

SIMULAÇÃO PARA ENSAIOS DE FRATURA EM LIGAS METÁLICAS

Fabício J N Cavalcante^[1], Pedro Paulo dos S. Lima^[2], Zoroastro T Vilar ^[3], Carlos Augusto Bezerra Junior^[4]

^[1]Universidade Federal Rural do Semi-Árido; fabriciocavalcante@ufersa.edu.br

^[2] Universidade Federal Rural do Semi-Árido; pedropaulo3181123@gmail.com

^[3] Universidade Federal Rural do Semi-Árido; ; zoroastro@ufersa.edu.br

^[4]Universidade Federal da Paraíba; bezerrajr3@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: Projetos de engenharia contam com diversos tipos de peças, encaixes e conexões, esses elementos mecânicos, que são imprescindíveis para o devido funcionamento dos componentes mecânicos, possuem pontos concentradores de tensões, que aparecem devido a furos, seções não uniformes, entalhes, rebaixas, rasos de chaveta e outras descontinuidades que podem vir dos processos de fabricação. Devido a essas descontinuidades criam-se concentradores de tensões, que são locais do corpo de um material em que a elevação de tensões permite que trincas já existente no interior do material possam aparecer e se propagar ao longo do tempo até atingir o limite de resistência do material e assim alcançar a fratura de forma instantânea, fazendo com isso que o material perca algumas de suas propriedades, fazendo com que possa falhar antes do previsto. Este trabalho analisa e verifica os concentradores de tensões em um aço 1020 sem nenhum tratamento térmico, com tratamento de normalização e ele recozido, submetidos a furos que irão atuar como tais concentradores. Após o ensaio de tração, obtiveram-se as propriedades dos corpos de prova, e visto como se deu a perda de suas propriedades, comparando os corpos de prova sem furos, e com furos. Dessa forma pode-se analisar a influência desses elementos na resistência mecânica do material.

PALAVRAS-CHAVE: Aço baixa liga; Ensaio de tração; Concentradores de tensão.

SIMULATION FOR FRACTURE TESTS IN METAL ALLOYS

ABSTRACT: Engineering projects have several types of parts, fittings and connections, these mechanical elements, which are essential for the proper functioning of the mechanical components, have stress concentrating points, which appear due to holes, non-uniform sections, notches, recesses, shallows keyway and other discontinuities that may come from manufacturing processes. Due to these discontinuities, stress concentrators are created, which are places on the body of a material in which the elevation of stresses allows cracks already existing inside the material to appear and propagate over time until reaching the limit of resistance of the material. Material and thus reach the fracture instantly, causing the material to lose some of its properties, causing it to fail earlier than expected. This work analyzes and verifies the stress concentrators in a 1020 steel without any thermal treatment, with normalization treatment and it is annealed, submitted to holes that will act as such concentrators. After the tensile test, the properties of the specimens were obtained, and the loss of their properties was seen, comparing specimens without holes, and with holes. In this way, the influence of these elements on the mechanical strength of the material can be analyzed.

KEYWORDS: Low alloy steel; Tensile test; Stress concentrators.

2. INTRODUÇÃO

Concentradores de tensões são normalmente encontrados em praticamente todos os projetos mecânicos, já que para existirem, basta apenas uma seção transversal não uniforme. Temos rasgos de chaveta, eixos com diâmetros diferentes para colocação de engrenagens, furos e rasgos, essas descontinuidades de projeto, diminuem a resistência do material, fazendo com que possam falhar de forma inesperada.

“Na prática da engenharia, a distribuição de tensão real não precisa ser determinada. Em vez disso basta saber qual é a tensão máxima nessas seções e, então, o elemento é projetado para resistir a essa tensão quando a carga axial for aplicada” [1].

Para o cálculo desses concentradores de tensão nas peças, é utilizado um fator geométrico, conhecido por fator de concentração de tensão, define K como a razão entre a tensão máxima e a tensão média que age sobre a menor seção transversal [2,3].

