

4. Apresentação e Discussão dos Resultados

A resistência de um material se refere à habilidade do mesmo de resistir às forças aplicadas evitando-se, desta forma, fratura ou deformação excessiva. Quando uma força externa atua em um corpo sólido, uma reação oposta a esta força ocorre. Em uma análise de tensão elementar, isto é, sob condição de carregamento uniaxial, a força externa dividida pela área do corpo sólido na qual ela está aplicada equivale ao valor da tensão média produzida na estrutura. Portanto, tensão é uma reação de um determinado material diante de um carregamento, sendo diretamente proporcional à força aplicada e inversamente proporcional à geometria [22]. Entretanto, sob ação de carregamentos complexos e/ou na presença de concentradores de tensão, tal método de determinação de tensão torna-se inadequado. As tensões podem ser de tração, compressão e cisalhamento, e suas distribuições podem ser observadas através das deformações ocorridas no corpo.

No princípio, avaliou-se a influência da análise de um modelo com e sem contato para que se fosse decidido qual modelo seria utilizado, e para avaliar de maneira aproximada a área de aplicação da força.

Em um segundo momento, avaliou-se as tensões de von Mises sofridas pelos elementos de ligação quando submetidos ao carregamento. Foram feitas variações de geometria, tamanho, carga e material.

Com a finalidade de melhor organizar os resultados obtidos através das simulações com elementos finitos, as análises para cada variação foram descritas separadamente em função da geometria do elemento (*manilha*, *Elo Kenter* e *Elo Multifuncional*).

Por fim, foram comparados os elementos do ponto de vista das tensões de von Mises, tensões Principais, e feitas as análises das vidas (numero de ciclos) para um único material.

Os resultados apresentados abaixo estão sempre nas unidades de: MPa para tensões, mm para distâncias e diâmetros, mm^2 para áreas e kN para forças. Salvo quando informado outras unidades.

4.1. Resultados Obtidos com o Modelo com Contato em Comparação com o Modelo sem Contato

Conforme mencionado no capítulo anterior (Capítulo 3), três modelos foram gerados com a configuração típica de uma lingada de ancoragem para uma manilha de 76mm, 95mm e 120mm, de material R4 e carga MBL. Para estes modelos a análise com contato foi adotada. Segue abaixo um dos resultados:

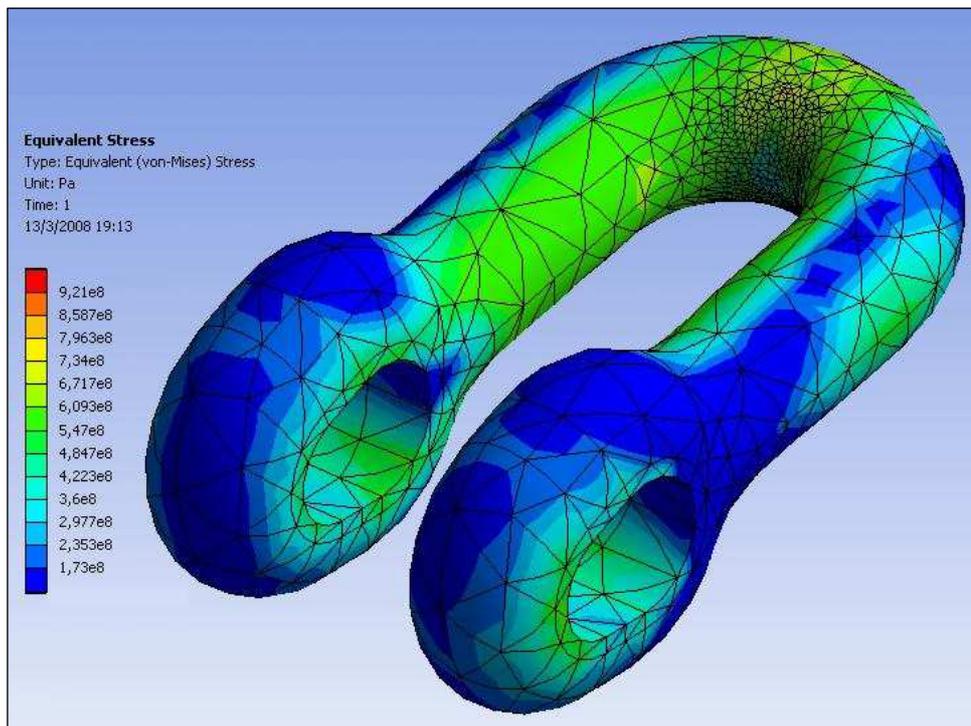


Figura 4.1 – Tensões de von Mises modelo na manilha (120mm, MBL, R4) com contatos.

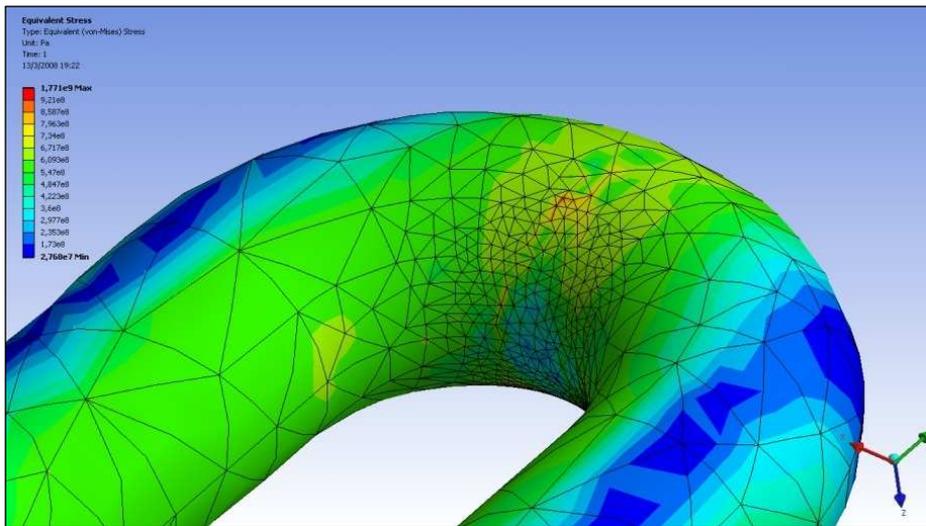


Figura 4.2 – Detalhe da região de contato.

Com o objetivo de comparar os dois modelos, apresenta-se abaixo o resultado obtido com a mesma manilha, carga e material, para o modelo sem contato.

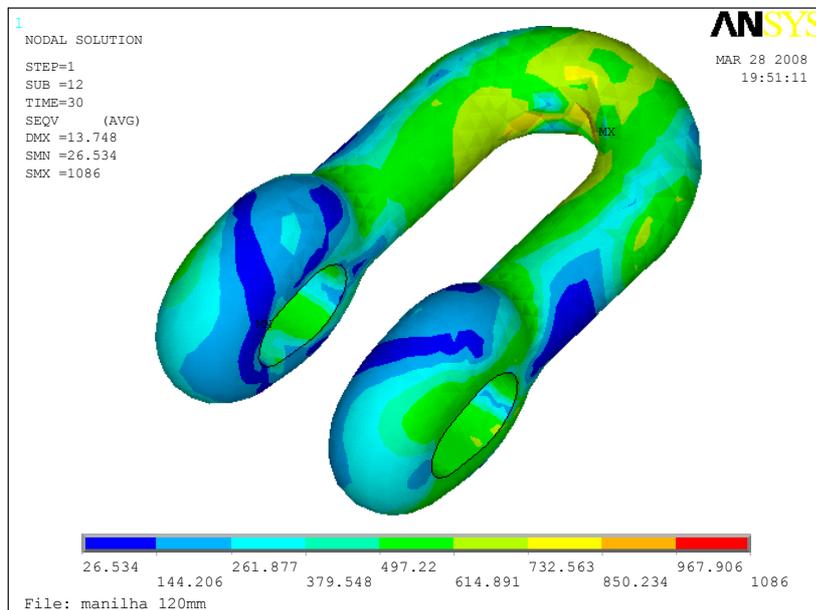


Figura 4.3 – Tensões de von Mises modelo na manilha (120mm, MBL, R4) sem contatos.

