

ANÁLISE DE FALHA DE BARRA DE DIREÇÃO DE UM AUTOMÓVEL ¹

Cássio Barbosa ²
Jôneo Lopes do Nascimento ²
Mauro de Melo Rodrigues ²
Iêda Maria Vieira Caminha ²
Ibrahim de Cerqueira Abud ²

Resumo

A indústria automobilística é um dos segmentos mais dinâmicos e competitivos da economia nacional e internacional e tem investido consideráveis somas em pesquisa e desenvolvimento de novos componentes e no aperfeiçoamento de autopeças já existentes. Apesar disso, problemas de falha prematura de componentes automotivos têm sido relatados. A análise de falha utiliza diversos tipos de técnicas para a investigação das causas do defeito que leva ao colapso de um componente, de um equipamento ou de uma estrutura. De um modo geral essas causas estão relacionadas com: a utilização de materiais inadequados, a presença de defeitos surgidos durante a fabricação, erros de projeto, de montagem, de manutenção ou de utilização. O conhecimento dessas causas e a correção dessas anomalias permitem aprimorar o funcionamento de equipamentos semelhantes e evitar a repetição do mesmo tipo de falha, melhorando o desempenho do componente, tanto em relação à funcionalidade, quanto ao atendimento dos requisitos de segurança. No presente trabalho são apresentados os resultados de uma análise de falha de uma barra de direção de uma viatura policial envolvida em acidente. O uso de técnicas como microscopia ótica e microscopia eletrônica de varredura (MEV) gerou resultados que permitem dizer que a presença de um defeito pré-existente e uma microestrutura desfavorável foram fatores preponderantes para a ocorrência de fratura frágil por clivagem, que acarretou a falha prematura e catastrófica deste componente.

Palavras-chave: Análise de falha; Aços; Fratura; Microscopia; Componentes automotivos.

FAILURE ANALYSIS OF A DRIVING BAR OF AN AUTOMOBILE

Abstract

The automotive industry is one of the most dynamic and competitive segments of the national and international economy and it has applied considerable sums in research and development of new components and improvement of already existent pieces. Nonetheless, sometimes problems of premature failure have been reported. Failure analysis approach uses several kinds of techniques to investigate causes of the defect which leads to the collapse of a component, equipment or structure. Usually these causes are related to the use of inadequate materials, the presence of defects which appear during fabrication and errors of design, assembly, maintenance and use. The knowledge about these causes and the correction of these anomalies allow the improvement of the performance of these components both regarding efficiency and safety. In the present work the results of the failure analysis of the driving bar of a police car are presented. The use of techniques such as light optical microscopy and scanning electron microscopy (SEM) generates results which allow saying that the presence an already existent defect and an unfavorable microstructure are outstanding factors for the occurrence of cleavage brittle fracture which caused the premature and catastrophic failure of this component.

Key words: Failure analysis; Steels; Fracture; Microscopy; Automotive components.

¹ Trabalho apresentado no 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.

² Instituto Nacional de Tecnologia (INT), Avenida Venezuela, 82, sala 626, Rio de Janeiro, CEP 20.081-312, cassiob@int.gov.br

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a indústria automotiva tem apresentado um crescimento significativo, que se reflete num intenso esforço em pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e/ou aperfeiçoamento de produtos já existentes, com o objetivo de atender a requisitos cada vez mais exigentes de desempenho, segurança, economia e impactos ambientais, de modo a garantir a satisfação dos clientes e o atendimento de normas e regulamentos governamentais. Apesar disso, falhas prematuras em componentes automotivos têm sido relatadas de vez em quando.^[1]