Este trabalho tem como principal objetivo o estudo de como os concentradores de tensão agem em uma barra chata de aço SAE 1020 com furos e sem, observando a diminuição nas suas propriedades mecânicas. Além dos furos, os corpos de prova estão nas seguintes condições, sem tratamento térmico, com tratamento de normalização e com tratamento de recozimento, todos submetidos a ensaios de tração. Por ser um material bastante utilizado na engenharia, de baixo custo e boas propriedades, o estudo é importante para se prevê falhas e estimar a sua vida útil, diminuindo custos e possíveis falhas inesperadas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

O conhecimento das falhas é uma ferramenta importante para compreender o mecanismo que falhou em um equipamento. Analisar as causas disso pode ser o diagnóstico para evitar outras falhas e defeitos mais complexos de funcionamento [4]. As modalidades de falha são: Fadiga, Fluência e Fratura [5].

A maioria das máquinas reais tem seções transversais não uniformes, qualquer uma dessas mudanças na geometria da seção transversal causará concentrações de tensão localizadas [2,3].

A existência de rasgos, entalhes, furos, entre outros elementos, altera a constância da área, modificando a distribuição de tensão, fazendo com que a tensão se concentre próximo destes elementos. Ocorre, assim, o fenômeno concentração de tensão [6].

Caso o material seja muito frágil, o limite de proporcionalidade pode ser igual à tensão de ruptura e, portanto, para esse material, a falha começará no ponto de concentração de tensão quando o limite de proporcionalidade for atingido. Logo uma trinca começará a se formar nesse ponto e uma concentração de tensão mais alta se desenvolverá na ponta dessa trinca. Provocando assim, uma fratura repentina no material [1].

O tratamento térmico é a soma de operações de aquecimento e resfriamento em que os aços são submetidos, mudando com isso suas características e propriedades mecânicas. Os tratamentos de recozimento, podem ser para alívio de tensões, para recristalização, para homogeneização entre outros, já o tratamento de normalização tem o objetivo de uniformizar e refinar a granulação dos aços e melhorar a uniformidade da microestrutura [7].

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados dos ensaios de tração dos 3 corpos de prova, foram colocados em planilhas no software Excel®, e calculado a sua média e desvio padrão para as 6 amostras de cada tipo, sendo os resultados das propriedades mecânicas mostradas a seguir por meio dos gráficos de tensão x deformação e das tabelas com as propriedades e considerando as propriedades da amostra sem furo e sem tratamento obtidas por meio de um outro trabalho acadêmico.

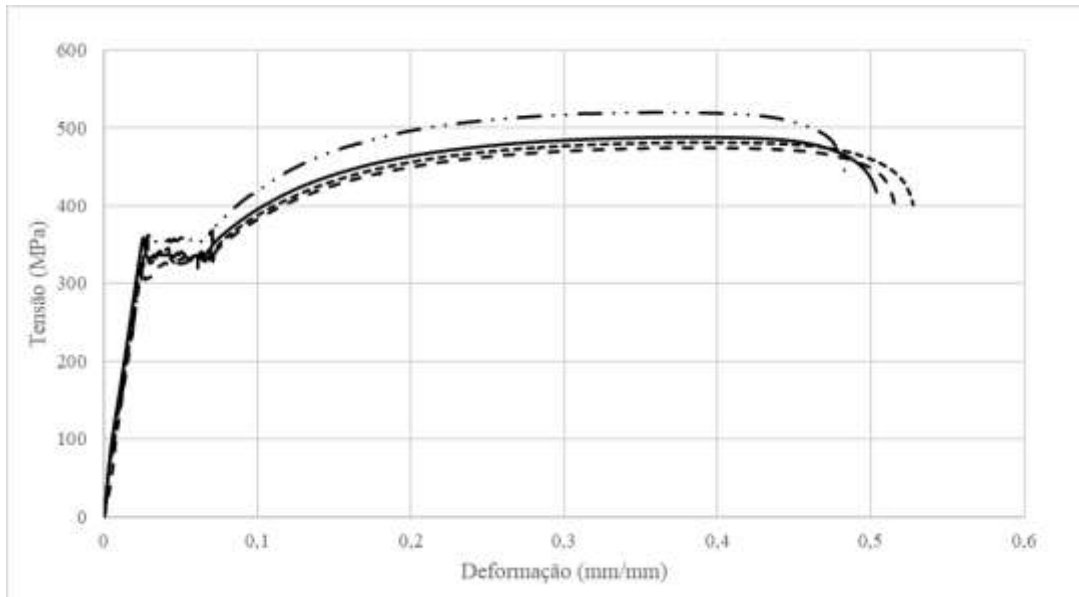


Figura 1: Curvas Tensão x Deformação SFST. [8,9].