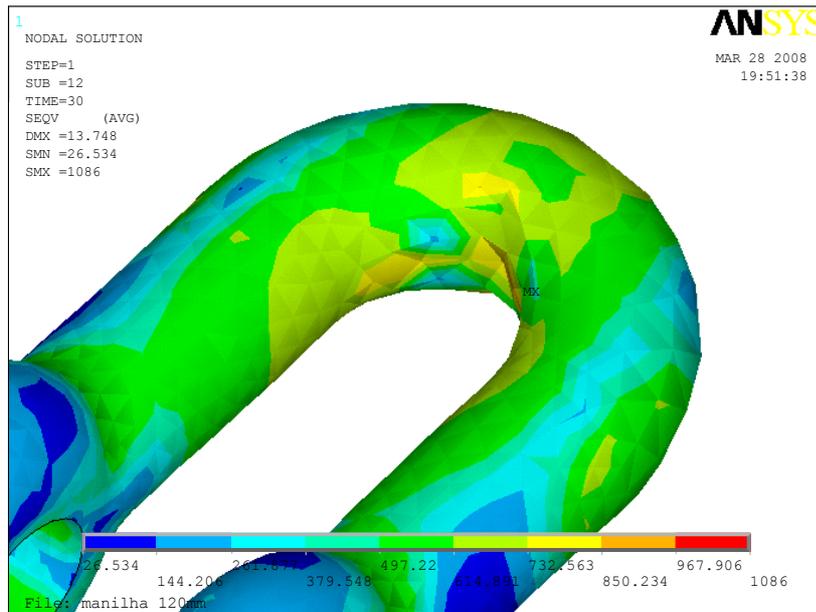


Figura 4.4 – Detalhe da região de aplicação de forças.

Diante destes resultados apresentados nas Figuras 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4, algumas observações podem ser feitas a respeito das tensões máximas, pontos de aplicação de força, distribuição de tensões e “custo” computacional (tempo de modelagem e processamento) de cada modelo.

Ambos os modelos apresentam máxima tensão na ordem de 1.000 MPa na região côncava da manilha. Essa tensão é superior ao LR de 911,60 MPa e foi encontrada na região de aplicação de força, para o caso da manilha sem contato, e na região limite entre o contato elo com manilha para o caso com contato. Essas tensões são consideradas tensões artificialmente altas (pontos de singularidade), e elas existem devido ao modelamento da aplicação de forças no nó, onde de fato ocorre uma tensão superficial muito alta na prática. É interessante observar que em ambos os casos (com e sem o contato) esse fenômeno aparece.

As distribuições de tensões em ambas as peças foram muito parecidas. Não foram idênticas, pois as malhas geradas eram malhas livres e assimétricas, que por sua vez também não eram idênticas.

O tempo de modelamento e processamento para o modelo com contato foi significativamente maior (mais que o dobro do tempo do modelo sem

contato) quando gerados sobre uma mesma plataforma Ansys. O uso do Workbench simplifica o trabalho de modelamento.

Como o objetivo do presente trabalho, não é analisar a região de contato entre os elementos, bem como possíveis amassamentos e encruamentos localizados. Quando analisado os pontos e valores de máxima tensão, serão escolhidos sempre aqueles em onde não haja a aplicação da força e/ou condições de contorno. Evitando assim a análise de pontos (nós) de singularidade ou um nó com concentração de tensões irreais geradas pelo modelo.

4.2.Resultados Obtidos com a Variação das Cargas em PL e MBL

Neste item são apresentados os resultados obtidos para a análise com a variação das cargas entre PL e MBL. A carga PL conceitualmente não deveria provocar plasticidade generalizada. O que se vê nos resultados são regiões superficiais onde o limite de escoamento foi ultrapassado. Já para a carga MBL o que se vê é uma grande parte do modelo plastificado e uma região também representativa acima do limite de ruptura.

Analisando comparativamente os valores das tensões, os mesmos não foram linearmente aumentados, em cada ponto, na mesma proporção do aumento da força. Isso era obviamente esperado, visto que a curva de tensão do material é não linear. Porém as regiões onde se observou as maiores e menores tensões foram coerentes umas com as outras. O que comprova a veracidade física do modelo.

A comparação dos resultados de tensões entre os elementos de ligação é feita no capítulo 4.5. Neste sub-capítulo apresenta-se os resultados obtidos com o elo *Kenter* de 76mm, R4.

Elo Kenter

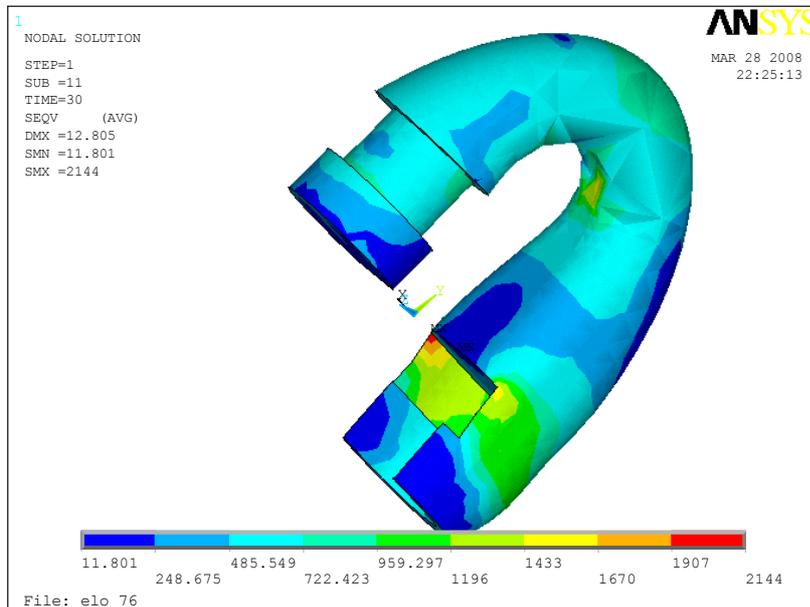


Figura 4.5 – Tensões de von Mises no elo *Kenter* (76, R4) com carregamento PL.

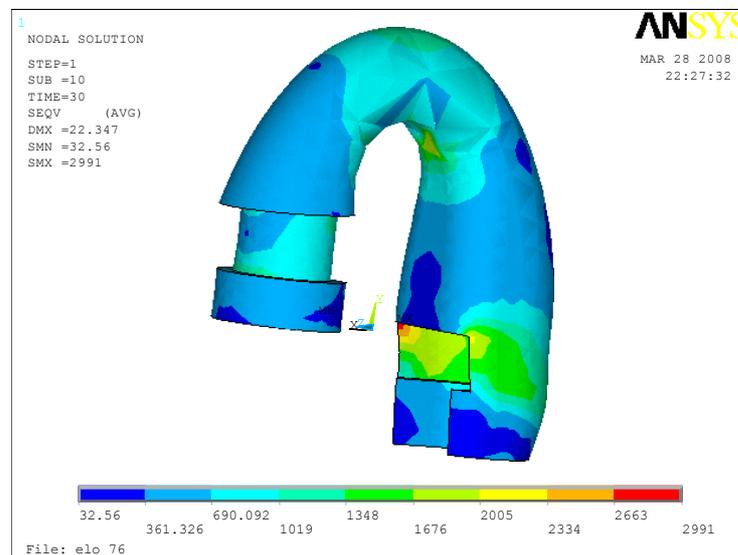


Figura 4.6 – Tensões de von Mises no elo *Kenter* (76, R4) com carregamento MBL.

Nas Figuras 4.5 e 4.6, o aumento das tensões pode ser observado comparando-se as regiões coloridas e seus respectivos valores. Os valores

das escalas aumentaram uma em relação à outra, o que prova o aumento das tensões. E as áreas coloridas também mudaram de tamanho o que prova a não linearidade deste aumento de tensão, fazendo com que certas regiões mudassem de faixa de cor.