A análise de falha utiliza diversos tipos de técnicas para a investigação das causas do defeito que leva ao colapso de um equipamento ou de uma estrutura. De um modo geral essas causas estão relacionadas com: a utilização de materiais inadequados, a presença de defeitos surgidos durante a fabricação, erros de projeto, de montagem, de manutenção ou de utilização. O conhecimento dessas causas e a correção dessas anomalias permitem aprimorar o funcionamento de equipamentos semelhantes e evitar a repetição do mesmo tipo de falha, melhorando o desempenho do componente, tanto em relação à funcionalidade, quanto ao atendimento dos requisitos de segurança. Em geral, a análise de falha busca correlacionar o aspecto visual de uma fratura à sua possível causa, utilizando para isso técnicas de microscopia, principalmente a microscopia eletrônica de varredura (MEV).^[1-3]

A falha, que pode ser descrita em poucas palavras como a perda de função de um componente por diferentes motivos, pode não ser resultado de um processo de fratura, porém freqüentemente é consequência desse tipo de fenômeno. A análise fractográfica permite determinar se a causa da fratura está relacionada com os seguintes fatores: a) Uso do material em condições nas quais as tensões atuantes superam os limites especificados no projeto do componente (sobrecarga); b) Emprego de material que não possuía as propriedades especificadas no projeto do componente; c) Presença de uma descontinuidade com dimensões iguais ou superiores às dimensões críticas a partir das quais ocorre a fratura.^[4]

Do ponto de vista das características básicas de uma fratura, a mesma pode ser classificada segundo diferentes critérios. No que se refere ao nível de energia absorvida durante o processo de fratura, a mesma pode ser considerada dútil, quando este nível é elevado, ou frágil, quando é consideravelmente baixo. Quando observadas em MEV, as superfícies de fratura dútil apresentam aspecto fibroso, sendo que, quando o material possui partículas de segunda fase, freqüentemente ocorre a formação de microcavidades (*dimples* em inglês) associadas a essas partículas. As superfícies de fratura frágil em geral apresentam aspecto mais facetado, podendo ser transgranulares, quando ocorrem por separação de planos cristalinos dentro de um mesmo grão, ou intergranulares, que são típicas de fragilização por hidrogênio ou corrosão sob tensão, e que ocorrem quando a trinca se propaga pelos contornos dos grãos, os quais deste modo são separados. Entretanto, esses tipos de fratura (dútil e frágil) apresentam este aspecto sob carregamento monotônico. Sob carregamento cíclico o material fratura por fadiga, geralmente indicada pela presença de “marcas de praia” em baixo aumento, e de “estrias de fadiga” com aumento bem maior em MEV. Outros tipos de carregamento resultam em diferentes aspectos de superfície de fratura, como, por exemplo, as

fraturas decorrentes de fluência (em altas temperaturas) e desgaste (decorrente do atrito entre superfícies em contato que deslizam entre si).^[4]

No presente trabalho são apresentados os resultados de uma análise de falha de uma barra de direção de uma viatura policial envolvida em acidente. O uso de técnicas como microscopia ótica e microscopia eletrônica de varredura (MEV) gerou resultados que permitem dizer que a presença de um defeito pré-existente e uma microestrutura desfavorável foram fatores preponderantes para a ocorrência de fratura frágil por clivagem, que acarretou a falha prematura e catastrófica deste componente.

METODOLOGIA EXPERIMENTAL

A barra de direção fraturada, da qual foram retiradas amostras para análise microestrutural e fractográfica, é mostrada na Figura 1.



Figura 1. Barra de direção fraturada; o círculo vermelho indica o local da fratura.

A composição química do aço utilizado na fabricação da barra de direção é mostrada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química do material.

Elemento	C	Mn	Si	S	P
%	0,524	0,941	0,245	0,009	0,001

A amostra para análise microestrutural foi submetida ao procedimento padronizado de preparação: corte, embutimento, lixamento (malhas 220, 320, 400 e 600), polimento (em pasta de diamante com granulometria de 6, 3, 1 e 0,25 μm) e ataque químico com reagentes Picral e Nital 2%, sendo em seguida observada e fotografada em microscópio ótico. A amostra para análise fractográfica foi visualizada e fotografada num estéreo-microscópio e num microscópio eletrônico de varredura (MEV) operando a 20 kV.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição Química

Este material pode ser enquadrado como aço DIN 1.0542 St Sch 80, cujos limites de composição química são apresentados na Tabela 2, e que corresponde aproximadamente à composição química do aço manganês AISI-SAE 1551.^[5]

Tabela 2. Limites de composição química – Aço DIN 1.0542 St Sch 80 [5].

