

## **Análise metalográfica de um aço de fases complexas por microscopia óptica**

### *Metallographic analysis of a steel complex phases by optical microscopy*

Erika Ximenes Dias<sup>1</sup>, Laís Yumi Rocha Horimoto<sup>1</sup>, Marcelo dos Santos Pereira<sup>1</sup>

#### **Resumo**

Este trabalho tem como objetivo fazer uma análise metalográfica para caracterizar a microestrutura de um aço de fases complexas. As amostras serão preparadas através dos processos de embutimento, utilizado para facilitar o manuseio; lixamento e polimento, utilizados para remover todos os riscos e imperfeições na superfície da amostra, tornando-a plana. Utilizou-se três ataques químicos com os reagentes Nital 2%, Metabissulfato de Sódio 10% e LePera. Foi aplicada neste trabalho a técnica de microscopia óptica, utilizando-se a iluminação em campo claro. Através da análise metalográfica, pode-se observar que o aço de fases complexas apresenta uma microestrutura composta por ferrita, bainita, martensita e austenita retida.

**Palavras-chave:** Aço CP; Metalografia; Iluminação em campo claro.

#### ***Abstract***

*This paper aims to make a metallographic analysis to characterize the microstructure of a steel complex phases. The samples are prepared by processes inlay used to facilitate handling, grinding and polishing, used to remove any scratches and imperfections in the surface of the sample, making it flat. We used three chemical attack with 2% Nital reagent, sodium metabisulfite and 10% LePera. This work was applied to optical microscopy technique, using brightfield illumination on. Through metallographic analysis, it can be seen that the steel has a complex phase microstructure composed of ferrite, bainite, martensite and retained austenite.*

**Keywords:** CP steel; Metallographic; Brightfield illumination.

<sup>1</sup>Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – Guaratinguetá/ SP – Brasil.

**Autor correspondente:** Erika Ximenes Dias – Email: ericaximenes@yahoo.com.br

## Introdução

Devido a duas crises de petróleo na década de 70, as indústrias automotivas através de algumas medidas utilizadas com o objetivo de otimizar o consumo no setor automobilístico, como a redução de peso, por volta de 1980, passaram a conceber carros produzidos com estruturas monobloco, aços mais conformáveis para produção de partes com formas mais complexas, assim como, partes consolidadas<sup>(1,2)</sup>.

A redução de peso foi conseguida, principalmente, pela substituição do aço ao carbono tradicional pelos aços com propriedades mecânicas superiores. O desenvolvimento de um automóvel leve, seguro e eficiente quanto ao consumo de combustíveis foi possível mediante a utilização de novos tipos de aços, a serem aplicados na fabricação deste veículo do futuro, entre os quais estão os aços convencionais de alta resistência e os aços avançados de alta e ultra-alta resistência<sup>(3)</sup>.

Os aços convencionais de alta resistência são os aços Interstitial-Free (IF) e Bake Hardenable (BH). Os aços avançados de alta e ultra-alta resistência são os aços Bifásicos (DP), os aços Multifásicos (TRIP), os aços de Fases Complexas (CP) e os aços Martensíticos (MART)<sup>(4)</sup>.

A principal diferença entre os aços convencionais e os aços avançados de alta e ultra-alta resistência é a sua microestrutura. Os convencionais apresentam uma única fase ferrítica, ou ferrita e perlita, enquanto que os avançados são constituídos de várias fases distintas contendo normalmente ferrita, martensita, bainita e/ou austenita retida.

Esses aços avançados apresentam uma microestrutura multiconstituída, que contém martensita, ferrita, bainita e/ou austenita retida, em quantidades suficientes para produzir um material de alta resistência à tração, com limites de escoamento superiores a 550 MPa e um alto alongamento (entre 10 – 20 %). Essas propriedades são importantes para o projeto de veículos que buscam uma maior segurança aos passageiros, além de apresentarem diminuição de peso em relação aos aços convencionalmente utilizados<sup>(5,6)</sup>.

Os aços CP também chamados de multifásicos apresentam uma microestrutura complexa, com isso é preciso caracterizar o material, identificando as fases de uma maneira precisa, para assim, obter os efeitos importantes da composição química e do processamento deste aço.