4.3. Resultados Obtidos com a Variação das Dimensões

Em uma análise preliminar simples tem-se que as dimensões dos elementos são sempre apresentadas em função dos seus diâmetros nominais de 76, 95 e 120 mm. Portanto tem-se que as áreas que sofrem esforços, sejam elas quaisquer, são função do quadrado do diâmetro nominal. Podemos então comparar analiticamente o que seria um resultado esperado com a variação das dimensões.

Tabela 4.1 – Aumento percentual das dimensões e das cargas com a variação dos diâmetros.

D (mm)	D ² (mm ²)	PL (kN)	MBL (kN)	Variação	Aumento D (%)	Aumento entre PL e MBL (%)
76	5.776	4.731	6.001	76-95	56,25	49,99
95	9.025	7.096	9.001	95-120	59,56	50,79
120	14.400	10.700	13.573	76-120	149,31	126,17

Analisando a Tabela 4.1, pode-se observar que as dimensões aumentam em um percentual maior do que o aumento das cargas. Analisando somente forças trativas tem-se que, tensão = força/área, portanto as tensões principais deveriam diminuir com o aumento das dimensões.

Neste momento são apresentados os resultados obtidos com os elos *Multifuncional*, com material R4++ e carga PL.

Elo Multifuncional

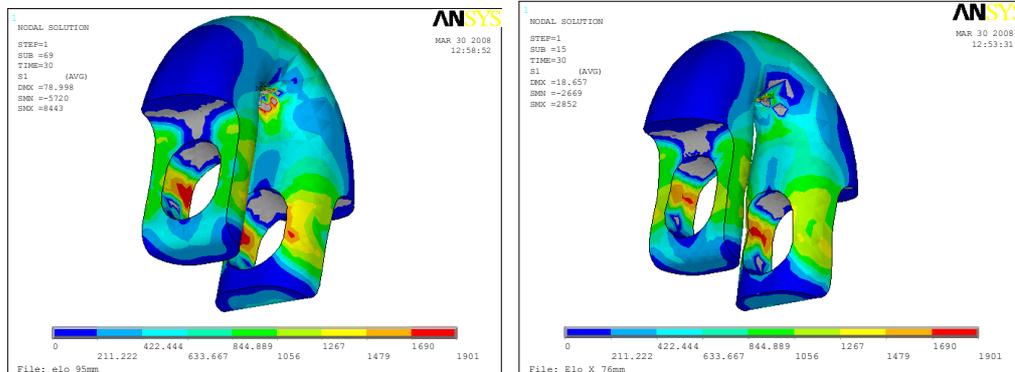


Figura 4.7 – Tensões principais nos elos *Multifuncional* de 76mm e 95mm (R4++), respectivamente, com carregamento PL.

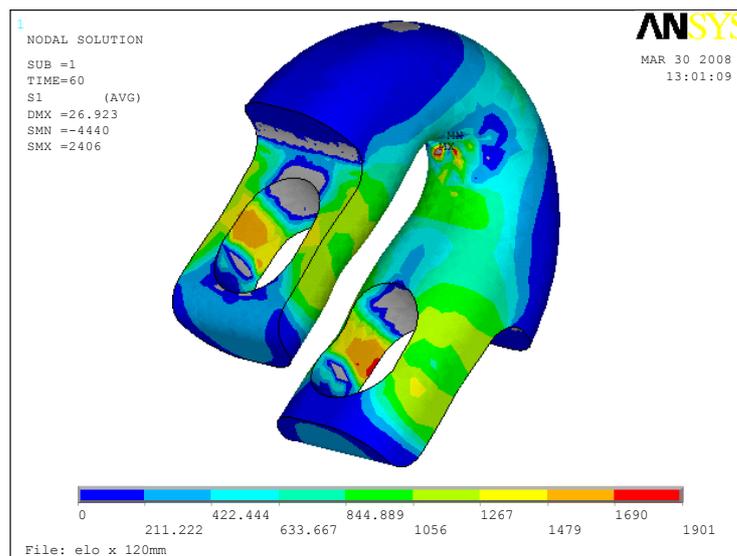


Figura 4.8 – Tensões principais no elo *Multifuncional* de 120mm (R4++) com carregamento PL.

Podemos observar nas Figuras 4.7 e 4.8 o fenômeno mencionado na análise analítica. A região cinza representa tensões compressivas (abaixo de 0). As tensões máximas, bem como as regiões em que elas aparecem, foram parecidas umas com as outras, apresentando uma diminuição nas tensões conforme o aumento do diâmetro nominal.

4.4. Resultados Obtidos com a Variação das Propriedades dos Materiais

Neste item são apresentados os resultados obtidos para a análise com a variação das propriedades do material R4 em R4, R4+ e R4++. Mas do que constatar o aumento esperado dos limites de escoamento e resistência mecânica. O objetivo desta análise é o de mensurar qualitativamente esse ganho.

Neste sub-capítulo são apresentados os resultados obtidos com a manilha de 120mm e carga PL.

Manilha

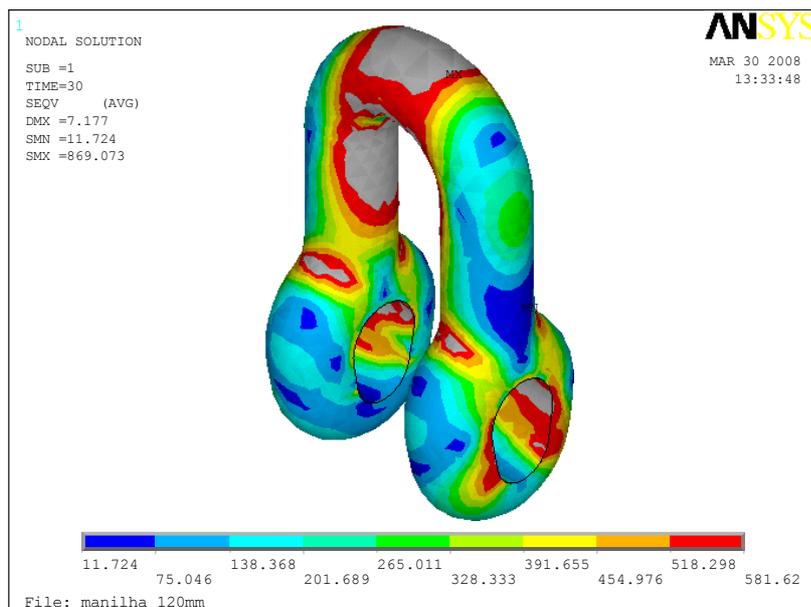


Figura 4.9 – Tensões de von Mises na manilha de 120mm, R4 com carregamento PL.

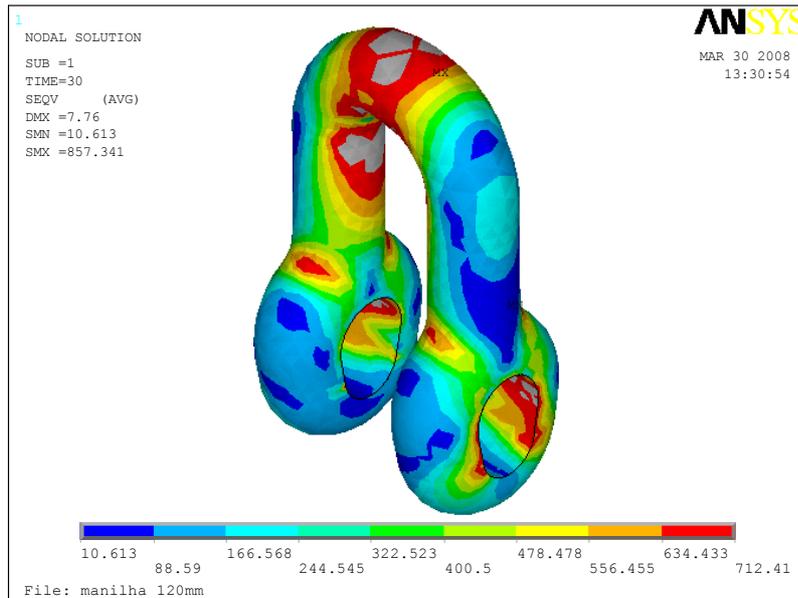


Figura 4.10 – Tensões de von Mises na manilha de 120mm, R4+ com carregamento PL.

