

## ANÁLISE DE SIMILARES: ESTUDO DE PARAFUSOS M10 CLASSE 8.8\*

Vagner Machado Costa<sup>1</sup>  
Marcelo Moussalle Macedo<sup>2</sup>  
Vanessa Fischer da Silveira Fischer<sup>3</sup>  
Anderson Kramer Pelufa<sup>4</sup>  
Afonso Reguly<sup>5</sup>

### Resumo

O presente trabalho tem por objetivo analisar parafusos Classe 8.8 produzidos por 4 fabricantes nacionais. Para tanto, realizou-se caracterização mecânico-metalúrgica, baseando se nas normas ABNT NBR ISO 724: 2004 [3] e DIN EN ISO 898-1: 1999 [2]. O estudo de caracterização mecânica consistiu na realização de perfis de microdureza, ensaio de tração, MEV da superfície fraturada e medição dos perfis dos parafusos. A caracterização metalúrgica seguiu através de análise química e caracterização metalográfica (macrografias e micrografias). Esta caracterização é de fundamental importância para verificar as variabilidades devido aos diferentes fabricantes as quais este componente está sujeito e compreender como elas podem vir a influenciar no desempenho deste produto.

**Palavras-chave:** Análise de similares; Caracterização; Parafusos M10.

### SIMILAR EVALUATIONS: STUDY OF SCREWS 10 CLASS 8.8.

#### Abstract

This work aims to analyze screws Class 8.8 produced by four Brazilians manufacturers. Therefore, we carried out mechanical and metallurgical characterization, based in ABNT NBR ISO 724: 2004 [3] and DIN EN ISO 898-1: 1999 [2]. The study of mechanical characterization was based on the realization of hardness profiles, tensile testing, SEM (Scanning Electron Microscopy) of the fractured surface and measuring the profiles of the screws. The metallurgical characterization followed by chemical analysis and metallographic characterization (macrographs and micrographs). This characterization is crucial to check the variability due to different manufacturers and understand how they are likely to influence the performance of this product.

**Keywords:** Similar evaluations; Characterization; Screws M10.

<sup>1</sup> Engenheiro Metalúrgico, Msc. Doutorado, PPGE3M, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>2</sup> Engenheiro Metalúrgico, Mestrando, PPGE3M, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>3</sup> Engenheira Metalúrgica, Mestranda, PPGE3M, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>4</sup> Graduando em Engenharia Metalúrgica, Bolsista, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>5</sup> Engenheiro Metalúrgico, Doutor, Professor, PPGE3M, UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

Os parafusos são elementos de vital importância na união e fixação das mais diversas peças e componentes. Estes elementos de fixação estão presentes em praticamente todos os equipamentos e estruturas construídos pelo homem, encontrando-se principalmente nos conjuntos mecânicos ou equipamentos que envolvam o encaixe de várias peças. Como item de construção ou acessório de máquinas, o parafuso pode assumir funções de componente de ligação, mecanismo de transmissão e multiplicador de esforços ou como transformador de movimento, possuindo grande importância no desempenho global de estrutura.

Devido a sua importância, é fundamental que ele atenda os requisitos básicos de fabricação. A especificação completa de um parafuso engloba itens como: material, tratamento térmico, dimensionamento, tolerâncias, afastamentos e acabamento, garantindo assim, um conjunto de propriedades mecânicas que lhe asseguram um bom desempenho em trabalho.

O objetivo desse trabalho foi analisar parafusos de mesma classe e perfil de rosca de fornecedores diferentes comparando-os através de caracterização mecânico-metalúrgica (com auxílio das normas: ABNT NBR ISO 724: 2004 e DIN EN ISO 898-1: 1999) para verificar as variabilidades devido aos diferentes fabricantes as quais este componente está sujeito e compreender como elas podem vir a influenciar no desempenho deste produto [1-3].

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram selecionados quatro tipos de parafusos de mesma classe (Classe 8.8) de quatro fornecedores diferentes (nomeados como amostras de 1 a 4), conforme mostra a Figura 1.