Os aços de fases complexas (CP) constituem um tipo de aço bainítico de baixo carbono. Além dos elementos de liga comuns como o manganês e o silício, os aços CP

apresentam pequenas quantidades de nióbio, titânio ou vanádio para aumentar a formação de precipitados finos. A presença de uma significativa fração volumétrica de bainita em aços CP promove altos níveis de resistência à tração de aproximadamente 800MPa ou mais<sup>(7)</sup>.

Os aços CP apresentam uma morfologia bastante peculiar de fases duras (martensita e bainita) e de fase com menor dureza intercaladas, combinadas com precipitados finos e dispersos entre as fases.

A aplicação dos aços CP é favorecida pela sua alta capacidade de absorção de energia e resistência à fadiga, estas classes são particularmente adequadas para os componentes de segurança do automóvel (tais como pilares, vigas de impacto lateral e de pára-choque) exibindo boa resistência ao impacto, sendo apropriados também para componentes do sistema de suspensão<sup>(8)</sup>.

Nestes aços, com o aumento do limite de escoamento, a deformação plástica tende a diminuir, e a região de estricção torna-se menor. No entanto, em relação aos seus altos níveis de resistência à tração o aço de fases complexas mostra valores de alongamento elevados, o que indica boa conformabilidade para processos a frio<sup>(9)</sup>.

A utilização deste aço como reforço das colunas B nos veículos poderá apresentar o dobro da resistência (quando submetido a choque) que um aço convencionalmente utilizado.

As montadoras Porsche e a Volkswagen tem ampliado a utilização dos aços avançados de alta resistência, mas principalmente do aço de fases complexas. Nos veículos Porsche Cayenne e no VW Touareg a utilização desse aço tem sido empregada como viga de travamento da estrutura inferior dos veículos, por este aço apresentar excelentes resultados em situações de impacto (com redução da intrusão) trazendo à estrutura a rigidez necessária, além deste apresentar uma redução em peso em relação ao aço convencionalmente utilizado<sup>(9)</sup>.

## Materiais e Métodos

O aço CP é um aço multifásico de baixo carbono. Este material oferece alto limite de resistência, entre 800 e 950 MPa e limite de escoamento entre 600 a 720 MPa. É apropriado para a produção de peças com baixo peso, por conformação a frio e sujeitas a grande impacto. O material estudado foi cedido pela indústria automobilística Renault e sua composição química é dada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Composição química do aço CP. (RENAULT, 2009)

| Elementos de Liga | C     | Si    | Mn    | P     | S     | Cr    | Ni    | Mo    | Al    | Cu    | Ti    | V     | Nb     | Sn    | B      |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| % em peso         | 0,120 | 0,560 | 1,570 | 0,013 | 0,006 | 0,003 | 0,018 | 0,005 | 0,034 | 0,000 | 0,096 | 0,005 | <0,005 | 0,000 | <0,005 |

Para a caracterização microestrutural, foram preparadas amostras que seguiram os processos normatizados pela ASTM E 3-10: seccionamento, embutimento a quente, lixamento, polimento e ataque químico.

Com relação ao processo de seccionamento, as amostras foram cortadas com o auxílio de uma máquina de corte por serra de fita vertical. Utilizou-se este processo com serra por fita, pois este processo não gera calor suficiente para mudar a microestrutura do aço CP.

O processo de embutimento foi feito a quente, seu objetivo é facilitar o manuseio da amostra para os processos subseqüentes como o lixamento e o polimento, para facilitar que a superfície da mesma fique plana. Utilizou-se resina fenólica (baquelite) para o embutimento das amostras.

O lixamento foi feito em uma lixa manual para metalografia com granulometria de 100, 220, 320, 400, 600, 800, 1000 e 1200, mudando de direção 90° em cada lixa subseqüente, com a finalidade de remover riscos e deformações que foram causadas pelo processo de seccionamento do material.

