



## **ANÁLISE ESTATÍSTICA SOBRE A RELAÇÃO ENTRE A TENSÃO DE TRAÇÃO SUPOSTADA E O TIPO DE EMENDA SOLDADA**

### **STATISTICAL ANALYSIS ON THE RELATIONSHIP BETWEEN SUPPORTED TENSION VOLTAGE AND SOLDERED TYPE OF AMENDMENT**

Matheus Corrêa Leite<sup>1</sup>

Matheus Rodrigues dos Santos<sup>2</sup>

Yuichi Aida<sup>3</sup>

Sueli Souza Leite<sup>4</sup>

**RESUMO:** O objetivo deste artigo é analisar o comportamento da tensão de tração suportada em diferentes emendas de aço soldadas. Para isto, foi utilizado o ensaio de tração de vários corpos de prova com emenda reta, chanfrada, sobreposta com duas e três chapas do aço SAE 1008 afim de encontrar a tensão exercida sobre os mesmos até sua fratura. Feito a coleta de dados, foi realizado uma análise descritiva no software R<sup>®</sup>. Conclui-se que realmente há uma influência do tipo de emenda soldada em relação a tensão de tração suportada, onde a chapa com solda reta se sobressaiu em relação aos demais corpos de prova analisados.

**Palavras-Chave:** Tração; soldagem; emenda; análise descritiva.

**ABSTRACT:** The purpose of this article is to analyze the behavior of the tensile stress supported on different amendments steel seams. For this purpose, the tensile test of several straight-edged bevelled test pieces, superimposed with two and three plates of the SAE 1008 steel, was used in order to find the tension exerted on them until its fracture. Once the data is collected, a descriptive analysis is carried out in R<sup>®</sup> software. It is concluded that

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, Unitoledo

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, Unitoledo

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, Unitoledo

<sup>4</sup> Mestre em Engenharia Mecânica, Unesp

there is indeed an influence of the type of welded seam in relation to the supported tensile stress, where the plate with straight soldering stood out in relation to the other proof bodies analyzed.

**Keywords:** Traction; welding; amendment; descriptive analysis.

## 1. INTRODUÇÃO

O aço é um material importante para o funcionamento da economia, pois por meio dele têm-se o encadeamento de diversas cadeias produtivas, visto que é aplicado no setor automobilístico, industrial e civil. Dentre os diferentes tipos de aço, há o aço SAE 1008, o qual é aplicado em peças extrudadas e ou conformadas a frio, produtos destinadas para diversas aplicações como construção civil, móveis em aço, embalagens metálicas, peças automotivas, tubos de pequeno diâmetro, eletrocalhas e perfis metálicos.

O processo de soldagem é fundamental na fabricação de peças nas diversas áreas de construção e fabricação de peças das máquinas pesadas até de uma nave espacial, é importante selecionar a solda correta para cada trabalho de modo a não comprometer a qualidade do produto, embora as técnicas sejam fáceis, os operadores precisam aplicar processos corretos para um acabamento de qualidade.

Um método usual para analisar as propriedades do material, como resistência mecânica é o ensaio de tração, no qual um corpo de prova é tracionado por uma carga axial gradativamente crescente, até a sua fratura sendo possível relacionar tal propriedade com o processo de soldagem utilizado (HIBBELER, 2004).

A coleta, o processamento, a interpretação e apresentação de dados numéricos cabem todos ao ramo da estatística.

A estatística é definida como um conjunto de métodos e técnicas que envolve todas as etapas de uma pesquisa. Segundo (RAO, 1997) um dos mais importantes estatísticos do século, a estatística pode ser definida por uma equação: conhecimento incerto + conhecimento sobre a incerteza = conhecimento útil. O objetivo da estatística consiste na análise dos dados disponíveis e que estão submetidos a um certo grau de incerteza no planejamento e obtenção de resultados.

No mundo existem diversos problemas a serem resolvidos e, para resolve-los são necessárias informações. A estatística trabalha com essas informações, combinando os

dados ao problema, descobrindo como e o que coletar, habilitando o profissional a obter conclusões a partir dessas informações, de modo que possam ser compreendidas por outras pessoas. Portanto, os métodos estatísticos auxiliam o cientista social, o economista, engenheiro, agrônomo e muitos outros profissionais a exercerem seu trabalho com mais eficiência. (CORREA, 2003)

## **2. OBJETIVO**

- Relacionar a resistência mecânica de tração com os diferentes métodos de solda utilizados.