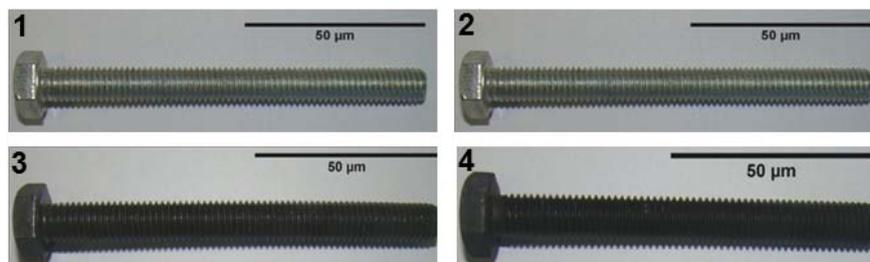


Figura 1. Parafusos como recebido.

As amostras foram primeiramente submetidas a análises químicas, a fim de se obter a composição (em % de massa) dos elementos presentes. Para a realização deste ensaio foi utilizado um espectro de emissão óptica da Spectro, modelo Spectrolab, que se baseia no método de análise da centelha.

Para análise microestrutural as amostras foram preparadas, seguindo o procedimento padrão de metalografia, através de corte, lixamento e polimento. Posteriormente, as amostras foram atacadas quimicamente com reagente Nital 2% para revelação da microestrutura.

As micrografias foram, então, obtidas através de uma câmera digital acoplada a um microscópio óptico Olympus modelo BX 51M, sendo analisada a seção longitudinal, na região do filete e no núcleo, de cada amostra.

Após, foi realizado o dimensionamento das amostras. As medidas foram obtidas tomando como base a norma DIN933-87 e os valores foram obtidos utilizando um perfilômetro da marca Insize.

O ensaio de dureza foi realizado utilizando um microdurometro automático da marca Instron, na escala Vickers, com carga de 0,3Kgf. Foram realizados perfis de microdureza, na seção longitudinal das amostras, partindo da ponta do filete até o núcleo.

Por fim, as amostras foram submetidas a ensaio de tração, com o objetivo de determinar a tensão de escoamento e a tensão máxima dos parafusos, seguindo a norma ISO 6892. Os ensaios foram realizados em uma máquina Instron 5585H, sendo aplicada uma taxa de carregamento de 0,45mm/mim. Os testes foram realizados a temperatura ambiente (25°C). As superfícies de fratura foram, então, levadas a um microscópio eletrônico de varredura (MEV) da marca Shimadzu, para observação dos prováveis micromecanismos de falha [4,5].

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Análise Química

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos para cada uma das amostras analisadas. Observou-se uma variação significativa na quantidade de Carbono (C). A amostra 2, que apresentou o menor teor deste elemento também apresentou menor resistência mecânica, uma vez que o Carbono é o principal elemento responsável pelo aumento de dureza. A amostra 1 apresentou um teor elevado de Manganês (Mn).

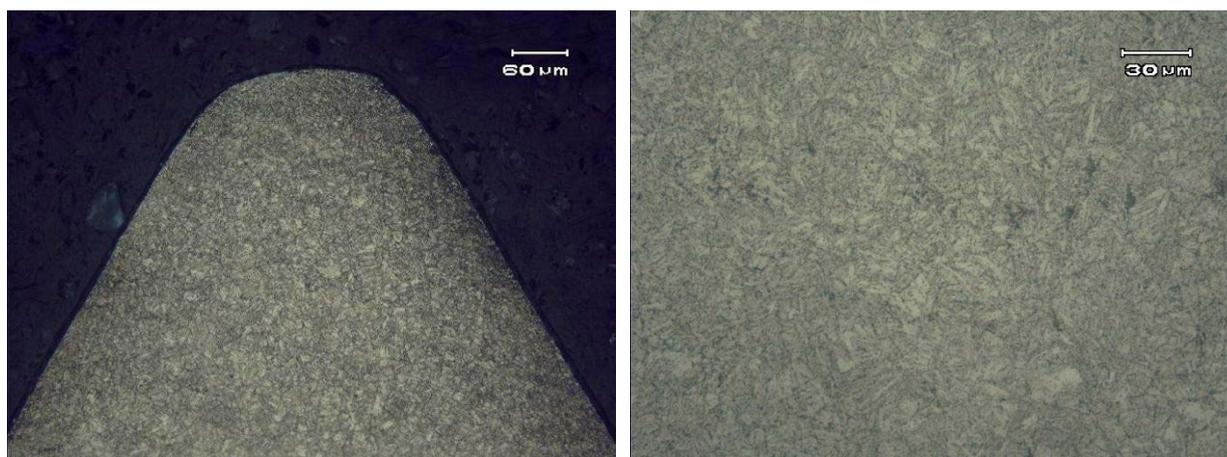
**Tabela 1.** Resultados da análise química (% em massa).

