

## **AValiação Mecânica de Terminais e Barras de Direção de acordo com a Norma ABNT NBR 16130**

Felipe Rollo<sup>1</sup>, Celso R. Ribeiro<sup>1</sup>

SGS Labmat<sup>1</sup>

E-mails: [felipe.rollo@sgs.com](mailto:felipe.rollo@sgs.com), [celso.ribeiro@sgs.com](mailto:celso.ribeiro@sgs.com)

### **1. RESUMO**

O trabalho apresenta os resultados de um estudo de caso em ensaios mecânicos de terminais e barras de direção realizados de acordo com a norma ABNT NBR 16130, segundo as especificações da Portaria do Inmetro nº 247 de 2013. As características técnicas dos ensaios de torção do conjunto de terminais, arrancamento do pino esférico, folgas axial e radial e ensaios metalúrgicos são apresentados. Os resultados apresentados são exemplos de técnicas de avaliação que são empregadas na avaliação desses produtos e representam parte de um estudo bem mais completo. Os resultados encontrados mostram que o produto avaliado atende à portaria do Inmetro e norma indicada. No entanto, atenção deve ser dada principalmente à realização dos ensaios mecânicos durante a preparação dos corpos de prova.

### **2. INTRODUÇÃO**

A Portaria n.º 247, de 03 de maio de 2013 em seu artigo primeiro aprovou o Regulamento Técnico da Qualidade para Terminais de Direção, Barras de Direção, Barras de Ligação e Terminais Axiais. O objetivo dessa portaria foi o de estabelecer os requisitos técnicos que devem ser atendidos no Programa de Avaliação da Conformidade para terminais de direção, barras de direção, barras de ligação e terminais axiais, utilizados em veículos rodoviários automotores, principalmente com foco na segurança, visando à prevenção de acidentes. Os componentes cobertos por essa portaria são aplicados em automóveis, camionetas, caminhonetes, veículos comerciais leves, caminhões, caminhões-tratores, ônibus e micro-ônibus. A classificação da capacidade de carga e classificação desses veículos é descrita na norma ABNT NBR 16130 [1].

Para a avaliação dos terminais e barras de direção, barras de ligação e terminais axiais, a partir de ensaios mecânicos e metalúrgicos, devem ser realizados os procedimentos da Portaria n.º 247, de 03 de maio de 2013, que são baseados na norma ABNT NBR 16130, que trata dos requisitos e métodos de ensaio aplicados a veículos categorias M e N e categorias G e O. Esses ensaios compreendem: Acabamento Superficial, Acoplamento Cônico, Deflexão à Força, Elasticidade Axial, Elasticidade do Pino Esférico, Ensaio de Impacto no Pino Esférico; Integridade do Material; Resistência ao Arrancamento; Torque de Rotação do Pino Esférico; Torque Angular do Terminal Axial e Torque de Giro [1, 2].

Para a realização dos ensaios dos terminais e barras de direção, barras de ligação e terminais axiais os componentes são divididos por ensaios específicos, compreendendo os requisitos

para o componente pino esférico; requisitos mínimos para o componente carcaça do conjunto terminal de direção e barra axial e ensaios estáticos no conjunto montado [2].

As Tabelas 1, 2 e 3 resumem os tipos de ensaio e métodos de avaliação do componente pino esférico, carcaça e Conjunto Terminal de Direção [1].

Tabela 1 – Tipo de ensaio e método de avaliação para o componente pino esférico.

<b>Tipo de Ensaio</b>	<b>Método de Avaliação</b>
Integridade do material, conforme item 6.1.1 do RTQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise Metalográfica</li> <li>• Líquido penetrante ou partículas magnéticas</li> <li>• Análise química</li> </ul>
Acabamento superficial, conforme item 6.1.2 do RTQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rugosidade</li> </ul>
Rosca do pino esférico, conforme item 6.1.3 do RTQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metalografia</li> </ul>
Conformidade do material, conforme item 6.1.4 do RTQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise Metalográfica</li> <li>• Ensaio de Dureza</li> </ul>
Acoplamento cônico, conforme item 6.1.5 do RTQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaio Visual</li> </ul>
Carga de deformação do pino esférico do conjunto terminal de direção, conforme item 6.1.6 do RTQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaio Mecânico de Compressão</li> </ul>
Ensaio de impacto do pino esférico do conjunto terminal de direção, conforme item 6.1.7 do RTQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaio Mecânico de Impacto</li> </ul>
* RTQ – Regulamento Técnico da Qualidade (Anexo da Portaria Inmetro nº 247/2013)	

Tabela 2 – Tipo de ensaio e método de avaliação para o componente carcaça.

