contínua, continua a mostrar-se uma tarefa árdua, em particular, se a trajetória de propagação da fenda não for especificada [37].

3.2. Fator de Intensidade de Tensão Equivalente

Podem ocorrer, localmente, condições de carregamento em modo misto se existir uma coexistência temporária ou permanente dos três modos básicos de carregamento, resultando na presença de fatores de intensidade de tensão do tipo K_I , K_{II} e K_{III} . As condições de carregamento dividem-se em modo misto plano, no caso da coexistência simultânea dos modos I e II, e em modo misto espacial, no caso da coexistência simultânea dos três modos. Existem, para carregamento local em modo I, critérios bem definidos para a propagação de fendas por fadiga, afirmando-se que ocorrerá propagação de uma fenda, caso o fator de intensidade de tensão, ΔK_I , localizado, exceda o fator de intensidade de tensão limite, ΔK_{Ith} , sendo que ocorrerá propagação instável da mesma se o valor de $K_{I max}$ exceder a tenacidade à fratura em modo I, K_{Ic} . Salienta-se que estas propriedades podem ser facilmente obtidas, experimentalmente, para o material em questão, encontrando-se amplamente estudadas e acessíveis para um vasto número de materiais.

Embora para carregamentos em modo I puro estes critérios sejam adequados, a utilização dos mesmos em casos de solicitações em modo misto, plano ou espacial, conduziria a resultados não conservadores, visto K_{II} e K_{III} também contribuirão para o início da propagação instável da fenda, existindo o risco de fratura do componente ou estrutura [27]. Surge, então, a necessidade de encontrar um parâmetro que englobe as contribuições de K_I , K_{II} e K_{III} , e que se possa relacionar com K_{Ith} e K_{Ic} , apresentando-se sob a forma de um fator de intensidade de tensão equivalente, K_{eq} , sendo definido através de diversas abordagens, por diversos autores [27, 38-42] e resultando em critérios de propagação e fratura, em modo misto plano ou modo misto espacial. Richard et al. [27] realizaram uma análise dos diferentes critérios propostos, entre os quais, os critérios de Pook [43] e de Richard [27], concluindo que, o critério que melhor se adequa à propagação de fendas é o critério de Richard. O fator de intensidade de tensão equivalente, K_{eq} , pode ser calculado, pelo critério de Pook, em duas etapas, através das equações (3.2.1) e (3.2.2),

$$K_{eq,II} = \frac{0,83K_I + \sqrt{0,4489K_I^2 + 3K_{II}^2}}{1,5} \quad (3.2.1)$$

$$K_{eq(Pook)} = \frac{K_{eq,II}(1 + 2\nu) + \sqrt{K_{eq,II}^2(1 - 2\nu)^2 + 4K_{III}^2}}{2} \quad (3.2.2)$$

ou, alternativamente, pelo critério de Richard, através da equação (3.2.3),

$$K_{eq(Richard)} = \frac{K_I}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{K_I^2 + 4,62K_{II}^2 + 4K_{III}^2} \quad (3.2.3)$$

A substituição do fator de intensidade de tensão em modo I, K_I , pelo fator de intensidade de tensão equivalente, K_{eq} , nas condições anteriormente apresentadas, conduz a duas novas condições de propagação de uma fenda ou de propagação instável, agora válidas para solicitações em modo misto, plano ou espacial, as quais são apresentadas em seguida:

$$\Delta K_{Ith} < \Delta K_{eq} < \Delta K_{Ic}, \text{ para propagação por fadiga,}$$

$$\Delta K_{Ic} < \Delta K_{eq}, \text{ para propagação instável.}$$

3.3. Resultados Experimentais Anteriores em Provetes CT

Em Chambel [5] e em Martins *et al.* [44] descreve-se a realização de ensaios experimentais de propagação de fendas por fadiga, em provetes CT finos, submetidos a torção. A figura 3.3-1 explicita a geometria de um provete CT fino, segundo as normas ASTM E-399 e E-647, com alterações a nível da espessura, sendo as respetivas dimensões apresentadas na tabela 3.3-1. Salienta-se que os provetes foram previamente solicitados em modo I, com uma razão de carregamento $R=0,1$, visando a abertura de uma fenda a partir do entalhe.

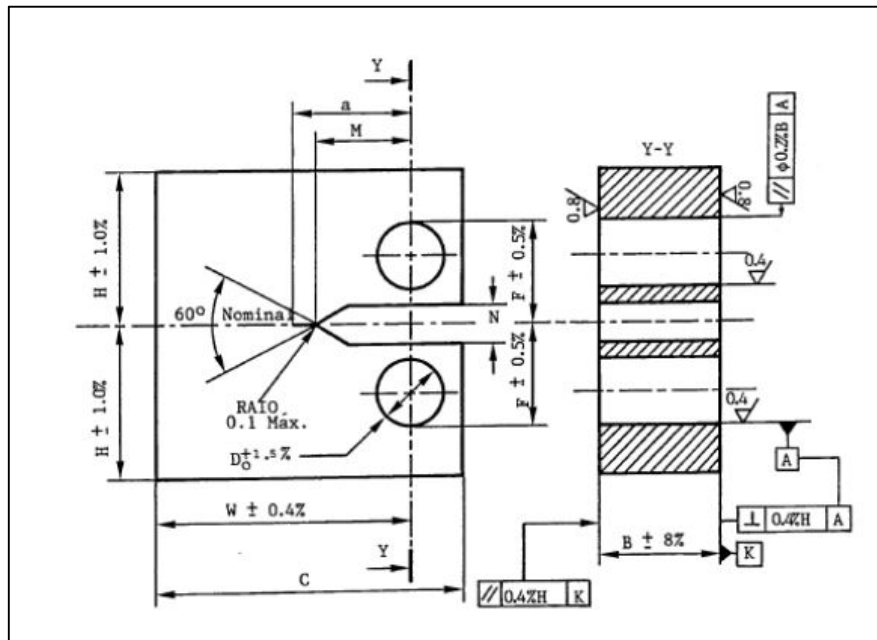


Figura 3.3-1 – Provede CT [5]

Tabela 3.3-1 – Dimensões do Provete CT. Adaptado [5]

Largura Útil	W	26 (mm)
Largura Total	C	32,5 (mm)
Espessura	B	2,5 (mm)
Semialtura	H	15,6 (mm)
D. Orifício Pino	D	7 (mm)
F	F	11,2 (mm)
Largura entalhe	N	1,69 (mm)
Comp. Entalhe	M	6,5 (mm)
Comp. Efectivo Fissura	a	11,7-14,3 (mm)

Os autores anteriormente mencionados [5] realizaram dois ensaios experimentais relevantes para o presente trabalho, recorrendo a dois provetes CT, de espessuras e materiais diferentes, sendo que, no primeiro caso foi utilizado um provete de aço AISI 316L, com espessura de 3 mm, enquanto que, no segundo caso, foi utilizado um provete de aço Cr-Mn, com espessura de 2,5 mm. Ambos os ensaios foram realizados recorrendo a uma máquina servo-hidráulica biaxial, de marca Instron, modelo 8874, com encastramento da extremidade inferior do provete e aplicação, na extremidade superior do provete, de carregamentos de torção. A montagem experimental pode ser observada nas figuras 3.3-2a e 3.3-2b. A razão entre os momentos de torção aplicados, em cada ciclo de carregamento, foi de $R=-1$, alternando entre binários positivos e negativos, de igual valor. A tabela 3.3-2 apresenta as propriedades dos materiais utilizados, que partilham os mesmos valores para o Módulo de Young e Coeficiente de Poisson, $E=200\text{ GPa}$ e $\nu=0,3$. Adicionalmente, a figura 3.3-2, permite visualizar a máquina servo-hidráulica biaxial e a montagem experimental, bem como as condições fronteira aplicadas ao provete.

Tabela 3.3-2 - Propriedades dos Materiais [44]

	Tensile strength (MPa)	Yield strength (MPa)	Ductility, ϵ (mm/mm)
AISI 316L	600	290	>40% at room temperature
Cr-Mn	800	480	

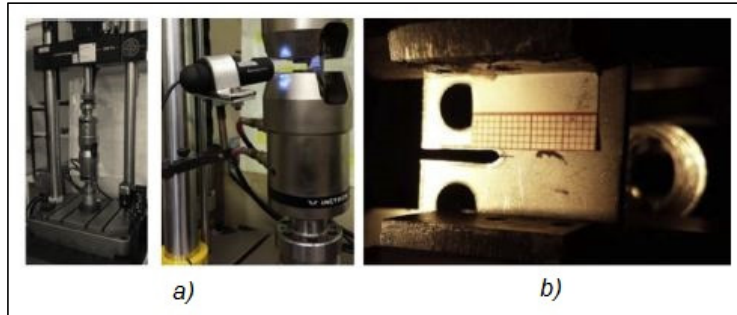


Figura 3.3-2 – a) Provete na máquina hidráulica biaxial. b) Provete CT fixado na máquina hidráulica biaxial. Adaptado de [44]

Com a realização destes ensaios [5], os autores observaram que, mediante a aplicação cíclica de uma carga torsional alternada, ocorreu a ramificação da pré-fenda iniciada em modo I, propagando-se, as duas fendas resultantes, com ângulos de inclinação relativos ao eixo dos xx , θ_2 e θ_3 , de aproximadamente 70° e -70° (Fig.3.3-3), para as ramificações superior e inferior, respetivamente. A figura 3.3-3 ilustra a evolução das fendas no provete CT, onde se encontram explicitados os ângulos, anteriormente mencionados, bem como o comprimento da fenda iniciada em modo I, L_1 , o comprimento da ramificação superior da fenda propagada em modo III, L_2 , e o comprimento da ramificação inferior da fenda propagada em modo III, L_3 .

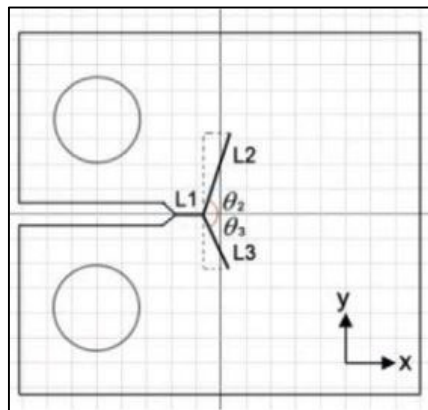


Figura 3.3-3 – Fenda e respetivas ramificações. Adaptado [44]

Os autores observaram, também, que a velocidade de propagação das fendas ramificadas foi superior junto às superfícies laterais do provete, como se pode observar na Figura 3.3-4, onde se representa esquematicamente as superfícies de fratura dos provetes testados.

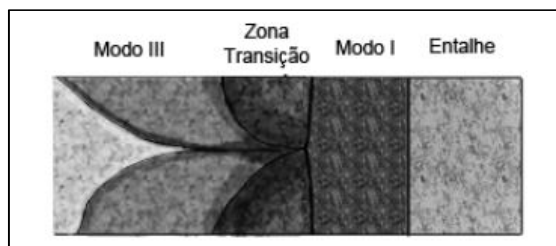


Figura 3.3-4 – Superfície de fratura [5]

A Tabela 3.3-3 apresenta os resultados observados para os dois ensaios experimentais, anteriormente referidos, explicitando, também, o número de ciclos de carga, a que o provete foi submetido, bem como os valores dos carregamentos, aos quais os provetes foram submetidos.

Tabela 3.3-3 - Resultados Experimentais. Adaptado [44]

Post-fracture measurements of specimens and other relevant information related with FCG tests carried out.

		L1 (mm)	L2 x-axis (mm)	L2 y-axis (mm)	L2 (mm)	θ_2 (°)	L3 x-axis (mm)	L3 y-axis (mm)	L3 (mm)	θ_3 (°)	No. of cycles (Mode III)	Load (N m) R = -1
Specimen no. 1 AISI 316L	Front surface	2.2 ($a_0 = 8.7$ mm)	2.1	6.5	6.8	71.7	2	5.5	5.8	70.0	354035	8.4; 9; 10.5
	Back surface		2.5	7.0	7.4	70.4	2.7	6.5	7.1	67.1		
Specimen no. 3 (Cr-Mn)	Front surface	1.7 ($a_0 = 8.2$ mm)	2.3	6.3	6.6	70.2	3.0	7.0	7.6	66.8	348194	5; 7.5; 8.5
	Back surface		2.0	5.8	6.1	70.8	1.4	4.2	4.4	70.4		

4. Materiais e Métodos

O presente capítulo visa a descrição dos materiais utilizados, bem como da metodologia aplicada com vista à determinação dos valores dos diversos fatores de intensidade de tensão. Será feita uma breve introdução ao Método dos Elementos Finitos e ao correspondente programa computacional utilizado para realizar as diferentes análises numéricas, *ANSYS*, as quais permitiram obter os resultados necessários ao presente trabalho. Paralelamente, no presente capítulo é apresentado o processo de tratamento de resultados numéricos obtidos, com vista à constituição do modelo numérico associado aos factores de intensidade de tensão relevantes.

4.1. Introdução ao Programa Computacional de Análise por Elementos Finitos

No âmbito da engenharia, a grande maioria dos problemas que se apresentam podem ser descritos em termos de modelos matemáticos, constituídos por equações diferenciais, integrais ou algébricas. É, no entanto, dada a complexidade de alguns problemas, difícil obter, na prática, soluções analíticas que representem o comportamento do fenómeno físico. A necessidade de contornar estas restrições levou à criação de métodos numéricos, que procuram apresentar soluções aproximadas através da atribuição de funções aproximadas, recorrendo a critérios de minimização de erro em detrimento de soluções exatas [45]. É neste conjunto de métodos que se insere o Método dos Elementos Finitos.

O programa computacional *ANSYS* é um programa computacional que permite a aplicação do Método de Elementos Finitos a uma geometria designada pelo utilizador. Possui diversos módulos que permitem realizar o processo de análise de uma forma mais expedita. Foi esta a ferramenta escolhida para fazer as análises numéricas descritas no presente trabalho.

4.1.1. Método dos Elementos Finitos

O Método dos Elementos Finitos contempla a decomposição do domínio contínuo do problema em diversos subdomínios. Para a obtenção da solução do problema, parte-se de uma função geral, que descreve o fenómeno físico associado, em todo o seu domínio, composto por subfunções que suportam cada um dos subdomínios, sendo que, a união de todas estas subfunções, compõem uma função

representativa de todo o domínio. A origem do nome deste método está, precisamente, na associação de uma subfunção a um subdomínio particular, que representa uma região finita do espaço, constituindo um elemento finito, o qual poderá ser associado a diversos outros elementos finitos, com vista a representar todo o domínio. Desta forma, dá-se uma simplificação considerável do problema, podendo ser, o mesmo, descrito através de um conjunto de equações polinomiais, consideravelmente mais simples. É, então, possível, ajustar o erro associado, mediante a escolha do número de subdomínios que constituem o problema, sendo possível obter soluções tão próximas da exata, consoante o desejado, através do aumento do número de elementos finitos, ainda que à custa de poder computacional. Salienta-se que, devido à natureza iterativa deste método, bem como ao volume de cálculo necessário, para a obtenção de resultados plausíveis, existe a necessidade de recorrer à discretização adequada do domínio [5, 45].

4.1.2. Processo de Simulação

O processo de simulação, realizado com recurso a este programa computacional, apresenta três fases distintas, consistindo na fase de Pré-Processamento, seguida da fase de Solução e, finalmente, da fase de Pós-Processamento. É na fase de Pré-Processamento que é definida a geometria a analisar, o modelo de material, as condições de fronteira e os carregamentos aplicados, a geometria e os parâmetros das fendas, bem como as malhas de elementos finitos. Seguidamente, na fase de Solução, o programa procede aos cálculos, de acordo com um modelo de análise escolhido pelo utilizador. Adicionalmente, na fase de Pós-Processamento são apresentados os resultados calculados na fase de Solução.

4.2. Modelo de Material

Na definição do modelo de material, de tipo linear elástico e isotrópico, recorreu-se às bibliotecas de materiais presentes no *ANSYS*, tendo sido selecionado o modelo correspondente ao aço inoxidável, com o Coeficiente de Poisson, $\nu=0,3$, e o Módulo de Young, $E=200 \text{ GPa}$.

4.3. Geometria do provete CT

Para a realização da simulação, é necessário que se realize a definição da geometria do sólido a analisar. Para o presente caso, tornou-se necessário a modelação de provetes CT, de geometrias diversas, no interface gráfico do programa, variando, estas mesmas geometrias ao nível da espessura e de comprimentos de fenda. Com efeito, tornou-se necessário modelar provetes CT com diferentes espessuras, visto ser um parâmetro relevante nos valores de factor de intensidade de tensão a obter; os valores escolhidos para este mesmo parâmetro foram de 2,5 mm e 3 mm, conforme os ensaios experimentais realizados por Chambel [5], juntamente com as espessuras de 5 mm, 7,5 mm e 10 mm. A figura 4.3-1 permite visualizar a geometria de um provete CT, modelada no programa.

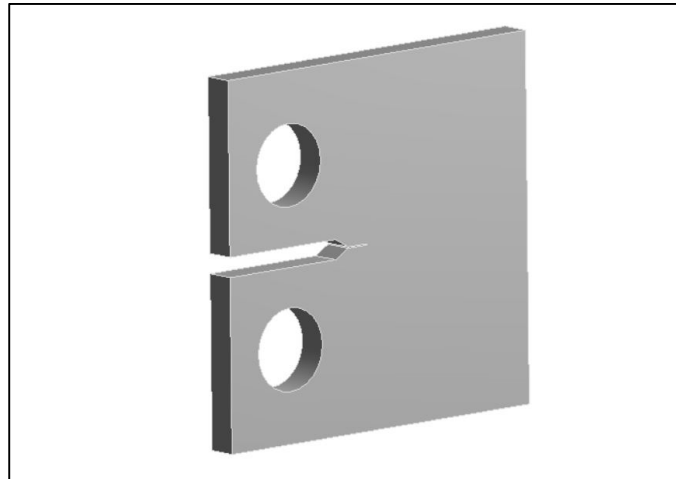


Figura 4.3-1 – Exemplo de um provete CT modelado

Para além do referido relativamente à espessura dos provetes, tornou-se, também, necessário modelar, para cada espessura definida, diferentes comprimentos de fenda, visando a obtenção de valores de factores de intensidade de tensão para cinco comprimentos distintos, com vista a compreender a evolução dos fatores estudados com o avanço da frente da fenda. Conforme os resultados obtidos por Chambel [5], foram introduzidas duas fendas, perfazendo um ângulo de $\pm 70^\circ$ com o plano do entalhe, com um comprimento das mesmas, designado por a , variável entre 0 mm e 8 mm. Tendo em conta estes resultados, representou-se o comprimento de fenda por um quociente adimensional entre o comprimento da fenda, medido segundo a direção anteriormente especificada, e o comprimento de fenda máximo, a/L_2 e a/L_3 , para as ramificações superior e inferior da fenda, respetivamente, verificado por Chambel [5]. Para este efeito, foram designados 5 comprimentos de fenda diferentes, nomeadamente: $a/L_2=0,00$ e $a/L_3=0,00$; $a/L_2=0,25$ e $a/L_3=0,25$; $a/L_2=0,50$ e $a/L_3=0,50$; $a/L_2=0,75$ e $a/L_3=0,75$; $a/L_2=1,00$ e $a/L_3=1,00$. A figura 4.3-2 permite visualizar os diferentes

comprimentos de fenda modelados. Salienta-se que a necessidade de efetuar a modelação de provetes distintos para cada espessura e comprimento de fenda conduziu à modelação de 25 provetes distintos.

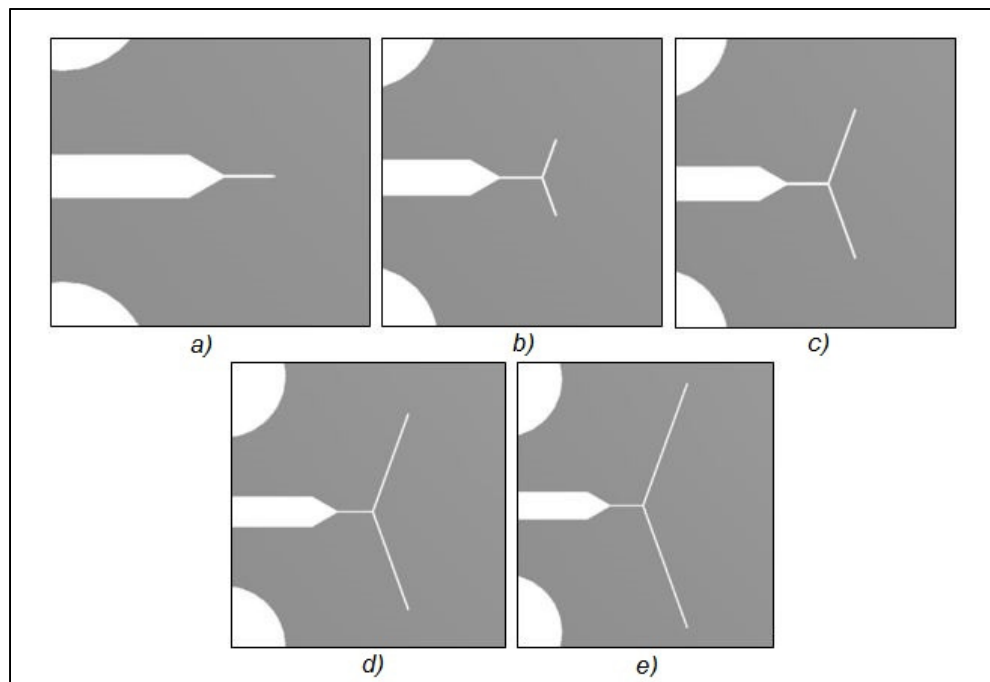


Figura 4.3-2 – a) $a/L_2=0,00$ e $a/L_3=0,00$ b) $a/L_2=0,25$ e $a/L_3=0,25$ c) $a/L_2=0,50$ e $a/L_3=0,50$ d) $a/L_2=0,75$ e $a/L_3=0,75$ e) $a/L_2=1,00$ e $a/L_3=1,00$.

O processo de simulação do crescimento de fenda incluiu a definição da sua forma semielíptica, de relação $b/2c$. O posicionamento das fendas semielípticas, para um comprimento de fenda $a/L=0,00$, pode ser observado na figura 4.3-3.

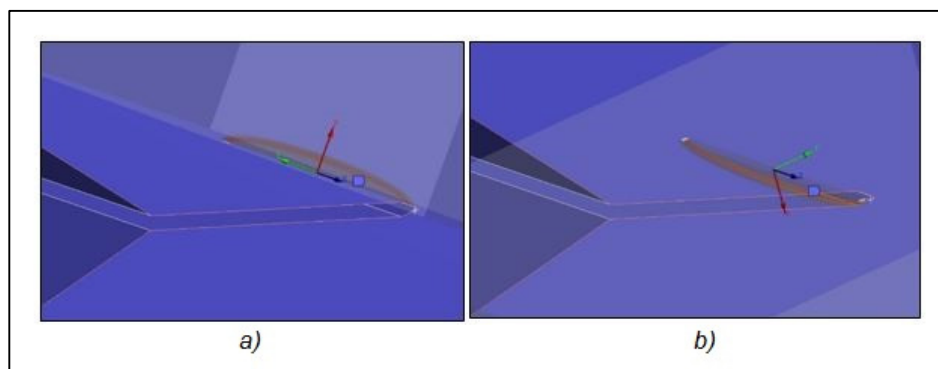


Figura 4.3-3 – Frente de fenda semielíptica para a ramificações superior (a) e inferior (b) de fenda de comprimento $a/L=0,00$

4.4. Carregamento e Condições de Fronteira

Os carregamentos e condições de fronteira introduzidos no programa computacional foram especificados com vista a reproduzir, o mais aproximadamente possível, as condições impostas aos provetes nos ensaios experimentais realizados por Chambel [5] e Martins *et al.* [44]. Analogamente à montagem experimental, a qual pode ser observada na figura 4.4-1, foi especificada uma condição de encastramento na superfície inferior do provete CT, sendo que, na superfície oposta foi aplicado um carregamento de torção.



Figura 4.4-1 – Montagem experimental. Adaptado de [44]

A figura 4.4-2 permite visualizar a aplicação das condições de fronteira (B) e de carregamento (A) ao provete CT, modelado no programa computacional.

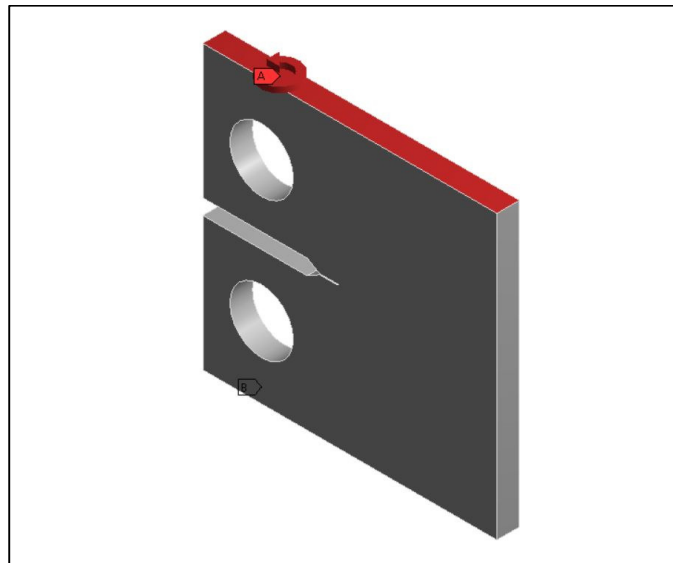


Figura 4.4-2 – Aplicação de um Momento de Torção (A) e de Condição de Fronteira de Encastramento (B) ao provete CT modelado.

Os valores especificados para o momento de torção aplicado ao provete CT foram de $6 N.m$, $7,5 N.m$ e $9 N.m$, justificando-se esta escolha com a especificação de valores desta magnitude pelos autores, anteriormente mencionados [5, 44], nos ensaios experimentais realizados, pretendendo-se compatibilizar as condições impostas nos ensaios experimentais e as simulações numéricas realizadas

4.5. Malha de elementos finitos

A malha aplicada ao provete CT foi gerada, de forma automática, pelo programa computacional, sendo constituída por elementos tetraédricos, bem como por elementos hexaédricos, sendo que estes últimos se concentraram, maioritariamente, na região próxima do entalhe. As figuras 4.5-1 e 4.5-2 permitem a visualização da malha aplicada ao provete e o refinamento da mesma na região do entalhe, respetivamente.

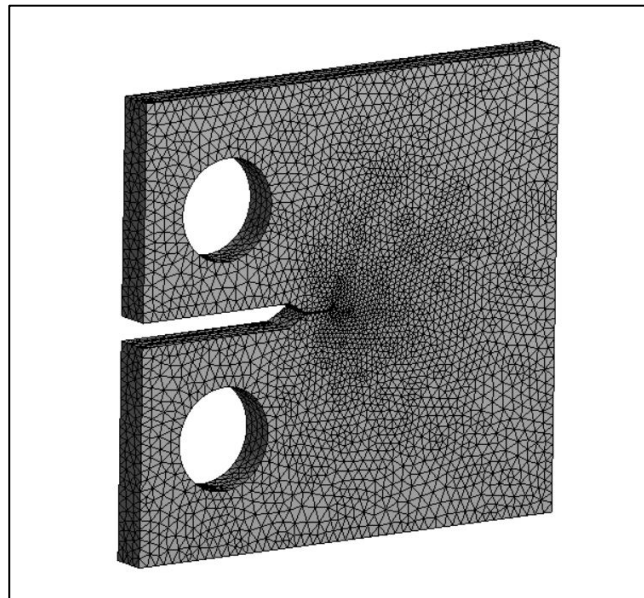


Figura 4.5-1 – Exemplo de malha de elementos finitos aplicada ao provete CT

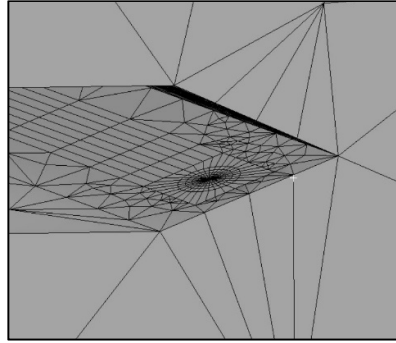


Figura 4.5-2 – Pormenor da malha de elementos finitos na região da fenda do provete CT

4.6. Escolha e Validação da Geometria de Fenda

Uma vez definida a geometria do provete, verifica-se a necessidade de definir os parâmetros geométricos das fendas semi-elípticas, os quais consistem em duas dimensões específicas, nomeadamente: a dimensão do menor semieixo da elipse, b , e a dimensão do maior eixo da elipse, $2c$; para a espessura da fenda semi-elíptica estipulou-se um valor de $0,1 \text{ mm}$, prendendo-se esta escolha com a necessidade da atribuição de um valor que fosse ao encontro dos valores verificados nos ensaios experimentais [5, 44]. Simultaneamente, encontra-se bem documentada a dificuldade da realização de análise numérica de fendas tridimensionais em superfícies livres [46]. Por conseguinte, visando evitar a instabilidade numérica resultante do cálculo dos fatores de intensidade de tensão junto das superfícies laterais, que se apresentam na condição de superfícies livres, especificou-se que cada extremidade do maior semieixo da elipse, c , estaria distante da superfície lateral do provete de um valor igual a $0,05 \text{ mm}$. Adicionalmente, verificou-se a necessidade de averiguar a influência do valor do parâmetro b no fator de intensidade de tensão resultante, ao longo da fenda. Para tal, especificaram-se os valores de $b=0,1 \text{ mm}$ e $b=1 \text{ mm}$, sendo possível observar a configuração da fenda, para cada um dos valores, na figura 4.6-1. Salienta-se que, na figura mencionada, os parâmetros b , espessura e c , representam dimensões na direção dos eixos de x , y e z .

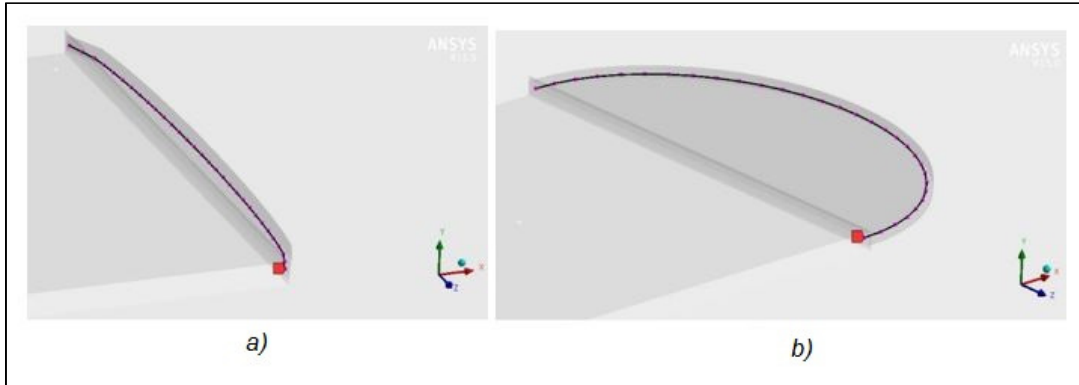


Figura 4.6-1 – a) Fenda com $b=0,1 \text{ mm}$ b) Fenda com $b=1 \text{ mm}$

Dada a escassez de literatura relativa à propagação de fendas em modo III, optou-se pela análise da influência do parâmetro, b , no valor numérico calculado do fator de intensidade de tensão K_I ; a validação dos valores numéricos de K_I foi feita por comparação com os valores calculados através da norma ASTM E-647, que permite o cálculo, de uma forma expedita, do valor máximo de K_I .

Para o efeito, realizaram-se duas simulações numéricas, com recurso a um provete CT, com a espessura de $t= 2,5 \text{ mm}$, e submetido a um carregamento em modo I, de valor igual a 2500 N .

O fator de intensidade de tensão K_I , ao longo da fenda, para os valores de $b=0,1 \text{ mm}$ ou $b=1 \text{ mm}$, pode ser observado na figura 4.6-2. O cálculo de K_I resultante da simulação numérica fez-se com recurso a seis contornos por cada um dos 31 nós presentes ao longo da frente da fenda. De acordo com a definição de Integral J, o valor de J deve ser independente do contorno escolhido.

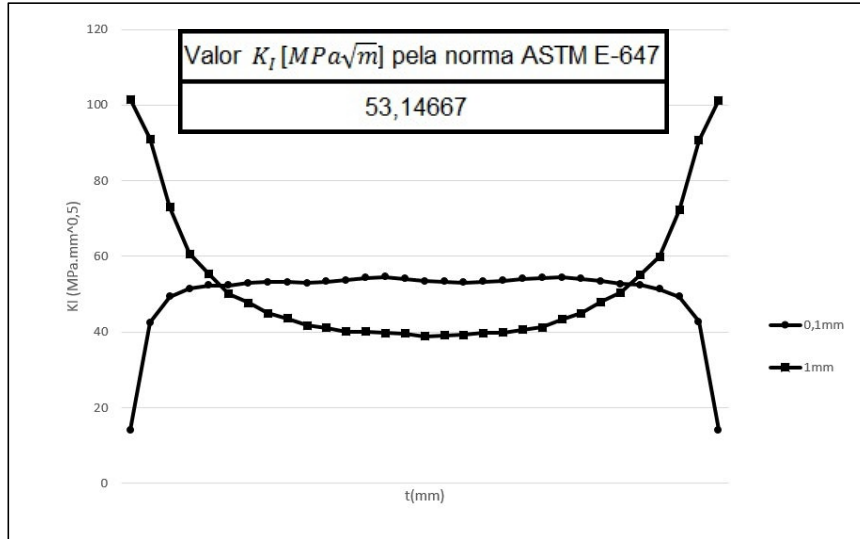


Figura 4.6-2 – Valores de K_I na frente de fenda semielíptica para os valores de $b=0,1$ mm e $b=1$ mm, para provete CT com $t=2,5$ mm e $P=2500$ N, carregado em modo I

Verifica-se, então, que o perfil de fator de intensidade de tensão que mais se aproxima do formato iso-K, que apresenta valores de K_I constantes ao longo da frente da fenda, e que é característico de carregamentos em modo I, é o perfil obtido pela introdução de uma fenda semielíptica com profundidade de fenda, $b=0,1$ mm (Fig. 4.6-2). Pode afirmar-se que esta configuração se aproxima de uma frente de fenda recta. Adicionalmente, efetuando o cálculo do valor máximo de K_I , pela norma ASTM E-647 ($53,1$ $MPa \cdot m^{0.5}$, Tabela 4.6-1), verifica-se que, a configuração que mais se aproxima do valor da norma é a anteriormente mencionada, apresentando um desvio inferior a 2,6%, face à configuração alternativa ($b=1$ mm). A tabela 4.6-1 apresenta os valores máximos de K_I , obtidos para as duas configurações de fenda, através de simulação numérica e pela norma ASTM E-647.

Tabela 4.6-1 – Valores máximos de K_I , pela norma ASTM E-647 e, na frente de fenda semielíptica, para os valores de $b=0,1$ mm e $b=1$ mm, para provete CT com $t=2,5$ mm e $P=2500$ N.

Valor K_I [$MPa\sqrt{m}$] pela norma ASTM E-647	53,14667
$K_{I_{max}}$ [$MPa\sqrt{m}$] por simulação numérica com $b=0,1$ mm	54,51451
$K_{I_{max}}$ [$MPa\sqrt{m}$] por simulação numérica com $b=1$ mm	101,49646
$K_{I_{min}}$ [$MPa\sqrt{m}$] por simulação numérica com $b=1$ mm	38,86439

Pode então concluir-se que, pela validação efetuada, o valor da profundidade da fenda semielíptica de 0,1 mm se encontra adequado ao modelo a ser analisado.

4.7. Obtenção de Resultados e Ajustamento Polinomial

Com o modelo devidamente definido, foi, então, possível obter, através do programa computacional, uma solução para o problema especificado. Na fase de pós-processamento, obtiveram-se os valores dos fatores de intensidade de tensão K_I , K_{II} e K_{III} , para cada um dos seis contornos, presentes em cada um dos 31 nós analisados ao longo da frente da fenda. Foi, também, possível efetuar o cálculo da deformação do provete, cujo exemplo se apresenta graficamente na figura 4.7-1.

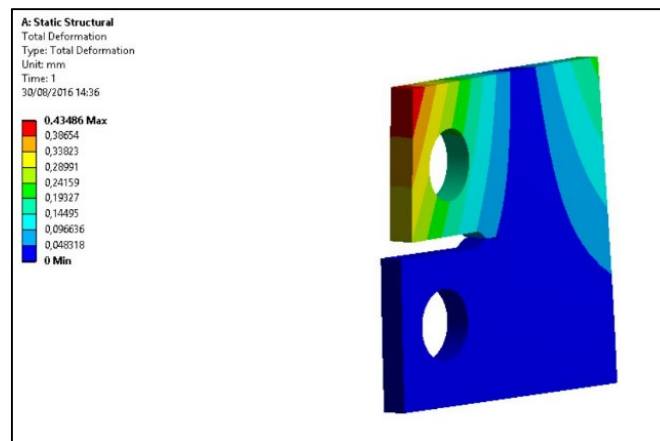


Figura 4.7-1 – Deformação do provete CT

Os dados obtidos para os fatores de intensidade de tensão são apresentados, para cada contorno, sob o formato de tabela e graficamente, como se pode observar na figura 4.7-2, para cada contorno, nos diferentes nós, presentes ao longo da frente da fenda.

Optou-se pela utilização, pela maior coerência nos resultados calculados, dos valores relativos ao sexto contorno, para análise de resultados e desenvolvimento dos modelos de cálculo, no presente trabalho.

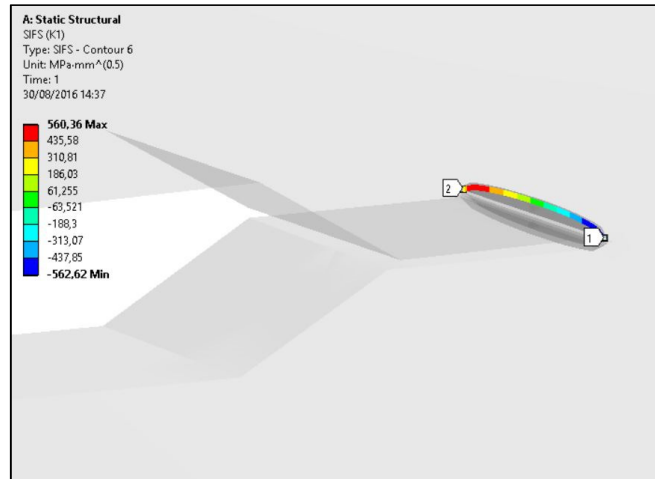


Figura 4.7-2 – K_I para o 6º contorno, ao longo da ramificação superior da fenda

Foram realizadas simulações numéricas visando obter os fatores de intensidade de tensão K_I , K_{II} e K_{III} , para cada comprimento de fenda a/L de cada ramificação da fenda, em provetes CT de cinco espessuras diferentes ($t=2,5\text{ mm}$; $t=3\text{ mm}$; $t=5\text{ mm}$; $t=7,5\text{ mm}$; $t=10\text{ mm}$), submetidos a momentos de torção iguais a 6 N.m , $7,5\text{ N.m}$ e 9 N.m . Optou-se por apresentar os resultados dos fatores de intensidade de tensão recorrendo a gráficos que explicitam a evolução do fatores de intensidade de tensão (K_I , K_{II} ou K_{III}), ao longo da espessura, t , do provete, apresentando, para cada ramificação da fenda, presente em cada espessura distinta de provete CT, submetido a cada carregamento, os valores para os cinco comprimentos de fenda analisados. Estes resultados são, também, apresentados sob o formato de tabela, em anexo.

Com recurso aos critérios de Richard e de Pook, calcularam-se os valores dos fatores de intensidade de tensão equivalentes para as condições anteriormente descritas, sendo os valores resultantes apresentados de forma análoga à anterior.

Simultaneamente, foi desenvolvido um modelo matemático de ajustamento polinomial aos resultados obtidos por simulação numérica; deste modo, mediante a especificação da espessura do provete, t , do valor do carregamento aplicado, T , e do comprimento de fenda, l , a analisar, é possível obter os valores de cada fator de intensidade de tensão para cada fenda simulada. Para tal, realizou-se um ajustamento dos resultados numéricos obtidos à equação (4.7.1), de duas variáveis de terceiro e quarto grau, permitindo uma boa exatidão. Este ajustamento permite obter os coeficientes polinomiais, p_{ij} , necessários ao cálculo dos vários fatores de intensidade de tensão, para qualquer comprimento de fenda, espessura de provete e para cada um dos três carregamentos específicos ($T=6\text{ N.m}$, $T=7,5\text{ N.m}$ e $T=9\text{ N.m}$).

$$K(l, t) = p_{00} + p_{10} \cdot l + p_{01} \cdot t + p_{20} \cdot l^2 + p_{11} \cdot l \cdot t + p_{02} \cdot t^2 + p_{30} \cdot l^3 + p_{21} \cdot l^2 \cdot t + p_{12} \cdot l \cdot t^2 + p_{03} \cdot t^3 + p_{40} \cdot l^4 + p_{31} \cdot l^3 \cdot t + p_{22} \cdot l^2 \cdot t^2 + p_{13} \cdot l \cdot t^3$$

(4.7.1)

De modo a determinarem-se os valores dos coeficientes p_{ij} , para qualquer momento de torção aplicado, fez-se o ajustamento dos valores de p_{ij} , correspondentes aos três carregamentos aplicados ($T=6 \text{ N.m}$, $T=7,5 \text{ N.m}$ e $T=9 \text{ N.m}$), obtidos pelo ajustamento à equação (4.7.1), à equação quadrática (4.7.2).

$$p_{ij}(T) = p_1 \cdot T^2 + p_2 \cdot T + p_3$$

(4.7.2)

Desta forma, obtiveram-se os valores dos coeficientes quadráticos, p_i , necessários ao cálculo dos coeficientes polinomiais, p_{ij} .

O processo consiste na utilização dos coeficientes p_i , associados a cada coeficiente p_{ij} , na equação (4.7.2) bem como à especificação do carregamento torsional, T , aplicado. Desta forma, torna-se possível obter os diversos coeficientes p_{ij} , a aplicar à equação (4.7.1), que permite, por sua vez, calcular os diversos fatores de intensidade de tensão.

Torna-se, então, possível através deste processo de duas etapas, calcular os valores dos fatores de intensidade de tensão para qualquer valor de espessura, comprimento de fenda e carregamento.

5. Apresentação e Análise de Resultados

O presente capítulo apresenta, graficamente, os resultados dos fatores de intensidade de tensão (K_I , K_{II} e K_{III}) ao longo da espessura e para cinco comprimentos de fenda distintos, para a fenda ramificada, superior e inferior, de um provete de 2,5 mm de espessura, submetido a um momento de torção de 6 N.m. Com os resultados anteriormente mencionados, foram calculados os valores dos fatores de intensidade de tensão equivalentes pelos critérios de Richard e de Pook.

Recorrendo aos resultados dos fatores de intensidade de tensão, obtidos através de simulação numérica e do critério de Richard, foi desenvolvido um modelo matemático para fazer o cálculo do valor máximo destes mesmos fatores, para qualquer carga ou espessura de provete, através do ajustamento polinomial de todos os valores obtidos. É, também, aferida a qualidade do ajustamento polinomial, com vista a avaliar a precisão do modelo desenvolvido.

Adicionalmente, efetua-se uma comparação entre resultados obtidos através de simulação numérica e os resultados experimentais obtidos por Chambel [5].

5.1. Resultados Numéricos e Cálculo do Fator de Intensidade de Tensão Equivalente

5.1.1. Fator de Intensidade de Tensão K_I

A figura 5.1.1-1 apresenta graficamente a evolução do fator de intensidade de tensão K_I , para a fenda propagada segundo 70° (fenda superior) de um provete CT de espessura igual a 2,5 mm, submetido a um carregamento torsional de 6 N.m, para cinco comprimentos de fenda distintos ($a/L_2=0, 0.25, 0.5, 0.75, 1$).

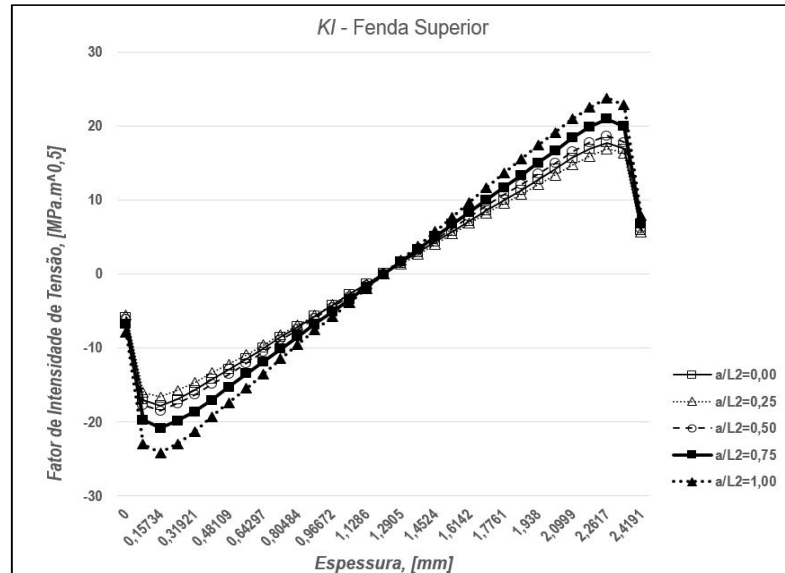


Figura 5.1.1-1 - K_I [$MPa.\sqrt{m}$], ao longo da espessura, para fenda superior de provete de $t=2,5$ mm, submetido a $T=6$ N.m

É, então, perceptível que os valores máximos, em módulo, de K_I , ocorrem junto às superfícies laterais do provete; paralelamente, o valor de K_I , em módulo, decresce com a aproximação ao plano médio do provete, onde se anula (Fig. 5.1.1-1). Os valores absolutos de K_I seguem uma tendência crescente, no sentido crescente da espessura, localizando-se o seu mínimo e máximo junto da superfície lateral à direita e à esquerda da direção de propagação da fenda, respetivamente. Salienta-se, ainda, um aumento do valor de K_I , em módulo, para qualquer valor de espessura, com o aumento do comprimento da fenda. Por sua vez, a figura 5.1.1-2 apresenta graficamente a evolução do fator de intensidade de tensão K_I para a fenda propagada segundo -70°C (fenda inferior) de um provete CT, com

as especificações anteriormente descritas e, submetido às condições de carregamento antes enunciadas.