Amostra	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	B
1	0,27	0,35	1,19	0,014	0,012	0,154	<0,005	0,0010
2	0,19	0,23	0,72	0,013	0,007	0,005	0,019	0,0003
3	0,22	0,27	0,82	0,009	0,003	0,139	0,056	0,0021
4	0,31	0,17	0,40	0,014	0,001	0,014	0,005	0,0015

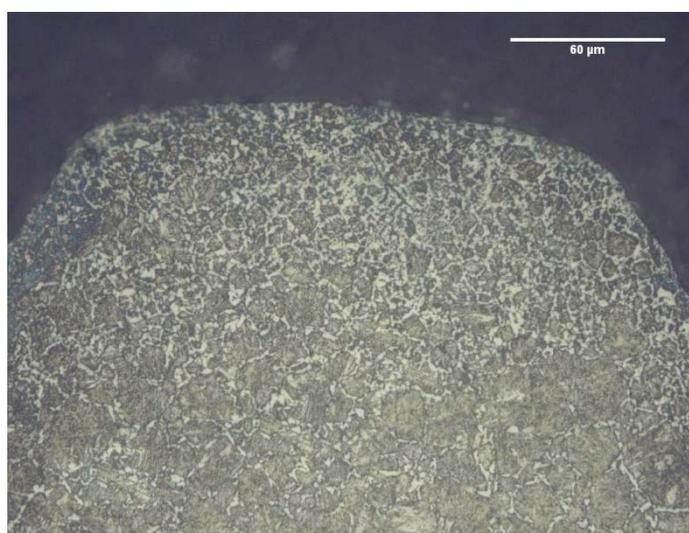
#### 3.2. Análise Metalográfica

Segundo a norma DIN EN 898-1 todas as amostras deveriam apresentar microestrutura martensítica. As amostras 1,3 e 4 apresentaram microestrutura composta por martensita revenida, tanto na região dos filetes quanto no núcleo. Observou-se ainda a presença de uma camada descarbonetada na região do filete da amostra 1. A amostra 2 foi a única a apresentar microestrutura composta por perlita e ferrita e uma camada de zinco depositado. Foi observada nesta amostra a presença de um defeito de fabricação na região dos filetes, provavelmente proveniente do processo de laminação ao qual o parafuso é submetido.