<b>Tipo de Ensaio</b>	<b>Método de Avaliação</b>
Integridade do material, conforme item 6.2.1 do RTQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise Metalográfica</li> <li>• Líquido penetrante ou partículas magnéticas</li> </ul>
Rosca da haste da carcaça, conforme item 6.2.2 do RTQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise Metalográfica</li> </ul>
Conformidade do Material, conforme item 6.2.3 do RTQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise Metalográfica</li> <li>• Ensaio de Dureza</li> </ul>
*RTQ – Regulamento Técnico da Qualidade (Anexo da Portaria Inmetro Nº 247/2013)	

Tabela 3 – Tipo de ensaio e método de avaliação para o conjunto terminal de direção.

<b>Tipo de Ensaio</b>	<b>Método de Avaliação</b>
Torque de rotação do pino esférico do conjunto terminal de direção, conforme item 6.3.1 do RTQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaio Mecânico de Torção</li> </ul>
Elasticidade do pino esférico sob carga do conjunto terminal de direção, conforme item 6.3.2 do RTQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaio Mecânico de Tração e Compressão</li> </ul>
Resistência ao arrancamento do pino esférico do conjunto terminal de direção, conforme item 6.3.3 do RTQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaio Mecânico de Tração</li> </ul>
Resistência ao arrancamento e torque de giro de conjunto fixo/grampeado/soldado, conforme item 6.3.4 do RTQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaio Mecânico de Tração e Torção</li> </ul>
Torque angular do terminal axial, conforme item 6.3.5 do RTQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaio Torção</li> </ul>
Elasticidade axial do pino esférico sob carga do	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaio Mecânico de Tração</li> </ul>

terminal axial, conforme item 6.3.6 do RTQ	e Compressão
Resistência ao arrancamento do pino esférico do terminal axial, conforme item 6.3.7 do RTQ	• Ensaio Mecânico de Tração
Deflexão à força do conjunto terminal de direção e terminal axial, conforme item 6.3.8 do RTQ	• Ensaio Mecânico de Tração e Compressão
* RTQ – Regulamento Técnico da Qualidade (Anexo da Portaria Inmetro N° 247/2013)	

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Avaliou-se nesse trabalho um terminal de direção, com pino esférico apresentando diâmetro de 30 mm. Nesse trabalho são apresentados os resultados dos ensaios Metalográficos do pino esférico, Folga Axial e Radial, Arrancamento do pino esférico e Torção. A Figura 1 apresenta a imagem do item avaliado.

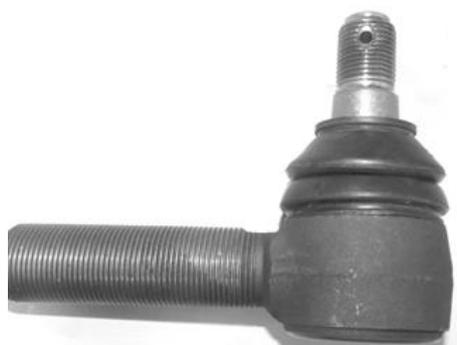


Figura 1 – Terminal de direção avaliado no trabalho

#### 3.1 – Requisito para o componente pino esférico

Para essa avaliação o terminal de direção foi desmontado e separado o pino esférico do componente carcaça. A Figura 2 apresenta o componente antes da avaliação.



Figura 2 – Pino esférico do Terminal de direção avaliado no trabalho

Para a avaliação da Integridade do Material do pino esférico utilizou-se de técnicas de líquido penetrante; Análise química e Análise metalográfica. As Tabela 4, 5 e 6 resumem os resultados obtidos nos ensaios.

Para a análise por líquido penetrante do pino esférico manteve-se à amostra sob luminosidade de 1800 Lux. O líquido penetrante utilizado foi o Magnaflux Spotcheck (SKL-WP), classificado como Tipo II, Método A, com tempo de penetração de 20 minutos antes da limpeza em água corrente e secagem. A pós a secagem do componente foi aplicado o

revelador Magnaflux Spotcheck SKD-S2 e aguardou-se 20 minutos para a avaliação do resultado. A Figura 3 apresenta o pino esférico após o ensaio pó líquido penetrante.