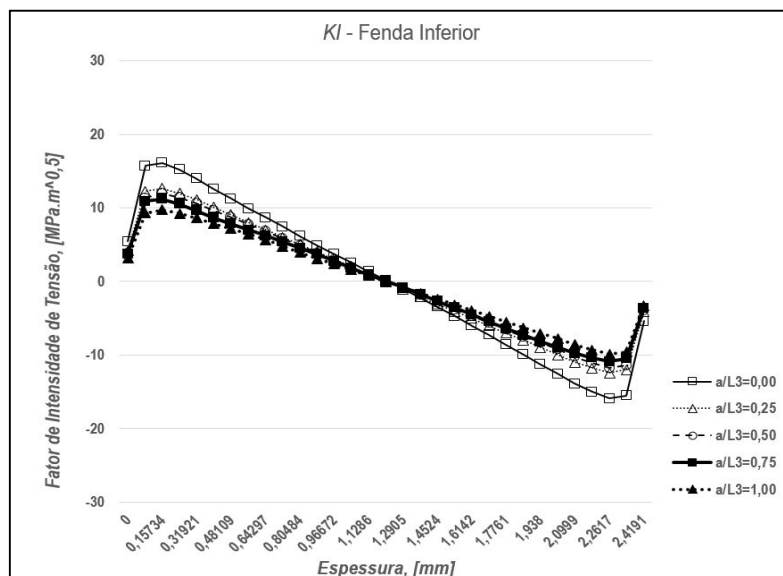


Figura 5.1.1-2 - K_I [$\text{MPa}\cdot\sqrt{\text{m}}$], ao longo da espessura, para fenda inferior de provete de $t=2,5$ mm, submetido a $T=6$ N.m

Analogamente ao que acontecia na ramificação superior, os valores máximos, em módulo, de K_I ocorrem junto às superfícies laterais do provete, embora ou seus valores sejam, sensivelmente, 66% dos valores que ocorrem na ramificação superior. Em oposição ao que acontece na ramificação superior, os valores absolutos de K_I seguem uma tendência decrescente, no sentido crescente da dimensão da fenda simulada, localizando-se o seu máximo e mínimo junto da superfície lateral à direita e à esquerda da direção de propagação da fenda, respetivamente.

5.1.2. Fator de Intensidade de Tensão K_{II}

A figura 5.1.2-1 apresenta graficamente a evolução do Fator de Intensidade de Tensão K_{II} , para a fenda superior de um provete CT de espessura igual a 2,5 mm, submetido a um carregamento torsional de 6 N.m, para cinco comprimentos de fenda distintos.

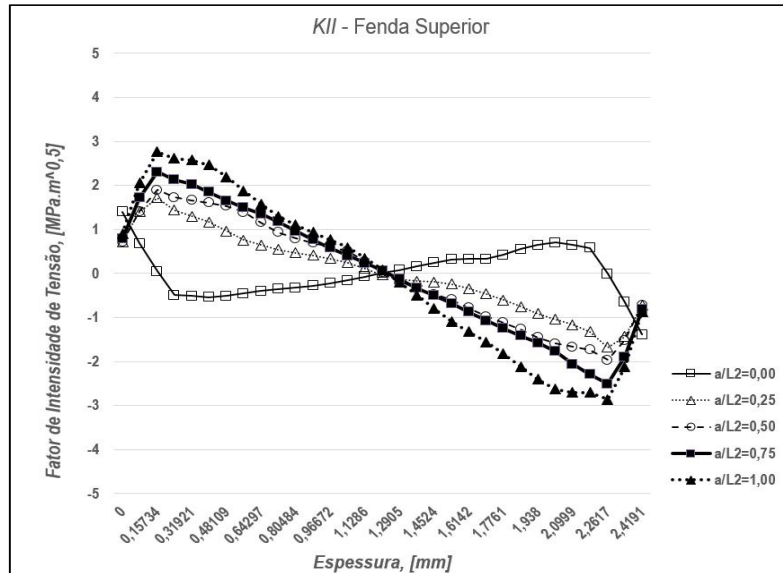


Figura 5.1.2-1 - K_{II} [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fenda superior de provete de $t=2,5$ mm, submetido a $T=6$ N.m

Os valores dos fatores de intensidade de tensão, K_{II} , em módulo, atingem o máximo junto às superfícies laterais do provete. Os valores de K_{II} seguem uma tendência decrescente no sentido crescente da espessura, anulando-se no plano médio da espessura, situando-se o seu máximo e mínimo junto às superfícies laterais à direita e à esquerda do sentido de propagação da fenda,

respetivamente. Estes valores estão uma ordem de grandeza abaixo dos valores de K_I , aumentando com o comprimento da fenda.

A figura 5.1.2-2 apresenta graficamente a evolução do fator de intensidade de tensão K_{II} , para a fenda inferior de um provete CT de espessura igual a 2,5 mm, submetido a um carregamento torsional de 6 N.m, para cinco comprimentos de fenda distintos.

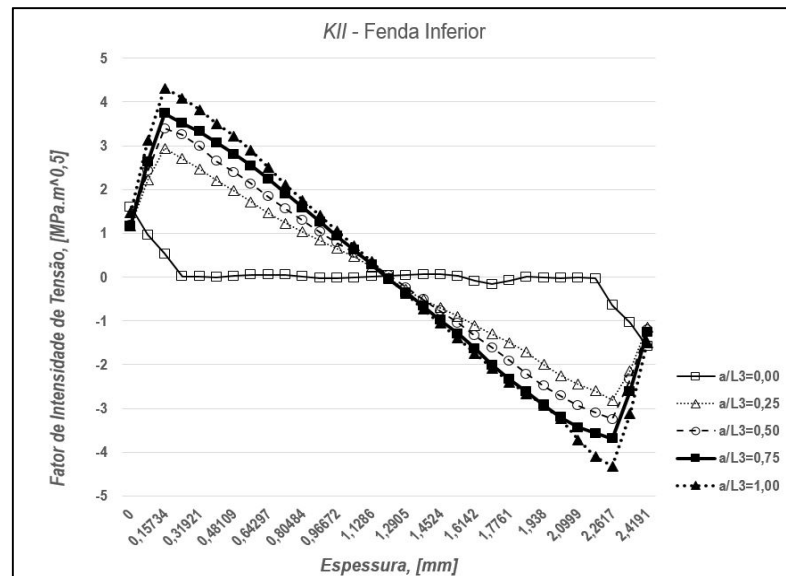


Figura 5.1.2-2 - K_{II} [$\text{MPa}\cdot\sqrt{\text{m}}$], ao longo da espessura, para fenda inferior de provete de $t=2,5\text{mm}$, submetido a $T=6\text{N}\cdot\text{m}$

A evolução dos valores de K_{II} , absolutos ou em módulo, para a ramificação inferior da fenda é, em tudo, semelhante à evolução dos valores da ramificação superior, embora, os primeiros, se apresentem mais elevados, comparativamente aos valores da ramificação superior.

5.1.3. Fator de Intensidade de Tensão K_{III}

A figura 5.1.3-1 apresenta graficamente a evolução do fator de intensidade de tensão K_{III} , para a ramificação superior de um provete CT de espessura igual a 2,5 mm, submetido a um carregamento torsional de 6 N.m, para cinco comprimentos de fenda distintos.

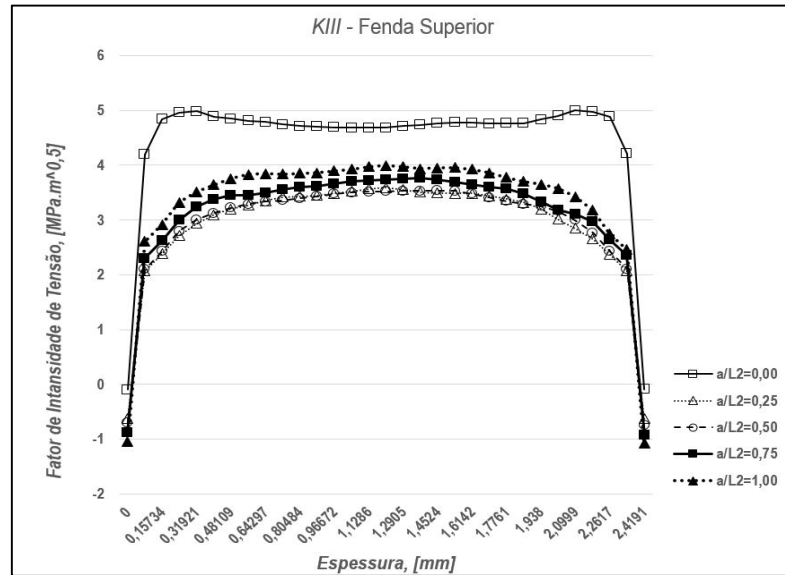


Figura 5.1.3-1 - K_{III} [$MPa \cdot \sqrt{m}$], ao longo da espessura, para fenda superior de provete de $t=2,5$ mm, submetido a $T=6$ N.m

É perceptível, através da figura 5.1.3-1 que os valores máximos absolutos de K_{III} são da mesma ordem de grandeza de K_{II} e ocorrem no plano médio da espessura do provete, para os vários comprimentos de fenda, sendo que apenas se verifica um pequeno desvio desta tendência aquando da iniciação da fenda ($a/L_2=0,00$), ocorrendo, neste último caso, os valores máximos, junto à superfícies laterais do provete. Para o comprimento de fenda anteriormente mencionado ($a/L_2=0,00$), os valores

de K_{III} são aproximadamente constantes ao longo da espessura e, sempre, superiores aos demais valores correspondentes aos restantes comprimentos de fenda.

A figura 5.1.3-2 apresenta graficamente a evolução do fator de intensidade de tensão K_{III} , para a ramificação inferior de um provete CT de espessura igual a 2,5 mm, submetido a um carregamento torsional de 6 N.m, para cinco comprimentos de fenda distintos.

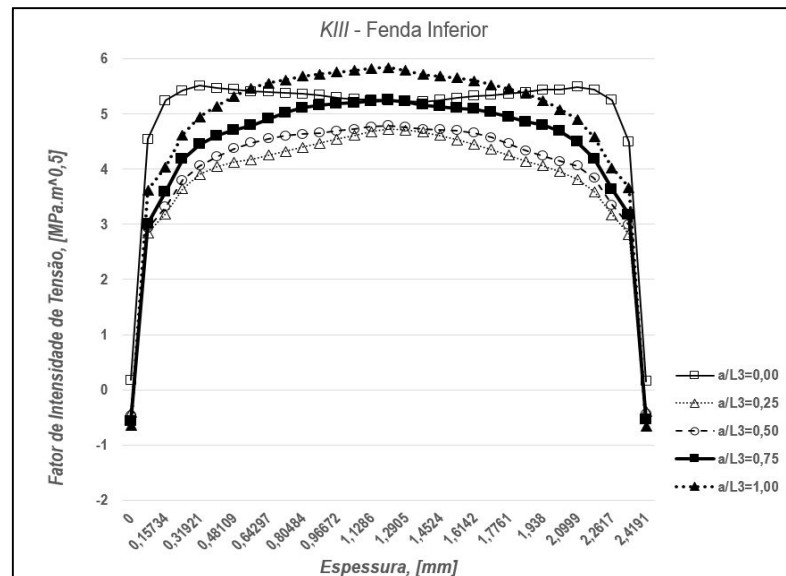


Figura 5.1.3-2 - K_{III} [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fenda inferior de provete de $t=2,5$ mm, submetido a $T=6$ N.m

Os valores de K_{III} , para o comprimento de fenda inicial da ramificação inferior são semelhantes aos que ocorrem na ramificação superior, seguindo também uma tendência evolutiva semelhante à que ocorre na ramificação superior, ainda que estes se apresentem ligeiramente superiores aos que ocorrem na ramificação anteriormente referida.

5.1.4. Fator de Intensidade de Tensão $K_{eq(Richard)}$

A figura 5.1.4-1 apresenta graficamente a evolução do fator de intensidade de tensão equivalente, segundo o critério de Richard (Eq. 3.2.3), $K_{eq(Richard)}$, para a ramificação superior de um

provete CT de espessura igual a 2,5 mm, submetido a um carregamento torsional de 6 N.m, para cinco comprimentos de fenda distintos.

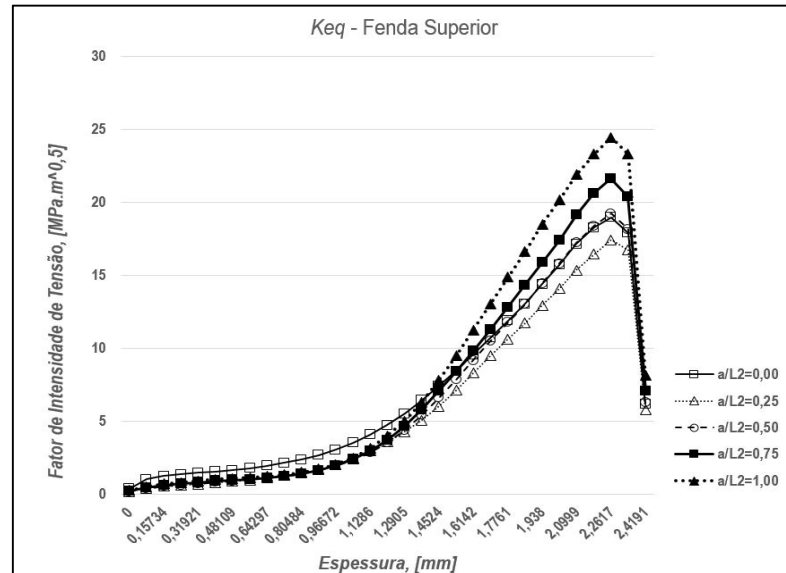


Figura 5.1.4-1 - $K_{eq(Richard)}$ [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fenda superior de provete de $t=2,5$ mm, submetido a $T=6$ N.m

Os valores absolutos de $K_{eq(Richard)}$ para a ramificação inferior apresentam uma tendência de crescimento, no sentido crescente da espessura, atingindo o seu máximo junto da superfície lateral do provete, verificando-se um crescimento mais acentuado a partir do plano médio do provete, no sentido crescente da espessura. Também, após o plano médio do provete, se verifica um crescimento dos valores de $K_{eq(Richard)}$ com o aumento do comprimento da fenda, existindo apenas uma pequeno desvio nos comprimentos imediatamente após o início do crescimento da mesma. Antes do plano médio do provete os valores de $K_{eq(Richard)}$ são, aproximadamente, iguais para todos os comprimentos de fenda.

A figura 5.1.4-2 apresenta graficamente a evolução do fator de intensidade de tensão equivalente segundo o critério de Richard, $K_{eq(Richard)}$, para a ramificação inferior de um provete CT de

espessura igual a 2,5 mm, submetido a um momento de torção de 6 N.m, para cinco comprimentos de fenda distintos.

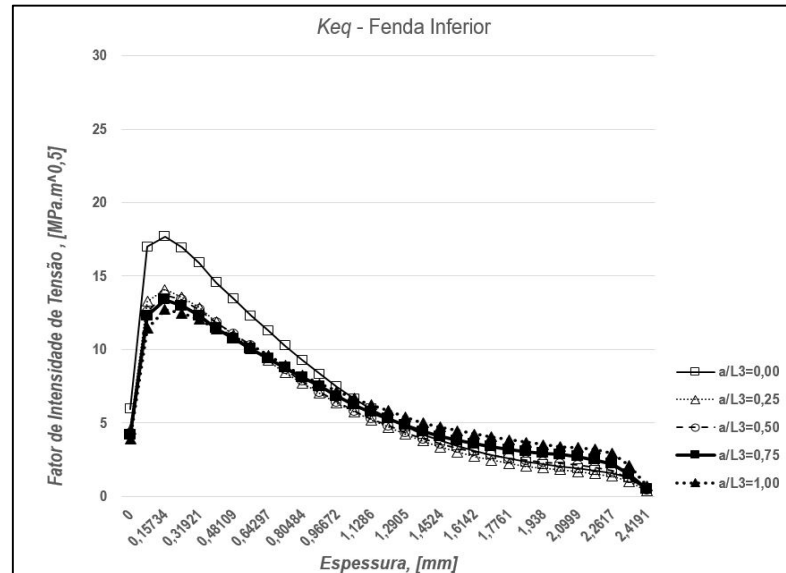


Figura 5.1.4-2 - $K_{eq(Richard)}$ [$MPa \cdot \sqrt{m}$], ao longo da espessura, para fenda inferior de provete de $t=2,5mm$, submetido a $T=6 N.m$

Os valores absolutos de $K_{eq(Richard)}$ para a ramificação inferior da fenda apresentam uma tendência decrescente, no sentido crescente da espessura, atingindo o seu máximo junto da superfície lateral do provete, verificando-se um decréscimo mais acentuado destes valores até ao plano médio do provete, no sentido crescente da espessura.

Também, após o plano médio do provete, se verifica um crescimento dos valores de $K_{eq(Richard)}$ com o aumento do comprimento da fenda. Antes deste plano os valores de $K_{eq(Richard)}$ são, aproximadamente, iguais para todos os comprimentos de fenda, excetuando os comprimentos imediatamente após o início do crescimento da mesma, que apresentam valores significativamente superiores.

5.1.5. Fator de Intensidade de Tensão $K_{eq(Pook)}$

A figura 5.1.5-1 apresenta graficamente a evolução do fator de intensidade de tensão Equivalente segundo o critério de Pook, $K_{eq(Pook)}$, para a ramificação superior de um provete CT de espessura igual a 2,5 mm, submetido a um carregamento torsional de 6 N.m, para cinco comprimentos de fenda distintos.

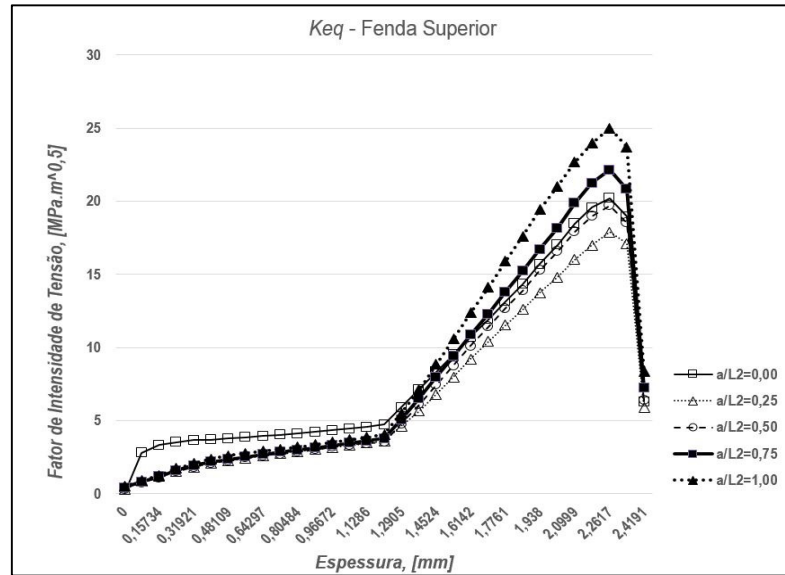


Figura 5.1.5-1 - $K_{eq(Pook)}$ [$MPa \cdot \sqrt{m}$], ao longo da espessura, para fenda superior de provete de $t=2,5mm$, submetido a $T=6 N.m$

A figura 5.1.5-2 apresenta graficamente a evolução do fatores de intensidade de tensão equivalente segundo o critério de Pook, $K_{eq(Pook)}$, para a ramificação inferior de um provete CT de espessura igual a 2,5 mm, submetido a um momento de torção de 6 N.m, para cinco comprimentos de fenda distintos.

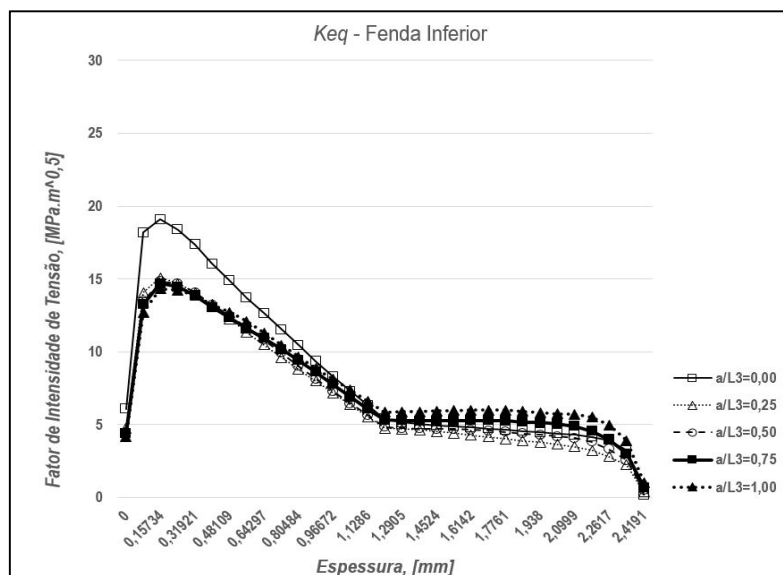


Figura 5.1.5-2 - $K_{eq(Pook)} [MPa \cdot \sqrt{m}]$, ao longo da espessura, para fenda inferior de provete de $t=2,5mm$, submetido a $T=6 N.m$

Os valores de $K_{eq(Pook)}$ são semelhantes aos valores de $K_{eq(Richard)}$, sendo a sua evolução ao longo da espessura do provete semelhante. Ainda assim, há a salientar uma transição mais abrupta nas curvas apresentadas, quer para a ramificação superior, quer para a ramificação inferior da fenda, aproximadamente a meio da espessura do provete, bem como uma maior linearidade na evolução das mesmas, antes do ponto anteriormente referido.

5.1.6. Evolução dos Fatores de Intensidade de Tensão com a variação da espessura e do carregamento

As figuras 5.1.6-1 a 5.1.6-5 apresentam a evolução dos diferentes fatores de intensidade de tensão com a variação da espessura dos provetes, bem como com a variação dos carregamentos torsionais aos quais estes se encontram submetidos, observando-se as tendências descritas na secção anterior deste capítulo.

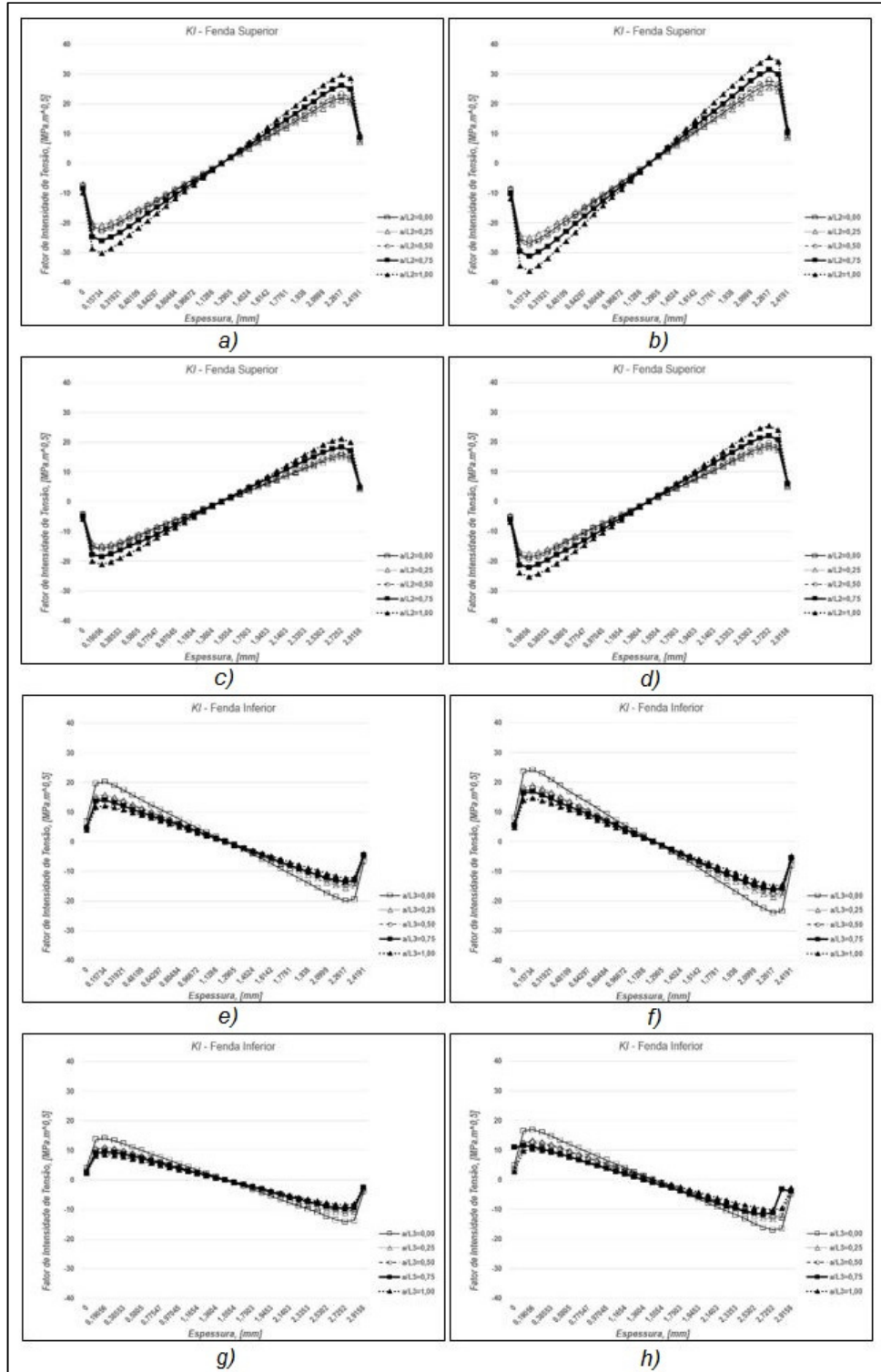


Figura 5.1.6-1 – K_I - a) $t=2.5$ mm e $T= 7,5$ N.m; b) $t=2.5$ mm e $T= 9$ N.m; c) $t=3$ mm e $T= 7,5$ N.m; d) $t=3$ mm e $T= 9$ N.m; e) $t=2.5$ mm e $T= 7,5$ N.m; f) $t=2.5$ mm e $T= 9$ N.m; g) $t= 3$ mm e $T= 7,5$ N.m h) $t=3$ mm e $T= 9$ N.m

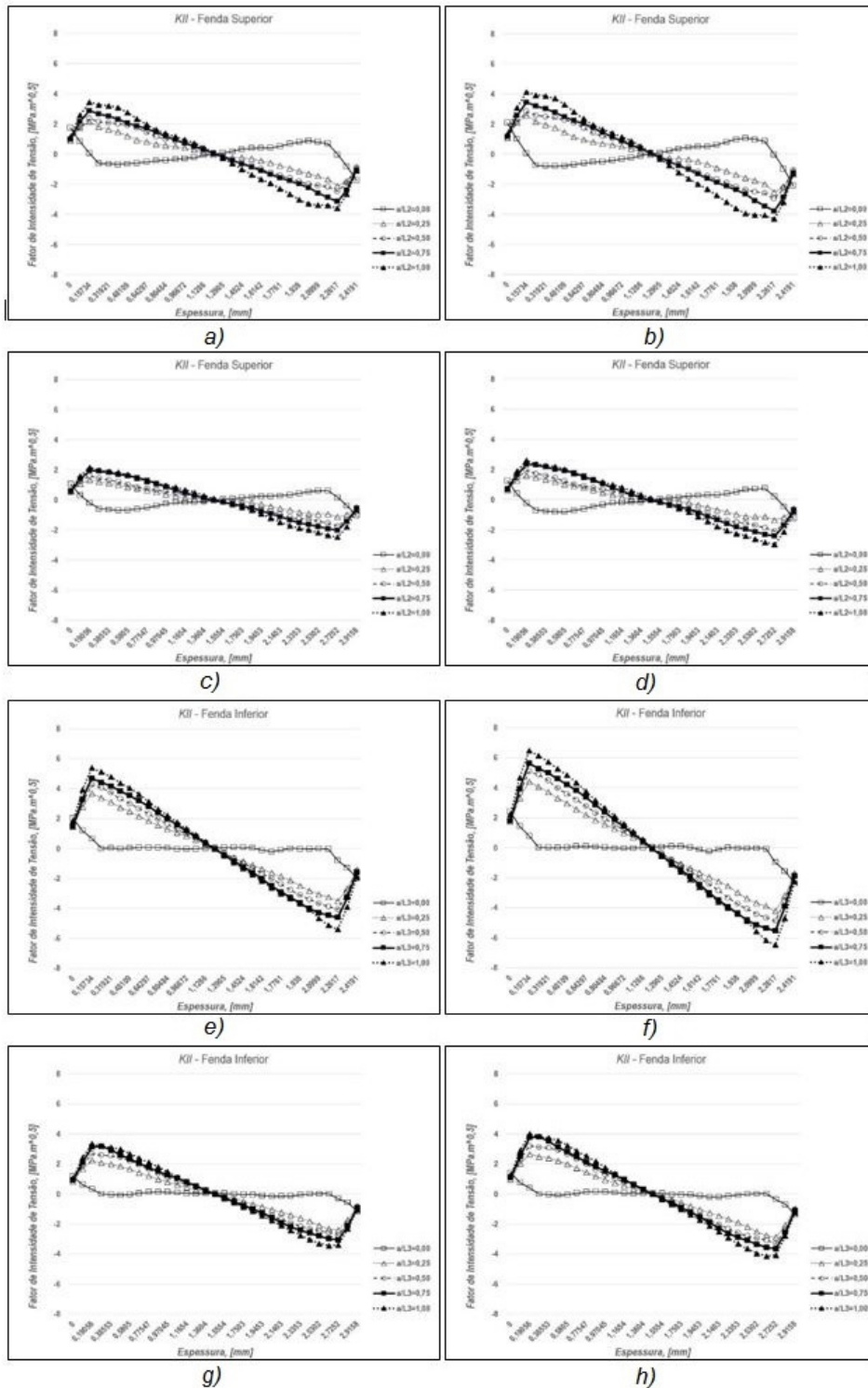


Figura 5.1.6-2 – K_{II} - a) $t=2.5$ mm e $T=7,5$ N.m; b) $t=2.5$ mm e $T=9$ N.m; c) $t=3$ mm e $T=7,5$ N.m; d) $t=3$ mm e $T=9$ N.m; e) $t=2.5$ mm e $T=7,5$ N.m; f) $t=2.5$ mm e $T=9$ N.m; g) $t=3$ mm e $T=7,5$ N.m h) $t=3$ mm e $T=9$ N.m

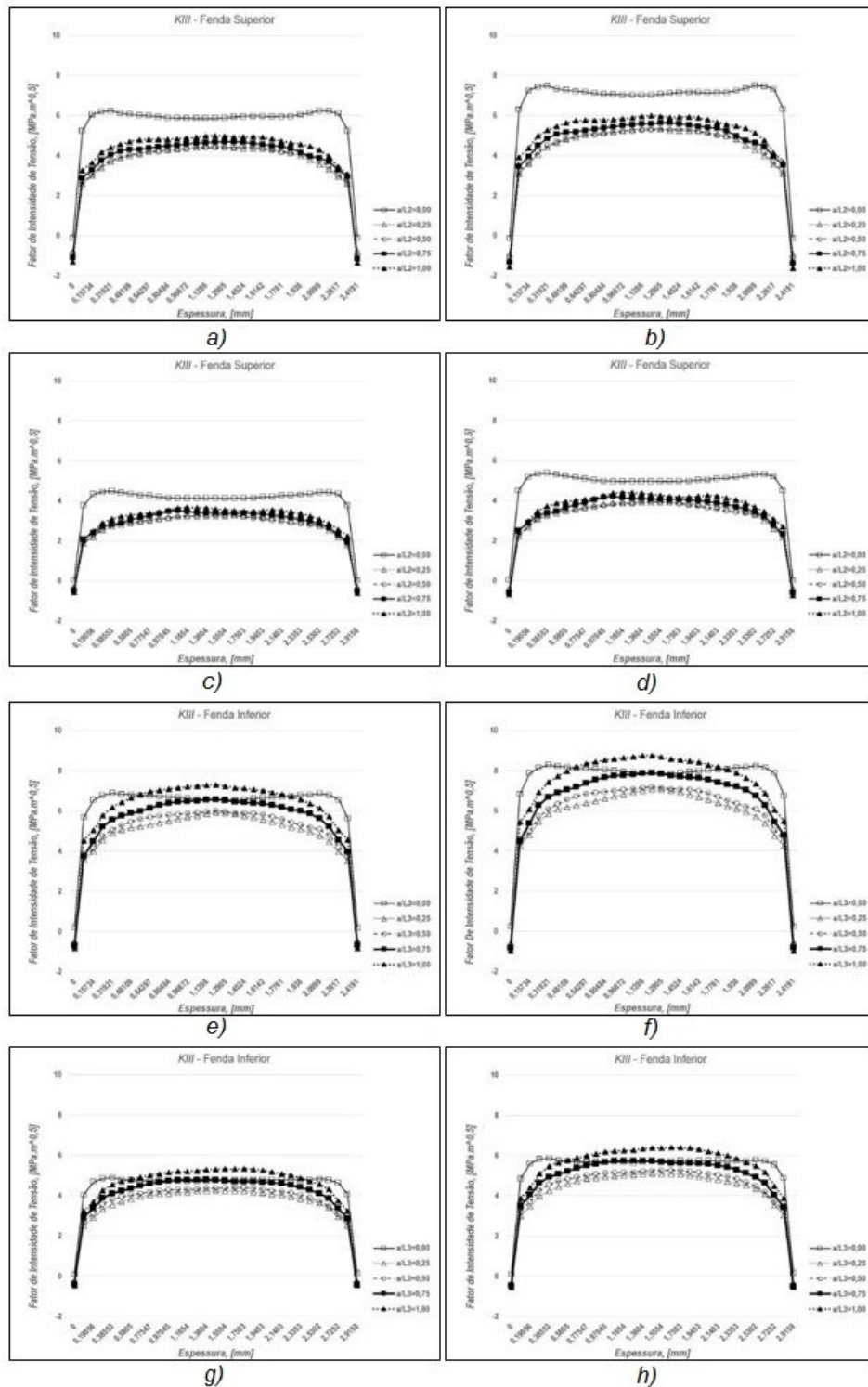


Figura 5.1.6-3 – K_{III} - a) $t=2.5\text{ mm}$ e $T=7,5\text{ N.m}$; b) $t=2.5\text{ mm}$ e $T=9\text{ N.m}$; c) $t=3\text{ mm}$ e $T=7,5\text{ N.m}$; d) $t=3\text{ mm}$ e $T=9\text{ N.m}$; e) $t=2.5\text{ mm}$ e $T=7,5\text{ N.m}$; f) $t=2.5\text{ mm}$ e $T=9\text{ N.m}$; g) $t=3\text{ mm}$ e $T=7,5\text{ N.m}$ h) $t=3\text{ mm}$ e $T=9\text{ N.m}$

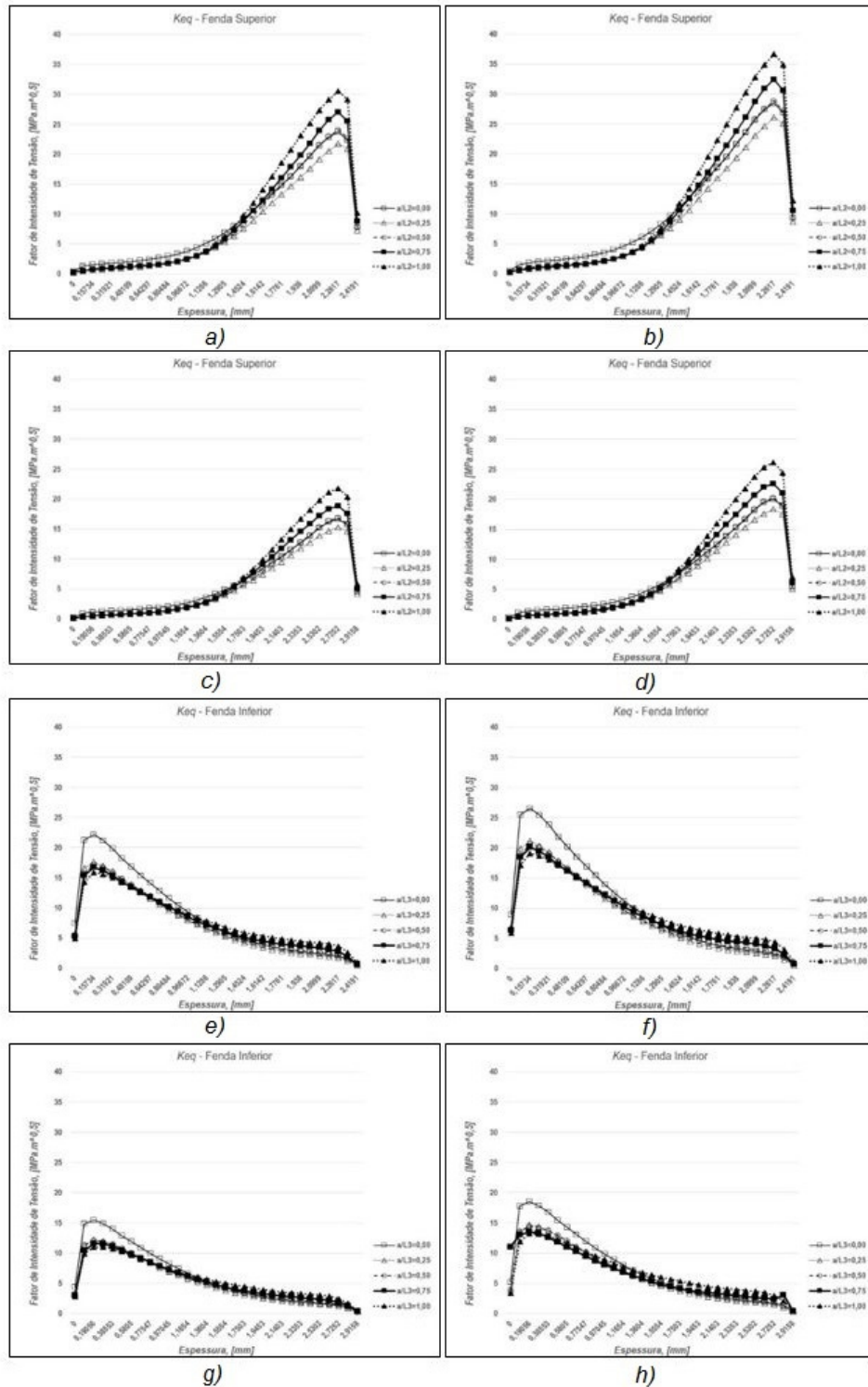


Figura 5.1.6-4 – $K_{eq(Richard)}$ - a) $t=2.5$ mm e $T= 7,5$ N.m; b) $t=2.5$ mm e $T= 9$ N.m; c) $t=3$ mm e $T= 7,5$ N.m; d) $t=3$ mm e $T= 9$ N.m; e) $t=2.5$ mm e $T= 7,5$ N.m; f) $t=2.5$ mm e $T= 9$ N.m; g) $t= 3$ mm e $T= 7,5$ N.m h) $t=3$ mm e $T= 9$ N.m

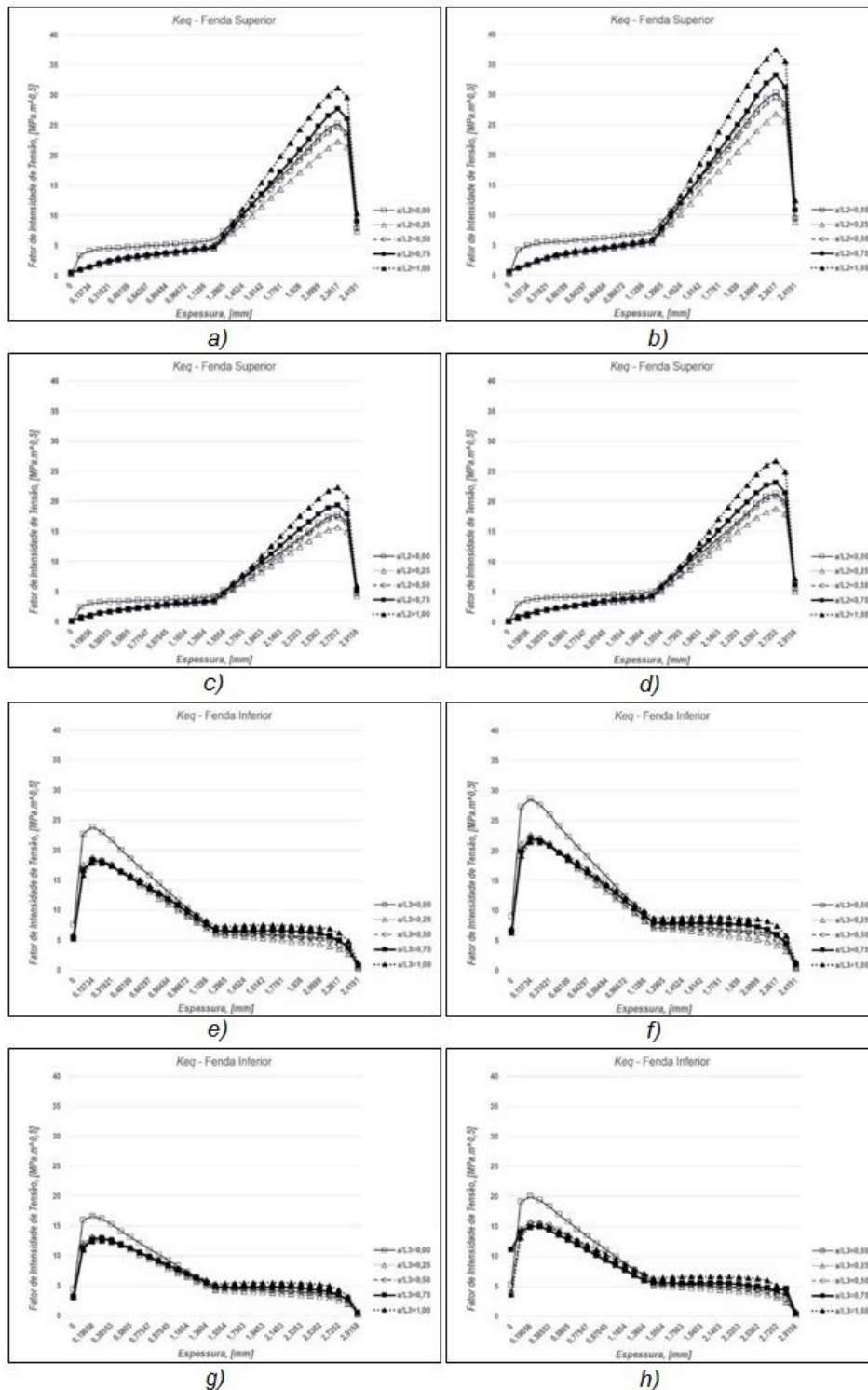


Figura 5.1.6-5 – $K_{eq(Richard)}$ - a) $t=2.5$ mm e $T= 7,5$ N.m; b) $t=2.5$ mm e $T= 9$ N.m; c) $t=3$ mm e $T= 7,5$ N.m; d) $t=3$ mm e $T= 9$ N.m; e) $t=2.5$ mm e $T= 7,5$ N.m; f) $t=2.5$ mm e $T= 9$ N.m; g) $t= 3$ mm e $T= 7,5$ N.m h) $t=3$ mm e $T= 9$ N.m

Observa-se, nas figuras anteriormente apresentadas, um aumento em módulo do valor de todos os fatores de intensidade de tensão, incluindo os fatores de intensidade de tensão calculados através dos critérios de Pook e Richard, com o aumento do valor de momento torsor, ao qual o provete se encontra submetido. Verifica-se, também, a diminuição destes mesmo valores de fator de intensidade de tensão com o aumento da espessura do provete. Salienta-se que para todos os valores de momento torsor e de espessura de provete, especificados nas simulações realizadas, a evolução de valores dos fatores de intensidade de tensão se apresenta semelhante à descrita em 5.1.

5.2. Modelo Polinomial para Obtenção dos Fatores de Intensidade de Tensão Máximos

As figuras 5.2-1 a 5.2-8 representam as superfícies correspondentes aos valores máximos absolutos dos fatores de intensidade de tensão (K_I , K_{II} , K_{III} e $K_{eq(Richard)}$) obtidos através de ajuste polinomial, que se verificam nas ramificações superior e inferior, respetivamente, para um provete CT, quando submetido a um momento de torção igual a 6 N.m . Estes valores, em $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$, representados nas figuras por z , encontram-se relacionados com o comprimento de fenda, a/L , e da espessura do provete, em mm, representados nas figuras por x e por y , respetivamente.