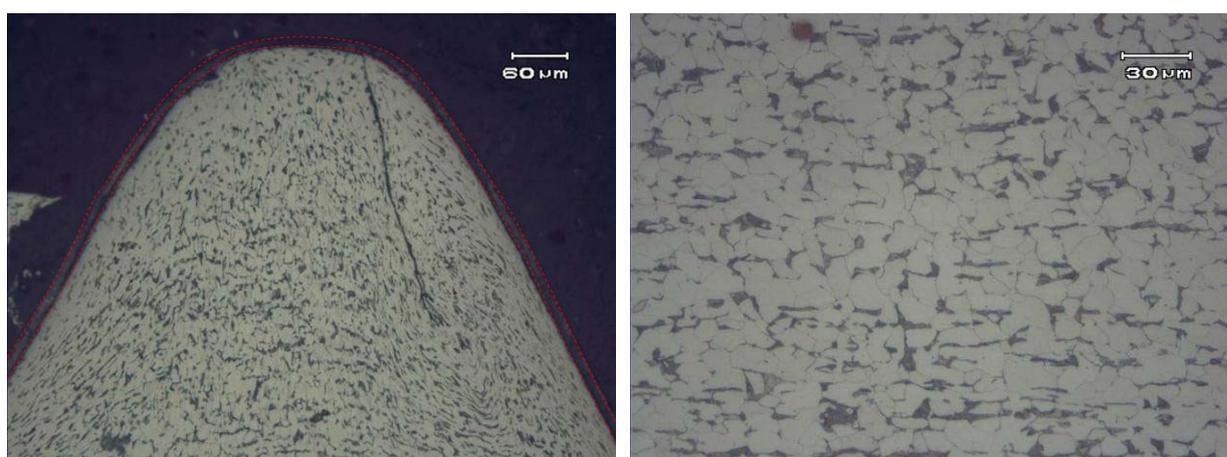
As micrografias obtidas para cada amostra, na seção longitudinal, podem ser observadas nas Figuras de 2 a 6.



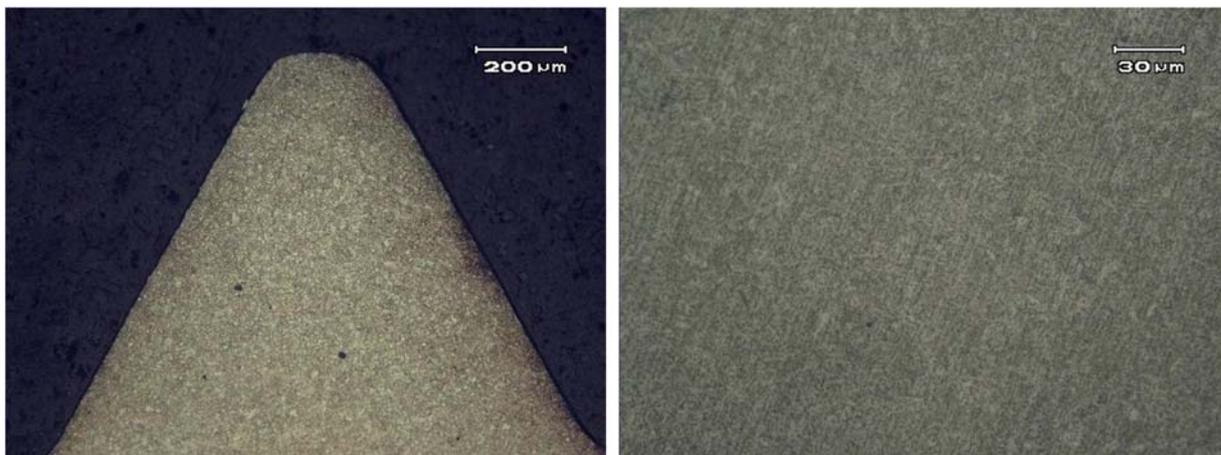
**Figura 2.** Micrografia em MO mostrando a microestrutura martensítica presente na amostra 1, tanto no filete (imagem à esquerda) quanto no núcleo (imagem à direita).