Após o lixamento, foi realizado o polimento manual com o objetivo de remover todos os riscos, obter uma superfície plana e espelhada (ou seja, com uma alta refletividade). É necessário obter um polimento de qualidade para a realização de ataque colorido, pois ele poderá revelar defeitos na microestrutura do material. Utilizou-se pano de polimento OP-NAP, e a mistura de água destilada e suspensão de sílica coloidal para materiais ferrosos OP-U.

Tanto nos processos de lixamento como de polimento, a limpeza foi feita em água corrente e secagem com ar frio forçado e a avaliação qualitativa da superfície lixada e polida da amostra foi realizada através de um microscópio de bancada.

Foram realizados na sequência, três ataques químicos com os reagentes Nital 2%, Solução Aquosa de Metabissulfito de Sódio 10% e LePera.

O ataque LePera é um reagente químico obtido pela mistura de duas soluções pré-preparadas (metabissulfito de sódio 1% e ácido pícrico 4%), na proporção de 1:1 (10 ml de metabissulfito de sódio 1% e 10ml de picral 4%).

Após cada ataque químico com um determinado reagente, as amostras foram fotografadas em iluminação em campo claro, utilizando um microscópio óptico.

Por análise qualitativa foram apresentados os resultados obtidos pela análise da microestrutura do material, através da identificação das fases presentes pelos reagentes químicos utilizados.

## Resultados e Discussões

As técnicas de preparação das amostras se mostraram serem de qualidade e eficientes, pois não houve nenhuma deformação ou risco na superfície da amostra.

O ataque químico com o reagente Nital 2% foi feito utilizando a técnica do esfregamento, ou seja, a solução de ataque, embebida em um chumaço de algodão foi esfregada lentamente e da maneira mais uniforme possível. O tempo de ataque realizado foi de 15s, lavado em água corrente e secado com ar frio forçado a uma distância de aproximadamente 10 cm da superfície da amostra. Este ataque tem como objetivo destacar a fase ferrita como fase clara.

Para os ataques com os reagentes químicos Metabissulfito de Sódio 10% e LePera foi utilizada a técnica de aplicação por imersão, ou seja, mergulhou-se a amostra na solução com a face voltada para baixo, tomando o cuidado de não encostar a superfície da amostra no fundo do recipiente, pois este ataque deposita um filme de natureza frágil na superfície da amostra.

Com relação ao Metabissulfito de Sódio 10%, o tempo de ataque foi de 20s, sendo posteriormente lavado em água corrente e secado com ar frio forçado a uma distância de aproximadamente 40 cm da superfície da amostra. Este ataque tem como objetivo destacar a fase austenita retida como fase clara.

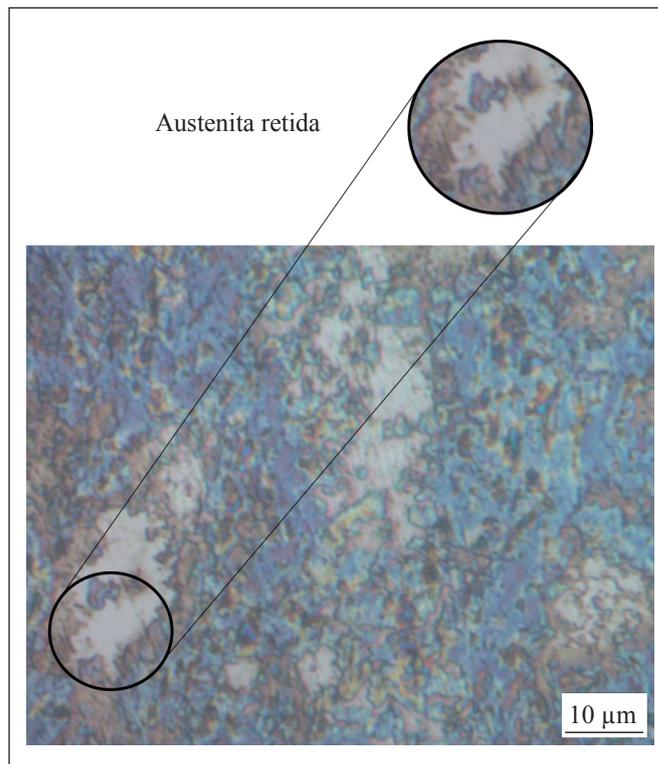
Para o ataque com o reagente LePera, o tempo de ataque foi de 30s, lavado em água corrente e secado com ar frio forçado a uma distância de aproximadamente 40 cm da superfície da amostra. Tem como objetivo identificar a fase austenita retida e/ou a fase martensita com coloração branca.