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

- Aço SAE 1008;
- Eletrodo 6013;
- 1 chapa chanfrada (T1);
- 1 chapa reta (T2);
- 2 chapas sobreposta (T3);
- 3 chapas sobreposta (T4);
- 1 chapa sem solda (T5);
- Realizar o ensaio de tração em todos os corpos soldados;
- Analisar estatisticamente os diferentes processos de solda;

### **3.1 SOLDAGEM**

É realizado a solda entre as chapas de aço com diferentes tipos de emendas por meio de uma solda elétrica e utilizando o eletrodo 6013 como mostrado na figura 1, então possibilitando o ensaio de tração mecânica.

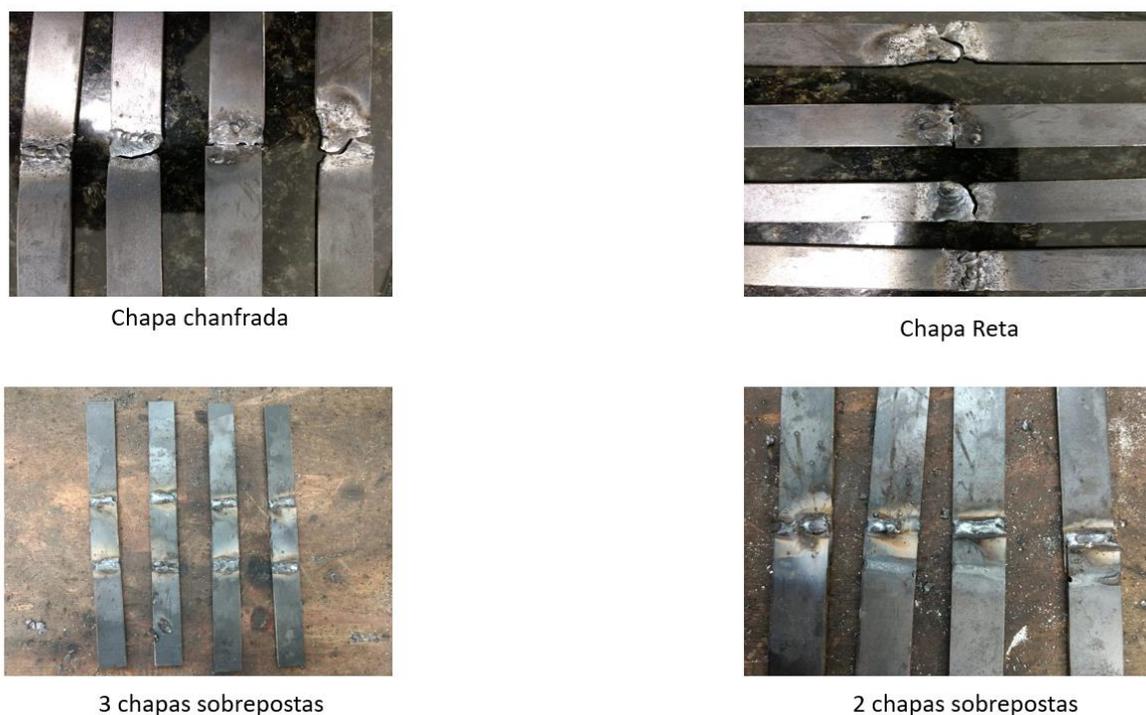


Figura 1 - Soldagem com diferentes tipos de emendas  
Fonte: Próprio autor

### 3.2 ENSAIO DE TRAÇÃO

Antes da realização do ensaio, acoplou a amostra nas garras da máquina eletromecânica universal de testes EMIC, com capacidade de 200 kN de força, como mostra a Figura 3. Em seguida o teste é realizado até a chapa ser rompida, como apresentado nas figuras 4 e 5.



Figura 2 - Máquina de tração e corpo de prova do aço SAE 1008.

Fonte: Próprio autor



Figura 3 -Chapa reta após sofrer o ensaio de tração

Fonte: Próprio autor



Figura 4 - Chapa chanfrada após sofrer o ensaio de tração

Fonte: Próprio autor

Após a obtenção dos dados necessários pelo teste de tração, seguiu para análise estatística no Software R.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o teste de tração, coletou-se a força que cada corpo de prova suportou, descritos na tabela abaixo.

Tabela 1 - Tração obtida em cada corpo de prova por meio do ensaio de tração.

<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
240,08	449,4	193,8	220,5	1190,43
373,8	465	222,3	235,1	1180,76
421,2	173,12	231,4	238,6	1176,43
428,6	397,6	205,7	235,6	1190,67

Fonte: Próprio autor

Onde:

- T1 - 1 chapa chanfrada;
- T2 - 1 chapa reta;
- T3 - 2 chapas sobreposta;
- T4 - 3 chapas sobreposta;
- T5 - 1 chapa sem solda.

Logo em seguida foi realizado o teste de normalidade (Shapiro Wilk) para verificar se a distribuição de probabilidade associada a um conjunto de dados pode ser aproximada pela distribuição normal, onde o p-valor dos dados devem ser maiores que 0,05 para serem normais e seguros para serem analisados.