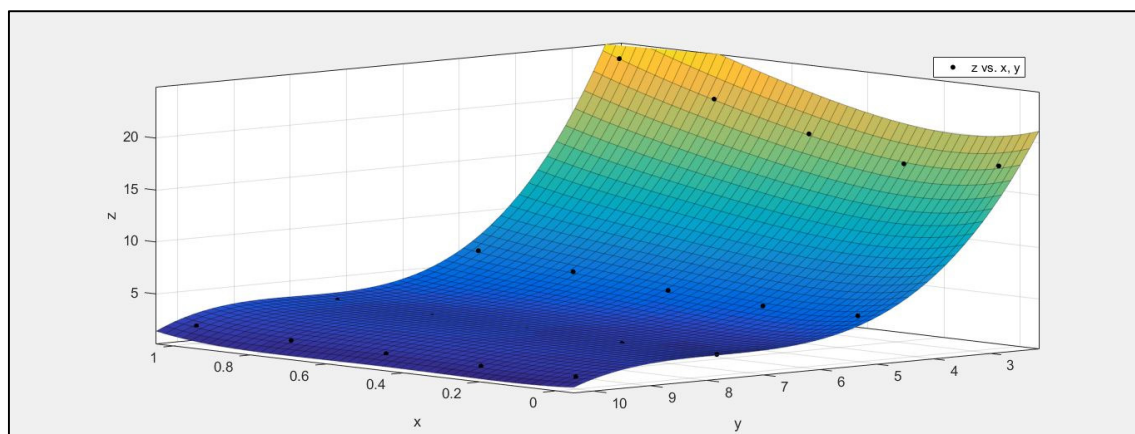


Figura 5.2-1 K_I para a ramificação superior, para provete submetido a $T=6 \text{ N.m}$, em função do comprimento de fenda (x) e da espessura (y)

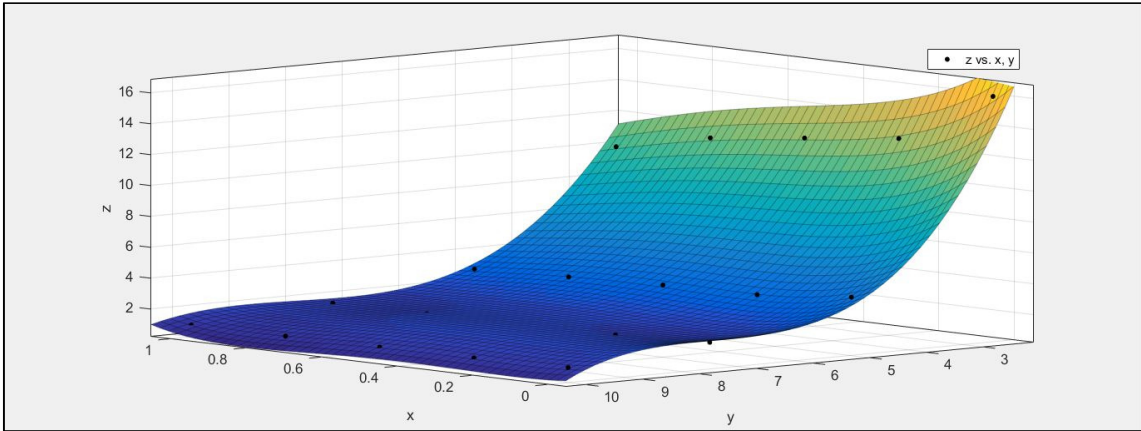


Figura 5.2-2 – K_I para a ramificação inferior, para provete submetido a $T=6$ N.m, em função do comprimento de fenda (x) e da espessura (y)

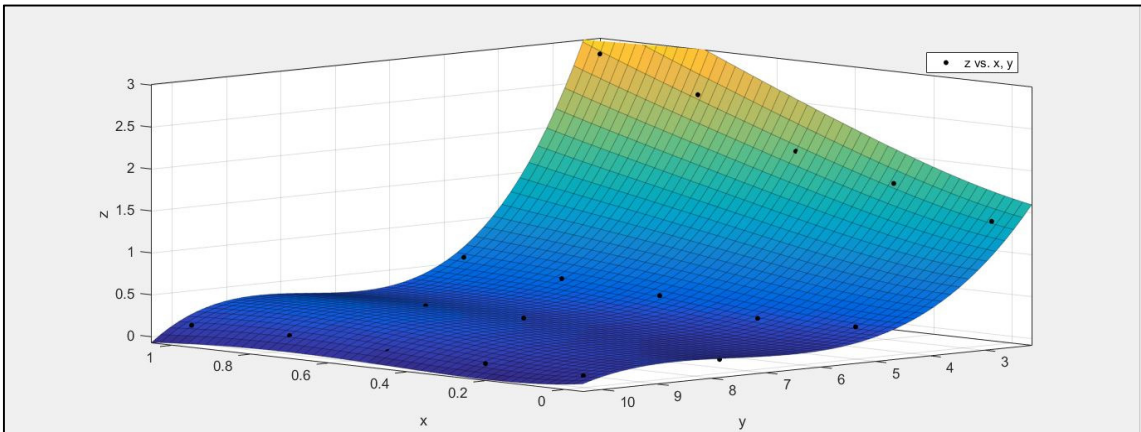


Figura 5.2-3 – K_{II} para a ramificação superior, para provete submetido a $T=6$ N.m, em função do comprimento de fenda (x) e da espessura (y)

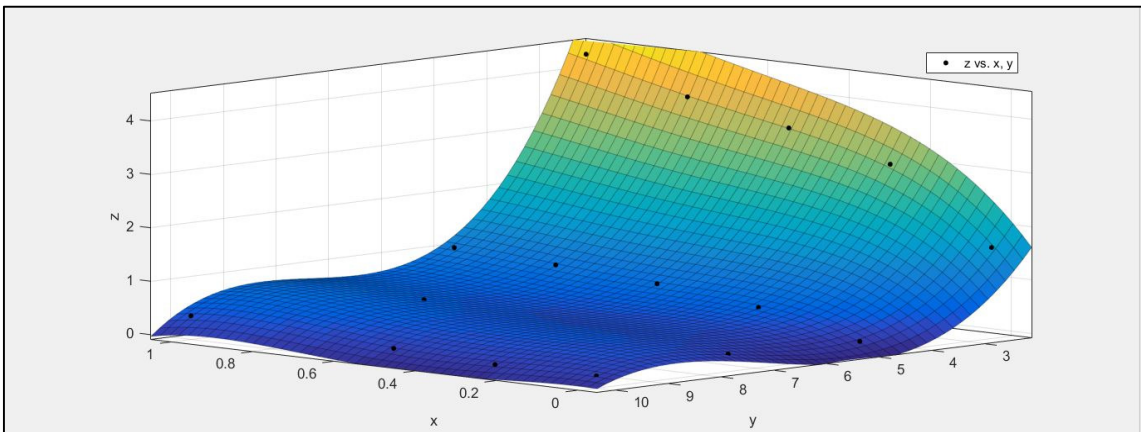


Figura 5.2-4 – K_{II} para a ramificação inferior, para provete submetido a $T=6$ N.m, em função do comprimento de fenda (x) e da espessura (y)

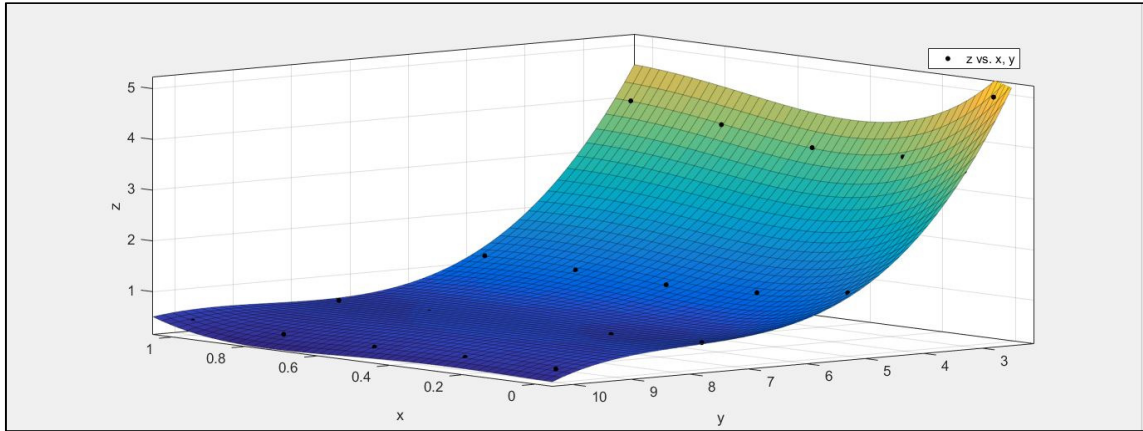


Figura 5.2-5 - K_{III} para a ramificação inferior, para provete submetido a $T=6$ N.m, em função do comprimento de fenda (x) e da espessura (y)

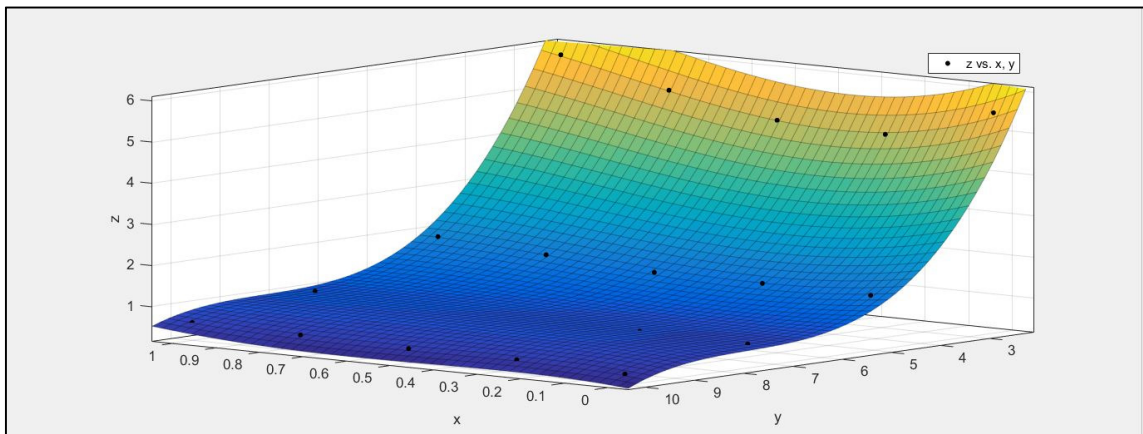


Figura 5.2-6 - K_{III} para a ramificação inferior, para provete submetido a $T=6$ N.m, em função do comprimento de fenda (x) e da espessura (y)

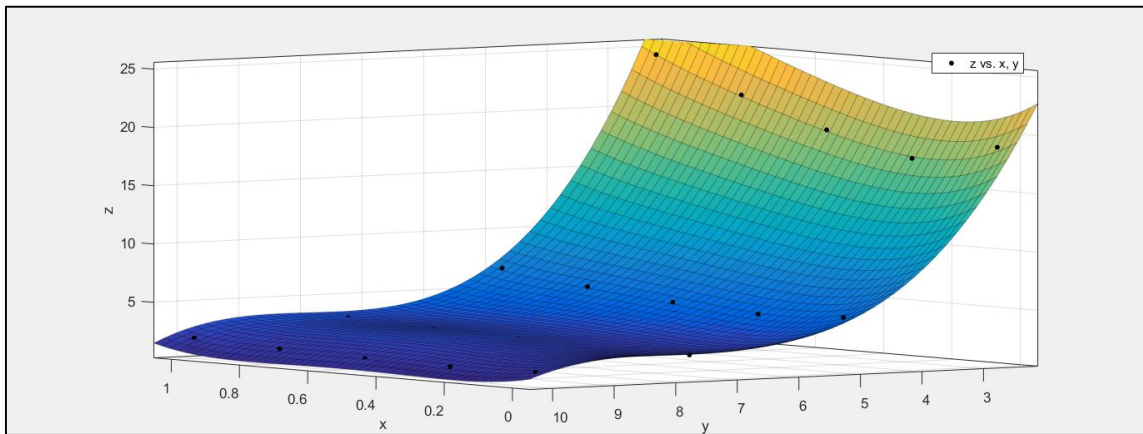


Figura 5.2-7 - $K_{eq(Richard)}$ para a ramificação superior, para provete submetido a $T=6$ N.m, em função do comprimento de fenda (x) e da espessura (y)

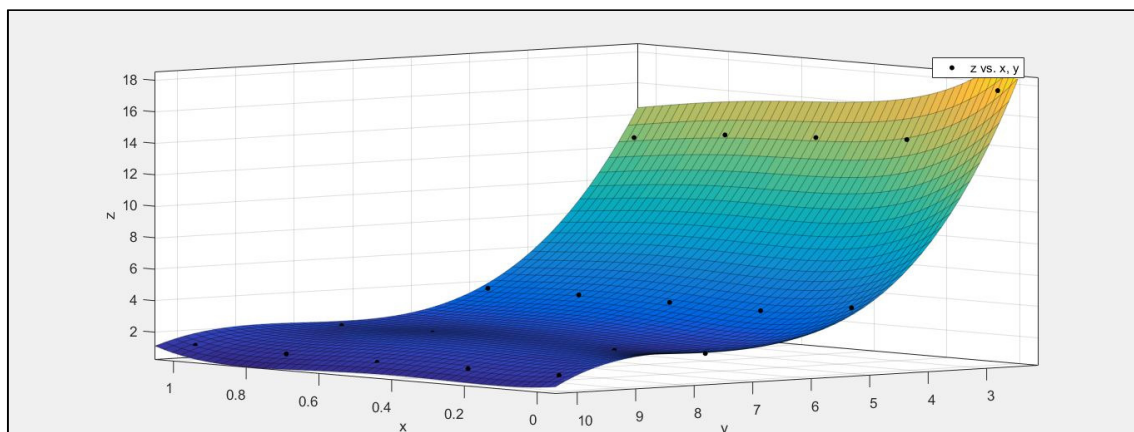


Figura 5.2-8 - $K_{eq(Richard)}$ para a ramificação inferior, para provete submetido a $T=6$ N.m, em função do comprimento de fenda (x) e da espessura (y)

As superfícies, anteriormente apresentadas, têm origem no ajuste polinomial dos resultados obtidos através de simulação numérica, nomeadamente os valores máximos de vinte-cinco pontos, conjugando cinco espessuras e cinco comprimentos de fenda diferentes, regendo-se pela aplicação de coeficientes polinomiais distintos, p_{ij} , para cada carregamento e ramificação distintos, bem como da espessura e do comprimento de fenda, representados por t e l , respetivamente, à equação (4.7.1).

Para as diferentes simulações numéricas efetuadas, foram efetuados ajustes polinomiais com vista a retornar os coeficientes polinomiais que permitem o cálculo dos valores dos diferentes fatores de intensidade de tensão, diferindo este conjunto com o carregamento aplicado, com o tipo de fator de intensidade de tensão – K_I , K_{II} , K_{III} ou $K_{eq(Richard)}$ – e com a ramificação da fenda, originando vinte e quatro conjuntos distintos de coeficientes polinomiais a aplicar.

As tabelas, seguidamente apresentadas, explicitam os coeficientes polinomiais a aplicar na equação (4.7.1), mediante o caso pretendido.

Tabela 5.2-1 – Coeficientes polinomiais para obtenção de K_I máximo na ramificação superior da fenda, para 3 carregamentos distintos

	p_{00}	p_{10}	p_{01}	p_{20}	p_{11}	p_{02}	p_{30}
6 N.m	50,44	-8,148	-18,72	45,95	-1,365	2,424	-31,49
7,5 N.m	63,75	-8,135	-23,94	56,45	-2,96	3,16	-37,32
9 N.m	74,97	-9,653	-27,65	63,27	-2,968	3,561	-37,85
	p_{21}	p_{12}	p_{03}	p_{40}	p_{31}	p_{22}	p_{13}

6 N.m	-5,828	0,5105	-0,1043	10,25	1,277	0,2324	-0,03109
7,5 N.m	-7,319	0,8808	-0,1398	12,19	1,52	0,2871	-0,05232
9 N.m	-8,74	0,9152	-0,1524	11,27	1,764	0,3618	-0,05441

Tabela 5.2-2 - Coeficientes polinomiais para obtenção de K_I máximo na ramificação inferior da fenda, para 3 carregamentos distintos

	p_{00}	p_{10}	p_{01}	p_{20}	p_{11}	p_{02}	p_{30}
6 N.m	46,04	-38,97	-17,18	50,34	10,21	2,228	-40,65
7,5 N.m	56,11	-48,08	-20,44	63,54	12,07	2,569	-48,24
9 N.m	65,17	-80,97	-23,46	72,07	29,15	2,982	-59,9
	p_{21}	p_{12}	p_{03}	p_{40}	p_{31}	p_{22}	p_{13}
6 N.m	-5,455	-1,032	-0,09588	11,14	2,098	0,1434	0,03832
7,5 N.m	-7,881	-1,038	-0,1072	12,32	2,835	0,235	0,03044
9 N.m	-6,649	-3,937	-0,1271	16,02	3,207	0,07873	0,1813

Tabela 5.2-3 – Coeficientes polinomiais para obtenção de K_{II} máximo na ramificação superior da fenda, para 3 carregamentos distintos

	p_{00}	p_{10}	p_{01}	p_{20}	p_{11}	p_{02}	p_{30}
6 N.m	4,505	3,563	-1,821	2,066	-1,644	0,2471	-1,37
7,5 N.m	6,018	2,487	-2,519	6,372	-1,422	0,3514	-5,353
9 N.m	7,016	6,883	-3,061	-1,838	-2,271	0,4384	2,216
	p_{21}	p_{12}	p_{03}	p_{40}	p_{31}	p_{22}	p_{13}
6 N.m	-0,225	0,2434	-0,01094	0,583	-0,05779	0,01999	-0,01185
7,5 N.m	-0,6577	0,2195	-0,01593	1,957	0,05671	0,03712	-0,01078
9 N.m	0,103	0,2833	-0,02016	-0,4501	-0,2755	0,02345	-0,01297

Tabela 5.2-4 – Coeficientes polinomiais para obtenção de K_{II} máximo na ramificação inferior da fenda, para 3 carregamentos distintos

	p_{00}	p_{10}	p_{01}	p_{20}	p_{11}	p_{02}	p_{30}
6 N.m	6,568	14,01	-2,956	-16,59	-3,473	0,432	13,28
7,5 N.m	7,738	18,03	-3,357	-22,08	-4,578	0,4688	19,35
9 N.m	9,812	26,65	-4,425	-25,86	-8,613	0,6556	18,94
	p_{21}	p_{12}	p_{03}	p_{40}	p_{31}	p_{22}	p_{13}
6 N.m	1,677	0,3485	-0,02007	-3,804	-0,6531	-0,03212	-0,01387
7,5 N.m	1,904	0,5108	-0,02089	-5,981	-0,8568	-0,02258	-0,02259
9 N.m	3,536	1	-0,03094	-5,29	-1,073	-0,1227	-0,04042

Tabela 5.2-5 – Coeficientes polinomiais para obtenção de K_{III} máximo na ramificação superior da fenda, para 3 carregamentos distintos

	p_{00}	p_{10}	p_{01}	p_{20}	p_{11}	p_{02}	p_{30}
6 N.m	13,18	-15,03	-4,653	22,58	3,452	0,5808	-12,39
7,5 N.m	16,5	-18,63	-5,847	27,51	4,351	0,7326	-14,63
9 N.m	19,81	-22,79	-7,005	34,38	5,247	0,8757	-19,01
	p_{21}	p_{12}	p_{03}	p_{40}	p_{31}	p_{22}	p_{13}
6 N.m	-3,387	-0,2588	-0,02433	2,166	0,9537	0,1197	0,006474
7,5 N.m	-4,203	-0,3336	-0,0308	2,354	1,177	0,1492	0,008683
9 N.m	-5,146	-0,3957	-0,03673	3,366	1,453	0,1823	0,009963

Tabela 5.2-6 – Coeficientes polinomiais para obtenção de K_{III} máximo na ramificação inferior da fenda, para 3 carregamentos distintos

	p_{00}	p_{10}	p_{01}	p_{20}	p_{11}	p_{02}	p_{30}
6 N.m	14,93	-8,57	-5,375	12,4	2,078	0,6809	-2,923
7,5 N.m	18,71	-10,72	-6,75	15,13	2,65	0,8559	-3,102
9 N.m	22,47	-12,89	-8,11	18,76	3,146	1,028	-5,272
	p_{21}	p_{12}	p_{03}	p_{40}	p_{31}	p_{22}	p_{13}
6 N.m	-2,544	-0,1269	-0,02883	-0,5736	0,5203	0,1074	0,001266
7,5 N.m	-3,179	-0,1675	-0,03626	-0,9764	0,6484	0,1347	0,002004
9 N.m	-3,739	-0,1979	-0,04357	-0,1888	0,7314	0,1601	0,002295

Tabela 5.2-7 – Coeficientes polinomiais para obtenção de $K_{eq(Richard)}$ máximo na ramificação superior da fenda, para 3 carregamentos distintos

	p_{00}	p_{10}	p_{01}	p_{20}	p_{11}	p_{02}	p_{30}
6 N.m	52,95	-15,26	-19,42	62,1	-0,4435	2,485	-46,71
7,5 N.m	66,19	-19,08	-24,27	77,62	-0,5547	3,106	-58,39
9 N.m	79,43	-22,9	-29,13	93,14	-0,6659	3,728	-70,06
	p_{21}	p_{12}	p_{03}	p_{40}	p_{31}	p_{22}	p_{13}
6 N.m	-6,961	0,4775	-0,1058	15,81	1,54	0,2774	-0,03229
7,5 N.m	-8,701	0,5969	-0,1322	19,76	1,925	0,3468	-0,04036
9 N.m	-10,44	0,7164	-0,1587	23,72	2,309	0,4162	-0,04845

Tabela 5.2-8 – Coeficientes polinomiais para obtenção de $K_{eq(Richard)}$ máximo na ramificação inferior da fenda, para 3 carregamentos distintos

	p_{00}	p_{10}	p_{01}	p_{20}	p_{11}	p_{02}	p_{30}
6 N.m	50,25	-41	-18,68	60,11	9,966	2,413	-46,95
7,5 N.m	59,18	-42,72	21,43	65,57	9,425	2,696	-50,33
9 N.m	75,38	-61,28	-28,02	90,99	14,79	3,62	-74,23
	p_{21}	p_{12}	p_{03}	p_{40}	p_{31}	p_{22}	p_{13}
6 N.m	-6,677	-0,9198	-0,1035	13,03	2,336	0,1957	0,03097
7,5 N.m	-7,545	-0,7012	-0,1129	13,52	2,664	0,2196	0,01668
9 N.m	-9,733	-1,361	-0,1553	22,49	3,263	0,2978	0,04515

Os ajustamentos polinomiais anteriormente apresentados foram avaliados no que diz respeito à sua qualidade, recorrendo ao cálculo do coeficiente de ajustamento, R^2 , e da Raiz Quadrada do Erro Médio Quadrático, com vista à validação do modelo. Estes indicadores são apresentados na tabela 5.2-9.

Tabela 5.2-9 – Coeficiente de ajustamento, R^2 , e Raiz Quadrada do Erro Médio Quadrático, RMSE, para os diferentes ajustamentos polinomiais efetuados

	R^2			RMSE		
	T[N.m]					
	6	7,5	9	6	7,5	9
K_I para a ramificação superior	0,9946	0,9950	0,9942	0,7920	0,9854	1,2358
K_I para a ramificação inferior	0,9937	0,9932	0,9752	0,5413	0,7063	1,5804
K_{II} para a ramificação superior	0,9919	0,9889	0,9834	0,1126	0,1650	0,2422
K_{II} para a ramificação inferior	0,9897	0,9777	0,9949	0,1924	0,2405	0,2066
K_{III} para a ramificação superior	0,9891	0,9947	0,9949	0,1515	0,1952	0,2310
K_{III} para a ramificação inferior	0,9944	0,9944	0,9942	0,2059	0,2580	0,3164
$K_{eq,(Richard)}$ para a ramificação superior	0,9945	0,9945	0,9945	0,8334	1,0418	1,2502
$K_{eq,(Richard)}$ para a ramificação inferior	0,9927	0,9936	0,9921	0,6682	0,7740	1,0416

Como se pode constatar na tabela anteriormente apresentada, e pelos indicadores calculados, a qualidade dos ajustamentos é bastante elevada, conferindo validade ao modelo apresentado. No que diz respeito ao Coeficiente de ajustamento – valor que afere o quanto o modelo consegue explicar os resultados verificados, entre 0 e 1, sendo que 1 corresponde ao ajustamento exato à totalidade dos resultados discretos determinados – verifica-se um valor mínimo de 0,9777, para os valores de K_{II} na ramificação inferior, para um carregamento de 7,5 *N.m*, significando que 97,77% dos resultados verificados conseguem ser explicados pelo modelo. Já nos restantes casos, observam-se valores de R^2 , consistentemente acima de 0,99, significando que uma percentagem dos resultados verificados, superior a 99%, pode ser explicada pelo modelo. Já a Raiz Quadrada do Erro Médio Quadrático constitui uma medida do desvio médio dos valores obtidos pelo modelo, face aos valores obtidos por simulação numérica, sendo que, os valores deste indicador, obtidos para os diferentes casos, são bastantes pequenos quando comparados com os valores obtidos por simulação numérica. Pode, então, concluir-se que o ajustamento efetuado é adequado, devolvendo valores representativo do que se verifica na simulação numérica.

Os valores dos fatores de intensidade de tensão determinados pelo modelo matemático definido pela Eq. 4.7.1, dependerão de cada carregamento aplicado, nomeadamente 6 *N.m*, 7,5 *N.m*

e 9 *N.m.* Foi, portanto, necessário obter um modelo que pudesse retornar valores de fator de intensidade de tensão com base em carregamentos diferentes, sendo que, para tal, foram efetuadas alterações ao anterior modelo, sob a forma da adição de mais uma equação, a equação (4.7.2), que retorna os valores dos coeficientes polinomiais a utilizar na equação (4.7.1), em detrimento do uso dos valores presentes nas tabelas anteriormente apresentadas.

A equação (4.7.2) retorna os valores dos coeficientes polinomiais a utilizar na equação (4.7.1), mediante a especificação do carregamento aplicado, *T* (momento de torção), e dos coeficientes p_1 , p_2 e p_3 , obtidos através de um ajustamento quadrático que relaciona os coeficientes polinomiais, anteriormente obtidos, com as respectivas cargas aplicadas, para cada caso. Os coeficientes p_1 , p_2 e p_3 , a utilizar na equação (4.7.2), para obtenção dos coeficientes polinomiais, p_{ij} , a utilizar na equação (4.7.1), encontram-se nas tabelas seguidamente apresentadas, correspondendo cada tabela a um Fator de Intensidade de Tensão e ramificação da fenda específicos.

Tabela 5.2-10 – Coeficientes Polinomiais para a obtenção de K_I ao longo da fenda inferior

	p_{00}	p_{10}	p_{01}	p_{20}	p_{11}	p_{02}	p_{30}
p_1	-0,2244	-5,284	0,05333	-1,038	3,382	0,016	-0,9044
p_2	9,743	65,27	-2,893	22,81	-44,42	0,01133	7,15
p_3	-4,34	-240,3	-1,74	-49,16	155	1,584	-50,99
	p_{21}	p_{12}	p_{03}	p_{40}	p_{31}	p_{22}	p_{13}
p_1	0,8129	-0,6429	-0,00191	0,56	-0,08111	-0,05508	0,03528
p_2	-12,59	8,675	0,01819	-6,773	1,586	0,8047	-0,4815
p_3	40,83	-29,94	-0,1364	31,62	-4,5	-2,702	1,657

Tabela 5.2-11 – Coeficientes Polinomiais para a obtenção de K_I ao longo da fenda superior

	p_{00}	p_{10}	p_{01}	p_{20}	p_{11}	p_{02}	p_{30}
p_1	-0,4644	-0,3402	0,3356	-0,8178	0,3527	-0,07444	1,178
p_2	15,14	4,602	-8,01	18,04	-5,824	1,496	-19,79
p_3	-23,7	-23,51	17,26	-32,85	20,88	-3,87	44,83
	p_{21}	p_{12}	p_{03}	p_{40}	p_{31}	p_{22}	p_{13}
p_1	0,01556	-0,07464	0,005089	-0,6356	0,000222	0,004444	0,004253
p_2	-1,204	1,255	-0,09237	9,873	0,159	-0,02353	-0,07157
p_3	0,836	-4,33	0,2667	-26,11	0,315	0,2136	0,2452

Tabela 5.2-12 – Coeficientes Polinomiais para a obtenção de K_{II} ao longo da fenda inferior

	p_{00}	p_{10}	p_{01}	p_{20}	p_{11}	p_{02}	p_{30}
p_1	0,2009	1,022	-0,1482	0,38	-0,6511	0,03333	-1,44
p_2	-1,932	11,12	1,734	-8,79	8,053	-0,4255	23,49
p_3	10,93	43,93	-8,022	22,47	-28,35	1,785	-75,8
	p_{21}	p_{12}	p_{03}	p_{40}	p_{31}	p_{22}	p_{13}
p_1	0,3122	0,07264	-0,00205	0,6373	-0,00278	-0,02437	-0,00202
p_2	-4,064	-0,8725	0,02714	-10,06	-0,0983	0,3353	0,02152
p_3	14,82	2,968	-0,1091	33,58	0,0367	-1,167	-0,07009

Tabela 5.2-13 – Coeficientes Polinomiais para a obtenção de K_{II} ao longo da fenda superior

	p_{00}	p_{10}	p_{01}	p_{20}	p_{11}	p_{02}	p_{30}
p_1	-0,1144	1,216	0,03467	-2,781	-0,238	-0,00384	2,567
p_2	2,554	-17,13	-0,9333	40,42	3,361	0,1214	-37,31
p_3	-6,697	62,59	2,531	-140,3	-13,24	-0,3431	130,1
	p_{21}	p_{12}	p_{03}	p_{40}	p_{31}	p_{22}	p_{13}
p_1	0,2652	0,01949	0,000169	-0,8402	-0,09927	-0,00684	-0,00072
p_2	-3,869	-0,279	-0,00561	12,26	1,416	0,1038	0,01049
p_3	13,44	1,216	0,01662	-42,72	-4,983	-0,3565	-0,04873

Tabela 5.2-14 – Coeficientes Polinomiais para a obtenção de K_{III} ao longo da fenda inferior

	p_{00}	p_{10}	p_{01}	p_{20}	p_{11}	p_{02}	p_{30}
p_1	-0,00444	-0,00444	0,003333	0,2	-0,01689	-0,00064	-0,4424
p_2	2,58	-1,373	-0,9617	-0,88	0,6093	0,1254	5,854
p_3	-0,39	-0,17	0,275	10,48	-0,97	-0,0481	-22,12
	p_{21}	p_{12}	p_{03}	p_{40}	p_{31}	p_{22}	p_{13}
p_1	0,01667	0,002267	2,67E-05	0,2645	-0,01002	-0,00042	-9,93E-05
p_2	-0,6483	-0,05767	-0,00531	-3,84	0,2207	0,0239	0,001833
p_3	0,746	0,1375	0,00209	12,94	-0,4431	-0,0208	-0,00616

Tabela 5.2-15 – Coeficientes Polinomiais para a obtenção de K_{III} ao longo da fenda superior

	p_{00}	p_{10}	p_{01}	p_{20}	p_{11}	p_{02}	p_{30}
p_1	-0,00222	-0,1244	0,008	0,4311	-0,00067	-0,00193	-0,4756
p_2	2,243	-0,72	-0,904	-2,533	0,6083	0,1273	4,927
p_3	-0,2	-6,23	0,483	22,26	-0,174	-0,1134	-24,83
	p_{21}	p_{12}	p_{03}	p_{40}	p_{31}	p_{22}	p_{13}
p_1	-0,02822	0,002822	0,00012	0,1831	0,01171	0,0008	-0,00021
p_2	-0,163	-0,08797	-0,00593	-2,347	-0,00923	0,008867	0,00426
p_3	-1,393	0,1674	0,00695	9,654	0,5875	0,0377	-0,01165

Tabela 5.2-16 – Coeficientes Polinomiais para a obtenção de $K_{eq(Richard)}$ ao longo da fenda inferior

	p_{00}	p_{10}	p_{01}	p_{20}	p_{11}	p_{02}	p_{30}
p_1	1,616	-3,742	-19,9	4,436	1,312	0,1424	-4,56
p_2	-15,86	49,37	295,4	-56,24	-18,08	-1,734	59,31
p_3	87,23	-202,5	-1075	237,9	71,19	7,691	-238,6
	p_{21}	p_{12}	p_{03}	p_{40}	p_{31}	p_{22}	p_{13}
p_1	-0,2933	-0,1952	-0,00733	1,884	0,06022	0,01207	0,009502
p_2	3,381	2,781	0,09273	-25,11	-0,5943	-0,147	-0,1378
p_3	-16,41	-10,58	-0,3959	95,87	3,734	0,6431	0,5157

Tabela 5.2-17 – Coeficientes Polinomiais para a obtenção de $K_{eq(Richard)}$ ao longo da fenda superior

	p_{00}	p_{10}	p_{01}	p_{20}	p_{11}	p_{02}	p_{30}
p_1	6,05E-15	-2,21E-15	-0,00222	3,00E-15	-5,05E-17	0,000222	0,002222
p_2	8,827	-2,547	-3,203	10,35	-0,07413	0,411	-7,817
p_3	-0,01	0,02	-0,12	0,02	0,0013	0,011	0,11
	p_{21}	p_{12}	p_{03}	p_{40}	p_{31}	p_{22}	p_{13}
p_1	0,000222	2,22E-05	-2,22E-05	0,002222	-0,00022	2,91E-17	-4,44E-06
p_2	-1,163	0,0793	-0,0173	2,603	0,2597	0,04627	-0,00532
p_3	0,009	0,0009	-0,0012	0,11	-0,01	-0,0002	-0,00021

Salienta-se que os Coeficientes de ajustamento, R^2 , para os ajustamentos efetuados para a obtenção dos coeficientes p_1 , p_2 e p_3 , diferem em menos de uma milésima da unidade, pelo que se pode considerar que a equação (4.7.2) representa, fielmente, a tendência de evolução dos valores dos coeficientes polinomiais face ao carregamento aplicado.

O modelo apresentado permite, então, utilizando as equações (4.7.2) e (4.7.1), por esta ordem, e especificando o valor do carregamento, bem como do comprimento de fenda, obter os valores máximos dos diferentes fatores de intensidade de tensões, na frente da fenda, para as ramificações superior ou inferior de um provete CT, em estado plano de deformação, submetido a um carregamento torsional.

5.3. Comparação dos resultados obtidos com resultados experimentais anteriores

Os resultados obtidos por simulação numérica tornaram perceptível que os valores máximos em módulo, para qualquer fator de intensidade de tensão, com exceção de K_{III} , ocorrem junto às superfícies laterais do provete. Os resultados numéricos foram obtidos para meio ciclo de carga, comparativamente ao ciclo de carga real ($R=-1$) realizado no contexto dos ensaios experimentais realizados por Chambel [5]. É, então, necessário replicar um ciclo de carga completo, para que se possa estabelecer uma comparação entre os resultados obtidos e os resultados dos autores, anteriormente mencionados. Para tal, sobrepueram-se os resultados para dois meios ciclos de carga,

resultando numa alternância entre binários positivos e negativos, com o mesmo módulo e, por conseguinte, razão de carregamento $R=-1$.

As figuras 5.3-1 e 5.3-2 apresentam os valores máximos dos fatores de intensidade de tensão equivalentes ao longo da espessura, segundo o critério de Richard, para as ramificações superiores e inferiores de uma fenda, respetivamente, presentes num provete de espessura $t=2,5\text{ mm}$, submetido a um binário $T=6\text{ N.m}$, com razão de carregamento $R=-1$. Justifica-se a utilização do anterior critério com possibilidade de obter uma visão de conjunto dos valores máximos que ocorrem na frente da fenda, ponderando os fatores de intensidade de tensão associados aos três modos de carregamento distintos, de uma forma relativamente simples, expedita e consistente.

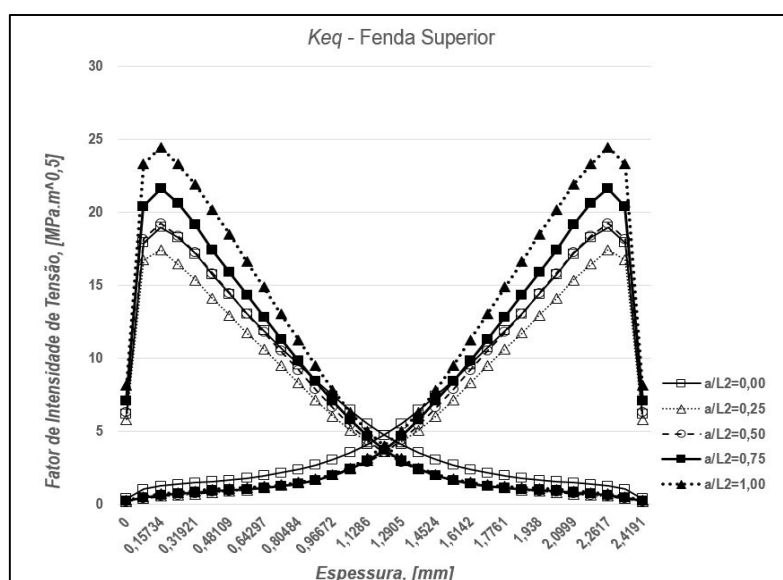


Figura 5.3-1 – $K_{eq(Richard)} [MPa.\sqrt{m}]$, ao longo da espessura, para fenda superior de provete de $t=2,5\text{ mm}$, submetido a $T=6\text{ N.m}$, com razão de carregamento $R=-1$

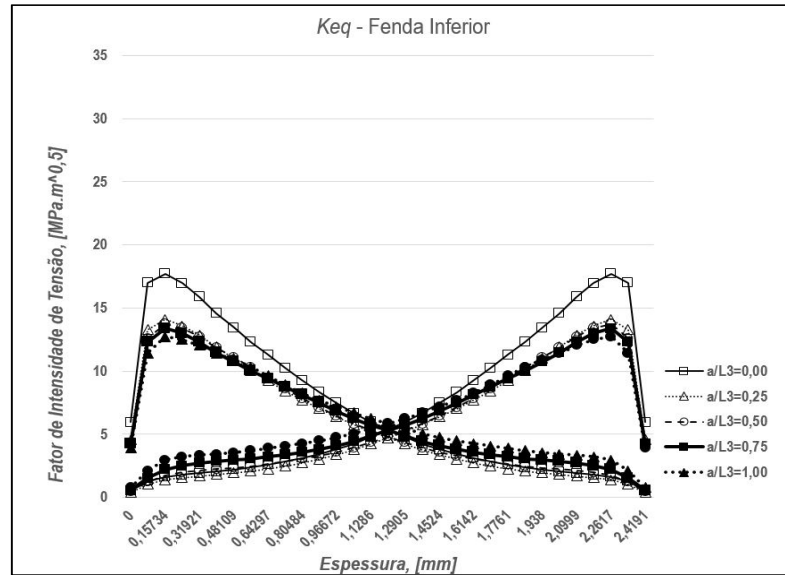


Figura 5.3-2 - $K_{eq(Richard)}$ [$MPa \cdot \sqrt{m}$], ao longo da espessura, para fenda inferior de provete de $t=2,5mm$, submetido a $T=6 N.m$, com razão de carregamento $R=-1$

As figuras, anteriormente apresentadas, apresentam um perfil de valores de fator de intensidade de tensão, em tudo comparável ao perfil de frente de fenda, conforme a figura 3.3-4, obtido nos ensaios experimentais realizados pelos autores anteriormente mencionados. Este mesmo perfil de frente de fenda remete para uma velocidade de propagação, que se apresenta superior junto às superfícies laterais do provete, com origem, e de uma forma agora clara, na ocorrência de valores de K_{eq} superiores, junto destas mesmas superfícies. É, agora, possível explicar este perfil de frente de fenda, com os resultados obtidos por simulação numérica, estando estes, também, de acordo com o que se verifica experimentalmente.

6. Conclusões e Desenvolvimentos Futuros

Através do trabalho realizado foi possível retirar um conjunto de conclusões que, seguidamente, serão apresentadas:

- No que diz respeito à análise de propagação de fendas por fadiga em modo III, em provetes de secção retangular, nomeadamente provetes CT, foram encontrados poucos resultados na literatura;

- Seria expectável que a aplicação de um carregamento torsional a um provete CT gerasse um carregamento dominante em modo III na extremidade da fenda e, conseqüentemente, o maior valor do fator de intensidade de tensão fosse K_{III} . Após análise de diversos estágios de propagação de uma fenda por fadiga em provete CT e, de acordo com os resultados experimentais presentes na literatura, verificou-se uma dominância local de K_I , com valores máximos 4 vezes superiores a K_{III} e 5,5 vezes superiores a K_{II} , considerando as ramificações inferior e superior da fenda;

- Os valores máximos de K_I , para a ramificação superior, apresentam-se ligeiramente superiores aos observados na ramificação inferior da mesma. Para os valores máximos de K_{II} e K_{III} , verifica-se o inverso;

- Os valores máximos em módulo de K_I , K_{II} e K_{III} apresentam-se, maioritariamente, crescentes com o aumento do comprimento de fenda, na ramificação superior, sendo, também, crescentes na ramificação inferior, no caso de K_{II} e K_{III} . Em contraste, os valores máximos em módulo de K_I apresentam uma tendência decrescente, com o aumento do comprimento de fenda, para a ramificação superior;

- Foram calculados os valores do fator de intensidade de tensão equivalente, para ambas as ramificações da fenda, segundo os critérios de Richard e de Pook, retornando valores semelhantes. Os valores máximos de K_{eq} , para a ramificação superior, apresentam-se, aproximadamente, 40% superiores aos valores verificados na fenda inferior, sendo expectável que a fenda superior se propague a uma maior velocidade do que a fenda inferior;

- Os valores de K_{eq} apresentam-se superiores junto às superfícies laterais do provete, decrescendo na direção da espessura e atingindo um mínimo no plano médio do provete. Esta distribuição de K_{eq} promove uma velocidade de propagação da fenda, junto às superfícies laterais, superior à verificada na vizinhança do plano médio do provete, estando este resultado de acordo com os resultados experimentais obtidos em [5];

- Foi desenvolvido um modelo matemático de cálculo dos fatores de intensidade de tensão, com base nos resultados numéricos, que permite obter os valores máximos de K_I , K_{II} e K_{III} , bem como de K_{eq} , pelo critério de Richard;

- A simplificação do modelo de fenda, não tendo sido considerada a rotação da mesma, poderão influenciar a exatidão dos resultados obtidos.

Desenvolvimentos Futuros

A realização deste estudo permitiu obter informação cientificamente relevante relativa a uma área, pouco abordada na literatura. Sugere-se, no seguimento deste trabalho, o desenvolvimento de alguns temas, resultantes dos resultados e dúvidas que do mesmo advieram:

- Escrita de um programa de cálculo baseado no modelo criado que permita, mediante a introdução dos valores da espessura do provete, comprimento de fenda e valor do carregamento, apresentar os resultados dos factores de intensidade de tensão relativos ao caso especificado;

- Realização de ensaios experimentais em provetes CT, com espessuras iguais às estudadas na presente dissertação, e sujeitos aos momentos de torção estudados.

Referências Bibliográficas

- [1] C. Moura Branco, A. Augusto Fernandes, e P. M. S. Tavares de Castro, *FADIGA DE ESTRUTURAS SOLDADAS*, 2ª Edição. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1999.
- [2] Disponível em <http://www.reliasoft.com/newsletter/v8i2/fatigue_crankshaft.gif>. Acesso em: Setembro de 2016.
- [3] Disponível em <<http://picturetip.com/liberty-ship-crack-image.html>>. Acesso em: Setembro de 2016.
- [4] Disponível em <<http://flydata2.blogspot.pt/2013/04/comet-air-crash-boac-781-janeiro-1954.html>>. Acesso em: Setembro de 2016.
- [5] P. J. P. Chambel, «Propagação de fendas por fadiga quando sujeitas a carregamentos em Modo I ou Modo III», FCT - UNL, 2014.
- [6] Disponível em <<http://bizuando.com/material-apoio/icmat>>. Acesso em: Novembro de 2016.
- [7] Disponível em <http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/brittle_fracture/images/Irwin.gif>. Acesso em: Novembro de 2016.
- [8] A. Fatemi, «Fundamentals of LEFM and Applications to Fatigue Crack Growth.», Disponível em <https://www.efatigue.com/training/Chapter_6.pdf>. Acesso em: Agosto de 2016.
- [9] G. R. Irwin, «Analysis of Stresses and Strains Near the End of a Crack Traversing a Plate», *Journal of Applied Mechanics*, pp. 361–364, 1957.
- [10] M. L. Williams, «On the stress distribution at the base of a stationary crack», *Journal of Applied Mechanics*, vol. 24, pp. 109–114, 1957.
- [11] L. P. Pook, «Linear Fracture Mechanics-What It Is, What It Does», DTIC Document, 1970.
- [12] J. D. Eshelby, «The Force on an Elastic SingularityThe Force on an Elastic Singularity», *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, vol. 244, n. 877, pp. 87–112, 1951.
- [13] Disponível em <https://en.wikipedia.org/wiki/J-integral#/media/File:Integrale-J_2D.png>. Acesso em Novembro de 2016.
- [14] J. Rice, «A Path Independent Integral and the Approximate Analysis of Strain Concentration by Notches and Cracks.», *Journal of Applied Mechanics*, vol. 35, pp. 379–386, 1968.
- [15] F. C. Campbell, *Elements of Metallurgy and Engineering Alloys*. ASM International, 2008.
- [16] R. Citarella, M. Lepore, A. Maligno, e V. Shlyannikov, «FEM simulation of a crack propagation in a round bar under combined tension and torsion fatigue loading», *Frattura ed Integrità Strutturale*, n. 31, p. 138, 2015.
- [17] F. Berto, P. Lazzarin, e J. R. Yates, «Multiaxial fatigue of V-notched steel specimens: a non-conventional application of the local energy method: MULTIAXIAL FATIGUE OF V-NOTCHED STEEL SPECIMENS», *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, vol. 34, n. 11, pp. 921–943, Nov. 2011.
- [18] A. T. Zehnder e N. K. Zella, «Spiral to flat fracture transition for notched rods under torsional loading», *International Journal of Fracture*, vol. 195, n. 1–2, pp. 87–92, Set. 2015.
- [19] M. Roy, Y. Nadot, D. M. Maijer, e G. Benoit, «Multiaxial fatigue behaviour of A356-T6: MULTIAXIAL FATIGUE BEHAVIOUR OF A356-T6», *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, vol. 35, n. 12, pp. 1148–1159, Dez. 2012.
- [20] Y. Murakami, K. Takahashi, e K. Toyama, «Mechanism of crack path morphology and branching from small fatigue cracks under mixed loading», *Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures*, vol. 28, n. 1–2, pp. 49–60, Jan. 2005.
- [21] E. K. Tscheegg, «Mode III and mode I fatigue crack propagation behaviour under torsional loading», *Journal of Materials Science*, vol. 18, n. 6, pp. 1604–1614, 1983.
- [22] R. Seifi e N. Omidvar, «Fatigue crack growth under mixed mode I + III loading», *Marine Structures*, vol. 34, pp. 1–15, Dez. 2013.
- [23] H. F. Li e C. F. Qian, «Path prediction of I + III mixed mode fatigue crack propagation: PATH PREDICTION OF I + III MIXED MODE FATIGUE CRACK PROPAGATION», *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, vol. 35, n. 2, pp. 185–190, Fev. 2012.
- [24] G. Gasiak e G. Robak, «Simulation of fatigue life of constructional steels within the mixed modes I and III loading: SIMULATION OF FATIGUE LIFE OF CONSTRUCTIONAL STEELS», *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, vol. 34, n. 6, pp. 389–402, Jun. 2011.