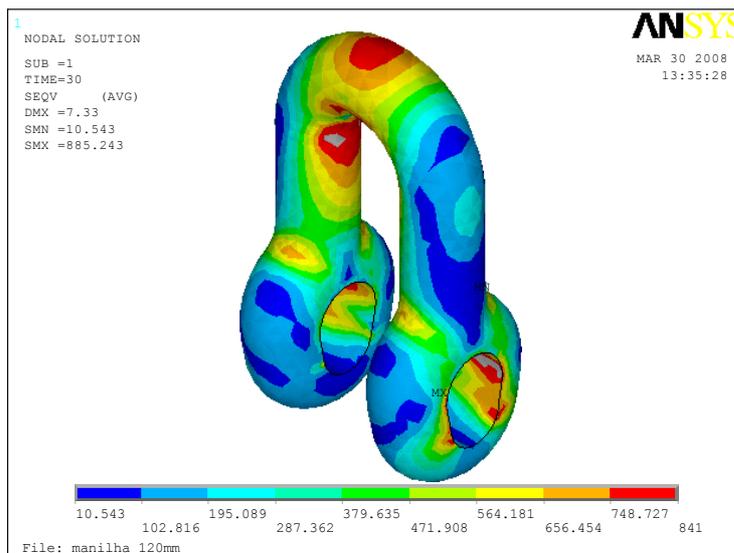


Figura 4.11 – Tensões de von Mises na manilha de 120mm, R4++ com carregamento PL.

Nas Figuras 4.9, 4.10 e 4.11 a cor cinza representa regiões acima do limite de escoamento. Pode-se observar uma diminuição significativa dessa região com o aumento das propriedades mecânicas do material.

4.5. Apresentação dos Resultados nos Pontos de Máxima Tensão

As Tabelas deste item mostram os valores obtidos nas simulações para as tensões máximas de von Mises e as tensões máximas principais.

Tabela 4.2 – Elementos de ligação com 76mm com carga PL = 4.731kN.

Elemento	LE (MPa)	LR (MPa)	σ_{Max} (MPa)	
			von Mises	Principais
Manilha	581,62	911,60	874	1.120
	712,41	961,20	813	1.126
	841,00	975,20	898	1.115
Elo <i>Kenter</i>	581,62	911,60	2.114	2.883
	712,41	961,20	1.815	2.272
	841,00	975,20	1.460	2.010
Elo <i>Multifuncional</i>	581,62	911,60	1.873	2.200
	712,41	961,20	1.799	2.166
	841,00	975,20	1.543	2.039

Tabela 4.3 – Elementos de ligação com 76mm com carga MBL = 6.001kN.

Elemento	LE (MPa)	LR (MPa)	σ_{Max} (MPa)	
			von Mises	Principais
Manilha	581,62	911,60	1.116	1.536
	712,41	961,20	1.073	1.562
	841,00	975,20	1.007	1.589
Elo <i>Kenter</i>	581,62	911,60	2.991	3.858
	712,41	961,20	2.740	3.649
	841,00	975,20	2.441	3.216
Elo <i>Multifuncional</i>	581,62	911,60	2.601	3.219
	712,41	961,20	2.475	3.099
	841,00	975,20	2.352	2.938

Tabela 4.4 – Elementos de ligação com 95mm com carga PL = 7.096kN.

Elemento	LE (MPa)	LR (MPa)	σ_{Max} (MPa)	
			von Mises	Principais
Manilha	581,62	911,60	693	1.172
	712,41	961,20	760	1.326
	841,00	975,20	891	1.399
Elo <i>Kenter</i>	581,62	911,60	3.356	4.212
	712,41	961,20	2.962	3.980
	841,00	975,20	2.565	3.584
Elo <i>Multifuncional</i>	581,62	911,60	3.335	4.201
	712,41	961,20	2.940	3.959
	841,00	975,20	2.541	3.569

Tabela 4.5 – Elementos de ligação com 76mm com carga MBL = 9.001kN.

Elemento	LE (MPa)	LR (MPa)	σ_{Max} (MPa)	
			von Mises	Principais
Manilha	581,62	911,60	899	1.606
	712,41	961,20	864	1.997
	841,00	975,20	918	2.127
Elo <i>Kenter</i>	581,62	911,60	3.901	4.852
	712,41	961,20	3.577	4.506
	841,00	975,20	3.207	4.038
Elo <i>Multifuncional</i>	581,62	911,60	3.875	4.839
	712,41	961,20	3.560	4.488
	841,00	975,20	3.195	3.868

Tabela 4.6 – Elementos de ligação com 120mm com carga PL = 10.700kN.

Elemento	LE (MPa)	LR (MPa)	σ_{Max} (MPa)	
			von Mises	Principais
Manilha	581,62	911,60	869	843
	712,41	961,20	857	892
	841,00	975,20	885	978
Elo <i>Kenter</i>	581,62	911,60	1.207	1.658
	712,41	961,20	942	1.513
	841,00	975,20	1.246	1.517
Elo <i>Multifuncional</i>	581,62	911,60	1.144	1.631
	712,41	961,20	939	1.491
	841,00	975,20	1.216	1.486

Tabela 4.7 – Elementos de ligação com 120mm com carga MBL = 13.573kN.

Elemento	LE (MPa)	LR (MPa)	σ_{Max} (MPa)	
			Von Mises	Principais
Manilha	581,62	911,60	1.026	1.149
	712,41	961,20	1.088	1.221
	841,00	975,20	1.085	1.201
Elo <i>Kenter</i>	581,62	911,60	2.199	2.906
	712,41	961,20	1.966	3.017
	841,00	975,20	1.714	2.794
Elo <i>Multifuncional</i>	581,62	911,60	2.101	2.833
	712,41	961,20	1.899	2.959
	841,00	975,20	1.674	2.591

4.6.Comparação dos Resultados de Tensões entre os Acessórios de União

Em uma análise preliminar e analítica, pode-se obter as tensões, devido apenas às componentes trativas, em áreas críticas de cada uma das peças envolvidas no estudo. Dividindo-se a força incidente nessas áreas, pelo valor da área efetiva (área que resiste a tensão) calcula-se uma tensão analítica, indicada na Tabela 4.8:

Tabela 4.8 – Tensões trativas calculadas analiticamente.

Elemento	Diâm. nominal (mm)	Área resistiva (mm ²)	Força PL/2 (N)	Tensão (MPa)	LE R4+ (MPa)	Tensão/ LE
Manilha	120,0	22.464,0*	5.350.000,0	238,2	712,4	0,3343
Elo <i>Kenter</i>	120,0	6.309,5**	5.350.000,0	847,9	712,4	1,1902
Elo <i>Multifuncional</i>	120,0	2.304,0***	5.350.000,0	2.322,0	712,4	3,2594

* ver Figura (1) de 4.6.3, ** ver Figura (4) de 4.6.6, *** ver Figura (3) de 4.6.9

A análise anterior não leva em conta a forma geométrica do elemento e as tensões devido aos momentos fletores gerados, como também não considera possíveis pontos de concentração de tensões.

Outra abordagem analítica que pode servir de comparação das tensões entre elementos é a da Teoria de Vigas Curvas [27], isto é, um elemento que tem um eixo curvo e está sujeito a flexão.

$$\sigma = \frac{M(R-r)}{Ar(r-R)} \quad (15)$$

onde:

- σ = Tensão normal no membro;
- M = Momento interno determinado pelo método das seções;
- A = Área das seções;
- R = Distância entre o centro de curvatura e o eixo neutro;
- \bar{r} = Distância entre o centro de curvatura e o centróide da área da seção transversal;
- r = Distância entre o centro de curvatura e o ponto em que a tensão deve ser determinada.

A utilização da Eq. (15) resulta na Tabela 4.9. No cálculo do momento não foram considerados a presenças dos pinos e malhetes dos componentes.

Tabela 4.9 – Tensões em vigas curvas.