Tabela 2 – p-valor obtido para a tração

<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
0,1566	0,09878	0,8185	0,09144	0,234

Fonte: Próprio autor

Como mostrado na Tabela 2, p-valor > 0,05 mostrando normalidade, uma análise descritiva é feita para fornecer resumos simples sobre a amostra como a média, mediana, tensão e força máxima e mínima, etc.

Tabela 3: resumo dos dados obtidos pela análise descritiva das tensões

<i>Condições</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>	<i>Desvio padrão</i>
T1	4	1463,68	365,92	7627,487	87,33548
T2	4	1485,12	371,28	18282,1	135,2113
T3	4	853,2	213,3	282,2067	16,79901
T4	4	929,8	232,45	65,85667	8,115212
T5	4	4738,29	1184,573	50,77509	7,125664

Fonte : Próprio autor

Pela tabela 3, observa-se que o item com maior média foi o T5, que pode ser explicado devido ser uma chapa sem solda e totalmente continua, gerando maior estabilidade aos dados que foram obtidos, já T3 e T4 possuem uma média próxima e com valores abaixo das demais amostras; os valores da variância e desvio padrão sofreram grande variação quando comparadas uma a outra. Entre T1 e T2 observa-se que T2 teve uma média um pouco maior que T1, porém houve uma elevada diferença na variância e no desvio padrão.

Em seguida fez a Análise de Variância – ANOVA, para testar se realmente as condições de diferentes emendas da chapa, influenciam no desempenho da tensão de tração, onde o teste consiste em que consiste em verificar se há diferença entre distribuição de uma medida entre grupos de dados, caso apresentem mesma variabilidade e mesma média, é confirmado que não há diferença quanto o tipo de emenda utilizada na solda, caso contrário haverá sim influência quanto ao tipo de emenda utilizada.

Tabela 4: Análise da variância - ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	2613823	4	653455,6	124,1913	2,63E-11	3,055568
Dentro dos grupos	78925,28	15	5261,685			
Total	2692748	19				

Fonte: Próprio autor

Para que seja comprovado que a solda influenciará no desempenho da tensão de tração, é necessário  $p\text{-valor} < 0,05$  e  $F < F$  crítico, valores os quais são confirmados na Tabela 4.

Foi realizado também o boxplot para melhor visualização e interpretação dos dados.

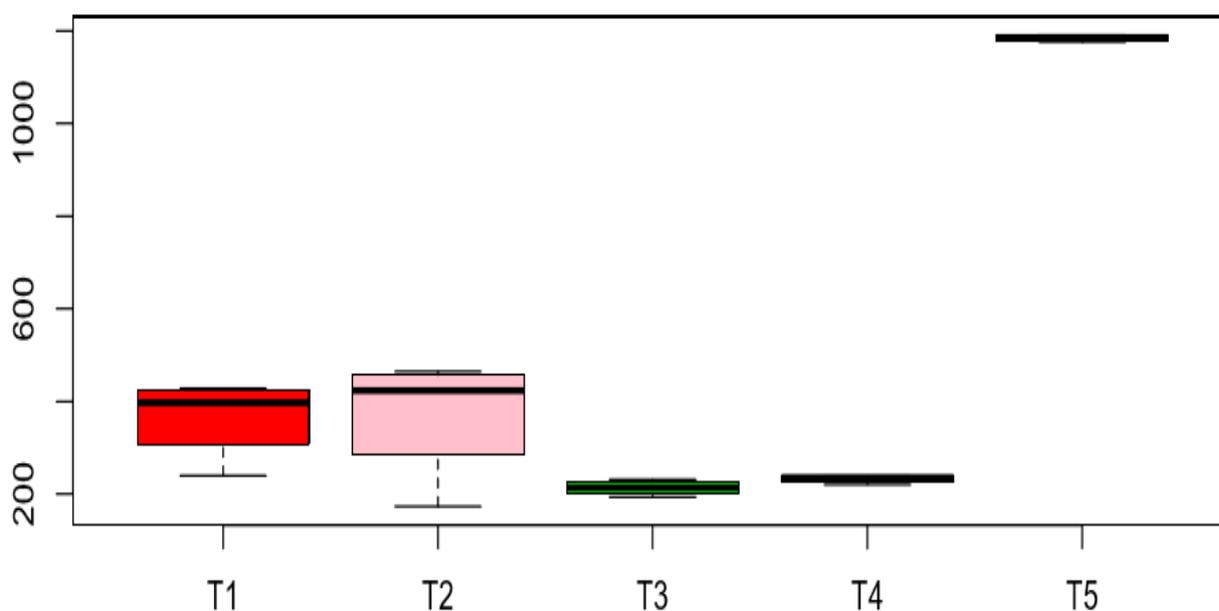


Figura 5: Boxplot das tensões envolvidas

Fonte: Próprio autor

Ao analisar o gráfico, o corpo de prova T5 foi a que resistiu à maior tensão aplicada, porém este valor é para comparar com as demais emendas. Percebe-se que o corpo de prova que resistiu à maiores tensões (em relação às chapas soldadas) foi o T2 que apresentou a média de maior valor, porém apresentou maior variação dos dados em relação as demais medidas. É possível observar também que as medidas T3 e T4 não se diferem muito uma da outra e apresentam baixa variação da tensão suportada.