Tabela 4 – Resultado obtido no ensaio de líquido penetrante

<b>Característica Avaliada</b>	<b>Método de Verificação</b>	<b>Critério de Aceitação Item 6.1.1</b>	<b>Resultado Obtido</b>
Defeitos Superficiais	Análise por líquido Penetrante	Não são aceitas trincas internas e externas ou defeitos superficiais que levam a formação de trincas	Atende à norma



Figura 3 - Pino esférico após o ensaio de líquido penetrante, sem a presença de trincas visíveis.

Para a análise química do pino esférico utilizou-se de Espectrometria de Emissão Óptica por Centelha. A amostra foi cortada e preparada por lixamento até a grana 80 para padronização da superfície. O resultado da análise química foi comparado com um banco de dados de composição química de aços, feita então a classificação do material utilizado na fabricação do pino esférico. A Tabela 5 apresenta o resultado da avaliação. O material avaliado foi classificado como uma liga SAE 5140.

Tabela 5 – Resultados obtidos no ensaio de análise química

<b>Característica</b>	<b>Método de Verificação</b>	<b>Critério de Aceitação Item 6.1.1</b>	<b>Resultado Obtido</b>
Composição Química	Espectrofotometria	Conforme requisitos da ABNT NBR NM 87, com as seguintes exceções: Não serão aceitos aços-carbono e aços resulfurados para Pinos beneficiados e temperados por indução	Atende a Norma

A avaliação da conformidade do material via metalografia foi realizado após preparação metalográfica com lixamento até grana 120 Mesh e polimento com alumina 1µm. O ataque químico para revelar a microestrutura foi realizado com Nital a 10%.

A micrografia realizada junto à superfície mostra uma microestrutura típica de um aço temperado e revenido composta por uma matriz martensítica revenida, conforme ABNT NBR NM 136. Não foi evidenciada a presença de decarbonetação, conforme ABNT NBR 11299. A Figura 4 ilustra a microestrutura obtida. A Figura 5 mostra a região da rosca do pino esférico evidenciando que não houve arrancamento de material por usinagem. A Tabela 6 apresenta o resultado da avaliação.

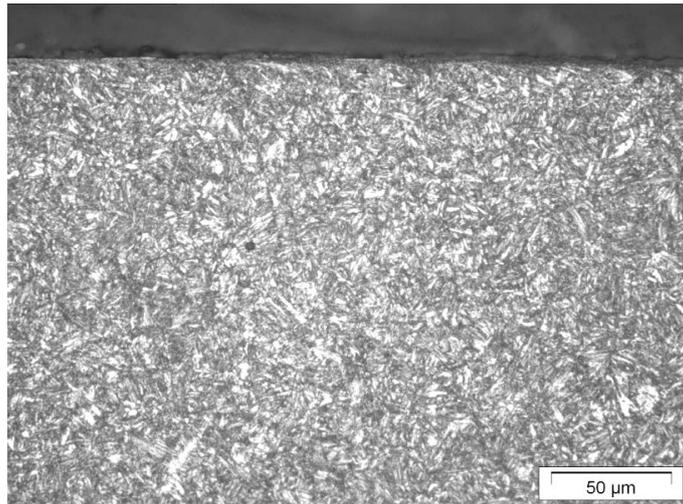


Figura 4 – Microestrutura martensítica obtida no pino esférico.

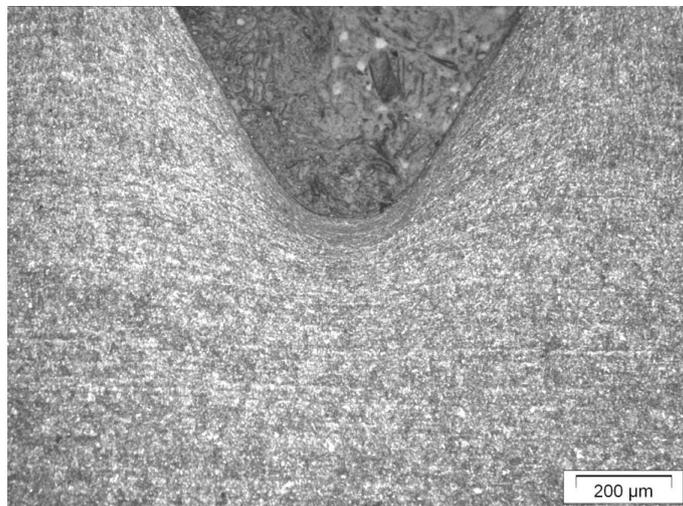


Figura 5 – Região da rosca do pino esférico. A superfície mostra um leve encruamento na raiz do filete, indicando possivelmente que os filetes foram obtidos através de conformação mecânica “não formada por remoção de material”.