Elemento	Força PL/2 (kN)	M (kN.mm)	σ (MPa)	LE R4+ (MPa)	Tensão/LE
Manilha	5.350	548.910	592,34	712,4	0,8314
Elo <i>Kenter</i>	5.350.	1.398.704	6.100,46	712,4	8,5632
Elo <i>Multifuncional</i>	5.350	544.844	2.003,45	712,4	2,8122

Neste item (4.6) são apresentados os resultados dos três elementos estudados, comparando-os no que diz respeito a tensões máximas, áreas plastificadas, concentradores de tensões e possíveis pontos de iniciação de trincas. O diâmetro nominal, material e a carga escolhidos para essa comparação foram o de 120mm R4+ e PL respectivamente.

A escolha destes modelos para comparação, se da pelo fato de no próximo item (4.7) os mesmos serão analisados perante as suas vidas-fadiga (número de ciclos). No próximo item (4.7) será justificada a escolha da análise destes três modelos.

Manilha

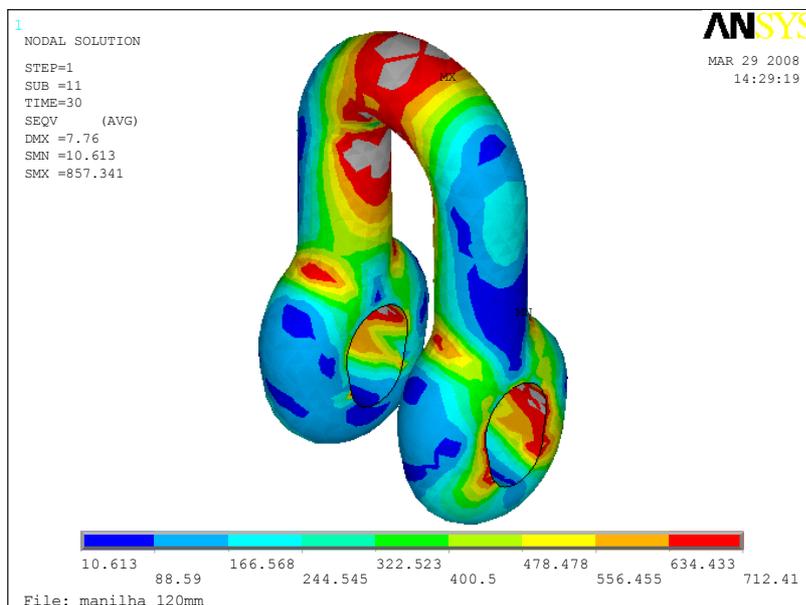


Figura 4.12 – Tensões de von Mises na manilha de 120mm, R4+ com carregamento PL.

Observa-se com a Figura 4.12 várias regiões na cor cinza (plastificada). Ou seja, essa região experimentou valores de tensões superiores ao limite de escoamento. Áreas como o topo da manilha, a região interna entre as barras retas e a curva, e o ponto onde é instalado o pino são locais críticos com concentração de tensões.

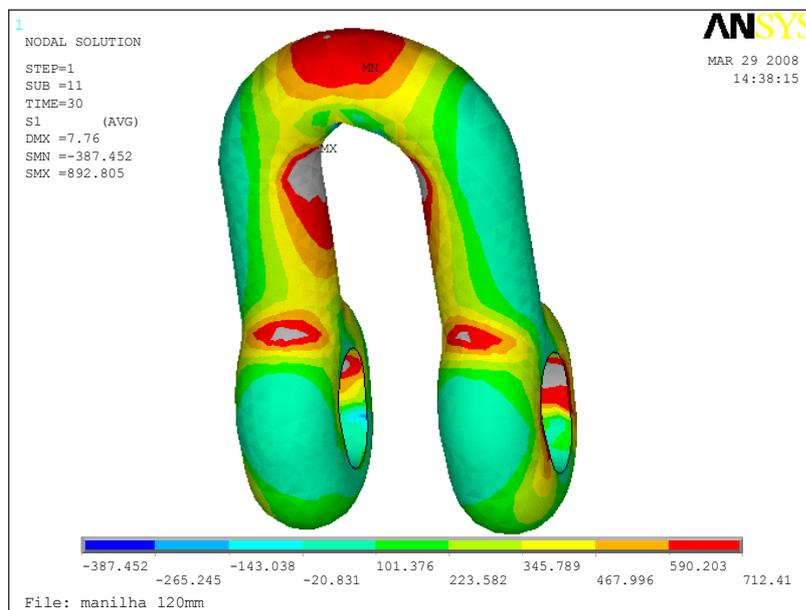


Figura 4.13 – Tensões principais trativas na manilha de 120mm, R4+ com carregamento PL.

É observada na Figura 4.13 uma região, na cor cinza, plastificada. Ou seja, essa região experimentou valores de tensões superiores ao limite de escoamento. Áreas como o topo da manilha (4.14 – (3)), a região interna entre as barras retas e a curva (4.14 – (2)), e o ponto onde é instalado o pino (4.14 – (1)), o ponto entre a barra reta e o olhal (4.14 – (4)) são locais críticos com concentração de tensões trativas e por isso podem ser considerados como possíveis pontos para o aparecimento de trincas.

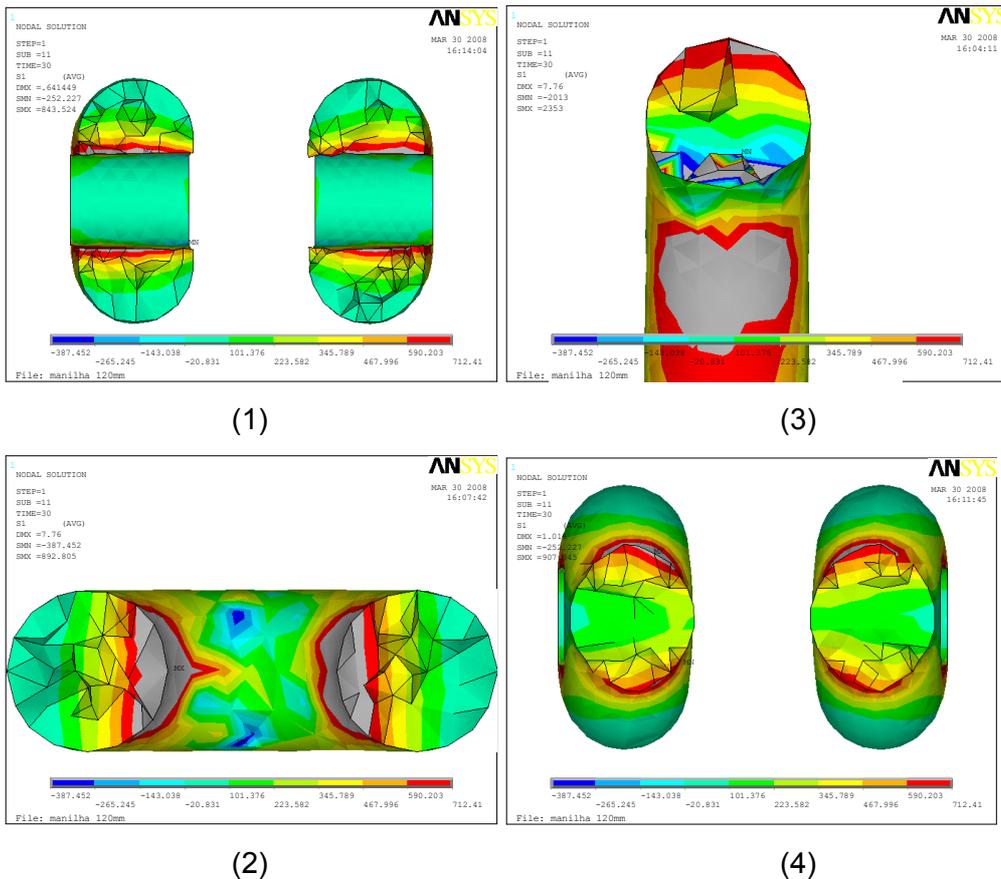


Figura 4.14 – Tensões principais trativas na manilha de 120mm, R4+ com carregamento PL. Seções nas regiões críticas observadas.

As Figuras 4.14 – (1), (2), (3) e (4) mostram as seções dos locais mencionados como críticos do ponto de vista de tensões trativas. Pode-se observar que a região que apresentou escoamento é superficial, não contemplando uma região significativa da seção. Dentre essas áreas analisadas, a região interna entre a barra reta e a curva é a que podemos considerar como a mais crítica de todas por apresentar maior área, na seção, plastificada.