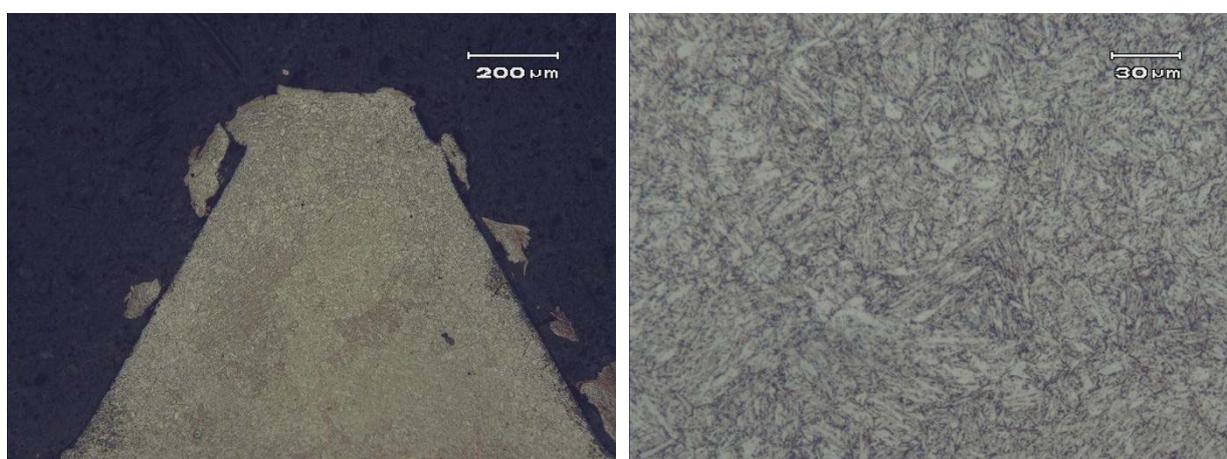
**Figura 3.** Micrografia em MO mostrando a descarbonetação presente na região do filete da amostra 1



**Figura 4.** Micrografia em MO mostrando a microestrutura composta de perlita e ferrita presente na amostra 2, tanto no filete (imagem à esquerda) quanto no núcleo (imagem à direita).



**Figura 5.** Micrografia em MO mostrando a microestrutura martensítica presente na amostra 3, tanto no filete (imagem à esquerda) quanto no núcleo (imagem à direita).



**Figura 6.** Micrografia em MO mostrando a microestrutura martensítica presente na amostra 4, tanto no filete (imagem à esquerda) quanto no núcleo (imagem à direita).

### 3.3. Análise Dimensional

A Figura 7 é uma amostra ilustrativa, mostrando os locais onde foram realizadas as medidas macroscópicas nas amostras. Os resultados foram obtidos com o auxílio de um paquímetro digital e podem ser observados na Tabela 2 junto com os valores mínimos exigidos.

Constatou-se que a amostra 3 apresentou valor de espessura da cabeça do parafuso um pouco menor do que o mínimo exigido.

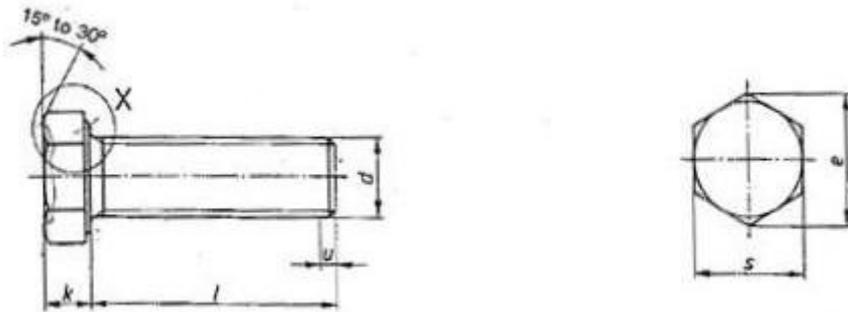


Figura 7. Imagem ilustrativa mostrando os locais onde foram realizadas as medições.

Tabela 2. Resultados da análise dimensiona

Parâmetros	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	DIN 933-87
s	16,8	16,8	16,7	16,9	<b>16,7 Mín.</b>
E	19,2	19,1	19,1	19,2	<b>18,9 Mín.</b>
K	6,3	<b>6,1</b>	6,3	6,3	<b>6,22 Mín.</b>
D	9,9	9,6	9,8	9,8	<b>11,2 Máx.</b>
L	97	108	108	108	-

A Figura 8 é uma micrografia mostrando os locais de onde foram realizadas as medidas microscópicas, com o auxílio de um perfilômetro, nas amostras. Os resultados obtidos, bem como os valores mínimos exigidos por norma, podem ser observados na Tabela 3.