Na Fig. 1 observou-se a microestrutura da amostra do aço de fases complexas, de orientação superficial, submetida a ataque químico com Nital 2%. Foi possível observar os contornos de grão delineados bem como identificar a fase ferrita como fase clara das outras fases mais escuras.

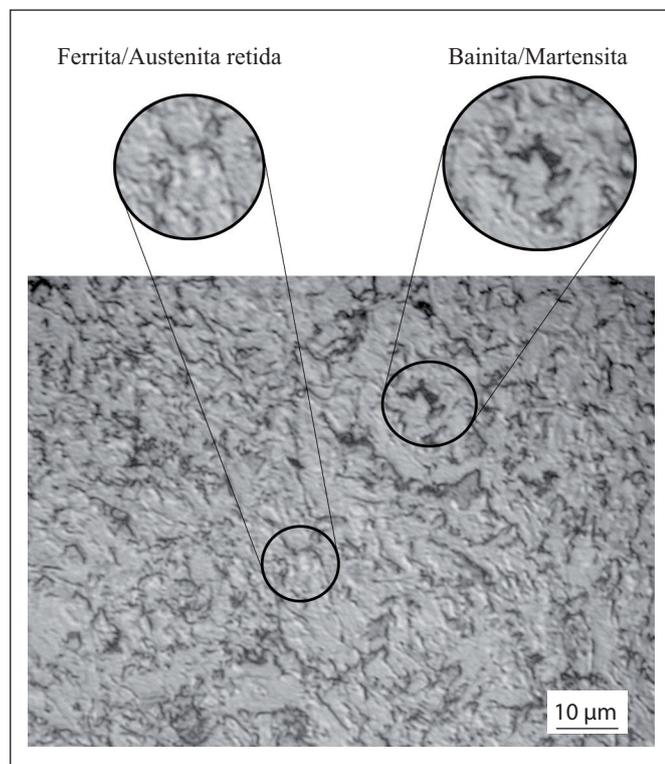
Na Fig. 2 pode-se observar a microestrutura do aço CP, de orientação transversal, submetida a ataque químico com Metabissulfito de Sódio 10%, devido ao filme de natureza frágil que é depositado na superfície da amostra. Observou-se a presença dos contornos de grão bem definidos, destacando a fase austenita retida como fase clara. O filme na superfície da amostra foi homogêneo, possibilitando um contraste e uma nitidez satisfatória.

Na Fig. 3 foi observada a microestrutura do aço multifásico (CP), de orientação longitudinal, submetida a ataque químico com LePera por um tempo de 30s e seca com ar frio forçado a uma distância aproximadamente 40 cm da superfície da amostra, pois é um ataque que também deposita um filme na superfície da amostra. Foi possível destacar nitidamente a fase austenita retida e a fase martensita com coloração branca. Pode-se observar a presença de grãos bem refinados e