Elo Kenter

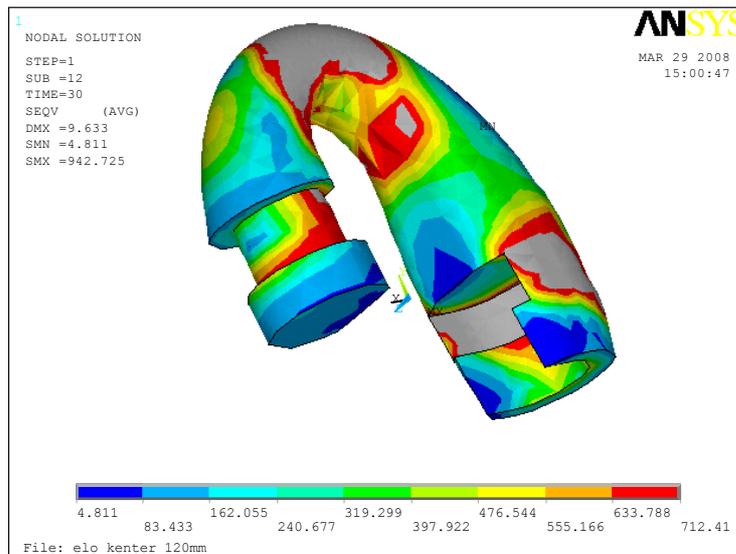


Figura 4.15 – Tensões de von Mises no elo *Kenter* de 120mm, R4+ com carregamento PL.

Diante do mesmo critério de cor cinza para regiões acima do LE, na Figura 4.15 áreas como o topo do elo, a região interna entre as barras retas e a curva, e a região de interface entre as partes do elo e o malhete são locais críticos com concentração de tensões.

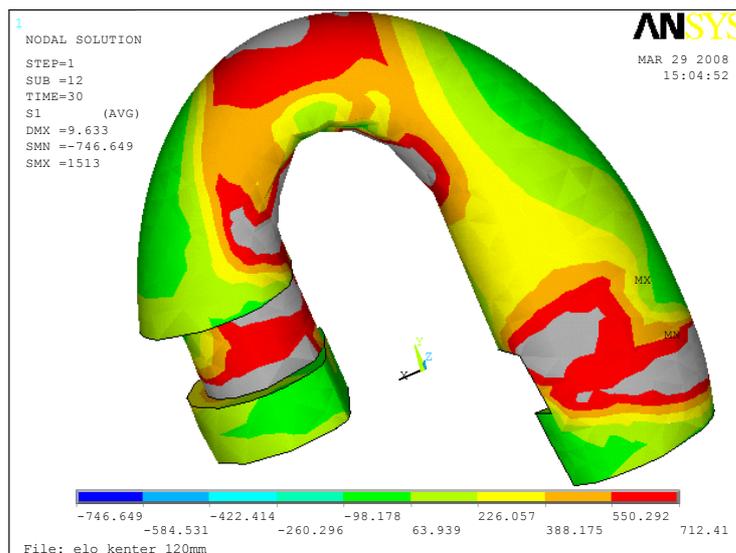


Figura 4.16 – Tensões principais no elo *Kenter* de 120mm, R4+ com carregamento PL.

Observamos com essa Figura 4.16 uma região, na cor cinza, plastificada. Ou seja, essa região experimentou valores de tensões superiores ao limite de escoamento. Áreas como o topo do elo *Kenter* (4.17 – (3)), a região interna entre a barra reta e a curva (4.17 – (2)), a região onde é instalada a outra metade do elo (4.17 – (4)), e a região onde se instala na outra metade (4.17 – (1)) são locais críticos com concentração de tensões trativas e por isso podem ser considerados como possíveis pontos para o aparecimento de trincas.

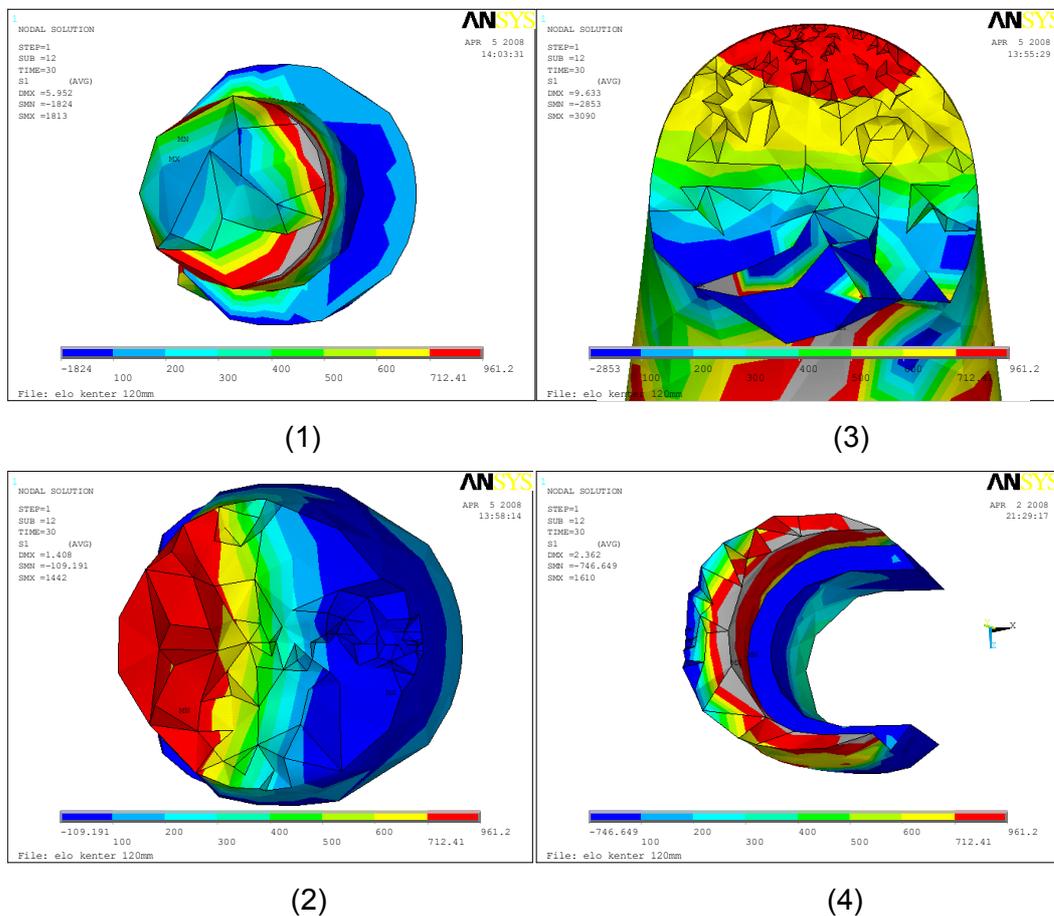


Figura 4.17 – Tensões principais trativas no elo *Kenter* de 120mm, R4+ com carregamento PL. Seções nas regiões críticas observadas.

As Figuras 4.17 – (1), (2), (3) e (4) mostram as seções dos locais mencionados como críticos do ponto de vista de tensões trativas. Em todas as imagens, a cor cinza representa a região que superou o limite de ruptura. A cor vermelha representa a região entre o escoamento e a ruptura. Pode-

se observar que a região que apresentou ruptura é superficial, não contemplando uma região significativa da seção. Porém uma área muito significativa das seções apresenta plasticidade, mesmo quando carregadas com carga PL. Dentre essas áreas analisadas, o ponto onde é instalada a outra metade do elo, pode ser considerado como a mais crítica de todas por apresentar maior área, na seção, plastificada.