Figura 8. Micrografia mostrando os locais de onde foram realizadas as medições microscópicas nas amostras.

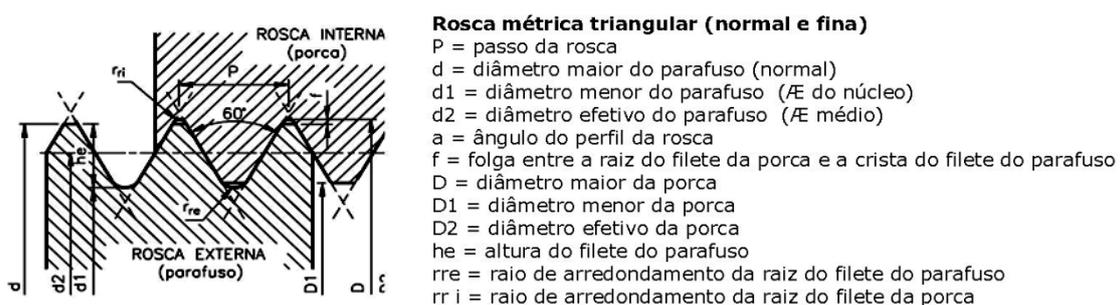


Figura 9. Imagem ilustrativa mostrando os locais e os parâmetros obtidos no ensaio de dimensionamento.

Tabela 3. Resultados da análise dimensional.

Parâmetros	P	d	d1	$\alpha$
<b>Amostra 4</b>	1,5	<b>9,8</b>	<b>7,9</b>	<b>58,6</b>
<b>Amostra 3</b>	1,5	<b>9,8</b>	<b>8,0</b>	61,2
<b>Amostra 2</b>	1,5	<b>9,7</b>	<b>7,9</b>	60,2
<b>Amostra 1</b>	1,5	<b>9,8</b>	<b>7,9</b>	<b>58,6</b>
<b>DIN933-87</b>	<b>1,5</b>	<b>10</b>	<b>8,15</b>	<b>60</b>

### 3.4. Ensaios de Dureza

Segundo a norma DIN EN 898-1 os parafusos devem apresentar uma dureza variando entre 250-320HV. Observou-se que a amostra 1 apresentou valores abaixo do exigido em norma na região próxima a superfície dos filetes. Esse fato ocorre devido a uma provável descarbonetação superficial observada nesta amostra. A amostra 2 apresentou dureza abaixo do exigido ao longo de toda seção analisada, isto esta associada ao fato desta amostra não ter sido tratada termicamente (temperada e revenida). As amostras 3 e 4 apresentaram resultados satisfatórios, estando dentro dos valores exigidos. Os resultados obtidos estão apresentados na Figura 10.

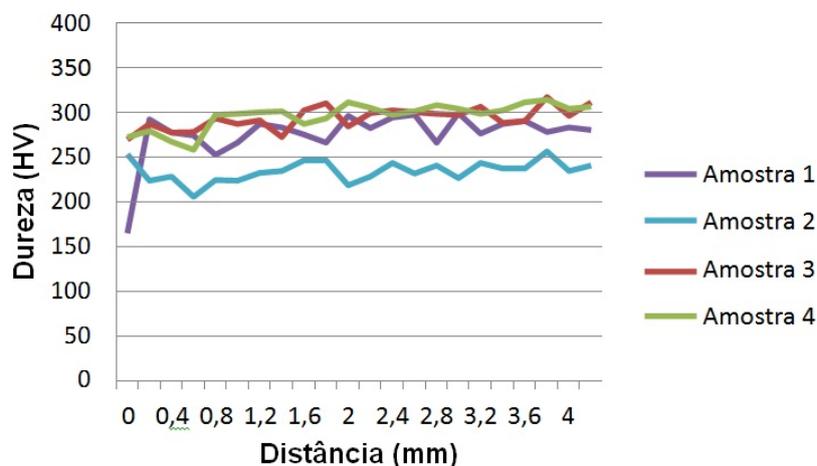


Figura 10. Resultados obtidos no ensaio de microdureza realizado nas amostras.