Tabela 6 – Resultados obtidos no ensaio.

<b>Característica</b>	<b>Método de Avaliação</b>	<b>Critério de Aceitação Item 6.1.4.1</b>	<b>Lauda</b>
Estrutura metalográfica	Metalografia	Conforme ABNT 11568 Martensita Revenida Conforme ABNT NBR NM136	Atende a Norma
Descarbonetação Superficial total		Conforme ABNT 11299	

### 3.2 – Ensaio de torque de rotação do pino esférico do conjunto terminal de direção

Nesse ensaio avalia-se a resistência à rotação do pino esférico em seu alojamento da carcaça do terminal de direção e o resultado serve como base para avaliação da conformidade da montagem e projeto do produto avaliado.

Antes do ensaio o terminal foi mantido à uma temperatura de  $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  e disposto em um dispositivo de torção rigidamente fixado. A coifa de proteção foi removida e a célula de torque do equipamento foi ajustada adequadamente à carcaça e pino esférico. A Figura 6 apresenta o esquema da montagem do ensaio de torque de rotação.

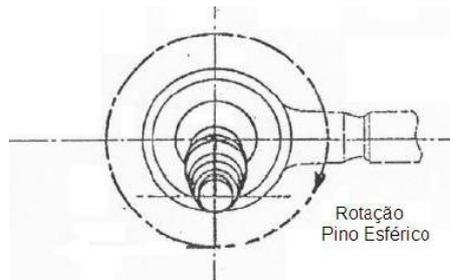


Figura 6 – Ilustração do esquema de montagem do ensaio de torção do pino esférico do terminal de direção [1].

Foi imposto um movimento rotacional no sentido horário, com velocidade angular constante de  $5 \pm 0,5$  rpm e a temperatura durante o ensaio foi mantida em  $24^{\circ}\text{C}$ . O valor de torque foi registrado durante a execução do ensaio, após o pino ter realizado cinco rotações completas. O valor de torque inicial foi registrado imediatamente à primeira movimentação do pino esférico. A Tabela 7 apresenta os resultados do ensaio de torção.

Tabela 7 – Resultados obtidos no ensaio de rotação do pino esférico.

Amostra	Diâmetro do Pino Esférico (mm)	Torque Inicial máximo após 24h em repouso (Nm)	Torque Máximo após 5 rotações completas (Nm)	Resultado
Critério de Aprovação Item 6.3.1	$29 \leq \phi \leq 35$	30	18	-
Amostra avaliada	30	4,20	4,43	Atende à norma

### 3.3 – Resistência ao arrancamento do pino esférico do conjunto terminal de direção

O ensaio de arrancamento do pino esférico do componente carcaça avalia a força máxima que o pino esférico resiste antes da soltura total do item. A força mínima especificada pela norma representa a condição mais crítica de utilização do item.

Para o ensaio o componente é fixamente rígido em um dispositivo acoplado à uma máquina universal de ensaios. A coifa de proteção foi removida e a célula de carga do equipamento foi ajustada adequadamente à rosca do pino esférico. Deve-se garantir que não haja folgas no sistema de fixação e que o suporte de apoio da carcaça não influencie nos resultados obtido no

ensaio. A Figura 7 apresenta o esquema da montagem do ensaio de arrancamento com indicação do sentido de aplicação das forças de tração e compressão aplicada (P1 e P2) que induz a separação entre o pino esférico e a carcaça.

A velocidade do ensaio foi de 1mm/min, com temperatura ambiente de 24°C. O ensaio foi realizado em uma Máquina Universal de Ensaio Emic DL 60000. A Figura 8 ilustra a montagem durante o ensaio de arrancamento do pino esférico do conjunto terminal de direção. A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos no ensaio.