Elo Multifuncional

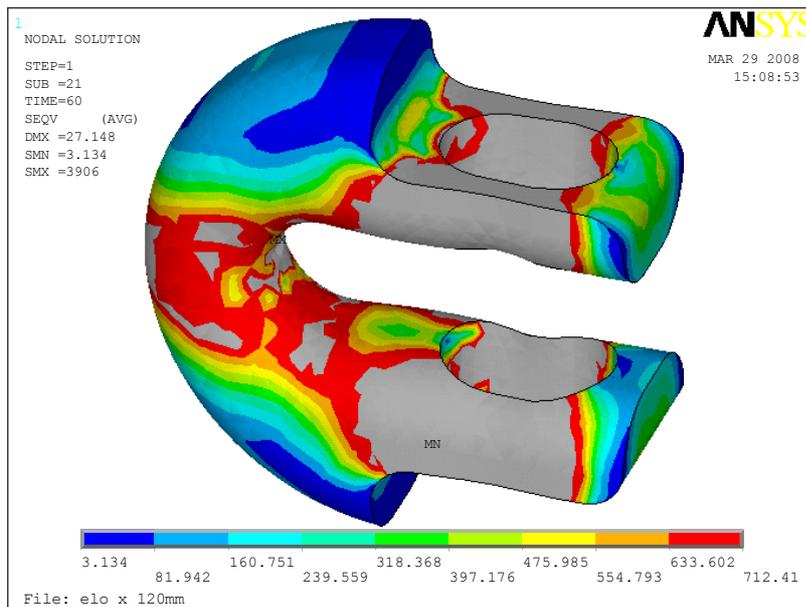


Figura 4.18 – Tensões de von Mises no elo *Multifuncional* de 120mm, R4+ com carregamento PL.

Diante do mesmo critério de cor cinza para regiões acima do LE, na Figura 4.18 áreas como o topo do elo, a região interna entre a barra reta e a curva, e a região de interface entre as partes do elo são locais críticos com concentração de tensões.

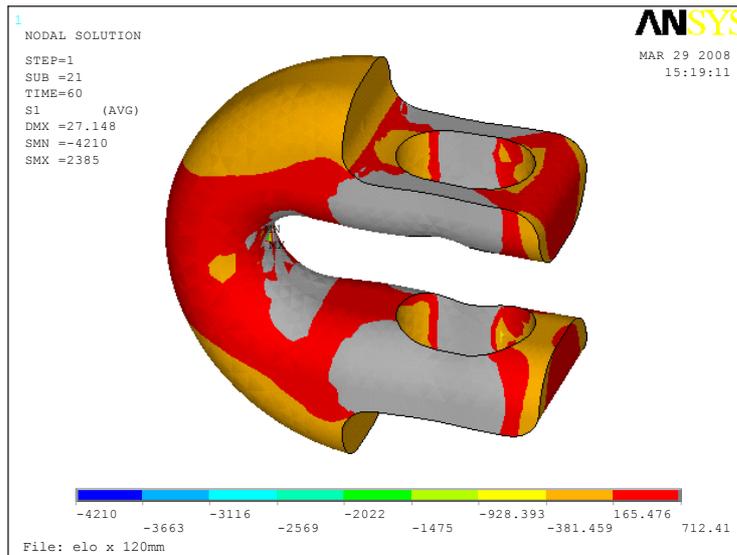


Figura 4.19 – Tensões principais no elo *Multifuncional* de 120mm, R4+ com carregamento PL.

Observamos com essa Figura 4.19 uma região, na cor cinza, plastificada. Ou seja, essa região experimentou valores de tensões superiores ao limite de escoamento. Áreas como o topo do elo *Multifuncional* (4.20 – (1)), a região interna entre a barra reta e a curva (4.20 – (2)), e a região onde é instalada a outra metade do elo (4.20 – (3)) são locais críticos com concentração de tensões trativas e por isso podem ser considerados como possíveis pontos para o aparecimento de trincas.

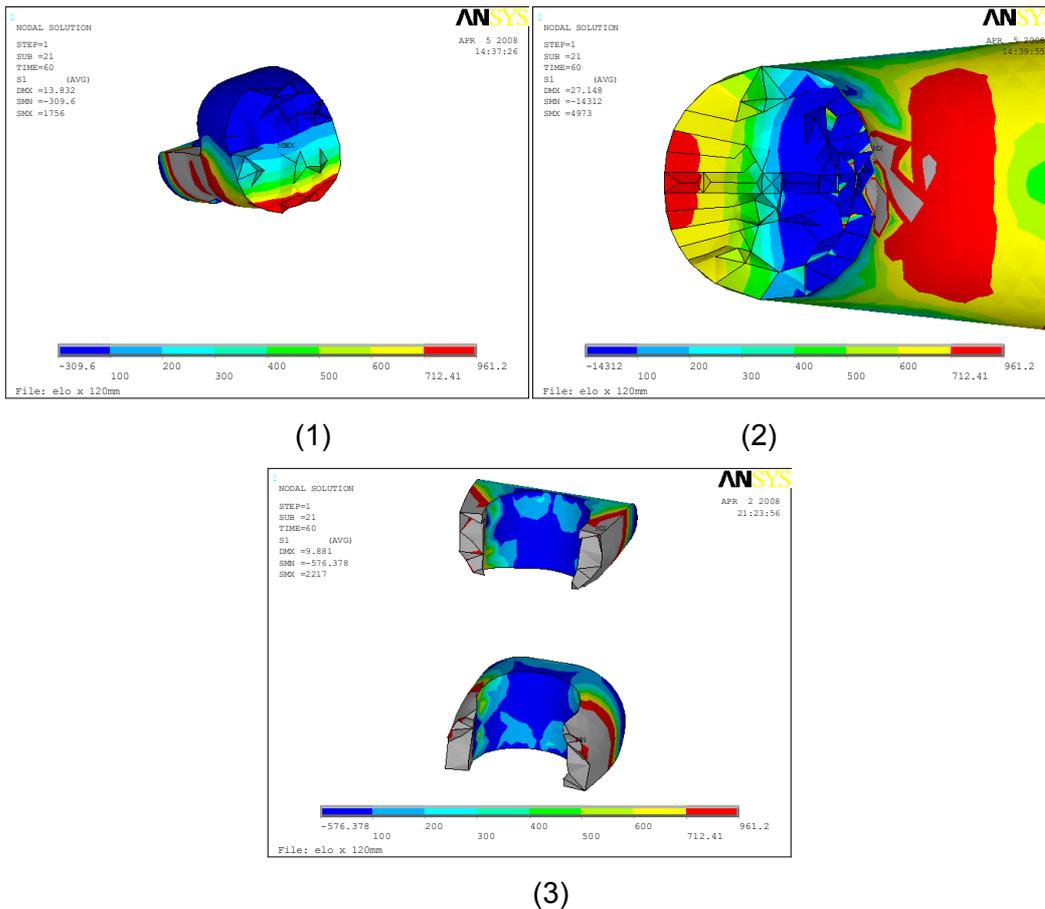


Figura 4.20 – Tensões principais trativas no elo *Multifuncional* de 120mm, R4+ com carregamento PL. Seções nas regiões críticas observadas.

As Figuras 4.20 - (1), (2) e (3) mostram as seções dos locais mencionados como críticos do ponto de vista de tensões trativas. Em todas as imagens, a cor cinza representa a região que superou o limite de ruptura. A cor vermelha representa a região entre o escoamento e a ruptura. Podemos observar que a região que apresentou ruptura para Figura 4.20 - (3) é generalizada, ou seja, toda seção esta numericamente acima do limite de ruptura. Dentre essas áreas analisadas, a seção da Figura 4.20 - (3) pode ser considerada como a mais crítica de todas por apresentar maior área, na seção, rompida.

4.7.Comparação da Vida-Fadiga entre os Acessórios de União

Para o cálculo da vida a fadiga, usando o *software* FE-Fatigue, foram selecionados os elementos com diâmetro nominal de 120mm e material R4+. O diâmetro de 120mm foi selecionado por dois motivos.

O primeiro, por que o diâmetro de 120mm é considerado mais crítico a falha por fadiga pois possui uma probabilidade maior de presença de trincas (falhas no material). Esse fenômeno não foi avaliado em nenhum momento, mas é um argumento para escolha.