Elemento	C	Mn	Si	S	P
%	0,45-0,63	0,80-1,80	0,50 máx.	0,050 máx.	0,050 máx.

A literatura diz que, além da função dessulfurante e desoxidante, o manganês se dissolve na ferrita, aumentando sua dureza e resistência mecânica.^[6]

Microestrutura

As Figuras 2 e 3 mostram a microestrutura da amostra nas seções transversal e longitudinal, respectivamente.

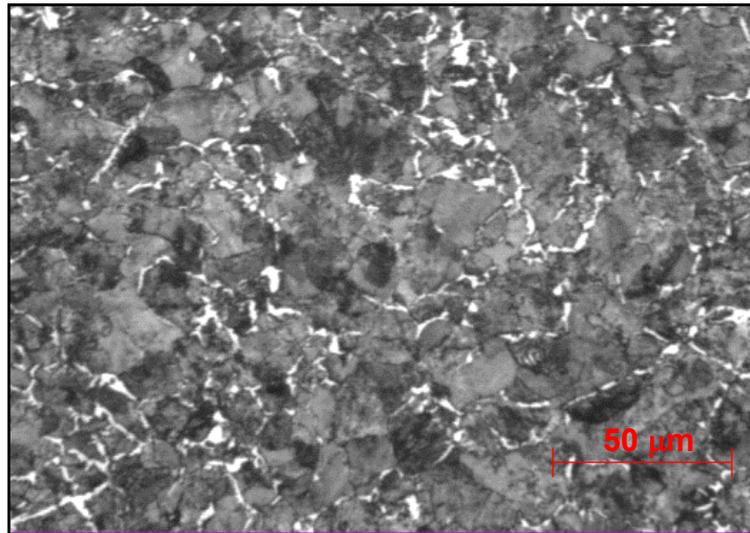


Figura 2. Aspecto microestrutural do aço utilizado na fabricação do componente. Seção transversal do segmento da barra próximo à superfície de fratura. Ataque: Picral.

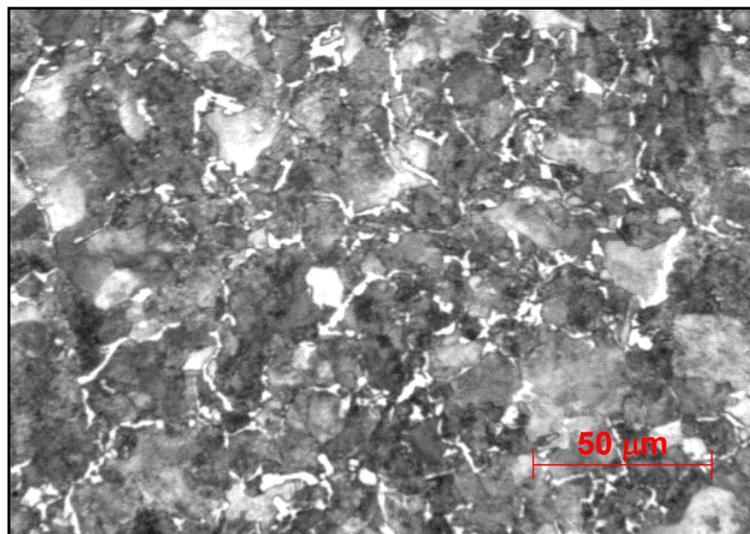


Figura 3. Aspecto microestrutural: seção longitudinal do segmento da barra próximo paralela à superfície de fratura. Ataque: Nital 2 %.