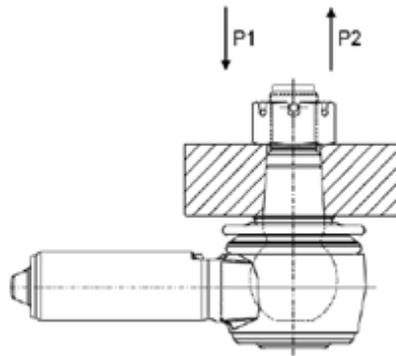


Figura 7 - Esquema da montagem do ensaio de arrancamento.



Figura 8 - Montagem durante o ensaio de arrancamento do pino esférico do conjunto terminal de direção.

Tabela 8 – Resultados obtidos no ensaio.

<b>Amostra</b>	<b>Diâmetro do Pino Esférico (mm)</b>	<b>Força de Tração (P1) mín. (kN)</b>	<b>Força de Compressão (P2) mín. (kN)</b>	<b>Resultado</b>
Critério de Aprovação Item 6.3.3	$29 \leq \phi < 34$	80	30	-
Amostra Avaliada	30	Obtido 88KN Sem Rompimento	Obtido 33KN Sem Rompimento	Atende à norma

### 3.4 – Elasticidade do pino esférico sob carga do conjunto terminal de direção

Na avaliação da elasticidade do pino esférico sob carga do conjunto terminal de direção, as folgas de axiais e radiais são avaliadas sob aplicação de um carregamento estático. O ensaio realizado em um dispositivo adequado em uma máquina universal de ensaios serve como base para a avaliação da conformidade do produto e eventuais desvios do processo produtivo. A folga máxima sob carga especificada pela norma representa a condição mais crítica de utilização do item.

Para o ensaio o componente é fixamente rígido em um dispositivo acoplado à uma máquina universal de ensaios. A coifa de proteção foi removida e a célula de carga do equipamento foi ajustada adequadamente à rosca do pino esférico. Deve-se garantir que não haja folgas no sistema de fixação e que o suporte de apoio da carcaça não influencie nos resultados obtidos no ensaio. A Figura 9 apresenta o esquema da montagem do ensaio com indicação do sentido de aplicação das forças de tração e compressão aplicada (F e F1), respectivamente para avaliação da folga axial e radial.

A velocidade do ensaio foi de 0,5 mm/min, com temperatura ambiente de 24°C. O ensaio foi realizado em uma Máquina Universal de Ensaio Emic DL 60000. A Tabela 9 apresenta os resultados obtidos no ensaio.

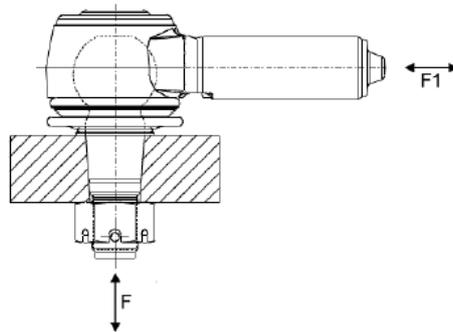


Figura 9 – Ilustração da montagem do ensaio de elasticidade do pino esférico

Tabela 9 – Resultados obtidos no ensaio.

Amostra	Diâmetro do Pino Esférico (mm)	Deslocamento Axial (F) (mm/N)	Deslocamento Radial (F1) (mm/N)	Resultado
Critério de Aprovação Item 6.3.2	$29 \leq \phi \leq 34$	$\leq 0,4/750$	$\leq 0,35/5000$	-
Amostra avaliada	30	0,19/750	0,35/5000	Atende à norma

## 4. CONCLUSÃO

O trabalho apresentou os resultados de um estudo de caso da avaliação de terminais e barras de direção. Os resultados apresentados resultados de algumas técnicas utilizadas na avaliação

desses produtos representam parte de um estudo bem mais completo e mostram que o produto avaliado atende à norma ABNT NBR 16130 e à Portaria do Inmetro nº 247 de 2013.

## 5. REFERÊNCIAS

- [1]. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16130**: 2012: veículos rodoviários automotores - terminais de direção, barras de direção, barras de ligação e conjuntos de barras axiais - requisitos e métodos de ensaio aplicados a veículos categorias M e N e categorias G e O (quando aplicável). Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 16p.
- [2]. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **PORTARIA N.º 247**: regulamento técnico da qualidade para terminais de direção, barras de direção, barras de ligação e terminais axiais. Rio de Janeiro: INMETRO, 03 de maio de 2013. 16p.