- [25] D. Rozumek e Z. Marciniak, «The investigation of crack growth in specimens with rectangular cross-sections under out-of-phase bending and torsional loading», *International Journal of Fatigue*, vol. 39, pp. 81–87, Jun. 2012.
- [26] L. P. Pook, «The linear elastic analysis of cracked bodies and crack paths», *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, vol. 79, pp. 34–50, Out. 2015.
- [27] H. A. Richard, M. Fulland, e M. Sander, «Theoretical crack path prediction», *Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures*, vol. 28, n. 1–2, pp. 3–12, Jan. 2005.
- [28] J. Pokluda e R. Pippan, «Can pure mode III fatigue loading contribute to crack propagation in metallic materials?: PURE MODE III FATIGUE LOADING AND CRACK PROPAGATION», *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, vol. 28, n. 1–2, pp. 179–185, Out. 2008.
- [29] F.-G. Buchholz, A. Chergui, e H. A. Richard, «Fracture analyses and experimental results of crack growth under general mixed mode loading conditions», *Engineering Fracture Mechanics*, vol. 71, n. 4–6, pp. 455–468, Mar. 2004.
- [30] F. Fremy, S. Pommier, E. Galenne, e S. Courtin, «A scaling approach to model history effects in fatigue crack growth under mixed mode I+II+III loading conditions for a 316L stainless steel», *International Journal of Fatigue*, vol. 42, pp. 207–216, Set. 2012.
- [31] J. Qian e A. Fatemi, «Mixed mode fatigue crack growth: A literature survey», *Engineering Fracture Mechanics*, n. 55, pp. 969–990, 1996.
- [32] T. Vojtek, R. Pippan, A. Hohenwarter, L. Holáň, e J. Pokluda, «Near-threshold propagation of mode II and mode III fatigue cracks in ferrite and austenite», *Acta Materialia*, vol. 61, n. 12, pp. 4625–4635, Jul. 2013.
- [33] T. Vojtek, J. Pokluda, A. Hohenwarter, e R. Pippan, «Three-dimensional morphology of fracture surfaces generated by modes II and III fatigue loading in ferrite and austenite», *Engineering Fracture Mechanics*, vol. 108, pp. 285–293, Ago. 2013.
- [34] Y. Murakami, K. Takahashi, e R. Kusumoto, «Threshold and growth mechanism of fatigue cracks under mode II and III loadings», *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, vol. 26, n. 6, pp. 523–531, 2003.
- [35] M. Addabedia, «Brittle fracture dynamics with arbitrary paths III. The branching instability under general loading», *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, vol. 53, n. 1, pp. 227–248, Jan. 2005.
- [36] T. Vojtek, J. Pokluda, A. Hohenwarter, e R. Pippan, «Progress in understanding of intrinsic resistance to shear-mode fatigue crack growth in metallic materials», *International Journal of Fatigue*, vol. 89, pp. 36–42, 2016.
- [37] J. Besson, C. N. McCowan, e E. S. Drexler, «Modeling flat to slant fracture transition using the computational cell methodology», *Engineering Fracture Mechanics*, vol. 104, pp. 80–95, Mai. 2013.
- [38] G. C. Sih, «Strain-energy-density factor applied to mixed mode crack problems», *International Journal of Fracture*, vol. 10, pp. 305–321, 1974.
- [39] R. J. Nuismer, «An energy release rate criterion for mixed mode fracture», *International Journal of Fracture*, vol. 11, n. 2, pp. 245–250, 1975.
- [40] M. Amestoy, H. D. Bui, e K. Dang Van, *Advances In Fracture Research*, pp. 107–113, 1980.
- [41] L. P. Pook, *Linear Elastic Fracture Mechanics for Engineers: Theory and Application*. Southampton: WIT Press, 2000.
- [42] M. Schöllmann, H. A. Richard, G. Kullmer, e M. Fulland, «A new criterion for the prediction of crack development in multiaxially loaded structures», *International Journal of Fracture*, vol. 117, n. 2, pp. 129–141, 2002.
- [43] L. P. Pook, *Linear Elastic Fracture Mechanics for Engineers: Theory and Application*. Southampton: WIT Press.
- [44] R. F. Martins, L. Ferreira, L. Reis, e P. Chambel, «Fatigue crack growth under cyclic torsional loading», *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, Ago. 2016.
- [45] R. Maciel, «Método dos elementos finitos aplicado à análise de sólidos: concepção e implementação», IST - UTL, 2013.
- [46] A. Carpinteri e R. Brighenti, «A. Carpinteri, R. Brighenti, Fatigue propagation of surface flaws in round bars: a three-parameter theoretical model», *Fatigue Fract. Eng. Mater. Struct.*, n. 19, pp. 471–480, 1996.

ANEXOS

A.1. Resultados de K através de Cálculo Numérico

Nesta secção, são apresentados os valores dos fatores de intensidade de tensão, ao longo da espessura, t , e do comprimento da fenda, a/L , para todos os carregamentos, aos quais, os provetes das espessuras escolhidas, foram submetidos que, anteriormente, não tenham sido apresentados.

Tabela A.1-1 - K_I [$MPa \cdot \sqrt{m}$], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=3\text{ mm}$, submetido a $T=6\text{ N.m}$

		a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
t [mm]	0	-3,47724	-3,17335	-3,52562	-4,07965	-4,60965	3,203387	2,41968	2,373384	2,097792	1,857554
	0,0953	-11,98	-11,0398	-12,2968	-14,1654	-16,0226	10,98923	8,428735	8,216546	7,272922	6,53959
	0,19056	-12,4866	-11,689	-13,009	-14,7697	-16,8442	11,20458	8,837934	8,467631	7,671369	6,89503
	0,28805	-11,9993	-11,3709	-12,5387	-14,0842	-16,2041	10,63063	8,519492	8,078038	7,422498	6,628766
	0,38553	-11,1764	-10,6591	-11,6777	-13,0725	-15,184	9,808753	7,962615	7,632473	6,961438	6,205337
	0,48301	-10,1443	-9,71388	-10,6357	-11,8978	-13,8992	8,854061	7,234026	7,009821	6,370408	5,663323
	0,5805	-9,07289	-8,7437	-9,65127	-10,9127	-12,5871	7,985067	6,49184	6,275856	5,798985	5,114352
	0,67799	-7,95756	-7,68275	-8,61151	-9,84828	-11,1518	7,065161	5,721193	5,509636	5,165897	4,532493
	0,77547	-6,94057	-6,69075	-7,60654	-8,7165	-9,73697	6,171817	5,002723	4,835123	4,495494	3,971821
	0,87296	-5,91283	-5,69874	-6,51524	-7,49365	-8,29971	5,263927	4,252631	4,133413	3,801374	3,392175
	0,97045	-4,95592	-4,745	-5,4018	-6,22747	-6,97409	4,402523	3,548076	3,438661	3,144316	2,830744
	1,0679	-3,96992	-3,78145	-4,30101	-4,90469	-5,58332	3,519299	2,84371	2,730816	2,484507	2,252048
	1,1654	-2,97738	-2,87141	-3,25493	-3,61828	-4,09768	2,64632	2,155408	2,059212	1,868938	1,689289
	1,2629	-1,96305	-1,92934	-2,17489	-2,34578	-2,60581	1,771381	1,443833	1,37597	1,250839	1,126941
	1,3604	-0,94033	-0,95001	-1,0945	-1,14275	-1,22896	0,91899	0,716793	0,689377	0,620787	0,558521
	1,4579	0,064223	0,024715	-0,02748	0,06372	0,126108	0,062714	-0,00203	0,013231	-0,01428	-0,0067
	1,5554	1,024483	1,004814	1,040389	1,301878	1,478143	-0,80028	-0,71973	-0,6502	-0,64738	-0,55011
	1,6528	1,975412	1,988915	2,111137	2,534123	2,817716	-1,65707	-1,44298	-1,31592	-1,26735	-1,0939
	1,7503	2,961473	2,942025	3,174927	3,766905	4,1312	-2,55812	-2,16164	-1,99916	-1,88054	-1,67253
	1,8478	3,968026	3,860509	4,219743	4,987861	5,43722	-3,46997	-2,8636	-2,67826	-2,51926	-2,26773
1,9453	4,988177	4,82026	5,294285	6,193321	6,845382	-4,37849	-3,60595	-3,37984	-3,24481	-2,89424	
2,0428	5,963107	5,775268	6,350802	7,35862	8,245323	-5,2614	-4,35477	-4,06701	-3,93261	-3,49811	
2,1403	6,976933	6,791308	7,445583	8,589379	9,712303	-6,16802	-5,15009	-4,77441	-4,56917	-4,09388	
2,2378	7,969256	7,776989	8,506211	9,787249	11,16632	-7,03291	-5,93307	-5,46568	-5,19088	-4,671	
2,3353	8,976758	8,739587	9,588975	10,97785	12,61053	-7,91265	-6,71605	-6,15348	-5,84452	-5,23958	
2,4327	9,960226	9,615854	10,59742	12,08591	13,88082	-8,78323	-7,41428	-6,79004	-6,44599	-5,72973	
2,5302	11,0724	10,56232	11,68746	13,2452	15,20708	-9,85113	-8,10017	-7,53128	-7,07465	-6,21261	
2,6277	11,99515	11,33961	12,59725	14,17333	16,34202	-10,771	-8,63555	-8,15899	-7,55563	-6,6022	
2,7252	12,44388	11,89522	13,09404	14,6717	16,94601	-11,2716	-8,91478	-8,50178	-7,8026	-6,80585	
2,8205	11,81965	11,45472	12,41605	13,76919	15,95559	-11,0133	-8,49293	-8,09606	-7,45064	-6,43555	
2,9158	3,423166	3,291299	3,555665	3,922173	4,557791	-3,19928	-2,44156	-2,31121	-2,14829	-1,85411	

Tabela A.1-2 - K_{II} [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=3$ mm, submetido a $T=6$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0	0,430892	0,438924	0,481741	0,474468	0,935497	0,649595	0,697978	0,741965
0,0953	0,257033	0,844518	0,97999	1,098259	1,2682	0,50198	1,339541	1,54044	1,675976	1,935852	
0,19056	-0,16029	1,066984	1,283157	1,566972	1,732232	0,268041	1,774354	2,136435	2,501804	2,674718	
0,28805	-0,46327	0,961807	1,142721	1,531649	1,572537	-0,0007	1,656686	2,072557	2,53738	2,550725	
0,38553	-0,50761	0,887019	1,06964	1,457304	1,507711	-0,02372	1,590151	2,040302	2,349825	2,491337	
0,48301	-0,551	0,785763	0,959751	1,348743	1,463913	-0,06328	1,475234	1,948975	2,085396	2,375124	
0,5805	-0,53591	0,686404	0,817227	1,281861	1,341375	-0,03163	1,317405	1,77097	1,865396	2,153543	
0,67799	-0,49113	0,595141	0,679289	1,188479	1,152492	0,033106	1,137882	1,55233	1,639198	1,902268	
0,77547	-0,40929	0,52029	0,597133	1,040674	0,995011	0,08824	0,960415	1,326196	1,415277	1,682996	
0,87296	-0,31168	0,419318	0,524527	0,876583	0,876204	0,107966	0,782506	1,089215	1,197175	1,446046	
0,97045	-0,2133	0,299465	0,446703	0,698863	0,778395	0,092471	0,630621	0,874022	1,014554	1,173363	
1,0679	-0,14171	0,201361	0,369512	0,528511	0,669233	0,07037	0,492398	0,688017	0,84047	0,899162	
1,1654	-0,12687	0,113368	0,293918	0,376754	0,535437	0,035512	0,355725	0,524369	0,635523	0,646243	
1,2629	-0,11906	0,03617	0,218143	0,228747	0,391933	0,011053	0,227858	0,36012	0,420931	0,415966	
1,3604	-0,08519	0,013817	0,120258	0,095624	0,231934	0,018387	0,121548	0,17975	0,207875	0,212894	
1,4579	-0,02994	0,001482	0,003624	-0,02821	0,068378	0,028337	0,008001	-0,00878	-0,01034	0,000744	
1,5554	0,032556	-0,01082	-0,10861	-0,12362	-0,08438	0,019059	-0,11377	-0,17947	-0,21554	-0,22813	
1,6528	0,073975	-0,0325	-0,20879	-0,2121	-0,23562	-0,00841	-0,2372	-0,34905	-0,41359	-0,45945	
1,7503	0,11555	-0,08057	-0,3055	-0,31101	-0,39057	-0,02911	-0,38649	-0,55719	-0,61497	-0,68546	
1,8478	0,16066	-0,13678	-0,40237	-0,42779	-0,54496	-0,04183	-0,54404	-0,78165	-0,81463	-0,91108	
1,9453	0,182533	-0,2332	-0,50366	-0,58439	-0,74165	-0,08511	-0,69143	-0,98916	-1,02992	-1,15932	
2,0428	0,20286	-0,34896	-0,61993	-0,7437	-0,96791	-0,13276	-0,83377	-1,17637	-1,26994	-1,41793	
2,1403	0,224319	-0,45059	-0,7807	-0,8967	-1,18193	-0,12879	-0,97708	-1,35614	-1,52586	-1,6853	
2,2378	0,262554	-0,54556	-0,93037	-1,06243	-1,36794	-0,0945	-1,12169	-1,54262	-1,75462	-1,95169	
2,3353	0,350001	-0,65529	-0,99811	-1,21628	-1,50167	-0,05144	-1,28594	-1,72844	-1,93168	-2,206	
2,4327	0,438734	-0,74019	-1,04188	-1,31525	-1,60078	-0,00294	-1,46135	-1,8697	-2,07357	-2,42654	
2,5302	0,48035	-0,75499	-1,13485	-1,42537	-1,74675	0,01106	-1,68628	-1,96839	-2,23728	-2,64211	
2,6277	0,495276	-0,74699	-1,24467	-1,53971	-1,88326	0,007777	-1,85199	-2,05741	-2,38306	-2,76405	
2,7252	0,137312	-0,90723	-1,39795	-1,61406	-1,97538	-0,24382	-1,92798	-2,18536	-2,44491	-2,72067	
2,8205	-0,30552	-0,78073	-1,05162	-1,13788	-1,41771	-0,4553	-1,3902	-1,59556	-1,71	-1,85727	
2,9158	-0,8319	-0,41056	-0,42991	-0,45451	-0,5319	-0,93407	-0,65197	-0,69918	-0,73349	-0,83494	

Tabela A.1-3 - K_{III} [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=3$ mm, submetido a $T=6$ N.m

		a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
t [mm]	0	0,023808	-0,27417	-0,33555	-0,38517	-0,45844	0,080395	-0,23155	-0,28232	-0,3082	-0,37321
	0,0953	3,013524	1,481242	1,517134	1,672497	1,653903	3,230899	2,007066	2,153258	2,332939	2,577604
	0,19056	3,466173	1,767871	1,808348	1,927946	1,975791	3,736547	2,311657	2,480965	2,703431	2,945851
	0,28805	3,566417	2,034515	2,072019	2,168753	2,314218	3,885491	2,651601	2,851742	3,097925	3,403876
	0,38553	3,591399	2,166635	2,206163	2,259353	2,481977	3,911105	2,836943	3,039423	3,281179	3,643893
	0,48301	3,527521	2,246008	2,279781	2,324116	2,576308	3,8428	2,953757	3,14634	3,385851	3,767854
	0,5805	3,487676	2,313143	2,32108	2,442448	2,63073	3,816237	3,055614	3,224891	3,482616	3,853868
	0,67799	3,439293	2,362316	2,362727	2,53406	2,674022	3,787776	3,147889	3,281496	3,583177	3,923438
	0,77547	3,405141	2,42085	2,426574	2,608974	2,710957	3,790306	3,221412	3,337152	3,673618	3,996487
	0,87296	3,354228	2,47989	2,463857	2,698814	2,741916	3,784614	3,255565	3,382056	3,723582	4,055621
	0,97045	3,327665	2,538234	2,497662	2,782298	2,828183	3,792203	3,281496	3,419055	3,776392	4,114123
	1,0679	3,311537	2,583739	2,541902	2,814807	2,91407	3,789357	3,309007	3,435498	3,819083	4,148592
	1,1654	3,308691	2,593795	2,570394	2,777523	2,939527	3,769119	3,337152	3,442455	3,824775	4,159344
	1,2629	3,310588	2,592688	2,59	2,738912	2,934183	3,75394	3,364347	3,453523	3,819715	4,177369
	1,3604	3,316597	2,597906	2,617291	2,733726	2,914134	3,781135	3,389962	3,480719	3,826356	4,225119
	1,4579	3,311853	2,599645	2,633102	2,72367	2,880171	3,80675	3,399132	3,496214	3,816553	4,252631
	1,5554	3,306161	2,606602	2,625481	2,707732	2,84216	3,816237	3,395338	3,505701	3,7824	4,257691
	1,6528	3,306794	2,615204	2,605148	2,703305	2,807059	3,822561	3,389962	3,512974	3,752675	4,260853
	1,7503	3,321024	2,599772	2,565271	2,709471	2,787168	3,829834	3,374783	3,506017	3,75394	4,266861
	1,8478	3,33146	2,564639	2,520493	2,698182	2,778567	3,825724	3,338733	3,478505	3,746034	4,250734
	1,9453	3,352963	2,543388	2,480585	2,669215	2,811138	3,832048	3,29541	3,441191	3,735599	4,201086
	2,0428	3,373518	2,521885	2,426036	2,628454	2,839662	3,831416	3,248924	3,394073	3,716309	4,131516
	2,1403	3,405773	2,481028	2,374523	2,589052	2,819582	3,828886	3,202439	3,352014	3,678045	4,0708
	2,2378	3,423798	2,431064	2,31406	2,538107	2,75836	3,818767	3,138402	3,302367	3,613535	3,997435
2,3353	3,456053	2,382112	2,275543	2,469265	2,689865	3,825407	3,073291	3,224575	3,528786	3,89561	
2,4327	3,483881	2,312131	2,250024	2,388563	2,593257	3,820664	2,995151	3,112693	3,417473	3,771332	
2,5302	3,548076	2,195063	2,202368	2,291987	2,453295	3,860192	2,900346	2,981522	3,281496	3,655593	
2,6277	3,543648	2,012505	2,086914	2,14004	2,301632	3,817502	2,720729	2,786283	3,090684	3,454472	
2,7252	3,478505	1,742415	1,804206	1,849932	2,046879	3,706189	2,349446	2,457311	2,683793	2,990187	
2,8205	3,015801	1,439785	1,496263	1,563177	1,801044	3,247975	2,012821	2,153669	2,282943	2,583802	
2,9158	0,008373	-0,25621	-0,35079	-0,39908	-0,48965	0,108419	-0,24306	-0,29606	-0,33289	-0,35623	

Tabela A.1-4 - $K_{eq(Richard)}$ [MPa·√m], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=3$ mm, submetido a $T=6$ N.m

		a/L [mm]					a/L_3 [mm]																								
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1																				
		t [mm]	0	0,0953	0,19056	0,28805	0,38553	0,48301	0,5805	0,67799	0,77547	0,87296	0,97045	1,0679	1,1654	1,2629	1,3604	1,4579	1,5554	1,6528	1,7503	1,8478	1,9453	2,0428	2,1403	2,2378	2,3353	2,4327	2,5302	2,6277	2,7252
0,217002	0,721017	0,899728	0,997711	1,07691	1,134362	1,214636	1,306864	1,411452	1,527271	1,6773	1,878915	2,142044	2,473872	2,88084	3,344277	3,858033	4,439773	5,119033	5,865346	6,677546	7,489082	8,369738	9,245737	10,16564	11,07612	12,13202	12,98411	13,35176	12,55278	3,642622	
0,088782	0,266906	0,368265	0,44089	0,502017	0,560397	0,628938	0,71338	0,821724	0,954818	1,116765	1,318228	1,531426	1,801941	2,16601	2,612033	3,157011	3,792574	4,459355	5,143487	5,923015	6,739773	7,628911	8,511722	9,396274	10,2019	11,05761	11,73951	12,22142	11,69223	3,368581	
0,092617	0,271394	0,386099	0,446765	0,507867	0,559295	0,60074	0,659621	0,753588	0,86554	1,009039	1,202648	1,431185	1,73135	2,129764	2,6194	3,199257	3,875386	4,622007	5,425206	6,315065	7,226661	8,2174	9,197146	10,2089	11,16324	12,20668	13,06747	13,50229	12,69306	3,647917	
0,099634	0,281705	0,431093	0,508016	0,554598	0,6003	0,678401	0,759171	0,842899	0,965902	1,128981	1,323863	1,530257	1,816717	2,223313	2,755885	3,438982	4,261266	5,200129	6,1968	7,232898	8,271142	9,401179	10,5233	11,648	12,69281	13,79607	14,67209	15,09768	14,04955	4,021118	
0,099836	0,281705	0,426699	0,491841	0,558105	0,627308	0,67837	0,730857	0,805574	0,912371	1,080002	1,307421	1,580167	1,935058	2,374149	2,944852	3,677154	4,559824	5,560053	6,649804	7,922982	9,235594	10,61339	11,98172	13,34773	14,54659	15,81064	16,89794	17,44455	16,29707	4,678871	
3,494493	11,89153	12,3425	11,89936	11,17736	10,28965	9,51568	8,712121	7,974492	7,243254	6,587175	5,938323	5,317965	4,742717	4,268499	3,838358	3,437073	3,0828	2,758835	2,46601	2,225022	2,019105	1,834388	1,675727	1,547247	1,429362	1,332424	1,215785	1,114513	0,905214	0,292008	
2,625717	9,099212	9,758194	9,583884	9,160068	8,548657	7,923242	7,286394	6,70846	6,10465	5,565442	5,06208	4,605335	4,171549	3,769753	3,398128	3,056676	2,753762	2,487074	2,247744	2,026207	1,835024	1,666316	1,517115	1,399224	1,310866	1,250811	1,160093	0,99068	0,684674	0,20762	
2,618694	9,033229	9,651583	9,461878	9,165052	8,659629	8,023517	7,352695	6,777904	6,199485	5,659933	5,135518	4,666661	4,230574	3,847763	3,502849	3,200924	2,935733	2,694997	2,481727	2,288486	2,120194	1,97845	1,86309	1,751798	1,630179	1,482659	1,332962	1,191946	0,847401	0,254251	
2,402045	8,317351	9,244029	9,261631	8,889885	8,345869	7,854765	7,338391	6,815165	6,274821	5,805559	5,358619	4,930545	4,522344	4,155813	3,809438	3,479596	3,197996	2,985665	2,788324	2,598026	2,454106	2,345368	2,236727	2,107816	1,976329	1,853607	1,734302	1,514143	1,014635	0,299173	
2,280362	7,924254	8,816538	8,799469	8,586583	8,191758	7,729027	7,237036	6,801225	6,358698	5,945214	5,531992	5,145334	4,802309	4,519776	4,24928	3,99855	3,777151	3,573738	3,373142	3,167598	2,98917	2,856309	2,747174	2,639472	2,54172	2,468215	2,325161	1,988776	1,366352	0,411416	

Tabela A.1-5 - $K_{eq(Pook)}$ [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=3\text{ mm}$, submetido a $T=6\text{ N.m}$

		a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]																								
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1																				
		t [mm]	0	0,0953	0,19056	0,28805	0,38553	0,48301	0,5805	0,67799	0,77547	0,87296	0,97045	1,0679	1,1654	1,2629	1,3604	1,4579	1,5554	1,6528	1,7503	1,8478	1,9453	2,0428	2,1403	2,2378	2,3353	2,4327	2,5302	2,6277	2,7252
-0,04709	2,008492	2,413282	2,572581	2,672568	2,703535	2,755894	2,79997	2,844447	2,871385	2,917281	2,979842	3,061636	3,151884	3,245494	3,376261	4,133343	4,914039	5,748212	6,607296	7,4973	8,357519	9,271501	10,16341	11,09409	12,00723	13,06845	13,90323	14,23432	13,29846	3,69992	
0,075868	0,631302	0,898845	1,171909	1,353934	1,500064	1,636988	1,766002	1,901267	2,032658	2,157546	2,27496	2,354791	2,429184	2,517157	2,619528	3,41833	4,237072	5,021924	5,772939	6,590784	7,421665	8,301243	9,1591	10,01302	10,77827	11,5713	12,17305	12,56341	11,946	3,412956	
0,103536	0,57884	0,862894	1,138206	1,33603	1,483121	1,586563	1,697163	1,837424	1,961024	2,082501	2,213666	2,324648	2,430419	2,539437	2,631312	3,479589	4,353295	5,219298	6,082568	6,994487	7,8985	8,868128	9,814008	10,7887	11,71013	12,71477	13,52175	13,86643	12,95965	3,711718	
0,109832	0,587172	0,880811	1,176565	1,345754	1,497031	1,694347	1,866531	2,014438	2,18224	2,344812	2,464377	2,515562	2,565308	2,645745	2,786528	3,775869	4,799628	5,858144	6,914031	7,969029	8,998434	10,10371	11,19088	12,27055	13,26455	14,31295	15,12558	15,45814	14,31711	4,093132	
0,130028	0,434466	0,771214	1,130373	1,377921	1,583285	1,733934	1,86986	2,00526	2,146236	2,337412	2,532784	2,671908	2,779985	2,858773	3,01378	4,045877	5,141649	6,258573	7,403601	8,707612	10,02948	11,38541	12,70838	14,02032	15,15893	16,35351	17,37675	17,84284	16,6096	4,76948	
3,569876	12,7301	13,3293	12,93366	12,2226	11,31503	10,52514	9,69509	8,925312	8,142276	7,41755	6,671367	5,923742	5,18781	4,521236	3,869002	3,748525	3,681373	3,612324	3,530935	3,461517	3,388053	3,30799	3,223072	3,154312	3,075755	3,025294	2,905289	2,758328	2,338675	0,124569	
2,702764	9,648043	10,44217	10,38045	10,02484	9,45145	8,843357	8,203008	7,599234	6,940641	6,330111	5,733855	5,158569	4,573966	3,99021	3,405661	3,354579	3,311509	3,268948	3,211277	3,137558	3,057845	2,972906	2,872487	2,778981	2,687555	2,602637	2,427338	2,053949	1,551965	0,222456	
2,715587	9,658899	10,44978	10,39072	10,16352	9,693817	9,065088	8,375054	7,761202	7,117727	6,492395	5,85974	5,263995	4,66933	4,086212	3,511457	3,503304	3,500617	3,501538	3,491796	3,459496	3,408379	3,355147	3,300565	3,218032	3,085234	2,895634	2,655011	2,341572	1,818278	0,321464	
2,519901	9,051628	10,19918	10,36205	10,03172	9,485529	8,98485	8,443239	7,872507	7,255645	6,698269	6,140558	5,565277	4,976583	4,397191	3,82106	3,801049	3,784173	3,801435	3,804192	3,799114	3,8061	3,812554	3,779215	3,688781	3,559992	3,415244	3,229844	2,818165	2,081062	0,406327	
2,440691	8,799457	9,910855	10,0234	9,877825	9,501988	9,014175	8,470623	7,974805	7,444338	6,906231	6,336789	5,775222	5,241161	4,754608	4,252155	4,302376	4,35368	4,397316	4,415404	4,409011	4,3941	4,395662	4,387822	4,345165	4,272901	4,207328	4,01105	3,477172	2,604125	0,555607	

Tabela A.1-6 - K_I [$MPa\cdot\sqrt{m}$], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=5\text{ mm}$, submetido a $T=6\text{ N.m}$

		a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		t [mm]	0	-0,50426	-0,48174	-0,52598	-0,59973	-0,69048	0,441454	0,364389	0,351519
	0,0162	-4,43984	-4,19919	-4,56759	-5,27468	-6,04153	4,005973	3,201806	3,090684	2,914798	2,630889
	0,32417	-4,66942	-4,48569	-4,89426	-5,60229	-6,50923	4,004392	3,421584	3,298256	3,091126	2,829986
	0,48806	-4,6223	-4,43351	-4,84556	-5,50806	-6,41847	3,874423	3,360869	3,243232	3,047266	2,794347
	0,65194	-4,24378	-4,14069	-4,54451	-5,13933	-5,95141	3,590134	3,096945	3,01558	2,843647	2,602807
	0,81583	-3,81877	-3,77228	-4,15681	-4,69661	-5,38315	3,264735	2,798363	2,718578	2,591234	2,374712
	0,97972	-3,41811	-3,3713	-3,73876	-4,1878	-4,77725	2,910181	2,536653	2,404659	2,29749	2,133905
	1,1436	-3,00075	-2,96087	-3,30047	-3,64453	-4,17073	2,539562	2,261566	2,108385	1,989294	1,870108
	1,3075	-2,59895	-2,59152	-2,88061	-3,17018	-3,64453	2,214385	1,991634	1,84775	1,727489	1,624968
	1,4714	-2,20199	-2,22061	-2,44431	-2,72715	-3,12148	1,877697	1,718793	1,576965	1,481875	1,391023
	1,6353	-1,8321	-1,87289	-1,99834	-2,34451	-2,67212	1,566877	1,433713	1,332204	1,273829	1,177253
	1,7992	-1,45582	-1,52336	-1,56605	-1,9405	-2,22555	1,271489	1,139811	1,090638	1,051647	0,95096
	1,9631	-1,07932	-1,15679	-1,18042	-1,47767	-1,72354	0,971673	0,855902	0,828612	0,788482	0,700128
	2,1269	-0,69981	-0,76682	-0,79025	-0,98464	-1,1783	0,655319	0,56532	0,552292	0,514503	0,448348
	2,2908	-0,34067	-0,36274	-0,39721	-0,48747	-0,58176	0,323375	0,272399	0,271149	0,245339	0,212078
	2,4547	0,008619	0,017957	-0,00693	-0,03043	-0,00464	-0,00373	-0,01235	-0,00084	-0,00849	-0,01486
	2,6186	0,366318	0,391901	0,406764	0,442466	0,518519	-0,32597	-0,29719	-0,26617	-0,24396	-0,22964
	2,7825	0,735419	0,781399	0,835063	0,956715	1,040358	-0,65424	-0,58758	-0,54009	-0,47475	-0,4498
	2,9464	1,104014	1,153536	1,247677	1,444275	1,581044	-0,97028	-0,87263	-0,81365	-0,70797	-0,68786
	3,1103	1,458031	1,504359	1,637491	1,896829	2,126663	-1,26463	-1,15085	-1,07046	-0,9551	-0,92595
	3,2742	1,824444	1,830611	2,029993	2,318234	2,67456	-1,55549	-1,41581	-1,31772	-1,2152	-1,16296
	3,4381	2,193134	2,154902	2,427839	2,75115	3,214771	-1,86502	-1,67699	-1,57254	-1,47454	-1,39222
	3,602	2,571216	2,541712	2,849402	3,253984	3,771016	-2,22365	-1,97475	-1,84807	-1,74687	-1,62181
	3,7658	2,947369	2,947243	3,266633	3,755837	4,313663	-2,57451	-2,27368	-2,11591	-2,00691	-1,84759
	3,9297	3,38174	3,386483	3,671088	4,257374	4,925564	-2,92694	-2,55746	-2,3958	-2,27899	-2,08413
	4,0936	3,818767	3,794417	4,05151	4,715905	5,533986	-3,2679	-2,82037	-2,67156	-2,55136	-2,31188
	4,2575	4,202351	4,149857	4,486323	5,189614	6,059873	-3,6265	-3,11712	-2,96906	-2,8039	-2,56037
	4,4214	4,51004	4,42877	4,854729	5,599761	6,47002	-3,94526	-3,36593	-3,23185	-3,00325	-2,7884
	4,5853	4,617558	4,527749	4,929991	5,639606	6,579119	-4,02937	-3,40198	-3,31154	-3,05245	-2,8599
	4,7474	4,447111	4,306706	4,629258	5,241159	6,184466	-3,95633	-3,1803	-3,10662	-2,86553	-2,68171
	4,9095	0,502802	0,486074	0,528164	0,603521	0,700539	-0,4412	-0,36502	-0,35066	-0,32651	-0,3025

Tabela A.1-7 - K_{II} [$MPa \cdot \sqrt{m}$], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=5\text{ mm}$, submetido a $T=6\text{ N.m}$

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,147634	0,085935	0,08769	0,095267	0,098878	0,158237	0,118342	0,129755	0,140756
0,0162	-0,02739	0,236377	0,31822	0,371536	0,432094	0,057984	0,407871	0,525159	0,614019	0,693993	
0,32417	-0,20371	0,277076	0,416946	0,487433	0,609782	0,022249	0,566807	0,764575	0,909408	1,006521	
0,48806	-0,30927	0,187852	0,376912	0,46457	0,556529	-0,00272	0,519025	0,746234	0,911052	0,987896	
0,65194	-0,26941	0,104067	0,325082	0,461914	0,469503	0,018848	0,446166	0,66996	0,86308	0,919622	
0,81583	-0,19497	0,041562	0,253567	0,425421	0,388581	0,045799	0,38311	0,577084	0,766916	0,832596	
0,97972	-0,13267	0,037147	0,200378	0,346238	0,349052	0,059166	0,343297	0,50783	0,642164	0,726154	
1,1436	-0,10157	0,040465	0,171949	0,277755	0,314207	0,048285	0,301131	0,453439	0,532939	0,614399	
1,3075	-0,09388	0,030935	0,165874	0,238531	0,28173	0,047311	0,261859	0,402147	0,454135	0,522883	
1,4714	-0,07746	0,016361	0,150847	0,20163	0,257517	0,050555	0,225768	0,335834	0,377829	0,444079	
1,6353	-0,07969	-0,00945	0,109535	0,161374	0,221869	0,030646	0,184851	0,273303	0,324861	0,386936	
1,7992	-0,08844	-0,03763	0,063265	0,115692	0,173527	0,011821	0,13982	0,22301	0,277392	0,320592	
1,9631	-0,0662	-0,04656	0,03186	0,069712	0,125435	0,015899	0,098046	0,17272	0,204574	0,222858	
2,1269	-0,03595	-0,04638	0,010909	0,036082	0,083019	0,026912	0,061285	0,120593	0,125435	0,126994	
2,2908	-0,01478	-0,03937	0,006261	0,026775	0,049439	0,031024	0,028178	0,076341	0,059922	0,049967	
2,4547	-0,00149	-0,02453	0,006872	0,015849	0,018127	0,014497	-0,00695	0,03427	-0,00221	-0,02091	
2,6186	0,009171	-0,00525	-0,00377	-0,00848	-0,01791	-0,01136	-0,02905	-0,01419	-0,06228	-0,07793	
2,7825	0,028602	0,006168	-0,02209	-0,03558	-0,05852	-0,0209	-0,04483	-0,06924	-0,12242	-0,13321	
2,9464	0,054287	0,004125	-0,03676	-0,06822	-0,09942	-0,0219	-0,07413	-0,13614	-0,19612	-0,21625	
3,1103	0,071869	-0,00123	-0,05076	-0,1035	-0,14038	-0,03189	-0,11252	-0,20474	-0,27428	-0,31711	
3,2742	0,086055	-0,00256	-0,06727	-0,13097	-0,1777	-0,04685	-0,156	-0,26291	-0,35022	-0,41211	
3,4381	0,108384	0,000368	-0,08137	-0,14896	-0,20842	-0,04723	-0,1932	-0,31515	-0,42466	-0,49053	
3,602	0,132566	0,002247	-0,10403	-0,18573	-0,26635	-0,04014	-0,22604	-0,374	-0,49483	-0,56032	
3,7658	0,15849	-0,00114	-0,13233	-0,24904	-0,3561	-0,04477	-0,27123	-0,44044	-0,56722	-0,63581	
3,9297	0,185227	-0,03101	-0,16968	-0,32056	-0,44667	-0,04998	-0,32347	-0,52475	-0,66825	-0,73121	
4,0936	0,204353	-0,07596	-0,21601	-0,35851	-0,50596	-0,04531	-0,36945	-0,61513	-0,76916	-0,82482	
4,2575	0,234499	-0,14978	-0,273	-0,33637	-0,55166	-0,02599	-0,43693	-0,69744	-0,83857	-0,89546	
4,4214	0,27379	-0,22007	-0,31473	-0,31752	-0,59426	6,82E-05	-0,49932	-0,7542	-0,88471	-0,94685	
4,5853	0,228026	-0,27875	-0,33947	-0,35737	-0,60975	-0,04314	-0,52121	-0,78523	-0,89492	-0,97961	
4,7474	0,078523	-0,22735	-0,256	-0,29533	-0,40408	-0,10278	-0,36945	-0,55858	-0,61184	-0,69399	
4,9095	-0,14837	-0,08794	-0,08962	-0,09399	-0,09947	-0,15993	-0,11804	-0,12784	-0,14161	-0,15746	

Tabela A.1-8 - K_{III} [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=5$ mm, submetido a $T=6$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,029918	-0,01807	-0,03647	-0,04628	-0,05302	0,009031	-0,0461	-0,06563	-0,08148
0,0162	1,187657	0,570032	0,576546	0,65437	0,65554	1,270603	0,792056	0,881011	0,918389	1,087412	
0,32417	1,349344	0,726597	0,728873	0,782	0,837877	1,409585	0,976385	1,06281	1,156002	1,297736	
0,48806	1,396462	0,832596	0,847585	0,900806	0,964779	1,454079	1,119098	1,224877	1,349881	1,481401	
0,65194	1,387165	0,906941	0,911368	0,954407	1,01253	1,466411	1,206535	1,30172	1,437002	1,578546	
0,81583	1,366831	0,973286	0,961744	1,001019	1,042318	1,46521	1,277908	1,339003	1,493196	1,640811	
0,97972	1,360507	1,017147	0,987896	1,033464	1,074226	1,482887	1,323223	1,370911	1,514162	1,66418	
1,1436	1,342577	1,043931	1,000481	1,04839	1,099556	1,484531	1,353139	1,399118	1,522226	1,677399	
1,3075	1,321389	1,068217	1,019455	1,065308	1,113438	1,475614	1,387892	1,424132	1,551034	1,711488	
1,4714	1,302099	1,095698	1,043805	1,085673	1,130862	1,462648	1,429381	1,442947	1,58525	1,750131	
1,6353	1,297862	1,132601	1,069387	1,118023	1,159544	1,457336	1,47106	1,465905	1,625063	1,798577	
1,7992	1,284043	1,163592	1,088171	1,142847	1,186929	1,45275	1,498698	1,489844	1,657065	1,839813	
1,9631	1,263899	1,165204	1,086559	1,139464	1,199578	1,457367	1,501955	1,496769	1,657065	1,843513	
2,1269	1,246918	1,158089	1,081436	1,134973	1,201507	1,468246	1,5036	1,501418	1,650013	1,835449	
2,2908	1,25729	1,16356	1,088266	1,14348	1,195531	1,492374	1,517071	1,516502	1,659658	1,842564	
2,4547	1,27152	1,171814	1,095919	1,150215	1,17915	1,505307	1,525103	1,52055	1,674647	1,846138	
2,6186	1,270097	1,163086	1,09263	1,151196	1,146231	1,487029	1,508343	1,503031	1,676576	1,822958	
2,7825	1,267757	1,151322	1,091207	1,150184	1,121154	1,464166	1,486144	1,491836	1,663168	1,804048	
2,9464	1,288723	1,150215	1,09788	1,147938	1,131273	1,464514	1,478396	1,504485	1,647199	1,820586	
3,1103	1,306147	1,143543	1,09848	1,140728	1,144175	1,467265	1,471661	1,508659	1,633222	1,835829	
3,2742	1,305831	1,120268	1,081942	1,118592	1,138515	1,470554	1,447027	1,481211	1,605552	1,818246	
3,4381	1,301246	1,093326	1,058319	1,090733	1,129913	1,470301	1,415277	1,449335	1,57317	1,783872	
3,602	1,310005	1,065972	1,035867	1,07606	1,129977	1,472262	1,388113	1,426124	1,547397	1,749846	
3,7658	1,325658	1,040294	1,012277	1,065877	1,122292	1,467929	1,361139	1,402312	1,525356	1,723758	
3,9297	1,372998	1,016767	0,98916	1,049339	1,102876	1,47068	1,323982	1,377045	1,511569	1,695392	
4,0936	1,400415	0,981255	0,957759	1,022649	1,071348	1,472894	1,270856	1,337738	1,480072	1,633696	
4,2575	1,393742	0,924207	0,920634	0,962344	1,013953	1,489686	1,205176	1,267884	1,423721	1,543761	
4,4214	1,377931	0,849736	0,878165	0,88373	0,94473	1,479187	1,123905	1,179466	1,340679	1,450821	
4,5853	1,354498	0,74108	0,768339	0,781589	0,829149	1,411166	0,97901	1,037638	1,156666	1,285213	
4,7474	1,214188	0,593623	0,606177	0,650797	0,673122	1,26899	0,792435	0,866021	0,943466	1,074162	
4,9095	0,032179	-0,01969	-0,02868	-0,03365	-0,0559	0,005983	-0,04243	-0,06938	-0,07964	-0,08758	

Tabela A.1-9 - $K_{eq(Richard)}$ [MPa·√m], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=5$ mm, submetido a $T=6$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,047268	0,017731	0,018746	0,020359	0,019854	0,499514	0,409121	0,40952	0,404326
0,0162	0,297904	0,090786	0,096349	0,109148	0,104999	4,375806	3,44003	3,411568	3,302096	3,178007	
0,32417	0,370753	0,13349	0,145261	0,153911	0,169421	4,450929	3,772637	3,776185	3,708967	3,618725	
0,48806	0,409511	0,159792	0,175748	0,186278	0,194839	4,359429	3,775042	3,806368	3,782461	3,69366	
0,65194	0,429674	0,192702	0,200758	0,216103	0,20779	4,113048	3,569218	3,625884	3,645992	3,573462	
0,81583	0,448132	0,236784	0,227886	0,245073	0,224828	3,826425	3,338326	3,36559	3,437481	3,401569	
0,97972	0,48005	0,283511	0,255918	0,270614	0,257166	3,53362	3,138003	3,10571	3,170772	3,192256	
1,1436	0,515947	0,331572	0,288421	0,301147	0,296189	3,223974	2,923655	2,872524	2,901094	2,965814	
1,3075	0,556565	0,383879	0,333263	0,341852	0,334601	2,952699	2,727029	2,675585	2,704931	2,788618	
1,4714	0,60622	0,449707	0,393231	0,392836	0,386399	2,677736	2,544794	2,471951	2,537291	2,63831	
1,6353	0,67484	0,533187	0,46909	0,456927	0,449004	2,438337	2,365301	2,302819	2,416909	2,526225	
1,7992	0,751162	0,629627	0,559311	0,534058	0,52486	2,221561	2,180331	2,149828	2,289691	2,406724	
1,9631	0,836471	0,723428	0,646775	0,621263	0,621406	2,022147	1,993235	1,978411	2,111689	2,241743	
2,1269	0,945752	0,837515	0,756292	0,745439	0,751999	1,8323	1,814015	1,808239	1,93263	2,078292	
2,2908	1,098539	0,996999	0,907654	0,925788	0,940673	1,663164	1,659673	1,660334	1,7881	1,952433	
2,4547	1,275838	1,181123	1,092485	1,135229	1,176993	1,503524	1,518957	1,520575	1,670411	1,838861	
2,6186	1,466433	1,375441	1,314787	1,393529	1,434602	1,333001	1,367373	1,375904	1,560358	1,713668	
2,7825	1,688074	1,606525	1,586133	1,724637	1,757728	1,17331	1,22188	1,247862	1,44779	1,598739	
2,9464	1,95519	1,863499	1,887197	2,080306	2,174762	1,057816	1,107179	1,158545	1,343953	1,523377	
3,1103	2,226831	2,120925	2,189869	2,436072	2,63259	0,965767	1,009354	1,08061	1,2494	1,460762	
3,2742	2,507809	2,361954	2,500272	2,776093	3,103916	0,886571	0,9117	0,986715	1,149853	1,378188	
3,4381	2,802225	2,612464	2,82677	3,138395	3,584901	0,809311	0,819576	0,897033	1,059038	1,290013	
3,602	3,126586	2,929584	3,18972	3,587821	4,102246	0,733594	0,733318	0,82217	0,981326	1,209531	
3,7658	3,463189	3,277443	3,560141	4,053765	4,618117	0,665732	0,6604	0,761332	0,921445	1,147834	
3,9297	3,878058	3,668588	3,928607	4,526834	5,203597	0,611989	0,594484	0,712403	0,88512	1,097514	
4,0936	4,287437	4,034713	4,278504	4,956837	5,783567	0,56641	0,529234	0,666939	0,845943	1,03288	
4,2575	4,635138	4,352075	4,685583	5,385831	6,279569	0,533624	0,466794	0,606684	0,790001	0,944272	
4,4214	4,914041	4,597973	5,030762	5,755682	6,665124	0,492986	0,410717	0,542627	0,724658	0,860608	
4,5853	4,996749	4,664723	5,072609	5,771019	6,744717	0,445497	0,339988	0,472708	0,616732	0,76206	
4,7474	4,758427	4,400354	4,723083	5,33935	6,286538	0,374637	0,230339	0,323694	0,404437	0,53211	
4,9095	0,550841	0,504546	0,54664	0,621751	0,720729	0,059117	0,04377	0,057969	0,073722	0,092024	