Observa-se uma microestrutura constituída predominantemente por perlita e bainita superior envolvidas por uma rede semicontínua de ferrita pro-eutetóide, formando um conjunto que favorece a ocorrência de fratura frágil.^[7,8]

Análise Fractográfica

As Figuras 4 e 5 apresentam o aspecto macrográfico da fratura da barra de direção em dois ângulos distintos. A região A, indicada nas figuras, mostra o local de iniciação da fratura.



Figura 4. Aspecto macrográfico da superfície de fratura, posição oblíqua.



Figura 5. Aspecto macrográfico da superfície de fratura, vista frontal.

Pode-se observar, em ambas as posições, a presença de marcas radiais, que se originam a partir de uma descontinuidade pré-existente na peça (região A), e que se constitui num local propício para o início da fratura. De acordo com a literatura,^[4] as marcas radiais são características de propagação instável (rápida) de uma trinca. Em geral são perpendiculares à frente de avanço da trinca.

Não foram observadas nas Figuras 4 e 5 aspectos macroscópicos de fadiga, como por exemplo, “marcas de praia”.^[9,10] Além disso, foi observado, através de microscópio eletrônico de varredura (MEV), que a superfície de fratura é constituída predominantemente por facetas de clivagem (fratura transgranular), conforme mostram as Figuras 6 e 7, que são características de fratura frágil. Similarmente ao observado na análise macroscópica, a análise em MEV não mostrou nenhuma característica microscópica de fadiga, como por exemplo, “estrias”.^[9-11]

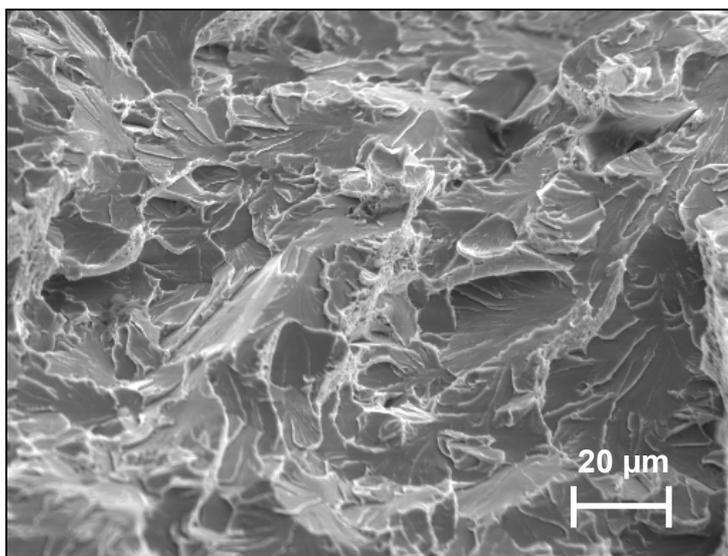


Figura 6. Aspecto microscópico da superfície de fratura (MEV).

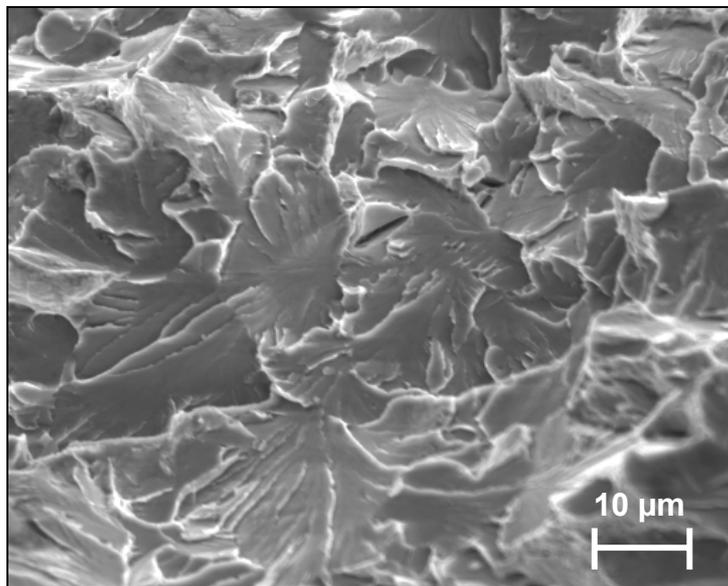


Figura 7. Aspecto microscópico mais detalhado da superfície de fratura (MEV).