### 3.5 Ensaio de Tração

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos nos ensaios de tração para as amostras ensaiadas. O resultado obtido para a Tensão de Escoamento e Tensão Máxima para a amostra 2 ficou abaixo do esperado para a classe de parafusos 8.8, quando comparado com as outras amostras. Isto se deve ao fato de esta amostra não ter sofrido tratamento térmico de têmpera e revenido, o que ocasiona uma diminuição na resistência do componente.

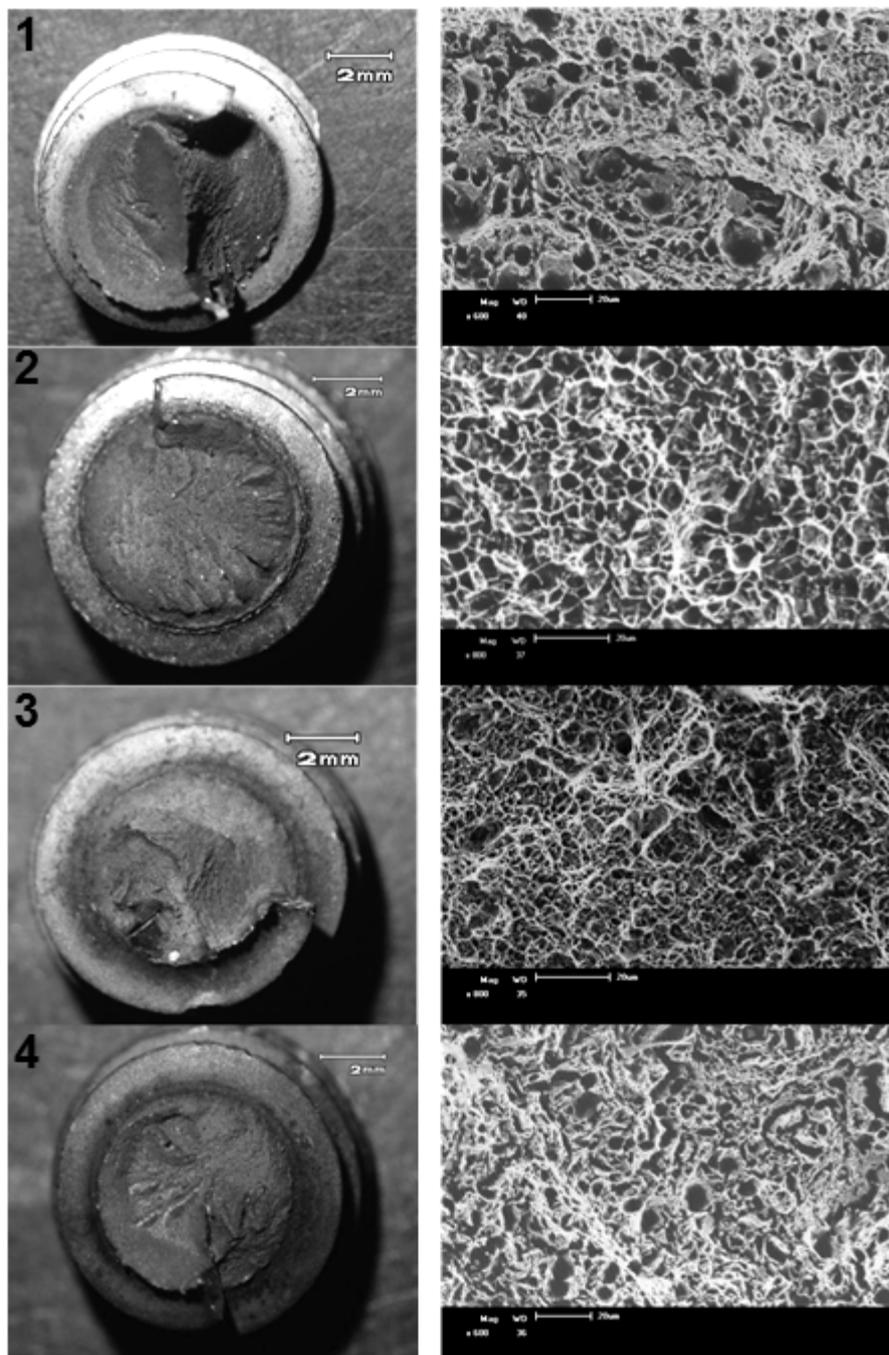
Tabela 4. Resultados dos ensaios de tração nos parafusos.