Tabela A.1-10 - $K_{eq(Pook)}$ [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=5\text{ mm}$, submetido a $T=6\text{ N.m}$

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,032688	-0,00467	0,008973	0,013238	0,011516	0,513492	0,426112	0,434496	0,437134
0,0162	0,812759	0,233902	0,220157	0,243593	0,187432	4,708028	3,64999	3,665452	3,583825	3,532861	
0,32417	0,964945	0,369753	0,359168	0,361239	0,358502	4,824894	4,05259	4,11135	4,10183	4,08086	
0,48806	1,02961	0,468836	0,474032	0,483238	0,481753	4,747203	4,098326	4,192926	4,237196	4,20637	
0,65194	1,047945	0,560939	0,555543	0,569728	0,555077	4,505004	3,916626	4,030025	4,122466	4,101599	
0,81583	1,055051	0,655241	0,629053	0,649574	0,621593	4,216747	3,700727	3,7699	3,914166	3,926716	
0,97972	1,076833	0,732482	0,68458	0,713064	0,700889	3,922733	3,50522	3,506445	3,62682	3,695015	
1,1436	1,092087	0,793829	0,731781	0,76486	0,774706	3,601849	3,286254	3,264666	3,328791	3,435263	
1,3075	1,104773	0,848939	0,786669	0,817838	0,830469	3,313442	3,080004	3,05313	3,107425	3,225353	
1,4714	1,118261	0,907371	0,847436	0,871927	0,891188	3,013971	2,881651	2,822724	2,907909	3,038499	
1,6353	1,146207	0,973542	0,906776	0,932094	0,954417	2,744902	2,674765	2,621378	2,757632	2,891627	
1,7992	1,166527	1,035153	0,958068	0,986123	1,013806	2,492167	2,448534	2,431239	2,593331	2,724383	
1,9631	1,176803	1,068973	0,987141	1,017691	1,063792	2,247926	2,209905	2,210198	2,354268	2,484228	
2,1269	1,189479	1,096087	1,014311	1,052713	1,108115	1,999684	1,968031	1,977134	2,098831	2,235168	
2,2908	1,229002	1,137629	1,054521	1,103673	1,150896	1,756013	1,739419	1,757553	1,87279	2,025743	
2,4547	1,278711	1,20334	1,099667	1,154983	1,193928	1,517117	1,527422	1,551855	1,674545	1,859596	
2,6186	1,565541	1,47933	1,421108	1,508762	1,566481	1,459701	1,486332	1,481226	1,673032	1,830465	
2,7825	1,865959	1,787059	1,772687	1,933004	1,976673	1,409198	1,440094	1,4561	1,656897	1,80736	
2,9464	2,194022	2,095971	2,125385	2,343211	2,447386	1,382451	1,411457	1,461124	1,644964	1,832829	
3,1103	2,509171	2,385949	2,458263	2,72686	2,933949	1,360553	1,386543	1,461564	1,63549	1,867874	
3,2742	2,820563	2,643072	2,782494	3,075093	3,413048	1,339866	1,346553	1,427769	1,609124	1,86706	
3,4381	3,134571	2,899127	3,110255	3,433244	3,889861	1,313108	1,29849	1,386167	1,577338	1,84056	
3,602	3,473165	3,21435	3,466871	3,874963	4,400746	1,284132	1,250278	1,353454	1,547802	1,809012	
3,7658	3,819863	3,55348	3,825354	4,331043	4,906519	1,250186	1,205434	1,32441	1,525126	1,789616	
3,9297	4,249325	3,931271	4,179467	4,790301	5,474921	1,223248	1,154043	1,300447	1,524623	1,778367	
4,0936	4,664709	4,278095	4,511656	5,201621	6,031875	1,196423	1,087238	1,266202	1,506545	1,734331	
4,2575	5,006981	4,569583	4,897772	5,597701	6,49861	1,182452	1,011042	1,194954	1,449004	1,643983	
4,4214	5,277373	4,785809	5,221632	5,932023	6,855474	1,144918	0,923224	1,097741	1,360172	1,542499	
4,5853	5,348697	4,816643	5,227169	5,916326	6,899203	1,070485	0,781838	0,959862	1,174085	1,384477	
4,7474	5,064688	4,508653	4,830384	5,450721	6,393944	0,93732	0,573117	0,715809	0,844893	1,040028	
4,9095	0,565215	0,510536	0,553543	0,628999	0,731408	0,028673	0,050905	0,086459	0,110765	0,13569	

Tabela A.1-11 - K_I [$MPa \cdot \sqrt{m}$], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=5$ mm, submetido a $T=7,5$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	-0,63034	-0,60219	-0,65747	-0,74965	-0,86311	0,551817	0,455494	0,43943	0,414132
0,0162	-5,54948	-5,24906	-5,70949	-6,59335	-7,55215	5,007467	4,002179	3,863355	3,643576	3,288769	
0,32417	-5,83662	-5,60735	-6,11806	-7,00255	-8,13654	5,005253	4,276981	4,122978	3,863987	3,53764	
0,48806	-5,77811	-5,54189	-6,05703	-6,88491	-8,02301	4,843028	4,201086	4,05404	3,808963	3,493052	
0,65194	-5,30472	-5,1757	-5,68072	-6,42417	-7,43926	4,487588	3,87126	3,769435	3,554716	3,253351	
0,81583	-4,77346	-4,71559	-5,19594	-5,87077	-6,72869	4,080603	3,498112	3,398184	3,239121	2,968398	
0,97972	-4,27287	-4,21405	-4,67321	-5,23452	-5,97133	3,637884	3,170816	3,005808	2,871886	2,667381	
1,1436	-3,75109	-3,70113	-4,12551	-4,55558	-5,21333	3,174294	2,82695	2,635474	2,486625	2,337651	
1,3075	-3,24861	-3,23944	-3,60089	-3,96265	-4,55558	2,767973	2,489566	2,309696	2,159361	2,031194	
1,4714	-2,75251	-2,77575	-3,05539	-3,40894	-3,90193	2,347106	2,148483	1,971206	1,852336	1,738778	
1,6353	-2,29012	-2,34113	-2,49791	-2,93067	-3,34	1,95862	1,792158	1,665255	1,592302	1,471534	
1,7992	-1,81976	-1,90423	-1,95758	-2,42563	-2,78192	1,589361	1,424764	1,363321	1,314559	1,1887	
1,9631	-1,34915	-1,44601	-1,47549	-1,84709	-2,1544	1,214599	1,069893	1,035741	0,985619	0,87516	
2,1269	-0,87478	-0,95855	-0,98783	-1,23079	-1,47289	0,819156	0,706643	0,690357	0,643112	0,560419	
2,2908	-0,42583	-0,45344	-0,49654	-0,60934	-0,72723	0,404202	0,340482	0,338933	0,306675	0,2651	
2,4547	0,010774	0,022446	-0,00866	-0,03803	-0,0058	-0,00466	-0,01544	-0,00105	-0,01061	-0,01857	
2,6186	0,457898	0,489868	0,508431	0,553082	0,648172	-0,40746	-0,37147	-0,3327	-0,30495	-0,28705	
2,7825	0,919274	0,976733	1,043805	1,195879	1,300455	-0,8178	-0,73447	-0,67511	-0,59343	-0,56225	
2,9464	1,380018	1,441904	1,559604	1,805344	1,976297	-1,21286	-1,0908	-1,01705	-0,88493	-0,85982	
3,1103	1,822515	1,880417	2,046879	2,371044	2,658305	-1,58076	-1,43855	-1,33809	-1,19389	-1,15743	
3,2742	2,280571	2,288287	2,537506	2,897816	3,34316	-1,94436	-1,7698	-1,64714	-1,519	-1,4537	
3,4381	2,741442	2,69366	3,034806	3,438977	4,018306	-2,33126	-2,09624	-1,96567	-1,84317	-1,7403	
3,602	3,214139	3,17714	3,561673	4,067638	4,714007	-2,77955	-2,46844	-2,31008	-2,18358	-2,02727	
3,7658	3,68437	3,684053	4,083449	4,695034	5,392316	-3,21825	-2,8421	-2,6449	-2,50863	-2,30947	
3,9297	4,227017	4,233341	4,588781	5,321797	6,156955	-3,65876	-3,19675	-2,99474	-2,84874	-2,60518	
4,0936	4,773458	4,7431	5,064388	5,894802	6,917166	-4,08471	-3,52562	-3,33937	-3,18916	-2,88985	
4,2575	5,252859	5,1874	5,607983	6,487096	7,57492	-4,53313	-3,89656	-3,71125	-3,50475	-3,20054	
4,4214	5,637392	5,535883	6,068411	6,999702	8,087841	-4,93157	-4,20741	-4,04013	-3,75394	-3,48546	
4,5853	5,771789	5,659845	6,162647	7,049349	8,223819	-5,03656	-4,25263	-4,13942	-3,8156	-3,57495	
4,7474	5,558968	5,383461	5,786336	6,551607	7,73082	-4,94517	-3,97562	-3,88328	-3,58191	-3,35201	
4,9095	0,628503	0,6076	0,66022	0,754393	0,875666	-0,55147	-0,45629	-0,43832	-0,40812	-0,37811	

Tabela A.1-12 - K_{II} [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=5$ mm, submetido a $T=7,5$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,184544	0,107419	0,109614	0,119082	0,123594	0,197797	0,147928	0,162193	0,175946
0,0162	-0,03423	0,295471	0,397783	0,464412	0,540117	0,072479	0,509854	0,656457	0,767516	0,867476	
0,32417	-0,25464	0,346333	0,521207	0,609276	0,762235	0,027811	0,708508	0,955735	1,136744	1,258175	
0,48806	-0,38659	0,234815	0,471148	0,580721	0,695669	-0,0034	0,648773	0,932809	1,138799	1,234869	
0,65194	-0,33675	0,130083	0,406353	0,5774	0,586887	0,02356	0,557731	0,837434	1,078843	1,14952	
0,81583	-0,24371	0,051953	0,316955	0,531769	0,485694	0,05725	0,478864	0,721347	0,958644	1,040737	
0,97972	-0,16584	0,046435	0,250471	0,432789	0,436331	0,073959	0,429121	0,634796	0,802713	0,9077	
1,1436	-0,12696	0,050581	0,214937	0,347186	0,392755	0,060355	0,376406	0,566775	0,666197	0,768022	
1,3075	-0,11734	0,038668	0,207341	0,298165	0,352151	0,059138	0,327327	0,502676	0,567692	0,65358	
1,4714	-0,09683	0,020451	0,18856	0,252037	0,321888	0,063192	0,282211	0,419792	0,472286	0,555106	
1,6353	-0,09961	-0,01181	0,13692	0,201719	0,277335	0,038308	0,231064	0,341621	0,406068	0,483639	
1,7992	-0,11055	-0,04703	0,079082	0,144614	0,216907	0,014777	0,174776	0,278764	0,346744	0,400724	
1,9631	-0,08274	-0,0582	0,039826	0,087143	0,156795	0,019873	0,12256	0,215898	0,255718	0,278575	
2,1269	-0,04494	-0,05797	0,013636	0,0451	0,103773	0,03364	0,076606	0,150743	0,156795	0,15874	
2,2908	-0,01847	-0,04921	0,007827	0,03347	0,061797	0,038779	0,035225	0,095425	0,074905	0,062458	
2,4547	-0,00186	-0,03066	0,00859	0,019811	0,022659	0,018121	-0,00868	0,042839	-0,00276	-0,02614	
2,6186	0,011464	-0,00656	-0,00472	-0,0106	-0,02239	-0,01421	-0,03632	-0,01774	-0,07785	-0,09741	
2,7825	0,035753	0,00771	-0,02761	-0,04448	-0,07315	-0,02613	-0,05604	-0,08655	-0,15303	-0,16651	
2,9464	0,067859	0,005156	-0,04596	-0,08528	-0,12427	-0,02737	-0,09266	-0,17017	-0,24515	-0,27031	
3,1103	0,089837	-0,00153	-0,06345	-0,12937	-0,17547	-0,03986	-0,14065	-0,25593	-0,34285	-0,39639	
3,2742	0,107571	-0,0032	-0,08409	-0,1637	-0,22212	-0,05857	-0,19501	-0,32862	-0,43779	-0,51514	
3,4381	0,135478	0,00046	-0,10171	-0,1862	-0,26052	-0,05903	-0,2415	-0,39392	-0,53085	-0,61317	
3,602	0,165707	0,002809	-0,13003	-0,23217	-0,33292	-0,05018	-0,28256	-0,46751	-0,61857	-0,70041	
3,7658	0,198114	-0,00143	-0,16541	-0,3113	-0,44512	-0,05596	-0,33903	-0,55055	-0,70905	-0,79478	
3,9297	0,231532	-0,03876	-0,21209	-0,40072	-0,55833	-0,06248	-0,40433	-0,65592	-0,83528	-0,91399	
4,0936	0,255442	-0,09495	-0,27001	-0,44816	-0,63249	-0,05664	-0,46182	-0,76894	-0,96143	-1,031	
4,2575	0,293121	-0,18723	-0,34124	-0,42046	-0,68957	-0,03249	-0,54616	-0,87181	-1,04823	-1,11932	
4,4214	0,342222	-0,27509	-0,39342	-0,3969	-0,74282	8,53E-05	-0,62414	-0,94274	-1,10588	-1,18358	
4,5853	0,285032	-0,34845	-0,42435	-0,4467	-0,7622	-0,05393	-0,65152	-0,98151	-1,11866	-1,22453	
4,7474	0,098151	-0,28418	-0,31999	-0,36916	-0,50511	-0,12848	-0,46182	-0,69823	-0,7648	-0,86751	
4,9095	-0,18546	-0,10993	-0,11203	-0,11748	-0,12433	-0,19991	-0,14755	-0,1598	-0,17702	-0,19682	

Tabela A.1-13 - K_{III} [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=5$ mm, submetido a $T=7,5$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,037397	-0,02259	-0,04559	-0,05785	-0,06627	0,011289	-0,05763	-0,08204	-0,10185
0,0162	1,484563	0,712556	0,720683	0,817986	0,819409	1,588254	0,990078	1,101263	1,148002	1,359273	
0,32417	1,686664	0,908238	0,911115	0,977523	1,047346	1,761989	1,220481	1,328504	1,445003	1,622185	
0,48806	1,745609	1,040737	1,05949	1,125992	1,205998	1,817582	1,398897	1,531112	1,687328	1,851767	
0,65194	1,733972	1,133677	1,139211	1,193001	1,26567	1,833014	1,508185	1,62715	1,796237	1,973166	
0,81583	1,708515	1,216591	1,202203	1,251282	1,30289	1,831528	1,597393	1,673762	1,866503	2,051022	
0,97972	1,700641	1,271425	1,234869	1,291822	1,342766	1,853601	1,654061	1,713638	1,892718	2,080209	
1,1436	1,678221	1,304914	1,250586	1,310479	1,374421	1,855688	1,691407	1,748898	1,902774	2,096748	
1,3075	1,651721	1,335272	1,274303	1,331603	1,391813	1,844525	1,734857	1,780173	1,938792	2,139344	
1,4714	1,627624	1,369614	1,304756	1,357091	1,41357	1,828302	1,786719	1,8037	1,981578	2,187664	
1,6353	1,622312	1,415752	1,336758	1,397505	1,449398	1,821693	1,838833	1,832382	2,031352	2,248221	
1,7992	1,605046	1,45449	1,36019	1,428591	1,483646	1,815938	1,873365	1,862297	2,071323	2,299766	
1,9631	1,579874	1,456513	1,35823	1,424321	1,499489	1,821725	1,877444	1,870993	2,071323	2,304383	
2,1269	1,558655	1,447596	1,351779	1,418724	1,501892	1,835323	1,8795	1,87678	2,062501	2,294296	
2,2908	1,571162	1,454458	1,360317	1,429318	1,494429	1,865459	1,896355	1,895627	2,074581	2,303213	
2,4547	1,589392	1,464735	1,369899	1,437761	1,473938	1,881618	1,906379	1,900687	2,093333	2,307672	
2,6186	1,587621	1,453857	1,365788	1,438994	1,432796	1,858787	1,885413	1,878772	2,095705	2,278674	
2,7825	1,584712	1,439121	1,363985	1,43773	1,401458	1,8302	1,85768	1,864795	2,078945	2,255083	
2,9464	1,610896	1,437761	1,372334	1,434915	1,414107	1,830643	1,848003	1,880607	2,058991	2,275733	
3,1103	1,632684	1,429413	1,373093	1,425903	1,430203	1,834089	1,839592	1,885793	2,041503	2,29477	
3,2742	1,632304	1,40032	1,352443	1,398233	1,42312	1,8382	1,80876	1,851514	2,00694	2,272792	
3,4381	1,626581	1,366673	1,322876	1,363416	1,4124	1,837884	1,769105	1,811669	1,966462	2,229848	
3,602	1,637491	1,332457	1,294826	1,345075	1,412463	1,840351	1,735173	1,782639	1,934239	2,187316	
3,7658	1,657065	1,300392	1,265354	1,332362	1,402881	1,834943	1,701432	1,752882	1,906727	2,154713	
3,9297	1,716263	1,270951	1,236451	1,311681	1,378595	1,838327	1,654978	1,721323	1,889493	2,119232	
4,0936	1,75051	1,226553	1,197207	1,278287	1,339193	1,841141	1,58857	1,672149	1,850091	2,042104	
4,2575	1,742162	1,155275	1,150784	1,20293	1,267441	1,862107	1,506477	1,58487	1,779635	1,929717	
4,4214	1,722398	1,062146	1,09769	1,104678	1,180921	1,848984	1,404873	1,474349	1,675849	1,813535	
4,5853	1,693147	0,926358	0,960447	0,977017	1,036405	1,763982	1,223738	1,297071	1,445825	1,606532	
4,7474	1,517735	0,742028	0,757713	0,813496	0,841387	1,58623	0,990552	1,082543	1,17934	1,342703	
4,9095	0,040227	-0,02461	-0,03586	-0,04206	-0,06987	0,007479	-0,05303	-0,08672	-0,09955	-0,10948	

Tabela A.1-14 - $K_{eq(Richard)}$ $[MPa \cdot \sqrt{m}]$, ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=5 \text{ mm}$, submetido a $T=7,5 \text{ N.m}$

		a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		t [mm]	0	0,059084	0,022163	0,023433	0,025449	0,024816	0,624393	0,511409	0,511929
0,0162	0,372396	0,113485	0,120437	0,13644	0,131241	5,469757	4,299971	4,264463	4,127696	3,972641	
0,32417	0,463444	0,166851	0,181581	0,1924	0,211778	5,56345	4,715796	4,720374	4,636269	4,523558	
0,48806	0,511886	0,199737	0,219686	0,232849	0,243559	5,449277	4,718813	4,757975	4,727956	4,61718	
0,65194	0,537099	0,240884	0,250944	0,270128	0,259741	5,14124	4,461608	4,532315	4,557606	4,466688	
0,81583	0,560151	0,295959	0,284871	0,306343	0,281036	4,782766	4,173043	4,206957	4,29692	4,25197	
0,97972	0,600041	0,354391	0,319912	0,338276	0,321465	4,417154	3,922526	3,882127	3,963498	3,990311	
1,1436	0,644913	0,414462	0,360524	0,376434	0,370229	4,029855	3,654549	3,590642	3,626375	3,707288	
1,3075	0,695707	0,479845	0,416559	0,427305	0,418264	3,690874	3,408799	3,344491	3,38117	3,48574	
1,4714	0,757771	0,56213	0,491539	0,491045	0,482985	3,347151	3,18098	3,089952	3,171622	3,29789	
1,6353	0,843537	0,666481	0,586382	0,571138	0,561254	3,047959	2,956644	2,878523	3,021167	3,157753	
1,7992	0,938948	0,787028	0,699118	0,667597	0,656066	2,776952	2,725406	2,687294	2,862107	3,008402	
1,9631	1,045587	0,904286	0,808505	0,776573	0,776775	2,527703	2,491555	2,473028	2,639614	2,802171	
2,1269	1,182192	1,046871	0,945345	0,931809	0,939999	2,290395	2,267514	2,260302	2,415763	2,597841	
2,2908	1,373185	1,246253	1,134542	1,157201	1,175848	2,078939	2,074598	2,075415	2,235134	2,440551	
2,4547	1,59479	1,476372	1,365607	1,419028	1,471241	1,879389	1,898696	1,900718	2,088037	2,298576	
2,6186	1,833041	1,719296	1,64347	1,741911	1,793275	1,666251	1,709205	1,719867	1,950432	2,142062	
2,7825	2,110108	2,008116	1,982628	2,155785	2,19718	1,466633	1,527353	1,559825	1,809726	1,998447	
2,9464	2,443981	2,329355	2,358988	2,600376	2,718459	1,322268	1,383978	1,448187	1,679945	1,904221	
3,1103	2,783521	2,651119	2,737342	3,04509	3,290706	1,207224	1,26171	1,35073	1,561724	1,825941	
3,2742	3,134787	2,95245	3,125364	3,470131	3,879845	1,108223	1,139595	1,233396	1,437318	1,72272	
3,4381	3,502818	3,265618	3,533454	3,923029	4,480987	1,011647	1,024475	1,121289	1,323806	1,612518	
3,602	3,908322	3,661975	3,987074	4,484921	5,128021	0,917014	0,916672	1,027703	1,226662	1,511918	
3,7658	4,329119	4,096818	4,450326	5,067435	5,772875	0,832169	0,825505	0,951657	1,15184	1,434815	
3,9297	4,847442	4,585951	4,910685	5,658624	6,504495	0,764958	0,743116	0,890513	1,106412	1,371873	
4,0936	5,359291	5,043458	5,348134	6,195965	7,229164	0,708048	0,661522	0,833683	1,057427	1,291078	
4,2575	5,793842	5,440176	5,85705	6,732363	7,849536	0,667031	0,583477	0,758379	0,987519	1,180331	
4,4214	6,142395	5,747381	6,288448	7,194606	8,331714	0,616233	0,513388	0,678246	0,905838	1,07578	
4,5853	6,245801	5,831062	6,340923	7,213627	8,430814	0,556899	0,424965	0,590886	0,770906	0,952579	
4,7474	5,948108	5,50052	5,903619	6,674343	7,858405	0,468311	0,287914	0,404625	0,50555	0,665161	
4,9095	0,68855	0,63069	0,683315	0,777181	0,900903	0,073899	0,05471	0,072464	0,092155	0,115033	

Tabela A.1-15 - $K_{eq(Pook)}$ [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=5\text{ mm}$, submetido a $T=7,5\text{ N.m}$

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,040858	-0,00584	0,011217	0,016548	0,014392	0,641866	0,532648	0,543147	0,546414
0,0162	1,015967	0,292386	0,275198	0,304513	0,234253	5,885035	4,562428	4,581819	4,479859	4,416205	
0,32417	1,206178	0,462161	0,448966	0,451598	0,448129	6,030911	5,065737	5,139324	5,127343	5,10123	
0,48806	1,287023	0,586037	0,592542	0,604047	0,602223	5,933989	5,122925	5,241179	5,296368	5,258069	
0,65194	1,309946	0,701187	0,694421	0,712154	0,693855	5,631185	4,895874	5,03749	5,153189	5,126857	
0,81583	1,318789	0,819016	0,786347	0,811974	0,776999	5,270669	4,626043	4,712346	4,892778	4,908403	
0,97972	1,346029	0,915601	0,855745	0,891343	0,87612	4,903547	4,381554	4,383047	4,533563	4,618759	
1,1436	1,365095	0,992283	0,914717	0,956073	0,968365	4,502197	4,107794	4,080815	4,161001	4,294106	
1,3075	1,380957	1,061171	0,98331	1,022274	1,038108	4,141803	3,850019	3,816423	3,884294	4,03165	
1,4714	1,397825	1,134207	1,059296	1,089909	1,113968	3,767443	3,60205	3,528421	3,634896	3,798129	
1,6353	1,432743	1,216927	1,133494	1,16509	1,193005	3,431171	3,343478	3,276719	3,447071	3,61449	
1,7992	1,458152	1,293939	1,19756	1,232685	1,267243	3,115209	3,06066	3,039061	3,241658	3,405469	
1,9631	1,471003	1,336222	1,233961	1,272106	1,329759	2,80993	2,762394	2,762759	2,94284	3,105278	
2,1269	1,486855	1,370091	1,267872	1,3159	1,385149	2,499627	2,460033	2,471419	2,623512	2,793931	
2,2908	1,536261	1,422044	1,318134	1,379559	1,438634	2,194996	2,174278	2,196938	2,340998	2,532188	
2,4547	1,59838	1,504143	1,374583	1,443721	1,492411	1,89638	1,909278	1,939821	2,093205	2,324494	
2,6186	1,956926	1,849156	1,776366	1,885953	1,958129	1,824627	1,8579	1,851518	2,091274	2,288056	
2,7825	2,332465	2,23378	2,215816	2,416242	2,470864	1,76149	1,800118	1,820124	2,071107	2,259224	
2,9464	2,74252	2,619943	2,656723	2,929006	3,059241	1,728062	1,764328	1,826408	2,056201	2,291036	
3,1103	3,136444	2,982394	3,072835	3,408574	3,667401	1,700701	1,733195	1,826922	2,044337	2,334828	
3,2742	3,525733	3,303845	3,478146	3,843879	4,266253	1,674841	1,683166	1,784708	2,011409	2,333809	
3,4381	3,918256	3,623951	3,887804	4,29159	4,862192	1,641394	1,623119	1,732704	1,971687	2,300705	
3,602	4,341545	4,017931	4,333511	4,843846	5,501138	1,60519	1,56288	1,691806	1,934764	2,261275	
3,7658	4,774961	4,44187	4,781842	5,414033	6,133377	1,562753	1,506799	1,655503	1,906453	2,237049	
3,9297	5,311153	4,914298	5,224261	5,98796	6,843649	1,529029	1,44256	1,625569	1,905793	2,222933	
4,0936	5,83088	5,347679	5,639576	6,50194	7,539562	1,495566	1,359034	1,582754	1,883174	2,167883	
4,2575	6,258642	5,712064	6,122283	6,9972	8,123335	1,478064	1,263792	1,493722	1,811267	2,054975	
4,4214	6,596558	5,982171	6,527031	7,415037	8,569648	1,431147	1,154016	1,372141	1,700229	1,928148	
4,5853	6,685747	6,020961	6,534127	7,395273	8,623915	1,338143	0,977262	1,19984	1,467592	1,730607	
4,7474	6,330932	5,635892	6,037747	6,813553	7,992655	1,171662	0,716382	0,894777	1,056124	1,300061	
4,9095	0,706518	0,638176	0,691944	0,786241	0,914251	0,035847	0,063628	0,108078	0,138458	0,169615	

Tabela A.1-16 - K_I [$MPa \cdot \sqrt{m}$], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=5$ mm, submetido a $T=9$ N.m

		a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
t [mm]	0	-0,75639	-0,72261	-0,78899	-0,89957	-1,03574	0,662181	0,5466	0,52731	0,496984	0,45385
	0,0162	-6,65944	-6,29894	-6,85171	-7,91233	-9,06246	6,00896	4,802867	4,635899	4,372165	3,946206
	0,32417	-7,00413	-6,72869	-7,34154	-8,40312	-9,76385	6,00643	5,132377	4,947383	4,636532	4,245042
	0,48806	-6,93361	-6,65059	-7,26818	-8,26208	-9,62755	5,811634	5,041303	4,865164	4,570756	4,191599
	0,65194	-6,36566	-6,21103	-6,81661	-7,709	-8,92711	5,385043	4,645386	4,523322	4,265596	3,904148
	0,81583	-5,72815	-5,65858	-6,23506	-7,04492	-8,07456	4,896787	4,197607	4,077757	3,886755	3,56199
	0,97972	-5,12732	-5,0568	-5,60798	-6,28155	-7,16572	4,365208	3,804852	3,606894	3,44625	3,200857
	1,1436	-4,50119	-4,44142	-4,95055	-5,46663	-6,25593	3,80928	3,392491	3,162594	2,983925	2,805193
	1,3075	-3,89846	-3,88739	-4,32094	-4,75512	-5,46663	3,321656	2,987467	2,771642	2,591234	2,437452
	1,4714	-3,303	-3,33083	-3,66634	-4,09072	-4,68238	2,816546	2,578173	2,365479	2,222828	2,086534
	1,6353	-2,74818	-2,80937	-2,99749	-3,51677	-4,00819	2,350331	2,150602	1,998306	1,910743	1,765847
	1,7992	-2,18374	-2,28506	-2,3491	-2,91072	-3,33842	1,907233	1,709717	1,635973	1,577471	1,42644
	1,9631	-1,61899	-1,7352	-1,77059	-2,2165	-2,58529	1,457525	1,283853	1,242902	1,182723	1,050192
	2,1269	-1,04975	-1,15025	-1,18541	-1,47694	-1,76746	0,982994	0,847996	0,828422	0,771754	0,672522
	2,2908	-0,51099	-0,54413	-0,59584	-0,73121	-0,87266	0,485062	0,408598	0,406732	0,367994	0,318125
	2,4547	0,012928	0,026936	-0,01039	-0,04564	-0,00696	-0,0056	-0,01853	-0,00126	-0,01273	-0,02229
	2,6186	0,549446	0,587836	0,61013	0,663699	0,777794	-0,48895	-0,44579	-0,39924	-0,36594	-0,34447
	2,7825	1,103129	1,172098	1,252578	1,435073	1,560552	-0,98135	-0,88136	-0,81011	-0,71214	-0,6747
	2,9464	1,656022	1,730303	1,871531	2,166445	2,371582	-1,45544	-1,30896	-1,22045	-1,06192	-1,03179
	3,1103	2,187031	2,256506	2,456236	2,845259	3,190106	-1,89692	-1,72626	-1,60571	-1,43267	-1,3889
3,2742	2,736667	2,745932	3,04502	3,477241	4,011665	-2,33322	-2,12375	-1,97658	-1,8228	-1,74444	
3,4381	3,289717	3,23248	3,641679	4,126772	4,822157	-2,79751	-2,5155	-2,35881	-2,21179	-2,08834	
3,602	3,856714	3,812442	4,274134	4,880976	5,656682	-3,33557	-2,96214	-2,77208	-2,62029	-2,43274	
3,7658	4,42118	4,420864	4,899949	5,633914	6,470653	-3,86177	-3,41052	-3,17398	-3,01036	-2,77139	
3,9297	5,07261	5,079883	5,50679	6,38622	7,388346	-4,39051	-3,83616	-3,59361	-3,41842	-3,1262	
4,0936	5,72815	5,691784	6,077265	7,073699	8,300663	-4,90185	-4,2305	-4,00724	-3,82699	-3,46775	
4,2575	6,303368	6,224944	6,729643	7,784263	9,089967	-5,43975	-4,67574	-4,45375	-4,20583	-3,84059	
4,4214	6,765061	6,643313	7,282093	8,399642	9,705346	-5,91789	-5,04889	-4,84809	-4,50498	-4,18274	
4,5853	6,926021	6,791624	7,394986	8,459409	9,86852	-6,04375	-5,10297	-4,96731	-4,57866	-4,28995	
4,7474	6,670825	6,460217	6,943729	7,862055	9,276858	-5,93433	-4,77061	-4,65993	-4,29817	-4,02273	
4,9095	0,754172	0,729126	0,792245	0,905265	1,050825	-0,66177	-0,54755	-0,52598	-0,48977	-0,45376	

Tabela A.1-17 - K_{II} [$MPa \cdot \sqrt{m}$], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=5$ mm, submetido a $T=9$ N.m

t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
	0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
	0	0,221451	0,128904	0,131535	0,1429	0,148314	0,237357	0,177514	0,194635	0,211133
0,0162	-0,04108	0,354555	0,477346	0,557288	0,64814	0,086978	0,611806	0,787723	0,921013	1,040959
0,32417	-0,30556	0,415618	0,625435	0,73115	0,914689	0,033375	0,85021	1,146895	1,36408	1,509798
0,48806	-0,46391	0,281778	0,565352	0,696871	0,834778	-0,00408	0,778553	1,119351	1,366578	1,481843
0,65194	-0,40411	0,1561	0,487623	0,692887	0,704239	0,028272	0,669264	1,004909	1,294605	1,379417
0,81583	-0,29245	0,062341	0,380359	0,638116	0,582839	0,068697	0,574649	0,86561	1,150373	1,248878
0,97972	-0,19901	0,055722	0,300565	0,519341	0,523578	0,088749	0,514945	0,761761	0,963261	1,089247
1,1436	-0,15235	0,060697	0,257925	0,41663	0,471306	0,072426	0,4517	0,680143	0,799424	0,921614
1,3075	-0,14081	0,046403	0,248811	0,357812	0,422607	0,070965	0,392787	0,603236	0,681218	0,784308
1,4714	-0,11619	0,024541	0,226274	0,302443	0,386272	0,075831	0,338648	0,503719	0,566743	0,666134
1,6353	-0,11954	-0,01417	0,164302	0,242063	0,332798	0,04597	0,277278	0,409958	0,487275	0,580373
1,7992	-0,13266	-0,05644	0,094897	0,173539	0,26029	0,017732	0,209729	0,334506	0,416092	0,480888
1,9631	-0,0993	-0,06984	0,047792	0,10457	0,188156	0,023848	0,147071	0,259079	0,306861	0,334284
2,1269	-0,05393	-0,06957	0,016363	0,054122	0,124527	0,04037	0,091927	0,180892	0,188152	0,190489
2,2908	-0,02217	-0,05905	0,009392	0,040161	0,074159	0,046536	0,042267	0,114509	0,089885	0,074949
2,4547	-0,00224	-0,03679	0,010308	0,023773	0,02719	0,021745	-0,01042	0,051406	-0,00331	-0,03136
2,6186	0,013756	-0,00787	-0,00566	-0,01272	-0,02687	-0,01705	-0,04358	-0,02128	-0,09342	-0,11689
2,7825	0,042903	0,009252	-0,03313	-0,05337	-0,08778	-0,03135	-0,06725	-0,10387	-0,18364	-0,19981
2,9464	0,081432	0,006187	-0,05515	-0,10233	-0,14912	-0,03285	-0,11119	-0,20421	-0,29418	-0,32435
3,1103	0,107802	-0,00184	-0,07614	-0,15525	-0,21057	-0,04783	-0,16879	-0,30712	-0,41141	-0,47567
3,2742	0,129084	-0,00384	-0,10091	-0,19645	-0,26655	-0,07028	-0,23401	-0,39437	-0,52535	-0,61816
3,4381	0,162576	0,000552	-0,12205	-0,22344	-0,31263	-0,07084	-0,2898	-0,47273	-0,63701	-0,7358
3,602	0,19885	0,00337	-0,15604	-0,2786	-0,39952	-0,06021	-0,33906	-0,56102	-0,74228	-0,8405
3,7658	0,237734	-0,00172	-0,19849	-0,37356	-0,53414	-0,06714	-0,40683	-0,66063	-0,85084	-0,95371
3,9297	0,277841	-0,04651	-0,25451	-0,48086	-0,66999	-0,07497	-0,48522	-0,78709	-1,00235	-1,0968
4,0936	0,306529	-0,11394	-0,32401	-0,53778	-0,75898	-0,06796	-0,55416	-0,92272	-1,15373	-1,23721
4,2575	0,35174	-0,22467	-0,40948	-0,50457	-0,82747	-0,03899	-0,65538	-1,04618	-1,25786	-1,34318
4,4214	0,410685	-0,33011	-0,4721	-0,47627	-0,89138	0,000102	-0,74899	-1,1313	-1,32705	-1,42031
4,5853	0,342032	-0,41812	-0,50922	-0,53604	-0,91463	-0,06471	-0,78184	-1,17782	-1,34239	-1,46942
4,7474	0,117782	-0,34102	-0,384	-0,443	-0,60615	-0,15418	-0,55419	-0,83785	-0,91776	-1,04099
4,9095	-0,22255	-0,13191	-0,13443	-0,14098	-0,1492	-0,23989	-0,17706	-0,19175	-0,21242	-0,23618

Tabela A.1-18 - K_{III} [$MPa\cdot\sqrt{m}$], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=5\text{ mm}$, submetido a $T=9\text{ N.m}$

		a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
t [mm]	0	0,044879	-0,02711	-0,0547	-0,06942	-0,07952	0,013547	-0,06915	-0,09844	-0,12222	-0,13429
	0,0162	1,781469	0,85508	0,86482	0,981571	0,98331	1,905905	1,188068	1,321516	1,377615	1,631103
	0,32417	2,024016	1,089879	1,093326	1,173015	1,256816	2,114394	1,464577	1,594199	1,734003	1,946635
	0,48806	2,094724	1,248878	1,271394	1,351178	1,447185	2,181118	1,678663	1,837347	2,024806	2,222133
	0,65194	2,080747	1,360412	1,367053	1,431626	1,51881	2,199617	1,809835	1,95258	2,155503	2,367787
	0,81583	2,050231	1,459929	1,442631	1,501544	1,563462	2,197815	1,916846	2,008521	2,23981	2,461201
	0,97972	2,040776	1,525704	1,481843	1,55018	1,611339	2,224346	1,984867	2,056366	2,271274	2,49627
	1,1436	2,013865	1,565897	1,50069	1,572569	1,649318	2,226813	2,029676	2,098677	2,283354	2,516098
	1,3075	1,982084	1,602326	1,529183	1,597931	1,670157	2,213436	2,081822	2,136213	2,326551	2,567232
	1,4714	1,953149	1,643562	1,565707	1,62851	1,696277	2,193957	2,144056	2,164421	2,377875	2,625228
	1,6353	1,946793	1,698902	1,604097	1,677019	1,739284	2,186019	2,206606	2,19889	2,43761	2,697866
	1,7992	1,926048	1,745388	1,632241	1,714302	1,780362	2,179126	2,248063	2,23475	2,485582	2,75972
	1,9631	1,895849	1,747822	1,62987	1,709179	1,799368	2,186083	2,252933	2,245186	2,485613	2,765254
	2,1269	1,870392	1,737134	1,622154	1,702475	1,802277	2,2024	2,255368	2,252143	2,47502	2,753142
	2,2908	1,885951	1,745356	1,632399	1,715188	1,793296	2,238545	2,275638	2,274753	2,489503	2,763831
	2,4547	1,907296	1,757689	1,643878	1,725339	1,768694	2,257929	2,287655	2,280824	2,511987	2,769207
	2,6186	1,905146	1,744629	1,638977	1,726793	1,719362	2,230544	2,262515	2,254546	2,514865	2,734421
	2,7825	1,901636	1,726951	1,636795	1,725275	1,681731	2,196233	2,229216	2,237786	2,494752	2,706087
	2,9464	1,933069	1,725307	1,646788	1,721892	1,69691	2,196771	2,217579	2,256759	2,470814	2,73088
	3,1103	1,959221	1,715314	1,647705	1,711077	1,716263	2,200914	2,207491	2,262958	2,449817	2,753711
3,2742	1,958746	1,680371	1,622913	1,677873	1,707756	2,205815	2,170524	2,221816	2,408327	2,727338	
3,4381	1,951884	1,639989	1,587463	1,636131	1,694886	2,205436	2,1229	2,174003	2,359755	2,675824	
3,602	1,965008	1,598942	1,553785	1,614058	1,694981	2,208408	2,082202	2,139186	2,32108	2,624785	
3,7658	1,988472	1,560458	1,518399	1,598848	1,683439	2,201926	2,041725	2,103484	2,288066	2,585636	
3,9297	2,059528	1,525135	1,483741	1,573992	1,654282	2,206005	1,985974	2,065568	2,267385	2,543072	
4,0936	2,100606	1,471882	1,436654	1,533958	1,607038	2,209357	1,906284	2,006592	2,220109	2,450544	
4,2575	2,090613	1,386311	1,380935	1,443517	1,520929	2,23456	1,807748	1,901825	2,135581	2,315641	
4,4214	2,066865	1,274588	1,317247	1,325627	1,417111	2,21878	1,685873	1,769199	2,011019	2,176248	
4,5853	2,031763	1,111604	1,152524	1,172414	1,243692	2,116765	1,468498	1,556473	1,734984	1,927851	
4,7474	1,821251	0,890434	0,90925	0,976195	1,009684	1,90347	1,188669	1,299032	1,415214	1,611244	
4,9095	0,048272	-0,02953	-0,04303	-0,05047	-0,08384	0,008975	-0,06364	-0,10407	-0,11946	-0,13137	

Tabela A.1-19 - $K_{eq(Richard)}$ [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=5\text{ mm}$, submetido a $T=9\text{ N.m}$

		a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		t [mm]	0	0,070902	0,026597	0,028118	0,03054	0,02978	0,749272	0,613697	0,61431
0,0162	0,446868	0,136183	0,144519	0,163717	0,157495	6,563709	5,160186	5,117232	4,953125	4,766879	
0,32417	0,556129	0,200226	0,217895	0,230879	0,254135	6,676259	5,658956	5,664283	5,5633	5,428166	
0,48806	0,61427	0,239672	0,263629	0,279411	0,292264	6,539144	5,662576	5,709845	5,673563	5,540573	
0,65194	0,644509	0,289052	0,301144	0,324164	0,311687	6,169432	5,353822	5,438774	5,469084	5,360113	
0,81583	0,672189	0,355166	0,341845	0,367613	0,337237	5,739361	5,007529	5,048297	5,156156	5,102275	
0,97972	0,720067	0,42527	0,383887	0,40592	0,385757	5,300387	4,706921	4,658492	4,756199	4,78839	
1,1436	0,773912	0,497348	0,432627	0,451723	0,444285	4,83592	4,385575	4,308794	4,351647	4,44875	
1,3075	0,834843	0,575806	0,499894	0,512777	0,501915	4,429125	4,090543	4,013406	4,0574	4,182922	
1,4714	0,909328	0,674585	0,589862	0,589254	0,579573	4,01659	3,817165	3,707943	3,805948	3,957498	
1,6353	1,012253	0,799775	0,70365	0,68538	0,673484	3,657531	3,547988	3,454258	3,625375	3,789309	
1,7992	1,126726	0,944437	0,83895	0,801117	0,787252	3,332342	3,270511	3,224737	3,434522	3,610086	
1,9631	1,254702	1,085152	0,970199	0,931882	0,932113	3,03326	2,989853	2,967636	3,167549	3,362599	
2,1269	1,418632	1,256267	1,134428	1,118178	1,128008	2,74849	2,721001	2,712365	2,898945	3,117407	
2,2908	1,647831	1,495507	1,361475	1,388645	1,411004	2,494731	2,489541	2,490505	2,682159	2,928638	
2,4547	1,913773	1,771653	1,638728	1,70286	1,765458	2,255254	2,278435	2,280862	2,505632	2,758291	
2,6186	2,199631	2,063152	1,972202	2,090294	2,151928	1,999501	2,051057	2,063863	2,340541	2,570486	
2,7825	2,532112	2,409758	2,379173	2,586955	2,636603	1,759956	1,832826	1,871831	2,171679	2,398124	
2,9464	2,932771	2,795234	2,83078	3,12047	3,262155	1,586719	1,660747	1,73786	2,015957	2,285064	
3,1103	3,340234	3,181364	3,28479	3,654108	3,948978	1,44867	1,514037	1,620881	1,874077	2,191119	
3,2742	3,761714	3,54292	3,750434	4,164034	4,655711	1,329847	1,367527	1,480073	1,724783	2,067252	
3,4381	4,203362	3,918803	4,240075	4,707654	5,37736	1,213956	1,229346	1,34555	1,588566	1,935033	
3,602	4,689785	4,394254	4,784599	5,381714	6,153523	1,100384	1,099999	1,233263	1,471989	1,814306	
3,7658	5,194884	4,916174	5,340202	6,08081	6,927322	0,99862	0,99061	1,141978	1,382198	1,72175	
3,9297	5,817106	5,503021	5,893059	6,790395	7,805381	0,917958	0,891734	1,068612	1,327706	1,646253	
4,0936	6,431146	6,052218	6,417762	7,4351	8,675059	0,849625	0,793856	1,000425	1,268917	1,549329	
4,2575	6,952562	6,528264	7,028518	8,078596	9,419503	0,800457	0,70017	0,910009	1,185004	1,416395	
4,4214	7,371045	6,897106	7,546143	8,63353	9,997998	0,73948	0,616084	0,8139	1,086961	1,29091	
4,5853	7,494836	6,997078	7,608921	8,656535	10,11691	0,668283	0,509983	0,709062	0,925092	1,143092	
4,7474	7,137774	6,600686	7,084466	8,009336	9,429968	0,56196	0,345508	0,48553	0,606678	0,79814	
4,9095	0,826231	0,756834	0,819959	0,932612	1,081109	0,088677	0,065653	0,086957	0,11058	0,138036	