O segundo, argumento de escolha é o fato de que, com aumento dos diâmetros, as tensões não diminuíram, pois as cargas se tornaram maiores. E também o ponto de aplicação da força aumentou sua distância em relação à linha de centro das seções transversais. Portanto o as tensões devido ao momento ($\sigma=M*y/I$) tiveram seu numerador (y- distância em relação à linha de centro) um percentual de aumento maior do que a do denominador (I - Inércia da seção). Essas tensões são bastante significativas para o cálculo de fadiga.

Já o material R4+ foi escolhido para ser analisado, pois apresenta na literatura resultados experimentais de curva (SxN) [22]. Esses resultados foram tratados pelo programa, conforme mencionado no capítulo 3.

Nas Figuras 4.21, 4.22 e 4.23 os resultados da vida de cada elemento em função do numero de meios ciclos. As cargas de fadiga, mencionadas no Capítulo 3 foram de máxima = PL e média =50%PL.

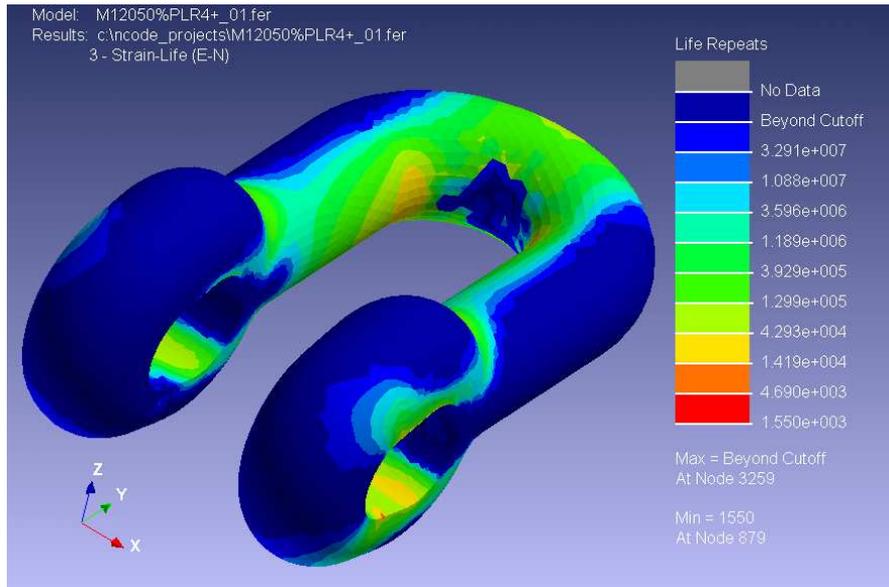


Figura 4.21 – Distribuição de vida na manilha de 120mm (R4+) com base nas tensões principais.

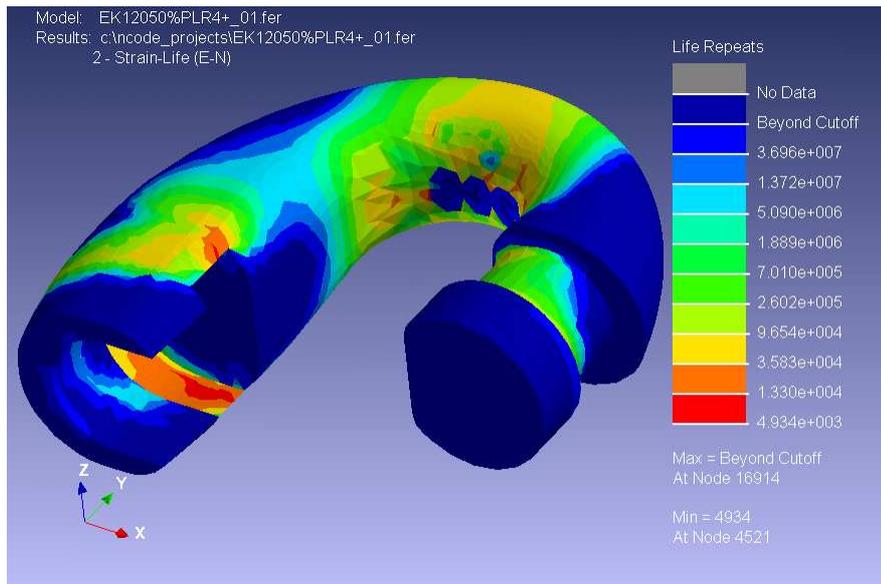


Figura 4.22 – Distribuição de vida no elo *Kenter* de 120mm (R4+) com base nas tensões principais.

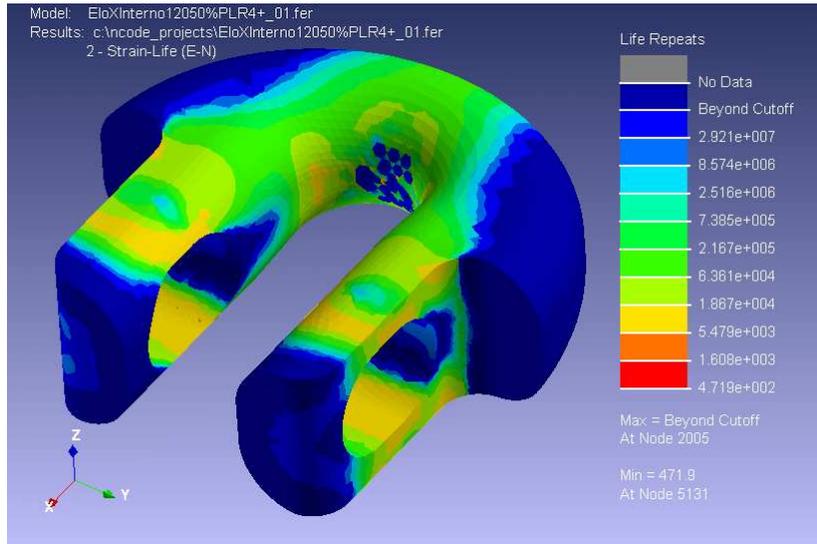


Figura 4.23 – Distribuição de vida no elo *Multifuncional* de 120mm (R4+) com base nas tensões principais.

Observa-se que a manilha possui números de ciclos de maiores valores na peça como um todo. A área crítica mencionada anteriormente (Figura 4.14 – (3)) possui uma vida de $1,419 \times 10^4$ meios ciclos, que mesmo assim não corresponde a área toda da seção.

Já o elo *Kenter* possui o número de ciclos muito menores, principalmente na área crítica mencionada anteriormente. De fato esses pontos apresentam vida em torno de $4,394 \times 10^3$ meios ciclos. Este valor é bastante pontual sendo logo nas suas vizinhanças modificado para $1,333 \times 10^4$ meios ciclos.

O elo *Multifuncional* por sua vez apresenta números pontualmente melhores do que o elo *Kenter*, cerca de $5,479 \times 10^3$ meios ciclos. Mas este valor se estende por toda área da seção crítica (Figura 4.20 - (3)), sendo logo inferior ao valor de $1,33 \times 10^4$ meios ciclos mencionado para elo *Kenter*.

4.8.Relevância dos Resultados para a Indústria *Offshore*

Os modelos utilizados bem como o uso do Ansys e do FE-Fatigue já são ferramentas utilizadas em grande escala na indústria offshore. Os

resultados observados podem e devem ser utilizados como ferramenta comparativa entre elementos, como o próprio estudo se propõem a ser.

A metodologia apresentada mostrou-se rápida e bastante eficaz para o projeto e análise comparativa de diferentes geometrias e materiais destes elementos, sob várias condições de carregamento.

Como contribuição legada à comunidade, tem-se a quantificação da vida-fadiga de componentes da indústria *offshore* gerando a possibilidade da comparação do desempenho de cada um dos componentes estudados, quando colocados sob mesmas condições de carregamento.

Recomenda-se, contudo, como continuidade e refinamento deste trabalho e aferição do modelo virtual, através da execução de uma análise experimental de tensões em protótipos instrumentados com extensômetros de resistência elétrica (*strain-gages*). Da mesma forma a calibração da curva de fadiga se faz necessária, através de ensaios de fadiga em trechos das amarras, compostas com Manilhas e Elo *Kenter*. Esta calibração do modelo Virtual terá grande contribuição para o desenvolvimento acelerado de projetos futuros de linhas de ancoragem.