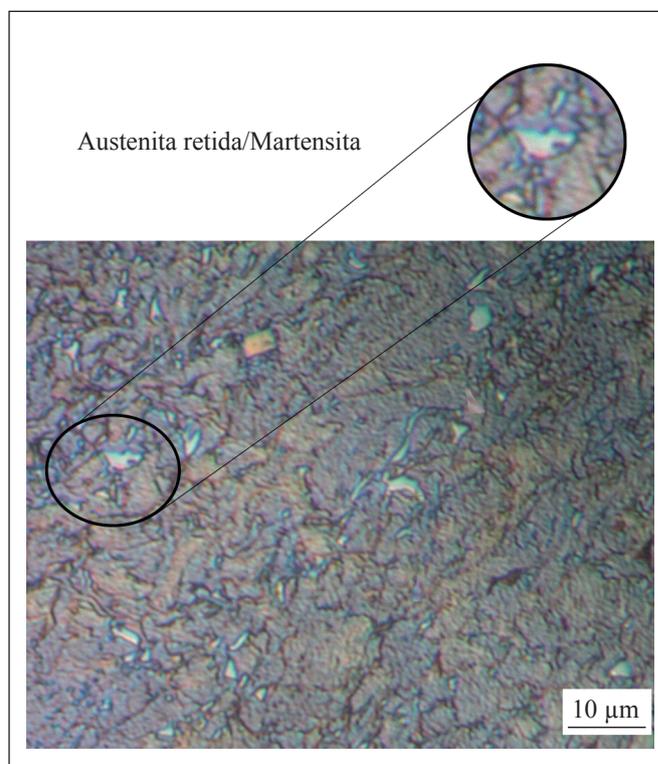
complexos. Também se observou a homogeneidade na superfície da amostra.



**Figura 2.** Ataque com Metabissulfito de Sódio 10% durante 20s em iluminação em campo claro. Aumento de 1000 x.



**Figura 1.** Ataque com Nital 2% durante 15s em iluminação em campo claro. Aumento de 1000 x.



**Figura 3.** Ataque com LePera durante 30s em iluminação em campo claro. Aumento de 1000 x.

## Conclusões

Através dos resultados obtidos pela caracterização da microestrutura do aço de fases complexas, uma das amostras cortada no sentido superficial à laminação, foi atacada com o reagente químico Nital 2% por 15s em iluminação em campo claro com ampliação de 1000 x, identificando a matriz ferrítica como fase clara e os constituintes marten-síticos, austeníticos e bainíticos com cores escuras, conforme era esperado por este ataque. Observou-se ainda os contornos de grão bem delineados e homogêneos.

O resultado obtido para a amostra atacada com o reagente químico Metabissulfito de Sódio 10% por 20s em iluminação em campo claro com ampliação de 1000 x, destacando a fase austenita retida como fase clara. Apresentando uma nitidez e um contraste satisfatório.

O resultado obtido para a amostra atacada com o reagente químico LePera por 30s em iluminação em campo claro com ampliação de 1000 x, evidenciando as fases presentes com coloração branca que são as fases austenita retida e/ou martensita. Observou-se grãos bem refinados e complexos.

## Referências

1. ABM Brasil, disponível em <[www.abmbrasil.com.br/20080728\\_2valoragregado\\_kleinermarra.pps](http://www.abmbrasil.com.br/20080728_2valoragregado_kleinermarra.pps)> Acesso em 10 jan. 2010.
2. ARMCO, disponível em: <[www.armco.com.br](http://www.armco.com.br)>. Acesso em: 09 junho 2008. MARRA, K. M., In: Congresso Anual da ABM, 63. Workshop sobre Inovações para o Desenvolvimento de Aços de Elevado Valor Agregado – Foco Indústria Automotiva, 2, 2008, Santos.
3. Fukugauchi, C.S., Metodologia para caracterização metalográfica de um aço TRIP por microscopia óptica. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica na área de Materiais) – UNESP, Campus de Guaratinguetá, 2010.
4. Gorni, A. A.; Corte & Conformação de Metais, São Paulo, p.26-57, dez. 2008.
5. Martins, M.S. et al., SAE International Paper, 2010.
6. Shaw, J., Engl, B., Espina, C., Oren, E. C., Kawamoto, Y., SAE-SP 1685, Ed. D.W. Anderson et al., SAE, Warrendale, PA, 2002, 63.
7. Bhattacharya, D., Fonstein, N., Girina, O., Gupta, I., Yakubovsky, O., 45th MWSP Conference Proceedings, Vol. XLI. MS&T, 2003.
8. Thyssen Krupp Steel, disponível em: <<http://www.worldautosteel.org/SteelBasics/Steel-Types.aspx>>. Acesso 12 de abril de 2010.
9. World Auto Steel, Inside Scoop on the Volvo XC90 And Porsche Cayenne Body Structures – World Auto Steel, 2010.