As tensões de T3 e T4 serem menores em relação à T2 e T1, pode ser explicada devido T3, por ter uma solda sobreposta entre 2 chapas, logo sofrerá força de tração e cisalhamento, resultando em uma menor resistência por parte do corpo de prova. Já T4 possui uma solda entre 3 chapas, sofrendo força de tração e cisalhamento duplo, resultando em uma menor resistência e explicando o porque dos valores serem tão próximos.

Já a tensão de T1 ter sido menor que a de T2, pode ser explicado devido T1 possuir um chanfro, portanto tendo uma menor área de contato, sendo a tensão inversamente proporcional a área, logo implicará na resistência do corpo de prova.

Para confirmar estatisticamente se há diferença no tipo de emenda usada na solda, se realiza o teste de Tukey que faz análise da variância e comparação múltipla entre médias de experimentos.

Tabela 5: Teste de Tukey

	<b>Diff</b>	<b>lwr</b>	<b>upr</b>	<b>p adj</b>
<b>T1-T2</b>	5,36	-153,025	163,74019	0,999696
<b>T3-T1</b>	-152,62	-311,005	5,75019	0,0615161
<b>T4-T1</b>	-133,47	-291,855	24,915019	0,1199679
<b>T5-T1</b>	818,6525	660,2675	977,03752	0
<b>T3-T2</b>	-157,98	-316,365	0,405019	0,050704
<b>T4-T2</b>	-138,83	-297,215	19,555019	0,099635
<b>T5-T2</b>	813,2925	654,9075	971,67752	0
<b>T4-T3</b>	19,15	-139,235	177,53502	0,9954011
<b>T5-T3</b>	971,2725	812,8875	1129,6575	0
<b>T5-T4</b>	952,1225	793,7375	1110,5075	0

Fonte: Próprio autor

O teste de Tukey mostra o quanto influencia a escolha do tipo de emenda a ser soldada na resistência que o corpo de prova irá suportar, essa relação é confirmada quando o valor p adj fica mais próximo de um ou de zero. Quando o p adj é igual a zero (caso entre T5-T1; T5-T2; T4-T3; T5-T4) revela que pouco importa qual tipo de emenda será escolhida, quando comparado dois a dois, pois um não tem influência sobre o outro, tanto é que os dados comparados, são sempre os das chapas soldadas em relação à chapa sem solda alguma.

Nos demais dados, pode-se observar que entre T1-T2 gera uma grande diferença, provado por p adj se aproximar de um, fato que pode ser provado ao visualizar o boxplot na figura 7, onde a média da resistência de T2 é maior que T1, este mesmo fato ocorre entre T4-T3 e T4-T1, mostrando que os corpos de prova com duas chapas sobrepostas e de três chapas sobrepostas tem uma relação alta. Os corpos de prova com três chapas sobrepostas e chapa chanfrada, tem um valor p adj próximo de 0,01, mostrando que há sim influência quanto à escolha na emenda, porém é uma relação baixa entre elas.

Quando comparados T3 e T4 à T2, nota-se que há influência na escolha da emenda, porém baixa, com p adj próximo a 0,01, assim como no caso de T3 em relação à T4.

## 5. CONCLUSÕES

Por meio das análises feitas, é possível afirmar que a escolha do tipo de emenda a ser utilizado na solda influencia na sua resistência à tração, mostrando com que o tipo de emenda mais eficiente seria a chapa com solda reta, e que a solda entre duas ou três chapas sobrepostas e chapas chanfradas seriam menos eficiente quando comparadas à com chapa reta, percebe-se então que nem sempre a adição de material é a melhor opção e uma análise mais profunda pode promover a economia de gastos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORREA, SONIA MARIA BARROS BARBOSA. **Probabilidade e Estatística**. – 2ed.- Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, 2003.

G. L. de Azevedo, J. P. Farias, **Aplicação da Técnica da Dupla Camada na Soldagem do Aço ABNT 1045**, 108 (2002);

HIBBELER, R.C., **Resistência dos materiais**, 5ª edição, 2004;

RAO, C. R. **Statistics and truth: putting chance to work**. 2ed. Singapura: World Scientific, 1997.