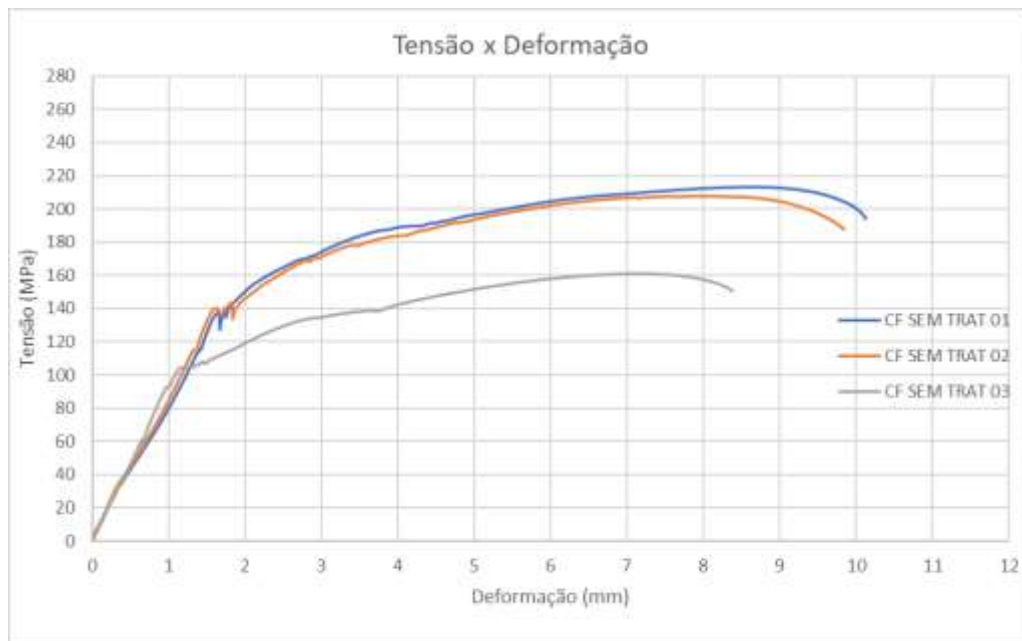


Figura 2: Curvas Tensão x Deformação CFST. [Autoria própria, 2018].