Tabela A.1-20 - $K_{eq(Pook)}$ [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=5\text{ mm}$, submetido a $T=9\text{ N.m}$

		a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
t [mm]	0	0,049034	-0,007	0,013457	0,019858	0,017272	0,770239	0,639182	0,651773	0,655714	0,654212
	0,0162	1,219149	0,350869	0,330211	0,365375	0,281134	7,062042	5,475117	5,49806	5,375729	5,299156
	0,32417	1,447417	0,554601	0,538756	0,541903	0,537756	7,237213	6,078885	6,167029	6,152596	6,121379
	0,48806	1,544432	0,703211	0,711075	0,724828	0,722656	7,120804	6,147509	6,289683	6,355665	6,309645
	0,65194	1,571917	0,841408	0,833328	0,854611	0,832628	6,757366	5,874945	6,044981	6,183789	6,15231
	0,81583	1,58256	0,982849	0,943611	0,974373	0,932382	6,324841	5,551124	5,654765	5,871189	5,889988
	0,97972	1,615252	1,09872	1,026883	1,069592	1,051348	5,884059	5,257751	5,259598	5,440281	5,542533
	1,1436	1,638125	1,190735	1,097654	1,147288	1,162057	5,402733	4,929473	4,897005	4,993198	5,152928
	1,3075	1,657157	1,2734	1,180002	1,226743	1,24572	4,970246	4,620004	4,579731	4,661146	4,83802
	1,4714	1,677391	1,36108	1,271166	1,307891	1,336751	4,520942	4,322447	4,234097	4,361876	4,557789
	1,6353	1,719307	1,460311	1,360181	1,398125	1,431594	4,117382	4,01219	3,9321	4,136455	4,337397
	1,7992	1,749774	1,552728	1,437084	1,479218	1,520669	3,738251	3,672816	3,646852	3,889983	4,086575
	1,9631	1,765204	1,603474	1,480746	1,526521	1,59569	3,371934	3,314857	3,315315	3,531418	3,726325
	2,1269	1,784231	1,644129	1,521464	1,579087	1,662186	2,99957	2,952028	2,965705	3,148246	3,352719
	2,2908	1,843521	1,706458	1,58178	1,655477	1,726343	2,634004	2,60916	2,636335	2,809192	3,038603
	2,4547	1,918082	1,804977	1,6495	1,732491	1,790861	2,275643	2,291133	2,327784	2,511833	2,789393
	2,6186	2,348286	2,218982	2,131681	2,263143	2,349751	2,189552	2,229498	2,221841	2,509549	2,74568
	2,7825	2,798939	2,680558	2,659002	2,899507	2,965023	2,113783	2,160142	2,184183	2,485342	2,711056
	2,9464	3,291018	3,143942	3,188061	3,514828	3,671092	2,073674	2,117168	2,191723	2,467467	2,749235
	3,1103	3,763743	3,578897	3,68738	4,090288	4,401019	2,040847	2,079816	2,192313	2,45321	2,801783
	3,2742	4,230845	3,964591	4,173768	4,612527	5,119404	2,009784	2,019812	2,141656	2,413695	2,800558
	3,4381	4,701884	4,3488	4,665299	5,149936	5,834806	1,969648	1,947717	2,079253	2,366019	2,760856
	3,602	5,209652	4,821399	5,200321	5,812417	6,601274	1,926206	1,875446	2,030189	2,321708	2,713538
	3,7658	5,729892	5,330233	5,738018	6,496734	7,35992	1,875308	1,808164	1,986602	2,28773	2,684424
	3,9297	6,374016	5,897037	6,269346	7,185588	8,212354	1,834848	1,731073	1,950668	2,286959	2,667524
	4,0936	6,99705	6,417288	6,767495	7,802276	9,047536	1,794651	1,630859	1,899314	2,259816	2,601498
4,2575	7,510328	6,854522	7,346793	8,396406	9,74806	1,773709	1,516536	1,792416	2,173508	2,465958	
4,4214	7,916034	7,178851	7,832449	8,898052	10,28352	1,717376	1,384851	1,646568	2,040231	2,313758	
4,5853	8,02277	7,224953	7,840766	8,874505	10,34864	1,60577	1,172752	1,439801	1,761114	2,07673	
4,7474	7,597151	6,763132	7,245416	8,176387	9,591075	1,405978	0,859679	1,073702	1,267372	1,560017	
4,9095	0,847793	0,765817	0,830314	0,943484	1,097126	0,043014	0,076356	0,129695	0,166143	0,203534	

Tabela A.1-21 - K_I [$MPa \cdot \sqrt{m}$], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=7,5$ mm, submetido a $T=6$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	-0,11948	-0,12178	-0,12709	-0,14512	-0,17056	0,098786	0,090966	0,087225	0,080369
0,0246	-2,25439	-2,2203	-2,3274	-2,66238	-3,11491	1,87912	1,643689	1,590309	1,577186	1,526495	
0,49168	-2,03325	-2,02206	-2,12179	-2,35074	-2,83267	1,701653	1,484025	1,463217	1,345454	1,346624	
0,73875	-1,95552	-2,00877	-2,06639	-2,26429	-2,77284	1,649033	1,428116	1,425017	1,242807	1,261306	
0,98582	-1,74216	-1,84266	-1,86827	-2,0915	-2,54165	1,435073	1,277307	1,283885	1,069672	1,100156	
1,2329	-1,5418	-1,65757	-1,66649	-1,91021	-2,26653	1,244514	1,148539	1,135795	0,93205	0,968068	
1,48	-1,40917	-1,50879	-1,51549	-1,744	-2,02253	1,108631	1,062652	1,011328	0,838921	0,875255	
1,727	-1,2564	-1,35696	-1,36459	-1,57529	-1,792	0,984101	0,972843	0,899383	0,759421	0,786996	
1,9741	-1,08871	-1,18838	-1,20695	-1,41373	-1,5621	0,871239	0,881611	0,803756	0,692223	0,712714	
2,2212	-0,92275	-1,0143	-1,03678	-1,23319	-1,31902	0,755721	0,786743	0,702974	0,605323	0,636124	
2,4683	-0,769	-0,84654	-0,8682	-1,03451	-1,10177	0,639033	0,682008	0,602509	0,510297	0,551375	
2,7153	-0,61737	-0,67942	-0,70253	-0,83313	-0,89281	0,516368	0,56453	0,502771	0,415966	0,454577	
2,9624	-0,46742	-0,51653	-0,53917	-0,62534	-0,6679	0,379284	0,415903	0,38058	0,309201	0,342443	
3,2095	-0,30475	-0,34795	-0,36616	-0,40404	-0,42612	0,233044	0,246398	0,231302	0,191805	0,220205	
3,4565	-0,13359	-0,1631	-0,17829	-0,17467	-0,20296	0,102094	0,107182	0,094799	0,07907	0,106844	
3,7036	0,01603	0,021072	0,00617	0,033805	-0,00507	-0,00822	0,008492	0,00073	-0,00804	0,013684	
3,9507	0,161905	0,190107	0,180057	0,226223	0,210646	-0,132	-0,10531	-0,08815	-0,09677	-0,08811	
4,1978	0,331723	0,352531	0,361543	0,422069	0,448664	-0,27681	-0,25565	-0,2153	-0,22278	-0,21935	
4,4448	0,501506	0,514281	0,5429	0,612249	0,672743	-0,41834	-0,41163	-0,36796	-0,36524	-0,35746	
4,6919	0,645927	0,672775	0,708255	0,797969	0,882655	-0,54869	-0,5473	-0,50375	-0,49547	-0,47909	
4,939	0,765334	0,819852	0,858147	0,973223	1,100062	-0,66588	-0,6594	-0,61475	-0,61497	-0,58407	
5,186	0,885817	0,956083	1,005604	1,136934	1,323508	-0,77498	-0,76688	-0,71622	-0,72252	-0,6778	
5,4331	1,014237	1,081372	1,166722	1,297546	1,540409	-0,87772	-0,87775	-0,80983	-0,81726	-0,75661	
5,6802	1,143543	1,199831	1,332932	1,455185	1,737134	-0,98208	-0,98467	-0,89942	-0,9151	-0,83541	
5,9273	1,319302	1,330465	1,524344	1,63281	2,002259	-1,1136	-1,08194	-1,00032	-1,03264	-0,93154	
6,1743	1,534685	1,47087	1,739474	1,820144	2,32576	-1,25248	-1,17077	-1,10866	-1,15028	-1,02821	
6,4214	1,795225	1,645365	1,998812	2,065695	2,620832	-1,43286	-1,31535	-1,2435	-1,27424	-1,13383	
6,6685	2,020379	1,818436	2,233232	2,359881	2,80864	-1,64559	-1,49067	-1,38049	-1,40823	-1,24752	
6,9155	2,072557	1,834659	2,287908	2,442417	2,79324	-1,74839	-1,54759	-1,41414	-1,44785	-1,30934	
7,1611	2,247905	1,934808	2,449026	2,662669	3,021019	-1,95464	-1,69508	-1,54844	-1,54439	-1,4567	
7,4072	0,118683	0,110721	0,130811	0,145009	0,166108	-0,10087	-0,09284	-0,08647	-0,08503	-0,07969	

Tabela A.1-22 - K_{II} [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=7,5$ mm, submetido a $T=6$ N.m

		a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,041081	0,028635	0,029421	0,028647	0,031184	0,047064	0,039351	0,041483	0,042871
0,0246	-0,07209	0,120303	0,243129	0,152381	0,151293	0,178134	0,320528	0,342759	0,553304	0,530472	
0,49168	-0,09027	0,035689	0,292311	-0,02193	-0,03074	0,219702	0,266966	0,283941	0,56902	0,602256	
0,73875	-0,07077	0,006425	0,317461	-0,12448	-0,12381	0,234464	0,231011	0,282401	0,545841	0,622652	
0,98582	-0,07111	0,003946	0,254424	-0,16777	-0,16559	0,159015	0,161725	0,257991	0,402779	0,508842	
1,2329	-0,08864	0,002927	0,196115	-0,19621	-0,20022	0,098575	0,133337	0,21624	0,282575	0,408914	
1,48	-0,08458	-0,01795	0,141537	-0,1622	-0,18179	0,069652	0,117921	0,177179	0,204935	0,332008	
1,727	-0,06196	-0,04486	0,100149	-0,11762	-0,16425	0,051504	0,084306	0,146844	0,148112	0,266975	
1,9741	-0,0428	-0,04976	0,070092	-0,08467	-0,13558	0,035082	0,051501	0,121314	0,101787	0,21524	
2,2212	-0,02603	-0,04647	0,047374	-0,0655	-0,10105	0,016081	0,026768	0,087677	0,055577	0,163069	
2,4683	-0,01394	-0,04215	0,035332	-0,05031	-0,07194	6,73E-05	0,006911	0,054473	0,028256	0,119338	
2,7153	-0,00714	-0,03539	0,025957	-0,03298	-0,0467	-0,01481	-0,01024	0,026289	0,007944	0,084506	
2,9624	-0,00522	-0,02291	0,017694	-0,01283	-0,03347	-0,02794	-0,02228	0,003368	-0,00563	0,053054	
3,2095	1,56E-05	-0,01385	0,011965	0,00404	-0,02906	-0,03863	-0,03037	-0,0022	-0,01629	0,017544	
3,4565	0,003375	-0,01331	0,013845	0,023006	-0,02441	-0,02195	-0,02234	0,006339	-0,00861	-0,00718	
3,7036	0,000114	-0,00996	0,011264	0,050517	-0,01277	0,015063	-0,0105	0,003025	0,004315	-0,02532	
3,9507	0,000649	0,008854	0,005931	0,064814	-0,00453	0,03567	-7,4E-06	0,011245	0,000721	-0,04328	
4,1978	0,005672	0,032065	0,013112	0,059881	-0,00311	0,02991	0,008274	0,021114	-0,01372	-0,06211	
4,4448	0,012008	0,047583	0,018561	0,040638	0,002805	0,007013	0,005469	0,008617	-0,03558	-0,09076	
4,6919	0,019392	0,056921	0,008188	0,020154	0,015736	-0,0143	-0,00015	-0,0097	-0,05328	-0,12071	
4,939	0,027782	0,060697	-0,01633	-0,00637	0,026729	-0,03718	-0,00824	-0,03226	-0,07115	-0,14564	
5,186	0,032448	0,062787	-0,03757	-0,03487	0,031971	-0,05911	-0,01257	-0,05498	-0,10042	-0,17348	
5,4331	0,031079	0,06409	-0,04873	-0,06605	0,03766	-0,07559	-0,01898	-0,08377	-0,1448	-0,21028	
5,6802	0,040632	0,065247	-0,06242	-0,09934	0,04474	-0,0935	-0,04538	-0,11917	-0,18973	-0,24297	
5,9273	0,058129	0,060305	-0,09232	-0,1431	0,034598	-0,12325	-0,11031	-0,16121	-0,25876	-0,28004	
6,1743	0,059043	0,043421	-0,12978	-0,19139	0,008725	-0,15638	-0,18569	-0,21115	-0,34045	-0,33678	
6,4214	0,051912	0,020156	-0,14039	-0,26061	-0,06508	-0,1663	-0,26825	-0,29055	-0,42125	-0,43529	
6,6685	0,053237	0,023916	-0,15278	-0,3421	-0,13627	-0,16793	-0,35272	-0,36648	-0,49996	-0,55463	
6,9155	0,087633	0,032258	-0,16064	-0,33194	-0,17131	-0,15079	-0,35076	-0,34172	-0,50084	-0,56292	
7,1611	0,058856	-0,00115	-0,1505	-0,31459	-0,27216	-0,12136	-0,34048	-0,32805	-0,4929	-0,52696	
7,4072	-0,04163	-0,02562	-0,0286	-0,03046	-0,03178	-0,04549	-0,03982	-0,04255	-0,04572	-0,05035	

Tabela A.1-23 - K_{III} [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=7,5$ mm, submetido a $T=6$ N.m

		a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,007365	-0,00105	-0,01177	0,001429	0,002401	-0,00645	-0,01161	-0,01492	-0,0239
0,0246	0,601845	0,317366	0,322521	0,310887	0,372516	0,673881	0,419192	0,458846	0,544133	0,576167	
0,49168	0,584674	0,364168	0,388549	0,380612	0,410653	0,692697	0,5016	0,546979	0,649374	0,714959	
0,73875	0,635017	0,422828	0,448917	0,445407	0,46963	0,743768	0,583156	0,612502	0,712588	0,811662	
0,98582	0,635934	0,448632	0,466626	0,463969	0,491355	0,715434	0,602604	0,638211	0,670308	0,800847	
1,2329	0,621641	0,468238	0,47646	0,476397	0,499513	0,690705	0,622241	0,663161	0,640045	0,794396	
1,48	0,613608	0,490216	0,48367	0,484303	0,507451	0,680522	0,646559	0,687036	0,625973	0,801131	
1,727	0,604944	0,507198	0,490849	0,489173	0,514787	0,672648	0,666671	0,71069	0,608549	0,809227	
1,9741	0,600327	0,518772	0,49945	0,496952	0,516938	0,671699	0,685645	0,724541	0,596121	0,825038	
2,2212	0,600295	0,534393	0,51153	0,508241	0,51991	0,672047	0,705567	0,723561	0,598176	0,843095	
2,4683	0,604944	0,548181	0,521207	0,520827	0,530124	0,678783	0,725205	0,719292	0,636851	0,862733	
2,7153	0,607379	0,556972	0,526266	0,531452	0,541667	0,686847	0,742092	0,720651	0,685645	0,876425	
2,9624	0,612944	0,562854	0,532148	0,539674	0,552039	0,6988	0,759832	0,725426	0,747879	0,894355	
3,2095	0,626036	0,56649	0,540876	0,549414	0,566079	0,712018	0,783328	0,741333	0,820611	0,919717	
3,4565	0,629167	0,56668	0,547517	0,558079	0,580974	0,718058	0,785636	0,752306	0,856851	0,940936	
3,7036	0,616518	0,585053	0,549983	0,571329	0,581322	0,70835	0,762109	0,747246	0,845245	0,94609	
3,9507	0,614652	0,60877	0,55362	0,580879	0,56921	0,689345	0,744938	0,75746	0,823172	0,932682	
4,1978	0,615885	0,593275	0,550394	0,562854	0,557067	0,678277	0,739309	0,765935	0,81669	0,908965	
4,4448	0,607157	0,558521	0,537018	0,531832	0,544955	0,677139	0,733712	0,761951	0,806918	0,887778	
4,6919	0,598271	0,541477	0,524179	0,515641	0,536291	0,673787	0,722486	0,756195	0,795028	0,873737	
4,939	0,596216	0,532433	0,511688	0,508716	0,535785	0,675905	0,708793	0,746772	0,788925	0,864946	
5,186	0,597639	0,521396	0,499482	0,500114	0,536101	0,677044	0,699148	0,735957	0,780229	0,851918	
5,4331	0,604722	0,508747	0,49107	0,491007	0,531389	0,675747	0,694531	0,723656	0,766441	0,834462	
5,6802	0,613292	0,49439	0,483006	0,481678	0,522219	0,674514	0,68672	0,708603	0,753444	0,820073	
5,9273	0,634922	0,479591	0,475828	0,4745	0,51893	0,680269	0,667272	0,692729	0,74421	0,813306	
6,1743	0,663825	0,465076	0,470958	0,466499	0,51855	0,684601	0,635491	0,675842	0,730739	0,799329	
6,4214	0,677897	0,435604	0,463716	0,460807	0,497426	0,69412	0,606746	0,65826	0,709963	0,77577	
6,6685	0,662371	0,391522	0,446672	0,470768	0,469092	0,708192	0,586539	0,636503	0,687701	0,751863	
6,9155	0,604438	0,315364	0,38994	0,431619	0,411729	0,66528	0,51542	0,551343	0,611332	0,666988	
7,1611	0,58812	0,22425	0,32173	0,348926	0,364516	0,637325	0,43086	0,465867	0,516969	0,561652	
7,4072	0,005644	0,002729	-0,00571	-0,01446	-0,00796	-0,00508	-0,01402	-0,01505	-0,02296	-0,02562	

Tabela A.1-24 - $K_{eq(Richard)}$ [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=7,5$ mm, submetido a $T=6$ N.m

t [mm]		a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,014908	0,007343	0,008402	0,006274	0,00638	0,120384	0,108666	0,107739	0,105827
	0,0246	0,152957	0,051689	0,071812	0,045595	0,052164	2,111541	1,806635	1,784349	1,916226	1,87659
	0,49168	0,160142	0,064271	0,111776	0,060314	0,058701	1,973095	1,682493	1,694706	1,789964	1,849513
	0,73875	0,190592	0,085395	0,143844	0,091799	0,083416	1,963161	1,668829	1,699898	1,734079	1,857155
	0,98582	0,210138	0,103432	0,145269	0,112426	0,103255	1,745111	1,533762	1,588663	1,495429	1,664975
	1,2329	0,223986	0,12313	0,149473	0,132849	0,123757	1,557939	1,43305	1,47139	1,314	1,51286
	1,48	0,234146	0,145492	0,153985	0,14058	0,136921	1,435213	1,377734	1,37972	1,204506	1,417752
	1,727	0,246458	0,169994	0,16508	0,148119	0,152323	1,327295	1,316642	1,305384	1,114455	1,337962
	1,9741	0,267329	0,196408	0,183486	0,161985	0,166839	1,237097	1,257802	1,240606	1,044051	1,284359
	2,2212	0,296255	0,231275	0,211666	0,18556	0,187281	1,149045	1,201699	1,161402	0,975704	1,236041
	2,4683	0,332452	0,270784	0,245267	0,218773	0,217544	1,069741	1,142416	1,083279	0,941881	1,190433
	2,7153	0,372677	0,313795	0,282076	0,259618	0,2573	0,992126	1,076302	1,015147	0,92453	1,13725
	2,9624	0,422304	0,361503	0,327257	0,31119	0,31224	0,91434	0,99609	0,940268	0,918315	1,083603
	3,2095	0,49194	0,418817	0,388086	0,383373	0,392594	0,839205	0,916827	0,865954	0,922284	1,036578
	3,4565	0,565916	0,491145	0,465781	0,478076	0,488874	0,771304	0,841419	0,801228	0,897347	0,995905
	3,7036	0,624585	0,595782	0,55321	0,591054	0,578956	0,704438	0,76645	0,747618	0,841247	0,953348
	3,9507	0,700913	0,711273	0,650957	0,708986	0,684215	0,627559	0,69414	0,714761	0,776211	0,890823
	4,1978	0,803719	0,79613	0,760264	0,815585	0,824881	0,554596	0,622505	0,666147	0,712993	0,808315
	4,4448	0,907779	0,874135	0,873506	0,921319	0,976786	0,49958	0,556238	0,599922	0,645587	0,732097
	4,6919	1,003161	0,976774	0,986779	1,051321	1,136067	0,453316	0,498925	0,545233	0,586965	0,675678
	4,939	1,09175	1,08504	1,097083	1,19062	1,318421	0,421575	0,452073	0,500927	0,54269	0,6342
	5,186	1,187594	1,188627	1,212677	1,326539	1,514106	0,39518	0,414066	0,462478	0,505293	0,596714
	5,4331	1,297039	1,28628	1,347693	1,465494	1,706808	0,370974	0,382952	0,429195	0,473769	0,565365
	5,6802	1,411388	1,380453	1,492282	1,606685	1,883177	0,34931	0,354044	0,399267	0,44722	0,538948
	5,9273	1,577348	1,487876	1,666142	1,773129	2,129372	0,33221	0,326184	0,371647	0,431187	0,5186
	6,1743	1,783957	1,606835	1,868586	1,953222	2,436172	0,316681	0,301379	0,34874	0,424179	0,502867
	6,4214	2,02383	1,753825	2,111435	2,197991	2,713811	0,296989	0,282424	0,336052	0,418779	0,501754
	6,6685	2,219525	1,899484	2,330415	2,502458	2,892141	0,277705	0,276061	0,327938	0,417228	0,520649
	6,9155	2,239644	1,887973	2,36481	2,564678	2,864258	0,236245	0,229459	0,261845	0,365807	0,458639
	7,1611	2,394053	1,96046	2,500876	2,748553	3,091668	0,196711	0,171215	0,195702	0,297456	0,351778
	7,4072	0,13387	0,117252	0,137896	0,15336	0,173211	0,019989	0,01825	0,021467	0,026395	0,032073

Tabela A.1-25 - $K_{eq(Pook)}$ [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=7,5$ mm, submetido a $T=6$ N.m

		a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		t [mm]	0	0,011673	-0,00169	0,008471	-0,00395	-0,00495	0,125485	0,114136	0,114591
0,0246	0,414083	0,138881	0,156457	0,098744	0,120954	2,297192	1,929122	1,924773	2,114076	2,084295	
0,49168	0,417459	0,194895	0,255589	0,183541	0,173738	2,169755	1,831654	1,860493	2,034989	2,120346	
0,73875	0,472517	0,253603	0,329694	0,262716	0,243101	2,175335	1,839441	1,885297	1,997381	2,16237	
0,98582	0,491761	0,293121	0,348314	0,303172	0,289901	1,941476	1,702538	1,778809	1,722946	1,946504	
1,2329	0,496916	0,328132	0,362071	0,338319	0,328812	1,739807	1,601783	1,659971	1,509028	1,76921	
1,48	0,500048	0,362773	0,370744	0,354347	0,35556	1,608232	1,547236	1,563135	1,377657	1,652772	
1,727	0,501919	0,393971	0,383841	0,36612	0,380708	1,491562	1,481982	1,481776	1,269313	1,551554	
1,9741	0,509857	0,420433	0,401893	0,383159	0,398378	1,392712	1,417038	1,407413	1,184024	1,478938	
2,2212	0,522744	0,450786	0,426084	0,407771	0,417151	1,293841	1,353439	1,312821	1,100872	1,408689	
2,4683	0,539844	0,478716	0,449146	0,435896	0,442136	1,201937	1,283616	1,217366	1,055147	1,340536	
2,7153	0,554937	0,501361	0,467665	0,462198	0,468694	1,108187	1,202486	1,13154	1,023633	1,263044	
2,9624	0,573209	0,520088	0,486952	0,486789	0,497209	1,008834	1,098551	1,033909	0,997917	1,180561	
3,2095	0,600065	0,537502	0,510151	0,515051	0,532129	0,907422	0,986426	0,927841	0,976602	1,098606	
3,4565	0,617875	0,554053	0,533585	0,546699	0,567089	0,805317	0,876916	0,828889	0,921355	1,027229	
3,7036	0,629351	0,606295	0,563361	0,634715	0,59102	0,718938	0,776041	0,750377	0,846599	0,976076	
3,9507	0,745032	0,76254	0,699072	0,783779	0,739402	0,688451	0,735954	0,751608	0,814924	0,944573	
4,1978	0,884945	0,883012	0,844944	0,916997	0,923206	0,658461	0,717832	0,750008	0,798695	0,909005	
4,4448	1,016948	0,984758	0,982999	1,038923	1,099529	0,641639	0,698725	0,730832	0,779854	0,882335	
4,6919	1,129532	1,102192	1,109706	1,178801	1,271083	0,627509	0,675877	0,713507	0,759512	0,865972	
4,939	1,229095	1,218701	1,226623	1,323314	1,460096	0,621686	0,652786	0,696432	0,746139	0,854711	
5,186	1,333516	1,325531	1,344765	1,460334	1,657719	0,616415	0,634143	0,679963	0,734817	0,842297	
5,4331	1,450453	1,422859	1,479752	1,597869	1,847801	0,608736	0,620368	0,664868	0,725944	0,832444	
5,6802	1,571254	1,514093	1,621935	1,736001	2,018502	0,601432	0,605486	0,650334	0,719414	0,823752	
5,9273	1,74635	1,616484	1,792124	1,899155	2,258107	0,601497	0,588444	0,637286	0,726761	0,822519	
6,1743	1,962089	1,728733	1,990261	2,075091	2,557261	0,600782	0,569602	0,62676	0,739099	0,825636	
6,4214	2,20529	1,862561	2,224882	2,316139	2,821566	0,594847	0,555956	0,626966	0,744908	0,844872	
6,6685	2,394089	1,989564	2,432834	2,622008	2,988123	0,588525	0,551155	0,623701	0,747505	0,879428	
6,9155	2,395996	1,952364	2,447425	2,667941	2,94355	0,532265	0,471411	0,521214	0,664621	0,787562	
7,1611	2,540717	1,995091	2,558509	2,819291	3,157543	0,48069	0,363341	0,411486	0,548833	0,629753	
7,4072	0,137803	0,119052	0,140074	0,157168	0,175585	0,016453	0,022607	0,027046	0,037623	0,045327	

Tabela A.1-26 - K_I [$MPa \cdot \sqrt{m}$], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=7,5$ mm, submetido a $T=7,5$ N.m

		a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	-0,14935	-0,15223	-0,15886	-0,1814	-0,2132	0,076154	0,113706	0,109032	0,100462
0,0246	-2,81797	-2,77537	-2,90926	-3,32798	-3,89371	1,504801	2,054627	1,987871	1,971459	1,908118	
0,49168	-2,54155	-2,52758	-2,65223	-2,93842	-3,5408	1,136776	1,855024	1,82903	1,681826	1,68328	
0,73875	-2,44438	-2,51097	-2,58301	-2,83033	-3,46617	1,781058	1,785169	1,781279	1,553532	1,576617	
0,98582	-2,1777	-2,30331	-2,33534	-2,61435	-3,17714	1,388872	1,596602	1,604856	1,337074	1,375211	
1,2329	-1,92725	-2,07196	-2,08312	-2,38777	-2,83315	1,461352	1,435674	1,419736	1,165078	1,210077	
1,48	-1,76148	-1,88598	-1,89439	-2,17998	-2,52818	1,160398	1,328283	1,264152	1,048675	1,094053	
1,727	-1,57048	-1,69621	-1,70573	-1,96909	-2,24	1,151575	1,216054	1,124253	0,949253	0,983753	
1,9741	-1,36089	-1,48551	-1,50869	-1,76714	-1,95264	0,985777	1,102022	1,004687	0,865294	0,890908	
2,2212	-1,15341	-1,26788	-1,29596	-1,54152	-1,64875	0,883003	0,983437	0,878702	0,756638	0,795155	
2,4683	-0,96124	-1,05816	-1,08526	-1,29312	-1,3772	0,728462	0,852518	0,75316	0,637863	0,689218	
2,7153	-0,77172	-0,84926	-0,87816	-1,04143	-1,116	0,60311	0,705662	0,628439	0,519942	0,568198	
2,9624	-0,58426	-0,64567	-0,67394	-0,78168	-0,83487	0,433011	0,519878	0,475733	0,386494	0,428078	
3,2095	-0,38093	-0,43494	-0,45771	-0,50505	-0,53262	0,272215	0,307996	0,289127	0,239758	0,275257	
3,4565	-0,16699	-0,20388	-0,22286	-0,21834	-0,2537	0,115986	0,133976	0,1185	0,098837	0,133552	
3,7036	0,020038	0,026341	0,007712	0,042258	-0,00633	-0,00809	0,010615	0,000912	-0,01005	0,017105	
3,9507	0,202379	0,237633	0,225072	0,28278	0,263307	-0,15	-0,13164	-0,11019	-0,12096	-0,11014	
4,1978	0,414669	0,440663	0,451921	0,527594	0,56083	-0,32344	-0,31958	-0,26912	-0,27847	-0,27418	
4,4448	0,626858	0,642859	0,678625	0,765334	0,840913	-0,47814	-0,51453	-0,45995	-0,45657	-0,44683	
4,6919	0,807424	0,840976	0,885311	0,997477	1,10335	-0,64017	-0,6841	-0,62967	-0,61933	-0,59887	
4,939	0,956652	1,024831	1,072676	1,21656	1,375053	-0,75917	-0,82425	-0,76843	-0,76869	-0,73011	
5,186	1,107272	1,195088	1,256974	1,421159	1,654409	-0,90476	-0,95861	-0,89527	-0,90315	-0,84727	
5,4331	1,267789	1,351747	1,458411	1,621932	1,925511	-0,99311	-1,09722	-1,01228	-1,02157	-0,94574	
5,6802	1,429444	1,499805	1,666172	1,818974	2,171441	-1,14731	-1,23082	-1,12428	-1,14389	-1,04425	
5,9273	1,649128	1,663073	1,90543	2,040997	2,502816	-1,16596	-1,35244	-1,2504	-1,29081	-1,16441	
6,1743	1,918364	1,83858	2,17435	2,275196	2,907208	-1,46932	-1,46347	-1,38584	-1,43786	-1,28524	
6,4214	2,244047	2,056682	2,498516	2,582126	3,27612	-1,3858	-1,64419	-1,55439	-1,59281	-1,41727	
6,6685	2,525458	2,273045	2,791532	2,949867	3,510761	-1,77439	-1,86331	-1,72562	-1,76028	-1,55941	
6,9155	2,590696	2,293347	2,859901	3,053021	3,491471	-1,1684	-1,93449	-1,76768	-1,8098	-1,63667	
7,1611	2,809873	2,41851	3,061275	3,328297	3,776392	-1,5886	-2,11885	-1,93557	-1,93051	-1,82087	
7,4072	0,148355	0,1384	0,163515	0,181262	0,207635	-0,07847	-0,11606	-0,10809	-0,10628	-0,09962	

Tabela A.1-27 - K_{II} [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=7,5$ mm, submetido a $T=7,5$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,051352	0,035794	0,036777	0,03581	0,038981	0,058831	0,049186	0,051852	0,053588
0,0246	-0,09012	0,150379	0,303911	0,190473	0,189114	0,222669	0,400661	0,428457	0,691622	0,663098	
0,49168	-0,11283	0,044613	0,365401	-0,02741	-0,03842	0,274628	0,333715	0,354934	0,711291	0,752812	
0,73875	-0,08847	0,008032	0,396834	-0,1556	-0,15476	0,29308	0,288763	0,353005	0,682293	0,7783	
0,98582	-0,08888	0,004933	0,31803	-0,20972	-0,20699	0,198771	0,202158	0,322489	0,503466	0,636029	
1,2329	-0,11079	0,003659	0,245143	-0,24526	-0,25027	0,123218	0,166671	0,270302	0,353226	0,511151	
1,48	-0,10572	-0,02244	0,17692	-0,20275	-0,22723	0,087064	0,147403	0,221473	0,25617	0,414986	
1,727	-0,07745	-0,05607	0,125185	-0,14702	-0,20531	0,064381	0,105383	0,183554	0,185139	0,333715	
1,9741	-0,0535	-0,0622	0,087614	-0,10584	-0,16948	0,043851	0,064374	0,151644	0,127234	0,26905	
2,2212	-0,03253	-0,05809	0,059217	-0,08187	-0,12632	0,020101	0,03346	0,109598	0,069472	0,203834	
2,4683	-0,01743	-0,05269	0,044168	-0,06289	-0,08992	8,41E-05	0,008639	0,068093	0,035319	0,149174	
2,7153	-0,00893	-0,04423	0,032445	-0,04123	-0,05838	-0,01851	-0,0128	0,032862	0,009929	0,105633	
2,9624	-0,00653	-0,02863	0,022118	-0,01604	-0,04183	-0,03493	-0,02785	0,004211	-0,00703	0,066319	
3,2095	1,95E-05	-0,01731	0,014957	0,00505	-0,03632	-0,04828	-0,03796	-0,00275	-0,02036	0,02193	
3,4565	0,004219	-0,01663	0,017307	0,028757	-0,03051	-0,02743	-0,02792	0,007924	-0,01076	-0,00897	
3,7036	0,000143	-0,01245	0,01408	0,063144	-0,01596	0,018828	-0,01313	0,003782	0,005394	-0,03165	
3,9507	0,000811	0,011068	0,007414	0,081018	-0,00566	0,044588	-9,2E-06	0,014056	0,000902	-0,0541	
4,1978	0,00709	0,040082	0,01639	0,074851	-0,00388	0,037388	0,010343	0,026393	-0,01715	-0,07764	
4,4448	0,01501	0,059479	0,023201	0,050799	0,003506	0,008766	0,006837	0,010771	-0,04447	-0,11345	
4,6919	0,024239	0,071151	0,010236	0,025192	0,01967	-0,01787	-0,00019	-0,01212	-0,0666	-0,15089	
4,939	0,034728	0,075873	-0,02041	-0,00796	0,033413	-0,04647	-0,0103	-0,04033	-0,08894	-0,18205	
5,186	0,040559	0,078485	-0,04696	-0,04358	0,039965	-0,07389	-0,01572	-0,06873	-0,12553	-0,21685	
5,4331	0,038849	0,080113	-0,06091	-0,08257	0,047074	-0,09449	-0,02372	-0,10471	-0,181	-0,26285	
5,6802	0,050789	0,081558	-0,07803	-0,12418	0,055925	-0,11687	-0,05672	-0,14897	-0,23717	-0,30372	
5,9273	0,07266	0,075382	-0,1154	-0,17888	0,043247	-0,15406	-0,13789	-0,20151	-0,32344	-0,35006	
6,1743	0,073804	0,054277	-0,16223	-0,23924	0,010906	-0,19548	-0,23211	-0,26393	-0,42558	-0,42099	
6,4214	0,06489	0,025195	-0,17548	-0,32575	-0,08135	-0,20788	-0,3353	-0,36319	-0,52658	-0,5441	
6,6685	0,066547	0,029895	-0,19098	-0,42763	-0,17034	-0,20991	-0,44088	-0,45809	-0,62493	-0,6933	
6,9155	0,109541	0,040322	-0,2008	-0,41495	-0,21414	-0,18849	-0,43845	-0,42716	-0,62607	-0,70364	
7,1611	0,07357	-0,00143	-0,18812	-0,39323	-0,3402	-0,15169	-0,42561	-0,41008	-0,61614	-0,6587	
7,4072	-0,05203	-0,03203	-0,03574	-0,03808	-0,03973	-0,05686	-0,04977	-0,05318	-0,05715	-0,06294	

Tabela A.1-28 - K_{III} [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=7,5$ mm, submetido a $T=7,5$ N.m

		a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,009206	-0,00132	-0,01472	0,001787	0,003001	-0,00806	-0,01451	-0,01865	-0,02988
0,0246	0,752306	0,396676	0,403159	0,388612	0,465645	0,842368	0,523989	0,573574	0,680143	0,720209	
0,49168	0,730834	0,45521	0,485663	0,475765	0,513301	0,865863	0,626985	0,683748	0,811725	0,893691	
0,73875	0,793795	0,528543	0,561146	0,556751	0,587045	0,92971	0,728937	0,765651	0,89075	1,014585	
0,98582	0,794933	0,560798	0,583314	0,57993	0,614209	0,894324	0,753255	0,797779	0,837877	1,001082	
1,2329	0,777066	0,585274	0,595583	0,595489	0,62436	0,863365	0,777825	0,828928	0,800056	0,993018	
1,48	0,76701	0,612786	0,604596	0,605386	0,63429	0,850653	0,808215	0,85878	0,782474	1,00143	
1,727	0,756164	0,634005	0,613545	0,611458	0,64346	0,840818	0,833355	0,888347	0,760686	1,011549	
1,9741	0,750377	0,648457	0,624328	0,621166	0,64618	0,839616	0,85704	0,905708	0,745127	1,031282	
2,2212	0,750377	0,667968	0,639413	0,635302	0,649911	0,840059	0,881959	0,904443	0,747752	1,053861	
2,4683	0,756195	0,685202	0,651524	0,651018	0,662655	0,848471	0,906499	0,89913	0,79604	1,0784	
2,7153	0,759231	0,696207	0,657849	0,664331	0,677107	0,858527	0,927591	0,900838	0,85704	1,095539	
2,9624	0,766188	0,703575	0,665185	0,674609	0,690041	0,873484	0,94979	0,906783	0,934833	1,11796	
3,2095	0,782537	0,708097	0,676095	0,686752	0,707591	0,890023	0,979168	0,926674	1,025748	1,149646	
3,4565	0,786458	0,70835	0,68438	0,697598	0,726185	0,897581	0,982045	0,940398	1,071063	1,176178	
3,7036	0,770647	0,731308	0,687479	0,714169	0,72666	0,885438	0,952636	0,934074	1,05658	1,182597	
3,9507	0,768307	0,76097	0,692033	0,726091	0,711512	0,861689	0,931164	0,946849	1,028974	1,165837	
4,1978	0,769856	0,741586	0,687985	0,703575	0,696334	0,84787	0,924144	0,957411	1,020846	1,136206	
4,4448	0,758947	0,698136	0,671288	0,664806	0,681218	0,846415	0,917155	0,952415	1,008672	1,109738	
4,6919	0,747847	0,676854	0,655224	0,644567	0,67034	0,842241	0,903083	0,945236	0,993809	1,092187	
4,939	0,745286	0,665565	0,639602	0,635871	0,669739	0,844897	0,886007	0,933441	0,986156	1,081214	
5,186	0,747025	0,651745	0,62436	0,625151	0,670118	0,84632	0,873959	0,91997	0,97531	1,064897	
5,4331	0,755911	0,635934	0,61383	0,613766	0,664236	0,844676	0,86814	0,90457	0,958044	1,043077	
5,6802	0,766631	0,617972	0,603774	0,602098	0,652757	0,843158	0,8584	0,885754	0,94179	1,025084	
5,9273	0,793668	0,599473	0,594793	0,593117	0,648678	0,850336	0,834082	0,865895	0,930279	1,016609	
6,1743	0,82975	0,581353	0,588721	0,583124	0,648172	0,855744	0,794364	0,844802	0,913392	0,999153	
6,4214	0,847364	0,544481	0,579677	0,57604	0,621799	0,867634	0,758409	0,822825	0,887462	0,969712	
6,6685	0,827979	0,489426	0,558332	0,588468	0,58635	0,885216	0,733174	0,795597	0,859602	0,939829	
6,9155	0,755563	0,39421	0,487433	0,539516	0,514661	0,831616	0,644282	0,689155	0,764164	0,833735	
7,1611	0,735135	0,280314	0,402147	0,436141	0,455653	0,796641	0,538568	0,582333	0,646211	0,702089	
7,4072	0,007055	0,003412	-0,00714	-0,01807	-0,00995	-0,00635	-0,01752	-0,01881	-0,0287	-0,03202	

Tabela A.1-29 - $K_{eq(Richard)}$ [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=7,5$ mm, submetido a $T=7,5$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,018636	0,009179	0,010503	0,007843	0,007976	0,112322	0,135828	0,134674	0,132284
0,0246	0,191197	0,064603	0,089767	0,056994	0,065203	1,906938	2,258308	2,230432	2,395247	2,345742	
0,49168	0,200174	0,080338	0,139716	0,075393	0,073373	1,645372	2,103103	2,118406	2,237475	2,311882	
0,73875	0,238255	0,106746	0,179806	0,114746	0,104269	2,215901	2,086052	2,124896	2,167623	2,321428	
0,98582	0,262681	0,129295	0,1816	0,140521	0,129071	1,846691	1,917175	1,985839	1,869265	2,081235	
1,2329	0,279992	0,153901	0,186844	0,166057	0,154684	1,869457	1,79133	1,839214	1,642515	1,891091	
1,48	0,292681	0,181874	0,192483	0,175731	0,17114	1,614121	1,722154	1,724631	1,505658	1,772182	
1,727	0,308064	0,212496	0,20634	0,185146	0,190393	1,597205	1,645815	1,631734	1,39305	1,67247	
1,9741	0,334137	0,245501	0,229366	0,202469	0,208552	1,467627	1,572245	1,550779	1,305055	1,605446	
2,2212	0,370331	0,289075	0,264585	0,231947	0,234118	1,390759	1,50213	1,451734	1,219647	1,545043	
2,4683	0,415583	0,338465	0,306595	0,273458	0,271931	1,287577	1,428019	1,354129	1,177324	1,488027	
2,7153	0,465851	0,392239	0,352608	0,324532	0,321644	1,211719	1,345355	1,26894	1,155637	1,421555	
2,9624	0,52789	0,451881	0,409075	0,388999	0,390295	1,117204	1,245112	1,17534	1,147874	1,354533	
3,2095	0,614919	0,523503	0,485105	0,479204	0,490743	1,037972	1,146041	1,08245	1,15284	1,295723	
3,4565	0,707396	0,613932	0,582211	0,597595	0,611061	0,957928	1,051773	1,001551	1,121684	1,244887	
3,7036	0,780731	0,74472	0,691513	0,738826	0,723703	0,881632	0,958063	0,934539	1,051582	1,191669	
3,9507	0,876132	0,889099	0,813704	0,886226	0,855269	0,791272	0,867667	0,893475	0,970271	1,113513	
4,1978	1,004658	0,995155	0,950317	1,019494	1,031102	0,702371	0,778133	0,832676	0,891226	1,010394	
4,4448	1,134707	1,092661	1,091896	1,15168	1,220991	0,640512	0,695316	0,749879	0,807001	0,915137	
4,6919	1,253969	1,220981	1,233467	1,314177	1,420092	0,581132	0,623642	0,681539	0,733728	0,844606	
4,939	1,364689	1,356332	1,371341	1,488285	1,648012	0,54801	0,565105	0,626136	0,67837	0,792775	
5,186	1,484473	1,48577	1,515825	1,658172	1,892648	0,510539	0,517601	0,578121	0,631638	0,745888	
5,4331	1,621298	1,607877	1,684618	1,831872	2,133511	0,488511	0,478664	0,536496	0,592204	0,706712	
5,6802	1,76426	1,72557	1,865369	2,008349	2,353985	0,453854	0,442558	0,499081	0,559008	0,673683	
5,9273	1,971696	1,859829	2,082682	2,216392	2,661715	0,461219	0,40772	0,464547	0,538991	0,648239	
6,1743	2,229933	2,008541	2,33575	2,441542	3,045216	0,412579	0,376723	0,435924	0,530205	0,628589	
6,4214	2,529797	2,192247	2,639307	2,747505	3,392345	0,439712	0,35301	0,420062	0,523489	0,627194	
6,6685	2,7744	2,374365	2,913008	3,128095	3,615132	0,386232	0,345073	0,409898	0,521513	0,650812	
6,9155	2,799562	2,359991	2,956031	3,205852	3,580246	0,452097	0,286827	0,327298	0,457269	0,573295	
7,1611	2,992552	2,450575	3,126083	3,435647	3,864702	0,342418	0,214018	0,244632	0,371822	0,439736	
7,4072	0,167339	0,146565	0,172371	0,191701	0,216512	0,033666	0,022813	0,026832	0,032993	0,040091	