Amostra	Tensão de Escoamento-YS-(MPa)	Tensão Máxima-UTS-(MPa)
1	619	676
2	471	525
3	645	689
4	582	657

### 3.6. Análise via Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)

Depois de realizado os ensaios de tração, as superfícies de fratura foram levadas ao microscópio eletrônico de varredura (MEV), a fim de identificar os possíveis micromecanismos de falha. A Figura 12 apresenta as fractografias obtidas para as amostras de 1 a 4, respectivamente. Observou-se a presença de coalescência de microcavidades característica de fratura dúctil, em todas as amostras observou-se que a amostra 2, entre todas as amostras, foi a que apresentou a menor absorção

de energia para a fratura, apresentando dimples rasos. Esse acontecimento pode ser relacionado à presença de defeitos de fabricação presentes no mesmo, os quais atuam como pontos concentradores de tensão e, conseqüentemente, diminuem drasticamente a resistência à fratura (tenacidade) do componente.



**Figura 12.** Imagem das superfícies de fraturas em lupa de baixo aumento (à esquerda) e fractografias, em MEV, mostrando a presença de dimples, característicos de fratura dúctil (à direita).

#### 4 CONCLUSÃO

Foram analisados quatro parafusos da classe 8.8 de diferentes fornecedores. As amostras foram caracterizadas metalúrgica e mecanicamente a fim de comparar

a qualidade do produto oferecido. A partir dos resultados obtidos, foi possível chegar as seguintes conclusões:

- A amostra 2 apresentou microestrutura fora do especificado por norma, composta de perlita e ferrita, resultando menor resistência mecânica quando comparada com as outras. Observou-se ainda, nesta amostra, a presença de um defeito de fabricação na região dos filetes, provenientes do processo de laminação ao qual o componente é submetido.
- As amostras 1, 3 e 4 apresentaram microestrutura composta por martensita revenida, porém, na amostra 1 foi observada a presença de uma camada descarbonetada, o que acabou gerando uma perda da dureza próxima a superfície.
- Quanto ao dimensionamento, as amostras apresentaram resultados satisfatórios, atendendo os requisitos exigidos pela Norma DIN EN 933-87.
- A análise em MEV evidenciou a presença de coalescência de microcavidades micromecanismo característico de fratura dúctil, em todas as amostras. Pela morfologia da superfície de fratura, pode constatar-se que a amostra 2 foi a que apresentou menor absorção de energia antes da fratura.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao CNPq e a Capes pelo incentivo nas atividades de pesquisa e desenvolvimento.

### **REFERÊNCIAS**

- 1 Callister, William D. Ciência e Engenharia de Materiais - Uma introdução. 5ª ed. LTC, Rio de Janeiro: 2002.
- 2 Deutsches Institut Für Normung. DIN EN 898-1: Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel. Alemanha. 1999. 30p.
- 3 Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 724:2004: Rosca métrica ISO de uso geral – Dimensões básica. Rio de Janeiro. 2004. 8p.
- 4 Krauss, G.; Steels: Heat Treatment and Progressing Principles. ASM International, 2st ed., 1990.
- 5 Metals Handbook: Metallography an Microstructures. Vol. 9. 9ª ed.1991.