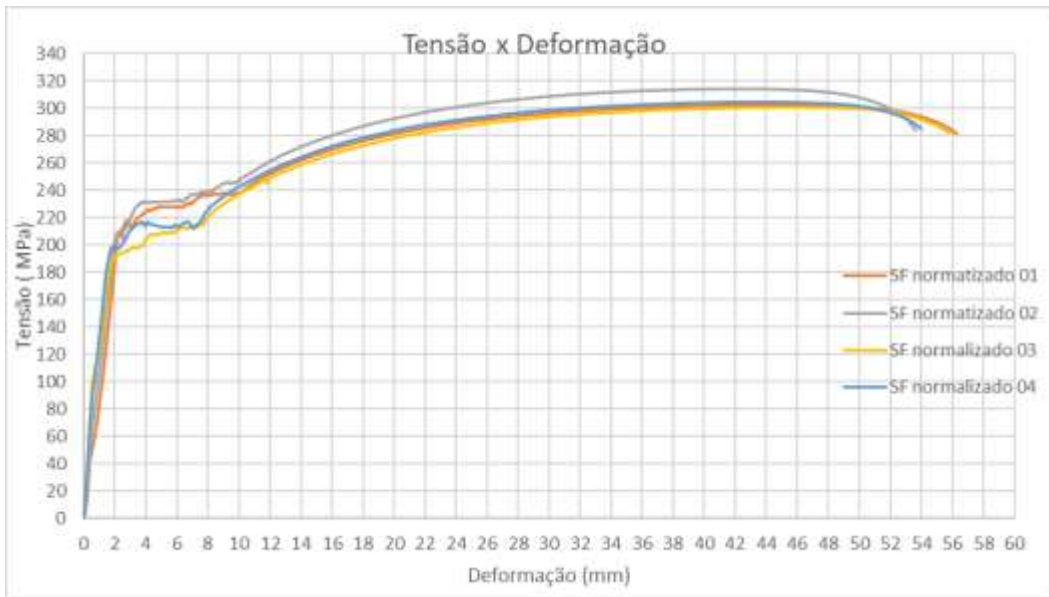


Figura 3: Curvas Tensão x Deformação SFN. [Autoria própria, 2018].



Figura 4: Curvas Tensão x Deformação CFN. [Autoria própria, 2018].

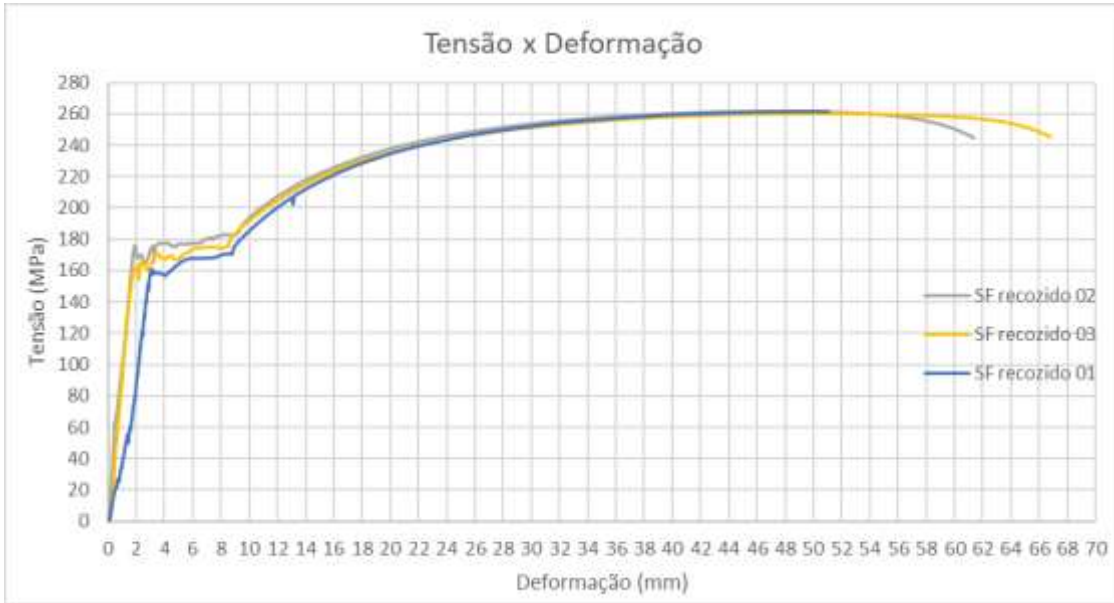


Figura 5: Curvas Tensão x Deformação SFR. [Autoria própria, 2018].