Tabela A.1-30 - $K_{eq(Pook)}$ [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=7,5$ mm, submetido a $T=7,5$ N.m

		a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		t [mm]	0	0,014591	-0,00212	0,010589	-0,00493	-0,00619	0,119448	0,142666	0,143238
0,0246	0,517604	0,17357	0,195579	0,123434	0,151185	2,139598	2,411416	2,405969	2,642551	2,605374	
0,49168	0,521816	0,243618	0,319467	0,229427	0,21716	1,882135	2,289551	2,325648	2,543761	2,650419	
0,73875	0,590672	0,317011	0,412117	0,328389	0,303874	2,480672	2,299315	2,356652	2,496752	2,702946	
0,98582	0,614716	0,36641	0,435424	0,378935	0,362385	2,082916	2,128146	2,223526	2,153657	2,433146	
1,2329	0,621161	0,410142	0,452596	0,422889	0,410985	2,093824	2,00225	2,074935	1,886302	2,211535	
1,48	0,625059	0,453482	0,463435	0,442944	0,444425	1,8183	1,934034	1,953897	1,722098	2,065952	
1,727	0,627384	0,492471	0,479786	0,457644	0,475862	1,79761	1,852492	1,852224	1,586622	1,939461	
1,9741	0,63729	0,52553	0,502381	0,478926	0,497979	1,653529	1,771289	1,759291	1,48002	1,848668	
2,2212	0,653441	0,563458	0,532606	0,509712	0,521465	1,565397	1,691805	1,641007	1,376108	1,760852	
2,4683	0,674822	0,598372	0,561448	0,544856	0,552671	1,443658	1,604518	1,521743	1,318904	1,675655	
2,7153	0,693679	0,626694	0,584597	0,577761	0,585892	1,350148	1,503083	1,414429	1,279513	1,578795	
2,9624	0,716519	0,650116	0,608691	0,608501	0,621504	1,227586	1,373188	1,292393	1,247374	1,475737	
3,2095	0,750074	0,671861	0,637688	0,643799	0,665156	1,11935	1,233039	1,15981	1,220738	1,373258	
3,4565	0,772344	0,692566	0,666965	0,683374	0,70883	0,997851	1,096144	1,036129	1,151694	1,284042	
3,7036	0,786689	0,757861	0,704201	0,793401	0,738783	0,899494	0,970052	0,937987	1,058273	1,220079	
3,9507	0,93128	0,953182	0,873849	0,979717	0,924252	0,862887	0,919935	0,939534	1,018663	1,180702	
4,1978	1,106195	1,103757	1,056165	1,146261	1,154007	0,825339	0,897297	0,937501	0,998352	1,136257	
4,4448	1,271165	1,230939	1,228764	1,298689	1,37442	0,805867	0,873422	0,913516	0,974839	1,102933	
4,6919	1,411936	1,377754	1,387126	1,47353	1,588858	0,788316	0,844825	0,891877	0,949413	1,082478	
4,939	1,53637	1,523413	1,533264	1,654148	1,825106	0,78363	0,815998	0,870517	0,932677	1,068419	
5,186	1,666872	1,6569	1,680936	1,825418	2,072162	0,776422	0,792702	0,849979	0,918545	1,05287	
5,4331	1,813066	1,778601	1,84969	1,997344	2,309752	0,770711	0,775434	0,831085	0,907421	1,040558	
5,6802	1,964096	1,892615	2,02744	2,169994	2,523136	0,759493	0,756859	0,812917	0,89925	1,029684	
5,9273	2,182952	2,020584	2,240162	2,373922	2,822639	0,774689	0,735545	0,796593	0,90846	1,028136	
6,1743	2,452589	2,160915	2,487852	2,593878	3,196571	0,760877	0,712001	0,78345	0,92385	1,032051	
6,4214	2,756619	2,32816	2,781126	2,895201	3,527043	0,785553	0,694915	0,783704	0,931156	1,05609	
6,6685	2,99261	2,486973	3,04103	3,277535	3,735106	0,76332	0,688939	0,779589	0,934347	1,099288	
6,9155	2,995008	2,440481	3,059302	3,334929	3,679362	0,766924	0,58927	0,6515	0,830787	0,984448	
7,1611	3,175877	2,493865	3,198121	3,524065	3,947046	0,678671	0,45417	0,514362	0,686043	0,787217	
7,4072	0,172255	0,148815	0,175093	0,196461	0,21948	0,033685	0,028259	0,033807	0,047028	0,056659	

Tabela A.1-31 - K_I [$MPa \cdot \sqrt{m}$], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=7,5$ mm, submetido a $T=9$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	-0,17922	-0,18268	-0,19063	-0,21768	-0,25584	0,148181	0,136449	0,130839	0,120556
0,0246	-3,38142	-3,33051	-3,49115	-3,99364	-4,67227	2,818665	2,465533	2,385464	2,365763	2,289774	
0,49168	-3,04986	-3,0331	-3,18283	-3,52626	-4,24915	2,552496	2,226054	2,19481	2,018197	2,019936	
0,73875	-2,93327	-3,01314	-3,0996	-3,39629	-4,15934	2,473565	2,14219	2,13751	1,864226	1,891927	
0,98582	-2,61324	-2,76396	-2,80241	-3,13723	-3,81244	2,152626	1,915929	1,925795	1,604476	1,650235	
1,2329	-2,3127	-2,48637	-2,49975	-2,86531	-3,39976	1,866787	1,722809	1,703677	1,398075	1,452086	
1,48	-2,11376	-2,26318	-2,27327	-2,61599	-3,03383	1,662947	1,593946	1,516976	1,258397	1,312883	
1,727	-1,88459	-2,03546	-2,04688	-2,36292	-2,688	1,47612	1,459296	1,349091	1,139116	1,18051	
1,9741	-1,63306	-1,78261	-1,81044	-2,12056	-2,34318	1,306843	1,322401	1,205618	1,038365	1,069103	
2,2212	-1,3841	-1,52144	-1,55518	-1,84981	-1,97851	1,133613	1,18013	1,05443	0,907985	0,954186	
2,4683	-1,1535	-1,26981	-1,30229	-1,55176	-1,65267	0,95855	1,023028	0,903779	0,765429	0,827094	
2,7153	-0,92604	-1,01911	-1,0538	-1,2497	-1,33919	0,774568	0,846795	0,75414	0,623949	0,68185	
2,9624	-0,70111	-0,77479	-0,80875	-0,93803	-1,00184	0,568925	0,623854	0,570854	0,463811	0,51368	
3,2095	-0,45711	-0,52193	-0,54926	-0,60605	-0,63916	0,349558	0,369607	0,346965	0,28771	0,3303	
3,4565	-0,20039	-0,24466	-0,26743	-0,26201	-0,30444	0,15314	0,16077	0,142198	0,118604	0,160264	
3,7036	0,024046	0,031609	0,009255	0,050707	-0,0076	-0,01233	0,012738	0,001095	-0,01206	0,020525	
3,9507	0,242857	0,285158	0,270084	0,339344	0,315965	-0,198	-0,15797	-0,13223	-0,14515	-0,13217	
4,1978	0,497584	0,528796	0,542331	0,63312	0,672996	-0,41521	-0,38349	-0,32296	-0,33416	-0,329	
4,4448	0,752243	0,771438	0,81435	0,918389	1,009114	-0,62752	-0,61743	-0,55194	-0,54786	-0,5362	
4,6919	0,96889	1,009178	1,062399	1,196985	1,324014	-0,82301	-0,82093	-0,75563	-0,7432	-0,71863	
4,939	1,14797	1,22981	1,287205	1,459865	1,650076	-0,99884	-0,9891	-0,92212	-0,92244	-0,87614	
5,186	1,328726	1,434125	1,508375	1,705416	1,985278	-1,16248	-1,15031	-1,07432	-1,08378	-1,0167	
5,4331	1,52134	1,62209	1,750099	1,94635	2,310581	-1,31658	-1,31665	-1,21473	-1,22589	-1,13491	
5,6802	1,715314	1,799747	1,999413	2,182762	2,605717	-1,47312	-1,47701	-1,34915	-1,37265	-1,25312	
5,9273	1,978922	1,995682	2,286516	2,449184	3,003373	-1,67041	-1,62291	-1,50047	-1,54898	-1,39732	
6,1743	2,302043	2,206321	2,609195	2,730216	3,488625	-1,87874	-1,75617	-1,66301	-1,72543	-1,54231	
6,4214	2,692838	2,468031	2,998219	3,098558	3,931344	-2,14927	-1,97301	-1,86524	-1,91134	-1,70074	
6,6685	3,030537	2,727654	3,349801	3,539854	4,213103	-2,46838	-2,23598	-2,07072	-2,11234	-1,87128	
6,9155	3,108835	2,752004	3,43202	3,663499	4,190018	-2,6226	-2,3214	-2,12122	-2,17176	-1,964	
7,1611	3,371937	2,902212	3,673618	3,993957	4,531544	-2,93194	-2,54263	-2,32266	-2,31662	-2,18504	
7,4072	0,178027	0,16608	0,196219	0,217514	0,249162	-0,1513	-0,13927	-0,12971	-0,12754	-0,11954	

Tabela A.1-32 - K_{II} [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=7,5$ mm, submetido a $T=9$ N.m

		a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,06162	0,042953	0,044133	0,042972	0,046776	0,070595	0,059024	0,062224	0,064305
0,0246	-0,10814	0,180455	0,364705	0,228569	0,226941	0,267203	0,480793	0,514155	0,82994	0,795724	
0,49168	-0,1354	0,053534	0,43845	-0,03289	-0,04611	0,329541	0,400439	0,425896	0,85353	0,903368	
0,73875	-0,10616	0,009638	0,476176	-0,18672	-0,18571	0,351709	0,346522	0,423619	0,818777	0,933979	
0,98582	-0,10666	0,005919	0,381624	-0,25166	-0,24838	0,238524	0,242588	0,387	0,604153	0,763247	
1,2329	-0,13295	0,004391	0,294171	-0,29431	-0,30033	0,147862	0,200005	0,324355	0,423872	0,613387	
1,48	-0,12687	-0,02692	0,212306	-0,24329	-0,27268	0,104475	0,176882	0,265767	0,307405	0,497995	
1,727	-0,09295	-0,06729	0,150224	-0,17643	-0,24638	0,077258	0,126456	0,220268	0,222169	0,400471	
1,9741	-0,06419	-0,07464	0,105136	-0,12701	-0,20337	0,05262	0,077248	0,181973	0,152681	0,322869	
2,2212	-0,03904	-0,06971	0,071063	-0,09825	-0,15158	0,024122	0,040151	0,131519	0,083367	0,244602	
2,4683	-0,02092	-0,06323	0,053	-0,07546	-0,1079	0,000101	0,010367	0,08171	0,042384	0,179007	
2,7153	-0,01071	-0,05308	0,038937	-0,04947	-0,07006	-0,02221	-0,01536	0,039434	0,011915	0,12676	
2,9624	-0,00783	-0,03436	0,026541	-0,01924	-0,0502	-0,04191	-0,03342	0,005053	-0,00844	0,079582	
3,2095	2,34E-05	-0,02078	0,017948	0,006061	-0,04359	-0,05794	-0,04556	-0,0033	-0,02443	0,026316	
3,4565	0,005062	-0,01996	0,020768	0,034507	-0,03661	-0,03292	-0,03351	0,009509	-0,01291	-0,01077	
3,7036	0,000172	-0,01494	0,016896	0,075774	-0,01916	0,022594	-0,01575	0,004538	0,006472	-0,03799	
3,9507	0,000973	0,013281	0,008897	0,097221	-0,00679	0,053506	-1,1E-05	0,016868	0,001082	-0,06492	
4,1978	0,008508	0,048095	0,019668	0,089821	-0,00466	0,044866	0,012411	0,03167	-0,02058	-0,09317	
4,4448	0,018012	0,071373	0,027841	0,060959	0,004208	0,010519	0,008204	0,012925	-0,05337	-0,13615	
4,6919	0,029088	0,085381	0,012283	0,030231	0,023604	-0,02144	-0,00022	-0,01454	-0,07992	-0,18107	
4,939	0,041672	0,091045	-0,02449	-0,00955	0,040095	-0,05577	-0,01236	-0,04839	-0,10673	-0,21845	
5,186	0,048671	0,094182	-0,05636	-0,0523	0,047956	-0,08867	-0,01886	-0,08247	-0,15064	-0,26021	
5,4331	0,046618	0,096136	-0,07309	-0,09908	0,056488	-0,11339	-0,02847	-0,12565	-0,21719	-0,31542	
5,6802	0,06095	0,097869	-0,09363	-0,14901	0,06711	-0,14025	-0,06807	-0,17876	-0,2846	-0,36445	
5,9273	0,087193	0,090457	-0,13848	-0,21465	0,051896	-0,18487	-0,16547	-0,24181	-0,38814	-0,42005	
6,1743	0,088563	0,065133	-0,19467	-0,28709	0,013088	-0,23457	-0,27854	-0,31673	-0,51068	-0,50521	
6,4214	0,077865	0,030234	-0,21058	-0,39092	-0,09762	-0,24945	-0,40237	-0,43583	-0,63189	-0,65292	
6,6685	0,079857	0,035873	-0,22917	-0,51314	-0,2044	-0,25189	-0,52908	-0,5497	-0,74993	-0,83196	
6,9155	0,13145	0,048386	-0,24097	-0,49793	-0,25696	-0,22619	-0,52614	-0,51257	-0,75126	-0,84436	
7,1611	0,088288	-0,00172	-0,22575	-0,47188	-0,40825	-0,18203	-0,51074	-0,49208	-0,73937	-0,79044	
7,4072	-0,06244	-0,03843	-0,04289	-0,04569	-0,04767	-0,06824	-0,05972	-0,06382	-0,06857	-0,07553	

Tabela A.1-33 - K_{III} [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=7,5$ mm, submetido a $T=9$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,011047	-0,00158	-0,01766	0,002144	0,003601	-0,00967	-0,01741	-0,02238	-0,03585
0,0246	0,902767	0,476018	0,483797	0,466341	0,558774	1,010822	0,628756	0,68827	0,816184	0,86425	
0,49168	0,876994	0,546283	0,582808	0,570918	0,61598	1,03903	0,752369	0,820485	0,974076	1,072423	
0,73875	0,952541	0,634258	0,673375	0,668126	0,704461	1,115652	0,874718	0,918768	1,068913	1,217509	
0,98582	0,953933	0,672933	0,69997	0,695922	0,737064	1,073182	0,903905	0,957316	1,005446	1,201286	
1,2329	0,932461	0,702342	0,714706	0,71458	0,749238	1,036057	0,933378	0,994726	0,960067	1,191609	
1,48	0,920413	0,735356	0,725521	0,726438	0,76116	1,020783	0,969871	1,030555	0,938975	1,201729	
1,727	0,907416	0,760781	0,736273	0,733775	0,772165	1,008956	1,000007	1,066035	0,912791	1,21384	
1,9741	0,900459	0,778142	0,749207	0,745412	0,775422	1,007533	1,028468	1,086843	0,894166	1,237557	
2,2212	0,900427	0,801574	0,767295	0,762362	0,779881	1,008071	1,058319	1,085357	0,897296	1,264626	
2,4683	0,907416	0,822255	0,78181	0,781209	0,795186	1,018159	1,087792	1,078938	0,955261	1,294067	
2,7153	0,911084	0,835442	0,789399	0,79721	0,812516	1,030238	1,113122	1,080993	1,028468	1,314654	
2,9624	0,919432	0,844297	0,798222	0,809511	0,828042	1,0482	1,139748	1,08814	1,121818	1,341533	
3,2095	0,939038	0,849736	0,811314	0,824121	0,849103	1,068028	1,175008	1,112015	1,230885	1,379575	
3,4565	0,94375	0,85002	0,821275	0,83715	0,871429	1,077103	1,178486	1,128459	1,285245	1,411388	
3,7036	0,924776	0,877564	0,824975	0,857009	0,871998	1,062525	1,143163	1,120869	1,267884	1,419135	
3,9507	0,921962	0,913171	0,830446	0,871302	0,853815	1,034033	1,117391	1,136206	1,234775	1,398992	
4,1978	0,923828	0,889897	0,825576	0,844297	0,835632	1,017431	1,108979	1,148919	1,225035	1,363448	
4,4448	0,910736	0,837751	0,805527	0,797748	0,817449	1,015724	1,100567	1,14291	1,210393	1,331698	
4,6919	0,897423	0,812231	0,786269	0,773493	0,80442	1,010696	1,083713	1,134277	1,192558	1,310606	
4,939	0,894324	0,798665	0,767516	0,763058	0,803661	1,013858	1,063221	1,120142	1,183388	1,297451	
5,186	0,896442	0,782095	0,749207	0,750156	0,804167	1,015565	1,048738	1,103951	1,170359	1,277876	
5,4331	0,907099	0,763121	0,736589	0,736526	0,797084	1,013636	1,041781	1,085483	1,149678	1,251693	
5,6802	0,91997	0,741586	0,724509	0,722517	0,783328	1,011802	1,03008	1,062905	1,130166	1,230094	
5,9273	0,952383	0,719387	0,713758	0,711734	0,778395	1,020372	1,000893	1,039093	1,116347	1,219943	
6,1743	0,995706	0,69763	0,706453	0,699749	0,777825	1,026918	0,953237	1,013763	1,096077	1,199009	
6,4214	1,01683	0,65339	0,695606	0,691242	0,746139	1,041148	0,910104	0,98739	1,064929	1,163655	
6,6685	0,993588	0,587298	0,670023	0,706168	0,703607	1,062272	0,879809	0,954723	1,031535	1,127795	
6,9155	0,906657	0,473045	0,584926	0,647413	0,617593	0,997952	0,773145	0,826999	0,917029	1,000481	
7,1611	0,882181	0,336371	0,482595	0,523357	0,546789	0,955988	0,646275	0,6988	0,775454	0,842494	
7,4072	0,008466	0,004094	-0,00857	-0,02168	-0,01194	-0,00762	-0,02102	-0,02257	-0,03443	-0,03842	

Tabela A.1-34 - $K_{eq(Richard)}$ [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=7,5$ mm, submetido a $T=9$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,022362	0,011015	0,012604	0,009412	0,009571	0,180576	0,162996	0,16161	0,158741
0,0246	0,229445	0,077524	0,107724	0,068393	0,078247	3,167298	2,709939	2,67653	2,87431	2,814921	
0,49168	0,240206	0,096416	0,167648	0,090468	0,088049	2,959643	2,523734	2,542049	2,684968	2,774251	
0,73875	0,285898	0,128099	0,21576	0,137709	0,125126	2,944759	2,503249	2,549849	2,60116	2,785719	
0,98582	0,315225	0,155143	0,217913	0,168627	0,154895	2,617702	2,300616	2,382971	2,243101	2,497465	
1,2329	0,335979	0,184686	0,224215	0,199266	0,185624	2,336921	2,149587	2,207059	1,971004	2,269297	
1,48	0,35122	0,218255	0,230984	0,210863	0,205372	2,152819	2,0666	2,069567	1,806785	2,126648	
1,727	0,369688	0,25498	0,24762	0,222187	0,228477	1,990904	1,974988	1,958088	1,671644	2,006957	
1,9741	0,40097	0,294597	0,275247	0,242972	0,250265	1,85562	1,88669	1,860924	1,566087	1,926563	
2,2212	0,444376	0,346904	0,3175	0,278338	0,280933	1,72359	1,802533	1,742095	1,463585	1,854047	
2,4683	0,498679	0,406164	0,367904	0,328137	0,326314	1,604597	1,713622	1,624929	1,412797	1,785641	
2,7153	0,559033	0,470683	0,423114	0,389452	0,385965	1,48817	1,614438	1,522724	1,386794	1,70588	
2,9624	0,633476	0,542269	0,490885	0,466781	0,46835	1,37151	1,494135	1,410392	1,377479	1,625413	
3,2095	0,737899	0,62822	0,582123	0,575065	0,588882	1,258803	1,375262	1,298954	1,383396	1,554863	
3,4565	0,848876	0,736717	0,698672	0,717144	0,73328	1,156971	1,262158	1,201842	1,345989	1,49384	
3,7036	0,936877	0,893657	0,829815	0,886596	0,86845	1,056656	1,149676	1,121427	1,261886	1,430022	
3,9507	1,051353	1,066924	0,97645	1,063469	1,026321	0,941354	1,041193	1,072157	1,164332	1,336203	
4,1978	1,205578	1,19418	1,140391	1,223403	1,237351	0,831911	0,933768	0,999229	1,069495	1,212479	
4,4448	1,361658	1,311186	1,310259	1,381991	1,465193	0,74938	0,834363	0,899867	0,968396	1,098176	
4,6919	1,504755	1,465187	1,480181	1,577033	1,704115	0,679994	0,748378	0,817834	0,880462	1,013516	
4,939	1,637601	1,627598	1,6456	1,785946	1,977608	0,632358	0,678138	0,751375	0,814041	0,951319	
5,186	1,781378	1,78294	1,818978	1,989811	2,271182	0,592766	0,621116	0,693736	0,757955	0,895071	
5,4331	1,945558	1,929447	2,021543	2,198279	2,560184	0,556474	0,574411	0,643797	0,710666	0,848048	
5,6802	2,117106	2,070679	2,238437	2,410013	2,82478	0,52399	0,531066	0,598894	0,67083	0,808406	
5,9273	2,365996	2,2318	2,499222	2,659656	3,194043	0,498288	0,489263	0,557474	0,646801	0,777882	
6,1743	2,675929	2,410276	2,802871	2,929833	3,654243	0,47503	0,452066	0,523111	0,636242	0,754328	
6,4214	3,035735	2,630715	3,167166	3,297017	4,070807	0,445464	0,423628	0,504079	0,628169	0,752627	
6,6685	3,329275	2,849233	3,495583	3,753722	4,338339	0,416547	0,414093	0,491883	0,625833	0,780983	
6,9155	3,359465	2,831975	3,547374	3,846896	4,296542	0,354385	0,344195	0,392756	0,548732	0,687952	
7,1611	3,591155	2,940689	3,751391	4,122773	4,637523	0,295068	0,256821	0,293553	0,446188	0,527678	
7,4072	0,200808	0,175876	0,206847	0,23004	0,259815	0,029985	0,027374	0,0322	0,039591	0,048107	

Tabela A.1-35 - $K_{eq(Pook)}$ [MPa·√m], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=7,5$ mm, submetido a $T=9$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,017508	-0,00254	0,012707	-0,00592	-0,00743	0,188227	0,171202	0,171888	0,174593
0,0246	0,621137	0,208285	0,2347	0,148122	0,181439	3,445775	2,893658	2,887168	3,171077	3,126479	
0,49168	0,626173	0,292372	0,383348	0,2753	0,260596	3,254628	2,747464	2,790733	3,052509	3,180492	
0,73875	0,708793	0,380421	0,494533	0,394101	0,36466	3,263021	2,759164	2,827955	2,996124	3,243547	
0,98582	0,737672	0,439668	0,522498	0,454727	0,434886	2,912257	2,55378	2,668194	2,584369	2,919759	
1,2329	0,745374	0,492181	0,543121	0,507462	0,49319	2,609725	2,402688	2,489926	2,263548	2,65383	
1,48	0,750072	0,544191	0,556129	0,531505	0,533321	2,412347	2,320858	2,344689	2,066515	2,479178	
1,727	0,752879	0,59094	0,575762	0,549198	0,571047	2,237301	2,222998	2,222678	1,903927	2,327347	
1,9741	0,764754	0,63063	0,60287	0,574725	0,597579	2,089039	2,125543	2,111138	1,776046	2,218435	
2,2212	0,784104	0,676164	0,639126	0,611655	0,625745	1,940789	2,03014	1,969223	1,65134	2,113017	
2,4683	0,809766	0,718058	0,673721	0,653812	0,663203	1,80289	1,925421	1,826062	1,582692	2,010797	
2,7153	0,832423	0,752027	0,701497	0,693328	0,703059	1,662263	1,803713	1,697312	1,53545	1,89457	
2,9624	0,85983	0,780147	0,730428	0,730182	0,7458	1,513251	1,647826	1,550851	1,496883	1,770855	
3,2095	0,900083	0,806252	0,765225	0,772578	0,79818	1,361128	1,479662	1,391788	1,464874	1,647903	
3,4565	0,926812	0,831079	0,800377	0,82008	0,850602	1,20799	1,315404	1,243334	1,382001	1,540826	
3,7036	0,944027	0,909427	0,845042	0,952087	0,886547	1,078406	1,164062	1,125565	1,269915	1,464113	
3,9507	1,117531	1,143824	1,048623	1,17566	1,1091	1,032692	1,103916	1,127428	1,222402	1,41683	
4,1978	1,327418	1,324502	1,267413	1,375524	1,38484	0,987708	1,076763	1,125025	1,198043	1,36351	
4,4448	1,525409	1,477119	1,474498	1,558397	1,649308	0,962473	1,048088	1,096232	1,169797	1,323533	
4,6919	1,694314	1,653316	1,664573	1,768259	1,906637	0,941281	1,013802	1,070245	1,139283	1,298958	
4,939	1,843615	1,828094	1,839906	1,984984	2,190115	0,932528	0,979211	1,044633	1,119212	1,282094	
5,186	2,000258	1,988296	2,017105	2,190501	2,486606	0,924621	0,951232	1,019963	1,102242	1,263445	
5,4331	2,17568	2,134316	2,219627	2,396846	2,771673	0,91312	0,930535	0,997304	1,088931	1,248666	
5,6802	2,356911	2,271139	2,432917	2,603987	3,027767	0,902179	0,908229	0,975499	1,07912	1,235607	
5,9273	2,619497	2,424712	2,6882	2,84869	3,387145	0,902212	0,88265	0,955931	1,09017	1,233755	
6,1743	2,943118	2,593127	2,985389	3,112636	3,835876	0,901187	0,8544	0,940145	1,108615	1,238492	
6,4214	3,30792	2,793814	3,337346	3,47425	4,232438	0,89224	0,83392	0,940448	1,117359	1,267301	
6,6685	3,591132	2,984358	3,649218	3,933051	4,482299	0,882772	0,826734	0,935514	1,121241	1,319154	
6,9155	3,593994	2,928561	3,671298	4,001789	4,415476	0,798428	0,70713	0,781802	0,996965	1,181335	
7,1611	3,811149	2,992636	3,837841	4,228872	4,73634	0,721036	0,545	0,617228	0,823253	0,944648	
7,4072	0,206707	0,178576	0,210113	0,235753	0,263377	0,024681	0,03391	0,040569	0,056433	0,067989	

Tabela A.1-36 - K_I [$MPa \cdot \sqrt{m}$], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=10$ mm, submetido a $T=6$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	-0,08692	-0,09401	-0,10085	-0,11274	-0,13254	0,07357	0,076053	0,066152	0,069567
0,033	-1,32692	-1,35013	-1,455	-1,6324	-1,93718	1,133771	1,076882	0,987927	1,008514	0,983943	
0,65851	-1,18854	-1,25021	-1,39447	-1,52877	-1,82596	0,975721	1,082416	0,845846	0,935433	0,867065	
0,98883	-1,09408	-1,19186	-1,36127	-1,4592	-1,742	0,910135	1,073214	0,757903	0,887303	0,777414	
1,3192	-0,98306	-1,12561	-1,27228	-1,36136	-1,58168	0,828485	0,980148	0,70952	0,827631	0,72375	
1,6495	-0,87829	-1,0452	-1,1566	-1,24809	-1,42037	0,742376	0,872599	0,649089	0,760433	0,657058	
1,9798	-0,78908	-0,96295	-1,02429	-1,13206	-1,29612	0,66313	0,773904	0,590239	0,697124	0,584262	
2,3101	-0,69972	-0,8751	-0,89622	-1,0106	-1,15572	0,585907	0,680649	0,539832	0,63138	0,519847	
2,6404	-0,61962	-0,76828	-0,79171	-0,8768	-1,00994	0,518361	0,607916	0,490596	0,551059	0,463495	
2,9708	-0,53955	-0,65114	-0,68963	-0,73716	-0,87156	0,454293	0,533982	0,426022	0,464728	0,405815	
3,3011	-0,45325	-0,54818	-0,58556	-0,61355	-0,72925	0,390541	0,4443	0,350855	0,392976	0,352183	
3,6314	-0,36407	-0,44908	-0,47339	-0,49445	-0,58107	0,316323	0,351424	0,278249	0,323533	0,29401	
3,9617	-0,27437	-0,34178	-0,35443	-0,37745	-0,4381	0,233929	0,258842	0,21279	0,244988	0,225938	
4,2921	-0,17942	-0,22772	-0,23519	-0,25464	-0,2925	0,14716	0,162981	0,145259	0,159872	0,153042	
4,6224	-0,08852	-0,10793	-0,1176	-0,11709	-0,14743	0,063233	0,067584	0,07149	0,076571	0,073548	
4,9527	-0,00997	0,007318	-0,00746	0,016559	-0,01153	-0,00382	-0,01618	-0,0016	0,00121	0,00739	
5,283	0,070709	0,117086	0,087171	0,137939	0,130542	-0,06481	-0,08986	-0,07852	-0,07796	-0,044	
5,6133	0,159999	0,227763	0,180651	0,260246	0,283786	-0,13651	-0,17166	-0,16309	-0,16343	-0,11248	
5,9437	0,249899	0,335613	0,281149	0,381434	0,438387	-0,20944	-0,2564	-0,24852	-0,24463	-0,19192	
6,274	0,340008	0,441106	0,378588	0,49964	0,587931	-0,28108	-0,33991	-0,32954	-0,32094	-0,26752	
6,6043	0,434876	0,548971	0,473741	0,613513	0,736368	-0,35607	-0,42713	-0,40268	-0,39203	-0,34611	
6,9346	0,529049	0,658355	0,569495	0,728209	0,889169	-0,43121	-0,51403	-0,47513	-0,46119	-0,42068	
7,265	0,609687	0,755595	0,657279	0,851949	1,033749	-0,5016	-0,59131	-0,56342	-0,53288	-0,49977	
7,5953	0,680048	0,84398	0,733332	0,971072	1,164098	-0,56497	-0,66294	-0,64912	-0,60286	-0,58467	
7,9256	0,772165	0,946438	0,808626	1,082795	1,315634	-0,64023	-0,75673	-0,72315	-0,67515	-0,65791	
8,2559	0,876457	1,055853	0,879999	1,195847	1,484436	-0,72916	-0,85989	-0,79797	-0,75038	-0,72698	
8,5863	0,992354	1,178138	0,975658	1,336252	1,680466	-0,83108	-0,965	-0,87054	-0,82788	-0,80758	
8,9166	1,112553	1,281576	1,071348	1,479155	1,846707	-0,93455	-1,04466	-0,92503	-0,88904	-0,87127	
9,2469	1,222537	1,304566	1,215358	1,570261	1,886267	-1,039	-1,05367	-0,96541	-0,92595	-0,91659	
9,5759	1,393995	1,346814	1,424891	1,63825	1,943694	-1,18355	-1,08112	-1,0438	-0,96823	-0,96949	
9,9054	0,088752	0,09428	0,093629	0,11049	0,13439	-0,0744	-0,0755	-0,07226	-0,06775	-0,06803	

Tabela A.1-37 - K_{II} [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=10$ mm, submetido a $T=6$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,033191	0,02426	0,023819	0,025033	0,025974	0,035743	0,031771	0,033922	0,03698
0,033	-0,01074	0,0382	0,058581	0,033811	0,057778	0,069143	0,116188	0,180342	0,181505	0,279473	
0,65851	0,008377	0,061494	0,013068	-0,05004	-0,03979	0,109178	0,099672	0,189329	0,143482	0,323406	
0,98883	0,030571	0,077071	-0,01732	-0,10721	-0,11315	0,133496	0,079433	0,194591	0,114579	0,350633	
1,3192	0,012311	0,066044	-0,02321	-0,11196	-0,11503	0,121972	0,064156	0,172831	0,096282	0,322426	
1,6495	-0,00548	0,051944	-0,02759	-0,10786	-0,12147	0,111543	0,056965	0,142824	0,07673	0,28236	
1,9798	-0,01823	0,034614	-0,02596	-0,09877	-0,13789	0,099722	0,055975	0,113191	0,064798	0,241241	
2,3101	-0,02886	0,018961	-0,02183	-0,08813	-0,13537	0,087598	0,059372	0,083718	0,055368	0,203527	
2,6404	-0,03516	-0,00727	-0,0265	-0,0631	-0,11141	0,078551	0,071752	0,052756	0,058151	0,168783	
2,9708	-0,03831	-0,03405	-0,03384	-0,03699	-0,09122	0,073008	0,078801	0,025298	0,063223	0,133926	
3,3011	-0,036	-0,03538	-0,03617	-0,03134	-0,06714	0,063726	0,066066	0,015483	0,050985	0,102831	
3,6314	-0,03224	-0,02956	-0,03546	-0,03124	-0,03906	0,04745	0,050192	0,013256	0,035683	0,075752	
3,9617	-0,02827	-0,02619	-0,03277	-0,02909	-0,02151	0,027765	0,03273	0,011214	0,024983	0,053639	
4,2921	-0,023	-0,02275	-0,02869	-0,0237	-0,01081	0,012077	0,013403	0,00967	0,015597	0,031784	
4,6224	-0,01151	-0,01579	-0,02022	-0,01219	-0,00151	0,004667	0,00014	0,012888	0,011623	0,013464	
4,9527	0,000922	-0,00682	-0,00939	-0,00145	0,006991	-0,00265	-0,00382	0,014205	0,007431	-0,00318	
5,283	0,011397	0,000644	0,003374	-0,00135	0,006829	-0,00788	0,008315	0,009174	-0,00433	-0,01846	
5,6133	0,02046	0,004892	0,014394	-0,00768	0,000883	-0,01068	0,022252	0,002537	-0,01947	-0,03214	
5,9437	0,023138	0,004144	0,020534	-0,02217	-0,01194	-0,0166	0,033536	-0,00726	-0,03785	-0,04895	
6,274	0,020698	0,003202	0,023709	-0,03746	-0,0236	-0,02565	0,043263	-0,01878	-0,05692	-0,07096	
6,6043	0,013025	0,000414	0,022664	-0,05212	-0,03364	-0,03836	0,049961	-0,03371	-0,07789	-0,09899	
6,9346	0,007877	-0,00436	0,019519	-0,06665	-0,0479	-0,0542	0,053493	-0,04536	-0,10005	-0,1275	
7,265	0,001119	0,002313	0,00781	-0,07978	-0,05094	-0,06926	0,027751	-0,04037	-0,1257	-0,15858	
7,5953	-0,01122	0,016074	-0,00671	-0,09636	-0,0438	-0,0792	-0,01291	-0,03163	-0,15487	-0,1903	
7,9256	-0,02923	0,021921	-0,01892	-0,12381	-0,04069	-0,09253	-0,03955	-0,02857	-0,18975	-0,20829	
8,2559	-0,04917	0,02027	-0,02992	-0,14681	-0,03699	-0,1084	-0,05279	-0,033	-0,22372	-0,21381	
8,5863	-0,04597	0,009004	-0,0513	-0,13568	-0,02524	-0,11365	-0,06036	-0,04455	-0,2487	-0,1985	
8,9166	-0,01044	-0,00113	-0,0758	-0,10741	-0,01507	-0,10089	-0,07228	-0,05399	-0,26139	-0,17711	
9,2469	0,053028	-0,00545	-0,08285	-0,07806	-0,03395	-0,04729	-0,09385	-0,09266	-0,2324	-0,18965	
9,5759	0,063508	-0,02082	-0,08622	-0,07341	-0,07275	-0,01729	-0,11951	-0,15133	-0,19353	-0,22304	
9,9054	-0,03374	-0,02388	-0,02347	-0,02488	-0,02676	-0,0355	-0,03203	-0,03413	-0,03718	-0,04141	

Tabela A.1-38 - K_{III} [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=10$ mm, submetido a $T=6$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,002037	-0,00206	-0,00028	0,003811	0,003918	-0,00618	-0,00662	-0,01152	-0,00947
0,033	0,383901	0,20243	0,206231	0,214731	0,228958	0,414733	0,277019	0,301786	0,329035	0,376943	
0,65851	0,394589	0,246983	0,253934	0,260369	0,279182	0,407048	0,328908	0,352594	0,390605	0,427856	
0,98883	0,407776	0,284456	0,289984	0,305185	0,321066	0,416092	0,372896	0,392945	0,440885	0,468839	
1,3192	0,400218	0,310197	0,308996	0,332166	0,341336	0,418496	0,400408	0,414164	0,468523	0,492999	
1,6495	0,399838	0,335233	0,327707	0,351645	0,356389	0,422038	0,424852	0,430576	0,492177	0,510075	
1,9798	0,402115	0,355661	0,341716	0,361986	0,363282	0,426243	0,442845	0,446703	0,51153	0,520637	
2,3101	0,39655	0,372453	0,353922	0,369196	0,367235	0,428331	0,460902	0,46729	0,527626	0,532496	
2,6404	0,39364	0,381908	0,362049	0,372548	0,373813	0,431177	0,483038	0,486769	0,535215	0,546315	
2,9708	0,39402	0,386399	0,368279	0,376501	0,382256	0,433074	0,502454	0,498375	0,540971	0,560324	
3,3011	0,394241	0,391743	0,371378	0,380359	0,388549	0,43826	0,508336	0,500778	0,55109	0,575598	
3,6314	0,3913	0,39851	0,371346	0,385071	0,393735	0,440379	0,509443	0,502612	0,562759	0,58812	
3,9617	0,389972	0,40319	0,365433	0,393229	0,400534	0,438829	0,505585	0,514629	0,566522	0,593148	
4,2921	0,386683	0,404455	0,356041	0,399965	0,40727	0,436869	0,496225	0,533919	0,56219	0,595836	
4,6224	0,386525	0,402273	0,350602	0,401167	0,413721	0,43494	0,489552	0,538473	0,56045	0,593401	
4,9527	0,394557	0,403443	0,358729	0,400661	0,421816	0,433042	0,488034	0,524938	0,567439	0,592737	
5,283	0,405847	0,410084	0,376975	0,399427	0,42637	0,438418	0,48756	0,513206	0,575092	0,604216	
5,6133	0,403507	0,414227	0,381497	0,398352	0,42716	0,438165	0,490564	0,514091	0,57759	0,608043	
5,9437	0,395	0,414385	0,371631	0,396455	0,427382	0,432188	0,504162	0,517254	0,573922	0,598999	
6,274	0,392028	0,412519	0,363251	0,39364	0,424884	0,430291	0,515862	0,515799	0,56668	0,597892	
6,6043	0,395601	0,406701	0,356136	0,390162	0,417294	0,432853	0,518329	0,507672	0,555422	0,602224	
6,9346	0,39753	0,398732	0,349843	0,384912	0,410211	0,431524	0,515388	0,497268	0,543343	0,598398	
7,265	0,39734	0,38409	0,341652	0,376311	0,398352	0,426655	0,498407	0,489932	0,531958	0,589638	
7,5953	0,394115	0,367014	0,33011	0,367204	0,384533	0,419887	0,472255	0,482722	0,521333	0,584547	
7,9256	0,39617	0,350159	0,315608	0,35544	0,369512	0,420045	0,445565	0,468839	0,509917	0,573479	
8,2559	0,399206	0,331786	0,299847	0,339629	0,351867	0,423397	0,422986	0,452459	0,496509	0,560514	
8,5863	0,400629	0,310188	0,283185	0,321635	0,335454	0,423144	0,397625	0,429437	0,477978	0,537303	
8,9166	0,401451	0,284842	0,263389	0,305432	0,32154	0,416377	0,368216	0,402526	0,450814	0,495529	
9,2469	0,396233	0,239359	0,236535	0,264724	0,286537	0,406542	0,324165	0,35993	0,393957	0,424378	
9,5759	0,412076	0,189838	0,20607	0,211506	0,238632	0,412582	0,276231	0,309872	0,327833	0,345163	
9,9054	0,003326	0,00059	-0,00412	-0,00678	-0,00396	-0,00384	-0,00474	-0,0065	-0,01548	-0,0163	

Tabela A.1-39 - $K_{eq(Richard)}$ [MPa·√m], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=10$ mm, submetido a $T=6$ N.m

t [mm]		a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,012802	0,006786	0,006126	0,006207	0,005746	0,090329	0,08956	0,08363	0,088439
0,033	0,10315	0,030892	0,031283	0,028556	0,028628	1,273203	1,156705	1,104405	1,137178	1,18069	
0,65851	0,119129	0,050265	0,044935	0,044916	0,042689	1,133975	1,183517	1,009939	1,096294	1,134827	
0,98883	0,13605	0,069584	0,059434	0,069606	0,065222	1,088157	1,195611	0,963541	1,081123	1,10488	
1,3192	0,142466	0,083732	0,071514	0,086221	0,079345	1,017499	1,126669	0,930856	1,047428	1,064779	
1,6495	0,154786	0,100785	0,087058	0,101575	0,095059	0,945876	1,048349	0,885156	1,007594	1,006904	
1,9798	0,169146	0,118273	0,104167	0,114185	0,109514	0,882114	0,978106	0,844153	0,971465	0,942993	
2,3101	0,179872	0,137417	0,123391	0,127633	0,122104	0,820354	0,916799	0,817008	0,93342	0,891553	
2,6404	0,192547	0,157597	0,141353	0,140897	0,134614	0,769292	0,87986	0,793322	0,880738	0,852288	
2,9708	0,209523	0,181024	0,161001	0,159799	0,152127	0,722429	0,842245	0,755681	0,825036	0,815974	
3,3011	0,229754	0,205528	0,181723	0,18304	0,17308	0,679928	0,781433	0,706305	0,784119	0,788083	
3,6314	0,250922	0,233978	0,205317	0,211606	0,200587	0,628851	0,717299	0,660831	0,748568	0,758661	
3,9617	0,277329	0,267925	0,230446	0,248566	0,238054	0,572094	0,652492	0,632045	0,702729	0,719525	
4,2921	0,308011	0,307029	0,258627	0,293193	0,286639	0,516792	0,584568	0,611566	0,648028	0,678221	
4,6224	0,344985	0,352264	0,297364	0,347081	0,346524	0,467733	0,524509	0,57558	0,600181	0,63149	
4,9527	0,389607	0,407186	0,35516	0,409028	0,416158	0,431145	0,480029	0,524362	0,568101	0,596453	
5,283	0,442922	0,472786	0,423089	0,47431	0,49667	0,40729	0,444776	0,475539	0,53745	0,582941	
5,6133	0,491947	0,54351	0,482675	0,54927	0,592005	0,375342	0,412761	0,438982	0,502001	0,555374	
5,9437	0,539987	0,614901	0,538516	0,631304	0,699678	0,34033	0,393254	0,407767	0,465904	0,512951	
6,274	0,597885	0,688343	0,599699	0,717777	0,811251	0,312961	0,375168	0,377083	0,431661	0,48364	
6,6043	0,669075	0,765146	0,665279	0,80622	0,925858	0,291812	0,349603	0,345999	0,3989	0,462507	
6,9346	0,742096	0,846252	0,736312	0,898765	1,051691	0,270288	0,321766	0,315688	0,36937	0,438581	
7,265	0,805653	0,916557	0,802771	1,000793	1,171734	0,249674	0,284612	0,285101	0,343659	0,412809	
7,5953	0,860685	0,98152	0,860092	1,103039	1,281236	0,230689	0,245669	0,258119	0,323351	0,392488	
7,9256	0,940156	1,062373	0,917627	1,202575	1,413578	0,217285	0,207719	0,231291	0,307064	0,369042	
8,2559	1,033377	1,151836	0,973424	1,303441	1,564579	0,206171	0,175852	0,205304	0,291968	0,342981	
8,5863	1,135814	1,254886	1,054583	1,42384	1,745361	0,189971	0,146086	0,178055	0,272533	0,301369	
8,9166	1,242375	1,342034	1,138133	1,548026	1,901225	0,16792	0,121444	0,15337	0,248119	0,251065	
9,2469	1,341951	1,347121	1,26582	1,617925	1,929508	0,142119	0,099911	0,127599	0,194238	0,198723	
9,5759	1,509568	1,373418	1,459861	1,668786	1,975612	0,129867	0,079927	0,10647	0,13645	0,156796	
9,9054	0,101779	0,100819	0,100151	0,116995	0,140394	0,016227	0,013556	0,015768	0,020747	0,024326	

Tabela A.1-40 - $K_{eq(Pook)}$ [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=10$ mm, submetido a $T=6$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,007579	0,000845	-0,00175	0,000451	-0,00142	0,094462	0,093234	0,089181	0,093611
0,033	0,271814	0,090501	0,0871	0,079041	0,069316	1,385297	1,229353	1,193586	1,23477	1,307169	
0,65851	0,29405	0,145237	0,136818	0,133841	0,127069	1,247835	1,271991	1,119926	1,209535	1,288034	
0,98883	0,316085	0,189667	0,17553	0,191344	0,18303	1,207162	1,296657	1,086783	1,203925	1,277747	
1,3192	0,317061	0,219587	0,202112	0,22791	0,217698	1,135542	1,235464	1,055365	1,173192	1,239226	
1,6495	0,32537	0,249803	0,230708	0,256946	0,248479	1,062228	1,162208	1,006486	1,133254	1,176514	
1,9798	0,33563	0,275544	0,25578	0,27619	0,270627	0,995482	1,093428	0,960328	1,09545	1,103393	
2,3101	0,338525	0,29873	0,278586	0,292525	0,287677	0,9289	1,031646	0,927245	1,053691	1,041072	
2,6404	0,343338	0,316782	0,295929	0,303508	0,302451	0,872673	0,994934	0,896016	0,994853	0,989558	
2,9708	0,351346	0,333181	0,31168	0,316109	0,319407	0,820091	0,954986	0,848282	0,931078	0,938173	
3,3011	0,359042	0,347827	0,324249	0,330115	0,33384	0,770039	0,883305	0,787196	0,87901	0,894484	
3,6314	0,363659	0,362598	0,33421	0,345348	0,347434	0,706455	0,803981	0,729055	0,830033	0,847982	
3,9617	0,370009	0,376454	0,338817	0,36374	0,364507	0,632409	0,720242	0,687334	0,767683	0,789886	
4,2921	0,374812	0,387716	0,340073	0,380861	0,382832	0,556777	0,629002	0,65169	0,69281	0,726536	
4,6224	0,380712	0,395731	0,344534	0,392668	0,40117	0,48612	0,543806	0,59851	0,623962	0,655234	
4,9527	0,393807	0,413511	0,3645	0,414072	0,424373	0,434153	0,487644	0,537375	0,574856	0,59996	
5,283	0,464784	0,504426	0,447272	0,510746	0,532033	0,434006	0,480801	0,507759	0,568727	0,607932	
5,6133	0,535876	0,599063	0,529113	0,610214	0,657947	0,427512	0,479277	0,500233	0,566357	0,608223	
5,9437	0,600671	0,68834	0,602621	0,710478	0,787399	0,415889	0,487396	0,496326	0,559791	0,596185	
6,274	0,671447	0,774761	0,67578	0,809366	0,912402	0,409095	0,493293	0,488992	0,550786	0,595377	
6,6043	0,75344	0,860438	0,748889	0,905431	1,033595	0,407357	0,488759	0,4767	0,539381	0,602823	
6,9346	0,834759	0,94663	0,824372	1,001937	1,161807	0,402718	0,47814	0,461897	0,528148	0,603145	
7,265	0,903382	1,017235	0,892014	1,104355	1,279138	0,395001	0,449647	0,445405	0,519108	0,599393	
7,5953	0,9612	1,079557	0,947972	1,204815	1,383018	0,384618	0,416193	0,429349	0,513071	0,598785	
7,9256	1,044376	1,155875	1,002121	1,30117	1,507849	0,380972	0,383718	0,408718	0,509258	0,586048	
8,2559	1,140768	1,238497	1,053049	1,396119	1,649208	0,379896	0,353812	0,386295	0,502881	0,565036	
8,5863	1,243794	1,332139	1,128092	1,50595	1,819761	0,370443	0,320233	0,358234	0,486065	0,521732	
8,9166	1,349165	1,40845	1,203971	1,619377	1,967235	0,349727	0,285583	0,327771	0,456302	0,461624	
9,2469	1,446728	1,397759	1,319344	1,672446	1,983622	0,321012	0,244721	0,288459	0,378506	0,390159	
9,5759	1,616652	1,407451	1,499038	1,705323	2,015029	0,312655	0,200106	0,246545	0,288816	0,319135	
9,9054	0,104953	0,102516	0,102055	0,119196	0,142153	0,01377	0,011637	0,015628	0,0278	0,031952	