A fratura por clivagem em escala macroscópica (baixo aumento) é caracterizada por intensa reflexão de luz e uma superfície relativamente plana,^[4] o que foi observado no presente caso. Em escala microscópica observa-se regiões planas, freqüentemente facetadas.

Não é possível dizer se a peça fraturou antes ou depois da colisão, pois ambas as possibilidades são igualmente verossímeis, considerando que o material

já era frágil e apresentava um sítio favorável ao início e à propagação de fratura. No primeiro caso, um movimento mais vigoroso da direção poderia iniciar o processo de rompimento. No segundo caso o impacto devido ao acidente forneceria energia suficiente para a ocorrência de fratura.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos e com as informações disponíveis conclui-se que:

1. Não houve processo de propagação de trinca por fadiga na peça, o que foi constatado tanto por análise visual (macrográfica) como por análise da superfície de fratura em microscópio eletrônico de varredura (MEV).
2. O material fraturou de modo frágil, por clivagem, com origem em uma descontinuidade pré-existente, a qual atuou como concentrador de tensões. Convém acrescentar que a presença de bainita superior, perlita e ferrita pró-eutetóide nos contornos de grão, forma um conjunto que fragiliza o material e favorece a ocorrência de fratura frágil.
3. Não é possível precisar se a peça fraturou antes ou depois da colisão, pois ambos os casos são possíveis, considerando que o material já era frágil e apresentava local propício para início e propagação de fratura.

REFERÊNCIAS

- 1 César R.F. Azevedo, Tibério Cescon – “Metalografia e Análise de Falhas, Casos Seleccionados (1933-2003), IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 2004, p. 109-112 e p.127-133.
- 2 R. Wouters, L. Froyen - “Scanning electron microscope fractography in failure analysis of steels”; *Materials Characterization*, 36, 1996, p. 357-364.
- 3 *Metals Handbook, Ninth Edition, Volume 11, Failure Analysis and Prevention*, ASM (American Society for Metals), Metals Park, Ohio, 1986, p. 13-65.
- 4 *ASM Handbook, Volume 11 (Failure Analysis and Prevention, 2002 (2 nd printing: 2004)*, ASM International, Materials park, Ohio, USA, p. 560-599.
- 5 *ASM Handbook, Volume 1 (Properties and Selection: Irons, Steels and High Performance Alloys, 1990 (6 th printing: 2001)*, ASM International, Materials park, Ohio, USA, p. 176.
- 6 Vicente Chiaverini, *Aços e Ferros Fundidos*, ABM, 5ª edição, São Paulo, 1982 p.157.
- 7 João Marcos Alcoforado Rebello, *Curso de Tecnologia da Soldagem*, UFRJ-FBTS-SENAI, Rio de Janeiro, 1987, p. 83.
- 8 *Metals Handbook, volume 9, Metallography and Microstructures*, Metals Park, USA, 9 th edition 1985, p. 165-196.
- 9 Paulo Roberto Cetlin, Paulo Sérgio Pereira da Silva, José Arthur Penna - *Análise de Fraturas*, ABM, São Paulo, 1978, p. 59-132.
- 10 *ASM Handbook, volume 12, Fractography*, Materials Park, USA, 2nd printing 1992, p. 217.
- 11 *Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Materials*, Richard W. Hertzberg, John Wiley & Sons Inc., New York, USA, 2 nd edition, 1983, p.261-263.