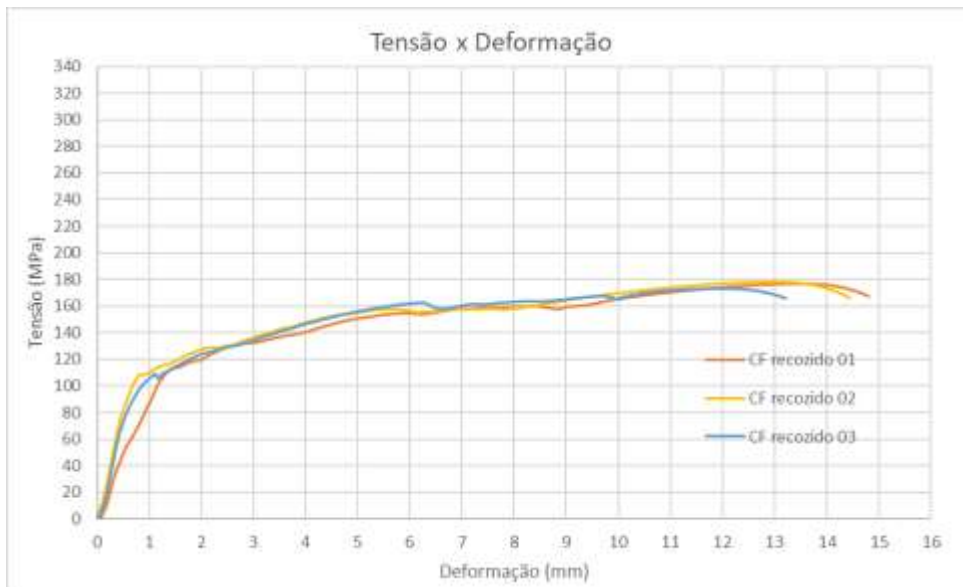


Figura 6: Curvas Tensão x Deformação CFR. [Autoria própria, 2018].

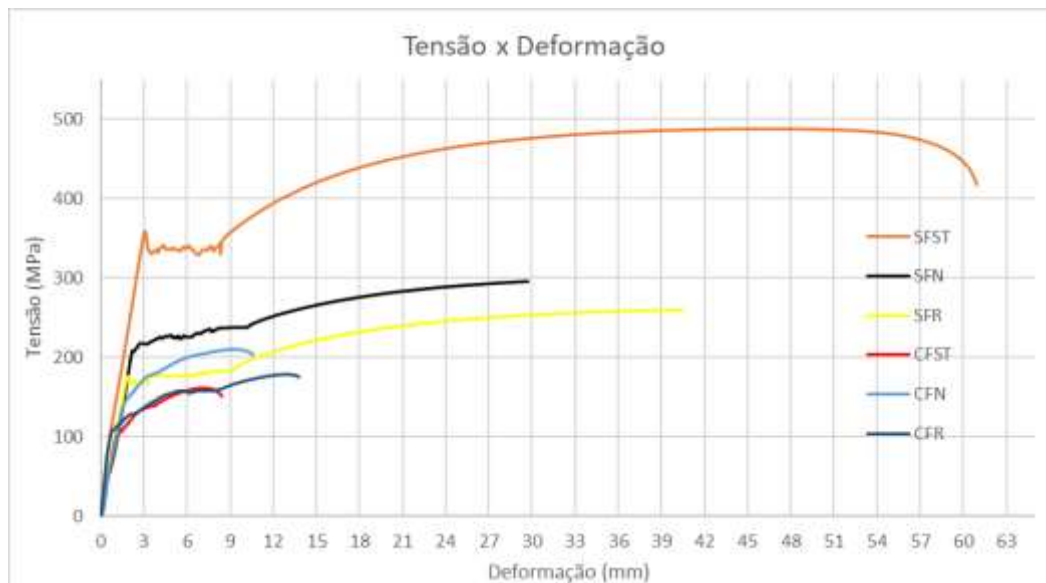


Figura 7: Gráficos médios dos corpos de provas. [Autoria própria, 2018].

Tabela 1: Propriedades CFST (Amostra com furo e sem tratamento). [Autoria própria, 2018].

COM FURO E SEM TRATAMENTO (CFST)				
CP	LE (Mpa)	LRT (Mpa)	L.Ruptura (Mpa)	Alongamento (mm)
1	160	256	232	10,14
2	165	249	225	9,84
3	124	194	180	8,41
Média	149,66	233	212,33	9,46
DesvioP	22,36	33,95	28,21	0,92

Tabela 2: Propriedades SFST (Amostra sem furo e sem tratamento). [Autoria própria, 2018].

SEM FURO E SEM TRATAMENTO (SFST)				
CP	LE (Mpa)	LRT (Mpa)	L.Ruptura (Mpa)	Alongamento (mm)
1	328,34	488,16	417,78	33,95
2	321,91	481,49	407,25	34,02
3	327,25	481,25	412,23	33,98
Média	325,8	483,63	412,42	33,98
DesvioP	3,44	3,92	5,26	0,03

Tabela 3: Propriedades CFN (Amostra com furo e normalizada). [Autoria própria, 2018].