Tabela A.1-41 - K_I [$MPa\cdot\sqrt{m}$], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=10$ mm, submetido a $T=7,5$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	-0,10865	-0,11751	-0,12606	-0,14093	-0,16567	0,091965	0,095068	0,08269	0,086959
0,033	-1,65868	-1,68768	-1,81872	-2,04052	-2,42145	1,417206	1,346118	1,234901	1,260642	1,229936	
0,65851	-1,48567	-1,56277	-1,74308	-1,91096	-2,28244	1,219659	1,353012	1,057308	1,169315	1,083807	
0,98883	-1,36759	-1,48981	-1,70159	-1,82403	-2,17751	1,137693	1,341501	0,947387	1,109137	0,971768	
1,3192	-1,22883	-1,40702	-1,59037	-1,70172	-1,97709	1,035614	1,225161	0,886924	1,034539	0,904696	
1,6495	-1,09785	-1,3065	-1,44576	-1,56011	-1,77546	0,928002	1,090733	0,811346	0,950549	0,821338	
1,9798	-0,98635	-1,20366	-1,28037	-1,41509	-1,62013	0,828928	0,967404	0,737823	0,871429	0,730328	
2,3101	-0,87465	-1,09386	-1,12027	-1,26324	-1,44465	0,732384	0,850811	0,674798	0,789241	0,649816	
2,6404	-0,77451	-0,96035	-0,98963	-1,09601	-1,26241	0,647951	0,759895	0,613229	0,688839	0,579361	
2,9708	-0,67445	-0,81394	-0,86207	-0,92146	-1,08944	0,56785	0,667462	0,532528	0,58091	0,507293	
3,3011	-0,56655	-0,6852	-0,73194	-0,76695	-0,91156	0,488161	0,555359	0,438545	0,491228	0,440221	
3,6314	-0,45512	-0,56134	-0,59173	-0,61807	-0,72634	0,395411	0,439272	0,347819	0,404392	0,36752	
3,9617	-0,34295	-0,42726	-0,44304	-0,47181	-0,54764	0,292413	0,323564	0,265985	0,306235	0,282423	
4,2921	-0,22428	-0,28464	-0,29399	-0,31828	-0,36562	0,18395	0,203727	0,181572	0,199837	0,191302	
4,6224	-0,11065	-0,13492	-0,147	-0,14637	-0,18429	0,079041	0,08448	0,08936	0,095716	0,091934	
4,9527	-0,01246	0,009148	-0,00933	0,020698	-0,01441	-0,00478	-0,02022	-0,002	0,001512	0,009237	
5,283	0,088389	0,146357	0,108966	0,17242	0,163177	-0,08101	-0,11233	-0,09815	-0,09745	-0,055	
5,6133	0,199998	0,284703	0,225815	0,325304	0,354744	-0,17064	-0,21457	-0,20386	-0,20429	-0,1406	
5,9437	0,312376	0,419508	0,351424	0,476777	0,547959	-0,2618	-0,3205	-0,31065	-0,30579	-0,23991	
6,274	0,425042	0,551406	0,473235	0,624518	0,734945	-0,35136	-0,42492	-0,41192	-0,40117	-0,33438	
6,6043	0,543596	0,686214	0,592168	0,766884	0,920444	-0,44509	-0,53389	-0,50337	-0,49006	-0,43263	
6,9346	0,661296	0,82292	0,711892	0,910262	1,111446	-0,53901	-0,64254	-0,59391	-0,57645	-0,52586	
7,265	0,762077	0,944509	0,821591	1,064929	1,29217	-0,62698	-0,73915	-0,70427	-0,6661	-0,62471	
7,5953	0,850052	1,054967	0,916649	1,21384	1,455122	-0,7062	-0,82867	-0,81141	-0,75357	-0,73087	
7,9256	0,96519	1,18304	1,01079	1,353518	1,644574	-0,80028	-0,9459	-0,90394	-0,84395	-0,82238	
8,2559	1,095603	1,319808	1,099998	1,494809	1,855561	-0,91143	-1,07486	-0,99745	-0,93796	-0,90874	
8,5863	1,240435	1,472673	1,219596	1,670283	2,100606	-1,03884	-1,20625	-1,08817	-1,03486	-1,00946	
8,9166	1,390675	1,601947	1,339193	1,848952	2,308368	-1,16818	-1,30583	-1,15629	-1,11129	-1,08909	
9,2469	1,528171	1,630723	1,51919	1,962826	2,357826	-1,29878	-1,31709	-1,20676	-1,15746	-1,14572	
9,5759	1,74251	1,683502	1,781121	2,047796	2,42961	-1,47944	-1,3514	-1,30476	-1,21027	-1,21185	
9,9054	0,110942	0,117852	0,117036	0,138112	0,16799	-0,09299	-0,09438	-0,09032	-0,08469	-0,08503	

Tabela A.1-42 - K_{II} [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=10$ mm, submetido a $T=7,5$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,041492	0,030325	0,029774	0,031291	0,032467	0,044677	0,039715	0,0424	0,046226
0,033	-0,01342	0,04775	0,073229	0,042264	0,07222	0,086428	0,145237	0,225426	0,226881	0,349337	
0,65851	0,010471	0,076869	0,016335	-0,06255	-0,04974	0,136474	0,124591	0,236659	0,179352	0,404266	
0,98883	0,038213	0,096339	-0,02166	-0,13401	-0,14144	0,16687	0,099292	0,243239	0,143226	0,438292	
1,3192	0,015389	0,082558	-0,02901	-0,13995	-0,14379	0,152463	0,080195	0,21604	0,12035	0,403001	
1,6495	-0,00685	0,064931	-0,03449	-0,13483	-0,15184	0,139428	0,071205	0,17853	0,095912	0,352942	
1,9798	-0,02279	0,043266	-0,03245	-0,12347	-0,17237	0,124654	0,069969	0,141487	0,080999	0,301552	
2,3101	-0,03608	0,023701	-0,02729	-0,11016	-0,16921	0,109497	0,074215	0,104649	0,06921	0,254408	
2,6404	-0,04394	-0,00909	-0,03313	-0,07888	-0,13926	0,098189	0,089689	0,065946	0,072688	0,210978	
2,9708	-0,04789	-0,04256	-0,0423	-0,04624	-0,11402	0,09126	0,098502	0,031622	0,079028	0,167408	
3,3011	-0,045	-0,04422	-0,04521	-0,03918	-0,08392	0,079658	0,082586	0,019354	0,063729	0,12854	
3,6314	-0,0403	-0,03695	-0,04433	-0,03905	-0,04883	0,059315	0,06274	0,016569	0,044601	0,094691	
3,9617	-0,03533	-0,03274	-0,04096	-0,03636	-0,02689	0,034706	0,040914	0,014018	0,031228	0,06705	
4,2921	-0,02875	-0,02844	-0,03586	-0,02962	-0,01351	0,015097	0,016754	0,012088	0,019496	0,039731	
4,6224	-0,01439	-0,01973	-0,02527	-0,01523	-0,00189	0,005834	0,000176	0,01611	0,014529	0,01683	
4,9527	0,001153	-0,00852	-0,01173	-0,00182	0,008738	-0,00331	-0,00477	0,017757	0,009289	-0,00397	
5,283	0,014246	0,000805	0,004217	-0,00168	0,008536	-0,00985	0,010393	0,011467	-0,00541	-0,02307	
5,6133	0,025575	0,006115	0,017993	-0,0096	0,001103	-0,01335	0,027814	0,003171	-0,02433	-0,04018	
5,9437	0,028923	0,00518	0,025667	-0,02772	-0,01493	-0,02074	0,041922	-0,00907	-0,04731	-0,06118	
6,274	0,025872	0,004003	0,029636	-0,04683	-0,0295	-0,03206	0,054081	-0,02347	-0,07115	-0,08869	
6,6043	0,016282	0,000517	0,02833	-0,06515	-0,04205	-0,04795	0,062452	-0,04214	-0,09736	-0,12374	
6,9346	0,009846	-0,00545	0,0244	-0,08332	-0,05988	-0,06775	0,066866	-0,0567	-0,12506	-0,15937	
7,265	0,001398	0,002891	0,009762	-0,09973	-0,06368	-0,08657	0,03469	-0,05046	-0,15713	-0,19823	
7,5953	-0,01402	0,020093	-0,00839	-0,12045	-0,05475	-0,099	-0,01614	-0,03954	-0,19359	-0,23788	
7,9256	-0,03654	0,027401	-0,02365	-0,15477	-0,05086	-0,11566	-0,04945	-0,03572	-0,23719	-0,26036	
8,2559	-0,06146	0,025338	-0,0374	-0,18352	-0,04623	-0,1355	-0,06599	-0,04125	-0,27965	-0,26726	
8,5863	-0,05746	0,011255	-0,06413	-0,1696	-0,03155	-0,14206	-0,07545	-0,05568	-0,31087	-0,24812	
8,9166	-0,01305	-0,00141	-0,09475	-0,13426	-0,01883	-0,12611	-0,09035	-0,06749	-0,32673	-0,22139	
9,2469	0,066285	-0,00681	-0,10356	-0,09758	-0,04244	-0,05911	-0,11731	-0,11583	-0,2905	-0,23706	
9,5759	0,079386	-0,02602	-0,10778	-0,09176	-0,09093	-0,02161	-0,14938	-0,18916	-0,24191	-0,27881	
9,9054	-0,04217	-0,02986	-0,02934	-0,0311	-0,03345	-0,04438	-0,04003	-0,04267	-0,04647	-0,05177	

Tabela A.1-43 - K_{III} [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=10$ mm, submetido a $T=7,5$ N.m

		a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,002546	-0,00257	-0,00035	0,004763	0,004898	-0,00773	-0,00827	-0,0144	-0,01183
0,033	0,479876	0,253039	0,257786	0,268414	0,286196	0,518424	0,346269	0,377228	0,411286	0,471179	
0,65851	0,49322	0,30873	0,317429	0,325462	0,348989	0,50881	0,411159	0,440727	0,488256	0,534836	
0,98883	0,509696	0,355567	0,362492	0,381466	0,401325	0,5201	0,46612	0,491197	0,551122	0,586033	
1,3192	0,500272	0,387758	0,386241	0,415207	0,426655	0,523136	0,500494	0,517696	0,585654	0,616265	
1,6495	0,499798	0,419033	0,40961	0,439557	0,44547	0,527531	0,531073	0,538251	0,615221	0,63761	
1,9798	0,502644	0,444585	0,427129	0,45249	0,454103	0,532812	0,553557	0,558363	0,639413	0,650828	
2,3101	0,495687	0,465551	0,442403	0,461471	0,459036	0,535405	0,576135	0,584104	0,659525	0,665628	
2,6404	0,492082	0,477409	0,452554	0,465709	0,467258	0,538979	0,603805	0,608454	0,669011	0,682894	
2,9708	0,492525	0,483006	0,460364	0,47061	0,47782	0,54135	0,628092	0,622969	0,676221	0,700381	
3,3011	0,492778	0,489679	0,464191	0,47548	0,485694	0,547833	0,635428	0,625973	0,688871	0,719513	
3,6314	0,489141	0,498154	0,464159	0,48133	0,492145	0,550489	0,636788	0,62825	0,70348	0,735135	
3,9617	0,487465	0,504004	0,456791	0,491544	0,500652	0,548529	0,631981	0,643271	0,70816	0,741428	
4,2921	0,483354	0,505585	0,445027	0,499956	0,509063	0,546094	0,620281	0,667367	0,702753	0,74478	
4,6224	0,483164	0,502865	0,43826	0,501474	0,517159	0,54369	0,611932	0,673091	0,700571	0,741744	
4,9527	0,49322	0,50432	0,448411	0,50081	0,527278	0,541287	0,610035	0,656173	0,709331	0,740922	
5,283	0,507293	0,512605	0,471211	0,499292	0,53297	0,548023	0,609466	0,6415	0,718881	0,755247	
5,6133	0,504383	0,517791	0,476871	0,497932	0,533951	0,547706	0,613229	0,642606	0,72198	0,760053	
5,9437	0,493726	0,517981	0,464539	0,495592	0,534204	0,540212	0,63021	0,646559	0,717394	0,748732	
6,274	0,490027	0,515641	0,454071	0,49205	0,531105	0,537872	0,64482	0,644725	0,708319	0,747373	
6,6043	0,494517	0,508399	0,445154	0,487718	0,521618	0,541066	0,647919	0,634574	0,694278	0,75278	
6,9346	0,49692	0,498438	0,43728	0,481109	0,512732	0,53939	0,644219	0,621609	0,679162	0,748005	
7,265	0,496667	0,480129	0,427066	0,470389	0,497964	0,533318	0,623	0,612438	0,664964	0,737064	
7,5953	0,492651	0,458752	0,412614	0,459036	0,480666	0,524875	0,590302	0,603394	0,651682	0,730676	
7,9256	0,495213	0,437691	0,394526	0,4443	0,461882	0,525033	0,556972	0,586065	0,637389	0,716857	
8,2559	0,499007	0,414733	0,374825	0,424536	0,439841	0,529239	0,528733	0,565573	0,620629	0,700634	
8,5863	0,500778	0,387727	0,353985	0,40202	0,419318	0,528923	0,497015	0,536797	0,597481	0,671636	
8,9166	0,501822	0,356041	0,329225	0,381782	0,401925	0,520479	0,46027	0,50315	0,563486	0,619395	
9,2469	0,495308	0,299199	0,295667	0,330901	0,35816	0,508178	0,405214	0,449929	0,49243	0,530472	
9,5759	0,515072	0,237297	0,25759	0,264382	0,298288	0,515736	0,345289	0,387347	0,4098	0,431461	
9,9054	0,004158	0,000737	-0,00515	-0,00847	-0,00496	-0,0048	-0,00592	-0,00813	-0,01936	-0,02038	

Tabela A.1-44 - $K_{eq(Richard)}$ [MPa·√m], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=10$ mm, submetido a $T=7,5$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,016004	0,008482	0,007658	0,007759	0,007182	0,112912	0,111952	0,104537	0,110551
0,033	0,128936	0,038616	0,039103	0,035694	0,035785	1,591501	1,445895	1,380497	1,421468	1,475867	
0,65851	0,148903	0,062832	0,056173	0,056145	0,053365	1,417476	1,479402	1,262413	1,370387	1,418529	
0,98883	0,17005	0,086979	0,074296	0,086999	0,081524	1,360207	1,494499	1,204443	1,351422	1,38109	
1,3192	0,178082	0,10467	0,08939	0,107775	0,099176	1,271891	1,408305	1,163584	1,309284	1,330974	
1,6495	0,193484	0,125977	0,108811	0,126969	0,118817	1,18236	1,310428	1,106457	1,259499	1,25865	
1,9798	0,211434	0,147848	0,130199	0,142734	0,136893	1,102662	1,222652	1,055196	1,21435	1,178767	
2,3101	0,224839	0,171762	0,15424	0,15953	0,152625	1,025436	1,146005	1,02126	1,16678	1,114453	
2,6404	0,240712	0,197012	0,176686	0,176135	0,168264	0,961622	1,099831	0,991634	1,100927	1,065354	
2,9708	0,2619	0,226285	0,201257	0,199736	0,19016	0,903032	1,052815	0,944601	1,031301	1,019962	
3,3011	0,287175	0,256915	0,22713	0,228822	0,216357	0,849906	0,976788	0,882865	0,980162	0,985114	
3,6314	0,313661	0,292489	0,25663	0,264501	0,250713	0,786084	0,896604	0,826029	0,935725	0,948317	
3,9617	0,346664	0,334911	0,288057	0,310715	0,29755	0,71511	0,815622	0,79004	0,878419	0,899399	
4,2921	0,385015	0,383802	0,323263	0,366497	0,358277	0,645997	0,73071	0,764425	0,810048	0,847761	
4,6224	0,43124	0,440354	0,371712	0,433867	0,433163	0,584681	0,655629	0,719474	0,750235	0,789354	
4,9527	0,487033	0,508998	0,44395	0,51127	0,520206	0,538915	0,600029	0,655452	0,710157	0,745567	
5,283	0,553639	0,590981	0,528855	0,592893	0,620845	0,509113	0,555985	0,594415	0,671828	0,728653	
5,6133	0,614934	0,679394	0,603345	0,686578	0,740014	0,469178	0,515974	0,548718	0,627494	0,694216	
5,9437	0,674962	0,768621	0,673137	0,78914	0,874559	0,425391	0,491576	0,509701	0,582373	0,641173	
6,274	0,747371	0,860439	0,749631	0,897197	1,014089	0,391203	0,468945	0,471334	0,539549	0,604564	
6,6043	0,836357	0,956453	0,831579	1,007781	1,15731	0,364765	0,437019	0,432479	0,498617	0,578137	
6,9346	0,927615	1,057814	0,920391	1,123433	1,314579	0,337846	0,402191	0,394633	0,461707	0,548231	
7,265	1,007035	1,145721	1,003458	1,250985	1,464667	0,312097	0,355756	0,356399	0,429586	0,516025	
7,5953	1,075856	1,226882	1,075085	1,378817	1,601545	0,288378	0,307073	0,32264	0,404202	0,490596	
7,9256	1,175182	1,327955	1,14705	1,50324	1,766998	0,271591	0,259664	0,289126	0,38382	0,46131	
8,2559	1,291748	1,439788	1,216789	1,629301	1,955743	0,25771	0,219814	0,256633	0,364956	0,428713	
8,5863	1,419756	1,568604	1,318253	1,77976	2,181724	0,237458	0,182597	0,22257	0,340672	0,376721	
8,9166	1,55296	1,677515	1,422669	1,935037	2,376515	0,209907	0,151805	0,191708	0,310124	0,31382	
9,2469	1,677448	1,683917	1,582267	2,022405	2,411874	0,177646	0,124893	0,159509	0,242785	0,248405	
9,5759	1,886963	1,716758	1,824834	2,085967	2,469507	0,162338	0,099908	0,133092	0,170569	0,196001	
9,9054	0,127224	0,126025	0,125189	0,146244	0,175494	0,020285	0,016945	0,01971	0,025934	0,030411	

Tabela A.1-45 - $K_{eq(Pook)}$ [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=10$ mm, submetido a $T=7,5$ N.m

t [mm]		a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,009476	0,001057	-0,00219	0,000564	-0,00177	0,118077	0,116545	0,111475	0,117016
0,033	0,339765	0,113127	0,108874	0,098799	0,086645	1,73162	1,536703	1,491971	1,543456	1,633966	
0,65851	0,367547	0,181547	0,171035	0,167301	0,15885	1,559801	1,590002	1,399892	1,511939	1,610044	
0,98883	0,395084	0,237081	0,219423	0,239162	0,228779	1,508959	1,620807	1,3585	1,504928	1,59717	
1,3192	0,396326	0,274495	0,252634	0,284886	0,272108	1,419447	1,544295	1,319218	1,46649	1,54903	
1,6495	0,406714	0,312247	0,288361	0,321183	0,310583	1,327796	1,452753	1,258124	1,416574	1,470664	
1,9798	0,419538	0,34444	0,319708	0,345245	0,338286	1,244374	1,366805	1,200413	1,369332	1,379273	
2,3101	0,423156	0,373397	0,348234	0,365634	0,359588	1,161117	1,289565	1,159055	1,317119	1,301353	
2,6404	0,429205	0,396	0,369903	0,379408	0,378056	1,090849	1,243674	1,119999	1,243572	1,23694	
2,9708	0,43918	0,416484	0,389613	0,39512	0,39926	1,025109	1,193743	1,060353	1,163855	1,172711	
3,3011	0,448779	0,434786	0,40528	0,412675	0,417309	0,962544	1,104128	0,983975	1,098776	1,118116	
3,6314	0,454587	0,453264	0,41774	0,431677	0,434269	0,883092	1,004954	0,911309	1,037553	1,059968	
3,9617	0,462512	0,47058	0,423521	0,454683	0,455617	0,790504	0,900313	0,859151	0,959612	0,987351	
4,2921	0,468515	0,484661	0,425068	0,476077	0,478516	0,695979	0,786253	0,814579	0,866026	0,908155	
4,6224	0,475899	0,494687	0,430676	0,490851	0,501471	0,607666	0,67975	0,748136	0,779962	0,819034	
4,9527	0,492283	0,516905	0,455625	0,517574	0,530474	0,542675	0,609547	0,671719	0,718601	0,74995	
5,283	0,580967	0,630531	0,559084	0,638437	0,665049	0,542508	0,601016	0,634691	0,710924	0,759892	
5,6133	0,669845	0,748836	0,661392	0,762756	0,822443	0,53439	0,599119	0,625284	0,707938	0,760278	
5,9437	0,750817	0,860418	0,753267	0,888107	0,984206	0,519838	0,609253	0,6204	0,699731	0,745216	
6,274	0,839328	0,968464	0,844733	1,011681	1,140529	0,511375	0,616607	0,611217	0,688452	0,744231	
6,6043	0,941816	1,07557	0,93609	1,131797	1,29198	0,509195	0,610959	0,595858	0,674222	0,75353	
6,9346	1,043443	1,18329	1,030463	1,252392	1,452215	0,503382	0,597658	0,577396	0,660172	0,753937	
7,265	1,129193	1,271572	1,115011	1,380437	1,598929	0,493752	0,56205	0,556781	0,648901	0,749258	
7,5953	1,201501	1,349425	1,184929	1,506047	1,728773	0,48079	0,520226	0,536677	0,641353	0,74847	
7,9256	1,305457	1,44483	1,252672	1,626484	1,884834	0,476193	0,479665	0,510913	0,636563	0,732567	
8,2559	1,425987	1,548114	1,316325	1,745149	2,061531	0,474863	0,442265	0,48287	0,628595	0,706282	
8,5863	1,554728	1,665168	1,41014	1,88239	2,274724	0,463046	0,400276	0,447793	0,607589	0,652176	
8,9166	1,686449	1,760531	1,504962	2,024223	2,459029	0,437168	0,356978	0,409706	0,570339	0,577014	
9,2469	1,808424	1,747214	1,64917	2,090555	2,479512	0,401262	0,305909	0,36059	0,473113	0,487699	
9,5759	2,020809	1,759299	1,873806	2,131638	2,518778	0,390826	0,250132	0,30819	0,36103	0,398929	
9,9054	0,131192	0,128146	0,127569	0,148995	0,177692	0,017214	0,014546	0,019536	0,034751	0,039943	

Tabela A.1-46 - K_I [$MPa \cdot \sqrt{m}$], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=10$ mm, submetido
a $T=9$ N.m

		a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
t [mm]	0	-0,13038	-0,14102	-0,15127	-0,16912	-0,19881	0,110357	0,114079	0,099229	0,104352	0,097145
	0,033	-1,9904	-2,02519	-2,18248	-2,44861	-2,90575	1,700641	1,615323	1,481875	1,512739	1,47593
	0,65851	-1,78283	-1,87533	-2,09169	-2,29316	-2,73894	1,463597	1,62364	1,268769	1,403166	1,300582
	0,98883	-1,64113	-1,78779	-2,04188	-2,18883	-2,61302	1,365219	1,609789	1,136839	1,330971	1,166122
	1,3192	-1,4746	-1,68843	-1,90843	-2,04204	-2,3725	1,242743	1,470206	1,064296	1,241447	1,08561
	1,6495	-1,31744	-1,56779	-1,73489	-1,87216	-2,13055	1,113596	1,308898	0,973602	1,140665	0,985619
	1,9798	-1,18361	-1,4444	-1,53646	-1,69811	-1,94417	0,994726	1,160872	0,885374	1,045702	0,876362
	2,3101	-1,04959	-1,31263	-1,34432	-1,5159	-1,73356	0,87886	1,020973	0,809733	0,947102	0,779786
	2,6404	-0,92943	-1,1524	-1,18756	-1,31522	-1,51489	0,777541	0,911874	0,735894	0,826588	0,695227
	2,9708	-0,80935	-0,97673	-1,03448	-1,10572	-1,30732	0,681439	0,800973	0,639033	0,697092	0,608738
	3,3011	-0,67989	-0,82226	-0,87832	-0,92032	-1,09386	0,585812	0,66645	0,526266	0,58948	0,528258
	3,6314	-0,54613	-0,6736	-0,71009	-0,74168	-0,87162	0,4745	0,52712	0,417389	0,485283	0,441011
	3,9617	-0,41154	-0,5127	-0,53161	-0,56617	-0,65715	0,350886	0,388264	0,319169	0,367488	0,338901
	4,2921	-0,26913	-0,34156	-0,35278	-0,38197	-0,43873	0,22074	0,244473	0,217887	0,239805	0,229566
	4,6224	-0,13278	-0,1619	-0,1764	-0,17564	-0,22115	0,094849	0,101376	0,107233	0,114857	0,110322
	4,9527	-0,01495	0,010978	-0,01119	0,024838	-0,01729	-0,00573	-0,02427	-0,0024	0,001815	0,011084
	5,283	0,106066	0,17563	0,13076	0,206905	0,195811	-0,09722	-0,1348	-0,11779	-0,11694	-0,066
	5,6133	0,239998	0,341652	0,270979	0,390383	0,425674	-0,20477	-0,25749	-0,24463	-0,24515	-0,16872
	5,9437	0,374856	0,503403	0,421721	0,572151	0,657564	-0,31416	-0,3846	-0,37277	-0,36695	-0,28789
	6,274	0,510044	0,661675	0,567882	0,749428	0,881928	-0,42163	-0,50989	-0,49433	-0,48139	-0,40126
	6,6043	0,652315	0,823457	0,710595	0,920286	1,104552	-0,53408	-0,64068	-0,60403	-0,58806	-0,51918
	6,9346	0,793574	0,987516	0,854258	1,092346	1,333722	-0,64681	-0,77106	-0,71268	-0,69175	-0,63103
	7,265	0,914499	1,133392	0,985935	1,277908	1,550623	-0,7524	-0,88696	-0,84512	-0,79933	-0,74965
	7,5953	1,020088	1,265955	1,099998	1,456608	1,746146	-0,84743	-0,99441	-0,9737	-0,90428	-0,87703
	7,9256	1,158216	1,419641	1,212955	1,624209	1,973483	-0,96032	-1,13507	-1,08472	-1,01272	-0,98688
	8,2559	1,314717	1,583764	1,319998	1,79377	2,226655	-1,09374	-1,28983	-1,19695	-1,12555	-1,09048
8,5863	1,488516	1,767207	1,463502	2,004346	2,520715	-1,24663	-1,4475	-1,3058	-1,24183	-1,21137	
8,9166	1,668829	1,922349	1,607038	2,218749	2,770029	-1,40181	-1,56697	-1,38754	-1,33353	-1,30691	
9,2469	1,833805	1,956881	1,823021	2,355391	2,829416	-1,55853	-1,58054	-1,4481	-1,38894	-1,37486	
9,5759	2,090993	2,020221	2,137352	2,457374	2,915525	-1,77533	-1,62171	-1,56574	-1,45234	-1,45421	
9,9054	0,133132	0,141423	0,140443	0,165738	0,201586	-0,11159	-0,11325	-0,10839	-0,10162	-0,10204	

Tabela A.1-47 - K_{II} [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=10$ mm, submetido
a $T=9$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,04979	0,036388	0,035727	0,037549	0,038962	0,053613	0,047659	0,050881	0,05547
0,033	-0,01611	0,0573	0,087873	0,050717	0,086665	0,103713	0,174283	0,270511	0,272256	0,419223	
0,65851	0,012565	0,09224	0,019602	-0,07506	-0,05968	0,163768	0,149509	0,283992	0,215225	0,485125	
0,98883	0,045856	0,115607	-0,02599	-0,16081	-0,16972	0,200245	0,119151	0,291888	0,17187	0,525918	
1,3192	0,018466	0,099068	-0,03481	-0,16794	-0,17255	0,182957	0,096234	0,259247	0,144421	0,483607	
1,6495	-0,00822	0,077915	-0,04139	-0,16179	-0,18221	0,167316	0,085448	0,214235	0,115094	0,423524	
1,9798	-0,02735	0,051921	-0,03895	-0,14816	-0,20684	0,149585	0,083962	0,169786	0,097199	0,361859	
2,3101	-0,04329	0,028442	-0,03274	-0,1322	-0,20306	0,131399	0,089056	0,12558	0,083054	0,305289	
2,6404	-0,05273	-0,01091	-0,03975	-0,09465	-0,16712	0,117826	0,107628	0,079133	0,087228	0,253175	
2,9708	-0,05747	-0,05107	-0,05076	-0,05548	-0,13683	0,109513	0,118203	0,037947	0,094837	0,20089	
3,3011	-0,05401	-0,05307	-0,05425	-0,04701	-0,1007	0,095589	0,099103	0,023225	0,076477	0,154246	
3,6314	-0,04835	-0,04434	-0,0532	-0,04686	-0,0586	0,071177	0,075288	0,019883	0,053522	0,11363	
3,9617	-0,0424	-0,03928	-0,04916	-0,04363	-0,03226	0,041647	0,049094	0,016821	0,037473	0,080461	
4,2921	-0,0345	-0,03413	-0,04304	-0,03555	-0,01622	0,018116	0,020105	0,014505	0,023396	0,047678	
4,6224	-0,01726	-0,02368	-0,03033	-0,01828	-0,00227	0,007001	0,000211	0,019332	0,017435	0,020196	
4,9527	0,001383	-0,01023	-0,01408	-0,00218	0,010486	-0,00397	-0,00573	0,021308	0,011146	-0,00477	
5,283	0,017095	0,000966	0,00506	-0,00202	0,010243	-0,01182	0,012472	0,013761	-0,00649	-0,02769	
5,6133	0,03069	0,007338	0,021592	-0,01152	0,001324	-0,01602	0,033378	0,003806	-0,0292	-0,04822	
5,9437	0,034706	0,006216	0,0308	-0,03326	-0,01792	-0,02489	0,050306	-0,01089	-0,05678	-0,07342	
6,274	0,031047	0,004803	0,035563	-0,05619	-0,0354	-0,03847	0,064896	-0,02816	-0,08538	-0,10643	
6,6043	0,019538	0,00062	0,033998	-0,07818	-0,05045	-0,05754	0,074943	-0,05056	-0,11683	-0,14848	
6,9346	0,011816	-0,00654	0,029279	-0,09998	-0,07185	-0,0813	0,08024	-0,06805	-0,15007	-0,19125	
7,265	0,001678	0,003469	0,011714	-0,11968	-0,07641	-0,10389	0,041625	-0,06055	-0,18855	-0,23787	
7,5953	-0,01682	0,024112	-0,01007	-0,14454	-0,0657	-0,1188	-0,01936	-0,04745	-0,2323	-0,28546	
7,9256	-0,04385	0,032881	-0,02838	-0,18572	-0,06103	-0,13879	-0,05933	-0,04286	-0,28462	-0,31244	
8,2559	-0,07375	0,030405	-0,04488	-0,22022	-0,05548	-0,1626	-0,07919	-0,0495	-0,33558	-0,32072	
8,5863	-0,06895	0,013506	-0,07696	-0,20351	-0,03786	-0,17047	-0,09054	-0,06682	-0,37305	-0,29775	
8,9166	-0,01565	-0,00169	-0,1137	-0,16111	-0,0226	-0,15134	-0,10842	-0,08099	-0,39209	-0,26566	
9,2469	0,079541	-0,00817	-0,12427	-0,1171	-0,05093	-0,07093	-0,14077	-0,139	-0,34861	-0,28447	
9,5759	0,095264	-0,03123	-0,12933	-0,11011	-0,10912	-0,02593	-0,17926	-0,22699	-0,29029	-0,33457	
9,9054	-0,05061	-0,03583	-0,03521	-0,03732	-0,04014	-0,05326	-0,04804	-0,0512	-0,05576	-0,06212	

Tabela A.1-48 - K_{III} [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=10$ mm, submetido a $T=9$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,003055	-0,00308	-0,00042	0,005716	0,005877	-0,00927	-0,00993	-0,01728	-0,0142
0,033	0,575882	0,303648	0,309343	0,32211	0,343423	0,622115	0,415523	0,45268	0,493568	0,565415	
0,65851	0,591884	0,370461	0,380896	0,390541	0,41878	0,610573	0,493379	0,528859	0,585907	0,641816	
0,98883	0,611648	0,426686	0,434971	0,457771	0,481583	0,624107	0,559312	0,589417	0,661359	0,703259	
1,3192	0,600327	0,465298	0,463495	0,498248	0,512004	0,627744	0,60058	0,621229	0,702785	0,739499	
1,6495	0,599758	0,502834	0,491544	0,527468	0,534583	0,633056	0,637294	0,645895	0,738265	0,765113	
1,9798	0,603173	0,533508	0,512574	0,542963	0,544924	0,639381	0,664268	0,670055	0,767295	0,780988	
2,3101	0,594856	0,558868	0,530852	0,553778	0,550837	0,642512	0,691369	0,70095	0,791455	0,798728	
2,6404	0,590492	0,572878	0,54309	0,558838	0,560703	0,646781	0,724573	0,73017	0,802807	0,819473	
2,9708	0,59103	0,579614	0,552418	0,56472	0,573384	0,649595	0,753697	0,747562	0,811472	0,84047	
3,3011	0,591346	0,587614	0,557035	0,57057	0,582839	0,657406	0,76252	0,751167	0,826651	0,863397	
3,6314	0,58695	0,597765	0,557004	0,57759	0,590587	0,660568	0,764164	0,753919	0,84417	0,882149	
3,9617	0,584958	0,604786	0,548149	0,58986	0,600801	0,658228	0,758377	0,771912	0,849767	0,889707	
4,2921	0,580025	0,606683	0,534045	0,599947	0,610889	0,655319	0,744337	0,800847	0,843285	0,893723	
4,6224	0,579772	0,603426	0,525918	0,60175	0,620565	0,65241	0,734312	0,807709	0,84066	0,890086	
4,9527	0,591852	0,605165	0,538093	0,600959	0,63274	0,649563	0,732036	0,787407	0,85119	0,889106	
5,283	0,60877	0,615126	0,565447	0,599157	0,639539	0,657627	0,73134	0,769793	0,862669	0,906309	
5,6133	0,60526	0,621356	0,572246	0,597544	0,640741	0,657248	0,735862	0,771121	0,866401	0,912064	
5,9437	0,592484	0,621577	0,557446	0,594698	0,641057	0,648267	0,756259	0,775865	0,860867	0,898498	
6,274	0,588057	0,618794	0,544892	0,59046	0,637325	0,645421	0,773809	0,773683	0,849989	0,896854	
6,6043	0,593401	0,610067	0,534172	0,585274	0,625941	0,649279	0,777509	0,761508	0,833134	0,903336	
6,9346	0,596279	0,598113	0,524748	0,577337	0,615284	0,647255	0,773082	0,745918	0,814982	0,897581	
7,265	0,595994	0,576135	0,512479	0,564467	0,597544	0,639982	0,747594	0,734913	0,797969	0,884457	
7,5953	0,591156	0,550521	0,495149	0,550837	0,576799	0,629831	0,708382	0,724067	0,782031	0,876836	
7,9256	0,594255	0,525223	0,473425	0,53316	0,554252	0,630052	0,668379	0,703259	0,76486	0,860234	
8,2559	0,598809	0,497679	0,449771	0,509443	0,527816	0,63508	0,634511	0,678688	0,744748	0,840755	
8,5863	0,600928	0,465298	0,424789	0,482437	0,503182	0,634732	0,596437	0,644156	0,716983	0,80597	
8,9166	0,602193	0,427255	0,395095	0,458151	0,482311	0,624581	0,552323	0,603774	0,67619	0,743262	
9,2469	0,59435	0,359045	0,354808	0,397087	0,429817	0,609782	0,486263	0,539896	0,590935	0,636566	
9,5759	0,618099	0,284754	0,309106	0,317271	0,357938	0,618889	0,414353	0,464792	0,491766	0,51776	
9,9054	0,004989	0,000884	-0,00618	-0,01016	-0,00595	-0,00576	-0,00711	-0,00975	-0,02323	-0,02445	

Tabela A.1-49 - $K_{eq(Richard)}$ [MPa·√m], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=10$ mm, submetido a $T=10$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,019204	0,010178	0,009189	0,00931	0,008619	0,135494	0,134341	0,125446	0,13266
0,033	0,15474	0,04634	0,046924	0,042837	0,042939	1,9098	1,735055	1,656593	1,705747	1,771055	
0,65851	0,178692	0,075392	0,067401	0,06737	0,064036	1,700976	1,775299	1,514889	1,644455	1,702256	
0,98883	0,204066	0,104376	0,089149	0,104404	0,097827	1,632229	1,79337	1,445299	1,62172	1,657302	
1,3192	0,213698	0,125597	0,107271	0,129331	0,119019	1,526262	1,689969	1,396286	1,571141	1,59714	
1,6495	0,232178	0,151169	0,130581	0,15236	0,142589	1,418841	1,572534	1,327733	1,511404	1,510372	
1,9798	0,253721	0,17742	0,156249	0,171267	0,164271	1,323209	1,467172	1,266241	1,45721	1,414492	
2,3101	0,269829	0,206127	0,185069	0,191441	0,18315	1,230544	1,37521	1,225514	1,400168	1,337327	
2,6404	0,288846	0,236409	0,21204	0,211353	0,201913	1,153952	1,319803	1,189996	1,321093	1,278421	
2,9708	0,314277	0,271546	0,241496	0,239678	0,228193	1,08363	1,263381	1,133521	1,237568	1,223958	
3,3011	0,344614	0,308295	0,272562	0,274585	0,259634	1,019907	1,172164	1,059446	1,176204	1,182115	
3,6314	0,376379	0,350972	0,307962	0,317396	0,300865	0,943288	1,075938	0,991257	1,122873	1,13796	
3,9617	0,415997	0,401877	0,345677	0,372863	0,357082	0,85812	0,978739	0,948027	1,054082	1,079269	
4,2921	0,462017	0,460549	0,387929	0,439785	0,429948	0,775203	0,876853	0,917317	0,97204	1,017302	
4,6224	0,517464	0,528412	0,44606	0,520622	0,51977	0,701599	0,786748	0,86337	0,900256	0,947219	
4,9527	0,584427	0,610779	0,53274	0,613511	0,624253	0,646717	0,720028	0,786543	0,852183	0,89468	
5,283	0,664385	0,709179	0,63462	0,711479	0,744989	0,610935	0,667164	0,713292	0,806206	0,874396	
5,6133	0,737921	0,815285	0,724014	0,82393	0,888004	0,563014	0,619156	0,658456	0,753017	0,83306	
5,9437	0,80997	0,92234	0,807773	0,946971	1,049492	0,510482	0,589897	0,611639	0,698839	0,769426	
6,274	0,896864	1,03254	0,899563	1,076641	1,216902	0,469422	0,562762	0,565604	0,647467	0,725481	
6,6043	1,003612	1,147733	0,997879	1,209368	1,388787	0,437728	0,524424	0,518998	0,598344	0,693755	
6,9346	1,113131	1,269378	1,104469	1,348151	1,577488	0,405404	0,482644	0,473551	0,554035	0,657852	
7,265	1,208442	1,374836	1,204171	1,501176	1,75761	0,374512	0,426908	0,42767	0,515512	0,619213	
7,5953	1,291029	1,472266	1,290127	1,654576	1,921854	0,346041	0,368503	0,387162	0,485053	0,588741	
7,9256	1,410207	1,593536	1,376462	1,803876	2,120389	0,325922	0,311608	0,346936	0,460583	0,553571	
8,2559	1,550092	1,727739	1,460136	1,955161	2,346876	0,309244	0,2638	0,307957	0,437942	0,514458	
8,5863	1,703698	1,882337	1,581895	2,135723	2,618057	0,284964	0,219128	0,267085	0,408814	0,452066	
8,9166	1,863572	2,013033	1,70722	2,322055	2,851806	0,251893	0,182168	0,230045	0,372163	0,376574	
9,2469	2,012927	2,020715	1,898717	2,426888	2,894281	0,213156	0,149872	0,191401	0,291359	0,298087	
9,5759	2,264345	2,060127	2,189807	2,503182	2,9634	0,194809	0,119891	0,159695	0,204683	0,235207	
9,9054	0,152672	0,151231	0,150226	0,175495	0,210591	0,024342	0,020333	0,023651	0,03112	0,036493	

Tabela A.1-50 - $K_{eq(Pook)}$ [MPa. \sqrt{m}], ao longo da espessura, para fendas de provete de $t=10$ mm, submetido a $T=10$ N.m

	t [mm]	a/L_2 [mm]					a/L_3 [mm]				
		0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1
		0	0,011372	0,001267	-0,00263	0,000677	-0,00213	0,141693	0,139853	0,133771	0,140418
0,033	0,407751	0,135756	0,130648	0,118573	0,103961	2,077944	1,844026	1,790365	1,852141	1,960776	
0,65851	0,441074	0,21784	0,205223	0,200749	0,190612	1,871767	1,908015	1,67986	1,814317	1,932078	
0,98883	0,474112	0,284502	0,263291	0,287007	0,274527	1,810729	1,94493	1,630163	1,80593	1,916597	
1,3192	0,47559	0,329381	0,303168	0,341865	0,326549	1,703325	1,853154	1,583045	1,759788	1,858804	
1,6495	0,488055	0,374689	0,346048	0,385416	0,372719	1,593369	1,743327	1,509733	1,699894	1,764783	
1,9798	0,503446	0,413333	0,383668	0,414268	0,405942	1,493266	1,640155	1,440504	1,643188	1,655096	
2,3101	0,507818	0,448096	0,417849	0,438771	0,431503	1,393366	1,547483	1,390871	1,580578	1,561603	
2,6404	0,515038	0,47519	0,443909	0,455276	0,453661	1,309025	1,492416	1,344038	1,492265	1,484325	
2,9708	0,527015	0,499787	0,467517	0,474133	0,479113	1,230122	1,432495	1,272423	1,396634	1,407257	
3,3011	0,538546	0,521742	0,486343	0,495205	0,500777	1,155074	1,324975	1,180781	1,318543	1,341714	
3,6314	0,545486	0,543898	0,5013	0,518006	0,521135	1,059696	1,205959	1,093595	1,245067	1,27194	
3,9617	0,555015	0,564678	0,508229	0,545625	0,546761	0,948592	1,080364	1,030957	1,151514	1,18481	
4,2921	0,562218	0,581576	0,510095	0,57129	0,574233	0,835181	0,943504	0,977502	1,039213	1,089776	
4,6224	0,571053	0,593612	0,516817	0,589003	0,60174	0,729181	0,815694	0,897764	0,935927	0,982836	
4,9527	0,590727	0,620268	0,54675	0,621077	0,636575	0,651229	0,73145	0,806062	0,862315	0,89994	
5,283	0,697179	0,756639	0,670895	0,766132	0,798033	0,651009	0,721201	0,761623	0,853122	0,911883	
5,6133	0,803814	0,898617	0,79367	0,915348	0,986916	0,641268	0,718931	0,750334	0,849551	0,912334	
5,9437	0,900997	1,032496	0,903931	1,065732	1,18107	0,623818	0,73111	0,744474	0,83967	0,894277	
6,274	1,007213	1,162171	1,013686	1,214022	1,36863	0,613626	0,739955	0,733471	0,826149	0,893082	
6,6043	1,130161	1,290672	1,12329	1,35819	1,550392	0,611038	0,733156	0,71505	0,809069	0,904232	
6,9346	1,252123	1,419947	1,236556	1,502903	1,742653	0,604046	0,717208	0,692864	0,792192	0,904699	
7,265	1,355031	1,525852	1,338035	1,656518	1,918721	0,592501	0,674456	0,668124	0,778692	0,899088	
7,5953	1,441799	1,619322	1,421943	1,807251	2,074528	0,57693	0,62429	0,644006	0,769638	0,898192	
7,9256	1,566537	1,733784	1,503206	1,951769	2,26179	0,571445	0,575612	0,613077	0,763872	0,879083	
8,2559	1,711179	1,85773	1,579573	2,094178	2,473824	0,569828	0,53075	0,579443	0,754307	0,84754	
8,5863	1,865662	1,998221	1,692162	2,258883	2,729657	0,555678	0,48035	0,537352	0,729118	0,782615	
8,9166	2,023762	2,112654	1,805979	2,429082	2,950823	0,524608	0,428376	0,491641	0,684426	0,692403	
9,2469	2,170092	2,096673	1,979004	2,50867	2,975454	0,481483	0,367094	0,43269	0,567762	0,58524	
9,5759	2,424964	2,111175	2,248573	2,55799	3,022523	0,468997	0,300161	0,369798	0,433239	0,478724	
9,9054	0,157434	0,153776	0,153083	0,178797	0,213229	0,020657	0,017455	0,023442	0,0417	0,047931	