COM FURO NORMALIZADO (CFN)				
CP	LE (Mpa)	LRT (Mpa)	L.Ruptura (Mpa)	Alongamento (mm)
1	180	253,57	224	11,1
2	169	241,30	219	10,35
3	173	251,02	220	11,33
Média	174	248,63	221	10,928
DesvioP	5,56	6,47	2,64	0,513

Tabela 4: Propriedades SFN (Amostra sem furo e normalizada). [Autoria própria, 2018].

SEM FURO NORMALIZADO (SFN)				
CP	LE (Mpa)	LRT (Mpa)	L.Ruptura (Mpa)	Alongamento (mm)
1	255	361,32	339	56,27
2	275	373,56	340	53,63
3	230	360	338	55,83
4	240	365,16	341	53
Média	250	365,01	339,5	54,68
DesvioP	19,57	6,1	1,29	1,6

Tabela 5: Propriedades CFR (Amostra com furo e recozida). [Autoria própria, 2018].

COM FURO RECOZIDO (CFR)				
CP	LE (Mpa)	LRT (Mpa)	L.Ruptura (Mpa)	Alongamento (mm)
1	135	211	200	14,81
2	128,41	214	199,49	14,42
3	130,04	207,33	198	13,22
Média	131,15	210,77	199,16	14,15
DesvioP	3,43	3,34	1,0	0,82

Tabela 6: Propriedades SFR (Amostra sem furo e recozida). [Autoria própria, 2018].

SEM FURO RECOZIDO (CFR)				
CP	LE (Mpa)	LRT (Mpa)	L.Ruptura (Mpa)	Alongamento (mm)
1	192	313	300	51,19
2	201	313,23	293	61,41
3	208	311,8	294	66,83

Média	200,33	312,67	295,6	59,81
DesvioP	8,02	0,76	3,78	7,9

As comparações médias das propriedades dos corpos de provas que foram submetidos a ensaios de tração, estão nas tabelas 7, 8 e 9.

Tabela 7: Comparação das propriedades médias SFST x CFST. [Autoria própria, 2018].

COMPARAÇÃO SFST X CFST				
Propriedade	LE (Mpa)	LRT (Mpa)	L.Ruptura (Mpa)	Alongamento (%)
Média do CFST	149,6667	233	212,3	4,731667
Média SFST	325,8333	483,63	412,42	16,99167
Redução em %	54,0665	51,82267436	48,52335	72,15302
Fator de concentração de tensão kt	2,17			

Tabela 8: Comparação das propriedades médias SFN x CFN. [Autoria própria, 2018].

COMPARAÇÃO SFN X CFN				
Propriedade	LE (Mpa)	LRT (Mpa)	L.Ruptura (Mpa)	Alongamento (%)
Média do CFN	174	248,63	221	5,46
Média SFN	250	365,01	339,5	27,34
Redução em %	30,4	31,88	34,90	80,01
Fator de concentração de tensão kt	1,436			

Tabela 9: Comparação das propriedades médias SFR x CFR. [Autoria própria, 2018].

COMPARAÇÃO SFR X CFR				
Propriedade	LE (Mpa)	LRT (Mpa)	L.Ruptura (Mpa)	Alongamento (%)
Média do CFR	131,15	210,77	199,16	7,07
Média SFR	200,33	312,67	295,66	29,90
Redução em %	34,53	32,58	32,63	76,34
Fator de concentração de tensão kt	1,527			

5. CONCLUSÕES E RESULTADOS

Com base nos dados obtidos a partir dos testes de tração, verifica-se uma redução bastante acentuada nas propriedades dos materiais devido aos furos, em consequência dos concentradores de tensões existentes. Em comparação do SFST e CFST se observou que houve uma brusca redução nas propriedades do material devido a esses concentradores existentes, na comparação das propriedades médias, temos uma perda de 54% no limite de escoamento do material, 51% em limite de resistência a tração, 48% no limite de ruptura e 72% no alongamento percentual, visto os dados nota-se uma maior perda no alongamento que o material pode aguentar sem fratura, assim, nota-se que nem todas as propriedades se comportam de maneira linear, fazendo com que o furo cause um comportamento diferente no material, o fazendo ter uma menor deformação plástica, e aumentando sua fragilidade.

Os corpos de prova SFN e CFN tiveram um comportamento bastante semelhante aos corpos de prova sem tratamento. A redução do limite de escoamento, limite de resistência a tração e limite de ruptura foram respectivamente 30,4, 31,88 e 34,9%, assim, valores bastantes próximos, porém o alongamento variou bastante, cerca de 80% de perda. Ainda em relação ao alongamento, verificou-se que o alongamento dos cps com furo foram bastante parecidos, mudando mais ou menos 1mm apenas, porém com os cps com furo obtiveram resultados bastantes diferentes, enquanto os normalizados tiveram um alongamento na média de 54mm, o sem tratamento ficou com média de 33,9mm. Devido a normalização, temos uma estrutura com maior refino de grão e mais homogeneizada, também uma melhoria na usinabilidade, o que quer dizer que a estrutura terá maior deformação plástica, sendo assim, sua ductilidade e consequentemente seu alongamento será bem maior, como condiz nos resultados obtidos.

Os resultados encontrados nos corpos de prova recozidos SFR e CFR foram próximos com os normalizados, encontrou-se uma redução no limite de escoamento, limite de resistência a tração e limite de ruptura respectivamente, 34,5, 32,58 e 32,63% de perda, e no alongamento 76%. No recozimento visa-se reduzir a dureza do aço, aumentando sua usinabilidade e obtendo uma estrutura próxima do equilíbrio. As propriedades LE, LRT e L.Ruptura obtidas no recozimento são menores que a do material normalizado, porém, seu alongamento foi maior nos dois casos, tanto no material com furos e sem o furos. Como esperado do recozimento, que dá ao material maior ductilidade.

Os valores dos concentradores de tensões foram bem próximos, especialmente o de recozimento e o de normalização, sendo que na normalização o kt foi o mais baixo, ou seja, com os furos, seu impacto na propriedade de limite de escoamento foi a mais baixa, fazendo com que o material mesmo com os furos, tenha uma perda bem menor nas propriedades. Porém, sua redução no alongamento foi a maior deles, assim, o material furado perde bastante sua capacidade de se alongar com deformações plásticas, isso se dá, pelo seu aumento de dureza devido ao tratamento.

6. AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A Deus por minha vida, família e amigos.

Ao professor Fabrício pela orientação e paciência para a realização desse trabalho.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] HIBBELER, R.C., Resistência dos materiais: [tradução técnica], 7 ed, São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2010.
- [2] NORTON, R.L., *Projeto de máquinas: uma abordagem integrada [tradução técnica]*, 4ed., Porto Alegre, Bookman, 2013.
- [3] SHIGLEY, J. E. **Projeto de Engenharia Mecânica**. 7ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 960p.
- [4] ZOLIN, Ivan. Ensaio Mecânicos e Análises de Falhas. 2011. Disponível em: <http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_ctrl_proc_indust/tec_autom_ind/ensaio_mec/161012_ens_mec_an_fal.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2018.
- [5] CALLISTER, W.D., *Ciência e engenharia dos materiais: uma introdução [tradução técnica]*, 7ed, São Paulo, Pearson Prantice Hall, 2008.
- [6] FRANQUETTO, P.R., *Otimização paramétrica de concentradores de tensões clássicos*, Monografia Garduação, UTFPR, Curitiba, PR, Brasil, 2007.
- [7] CHIAVERINI, V., *Tratamento térmico das ligas metálicas*, 2ed, São Paulo, ABM, 2008.
- [8] GGD Metals. **SAE 1020**. Disponível em: < <http://www.ggdmetals.com.br/produto/sae-1020/>>. Acesso em: 24 de abril. 2018.
- [9] ROSA, Edson da. **Análise De Resistência Mecânica**. Santa Catarina, 2002. 407 p.