

REGULAMENTO PARA O CADASTRAMENTO TÉCNICO DE EMPRESAS INTERESSADAS EM SUBMETER-SE A PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO E HOMOLOGAÇÃO DE PRODUTOS PARA FUTURA AQUISIÇÃO PELA COMPANHIA DO METRÔ.

CAPITULO I – DO OBJETO

Artigo 1º - O presente regulamento tem por objeto estabelecer condições e critérios para o cadastramento técnico de empresas interessadas em submeter-se a processo de desenvolvimento e homologação de produtos para futura aquisição pela COMPANHIA DO METRÔ.

Parágrafo único – Entende-se por desenvolvimento e homologação de produto, a submissão de produto ou material específico não encontrado no mercado, que necessite ser fabricado ou adequado às finalidades determinadas pela COMPANHIA DO METRÔ e também produto ou material que, embora existente no mercado, necessite ser testado para a sua adequação às finalidades determinadas pela COMPANHIA DO METRÔ.

Artigo 2º – A COMPANHIA DO METRÔ tornará público aviso específico para o cadastramento técnico para homologação de determinado produto, cujo processamento é regido pelo presente Regulamento.

Artigo 3º – O cadastro técnico, objeto do presente regulamento, não substitui, mas completa, no que concerne à qualificação técnica, o registro da empresa no Cadastro de Fornecedores da COMPANHIA DO METRÔ ou outro pela mesma utilizado, destinado à habilitação em licitações.

Artigo 4º – O desenvolvimento e homologação serão executados de acordo com as características e processos descritos no(s) Documento(s) Técnico(s) específicos para cada produto, e que serão fornecidos aos interessados, juntamente com cópia do Aviso, de que trata o artigo 9º, I do presente Regulamento.

Parágrafo único – Para cada processo de homologação e em função dos requisitos técnicos específicos de cada caso, haverá um rol detalhado de quais testes deverão ser executados e onde deverão ser realizados. O Documento Técnico que descreve o produto a homologar também deverá conter os procedimentos dos testes, bem como as condições e locais de execução e os parâmetros de aceitação e aprovação.

Artigo 5º – Todos os custos inerentes ao desenvolvimento tecnológico e homologação de produtos correrão por conta das respectivas empresas interessadas, estando aqui inclusas, quando couber e definido no Documento Técnico, as despesas associadas a contratações de centros e/ou laboratórios de pesquisa independentes, como o caso do INMETRO, IPT etc.

CAPITULO II – CONDIÇÕES DE PARTICIPAÇÃO

Artigo 6º – Poderão participar do cadastramento, apresentando a documentação exigida, empresas juridicamente constituídas, que demonstrem experiência técnica e tradição industrial, e que atendam todas as condições estabelecidas no aviso de Cadastramento e neste Regulamento.

Artigo 7º – Não poderão participar do cadastramento empresas que estejam impedidas ou suspensas para participar de licitações e contratar com a COMPANHIA DO METRÔ, e conseqüentemente, com a Administração do Estado de São Paulo, bem como aquelas que tenham sido declaradas inidôneas por ato do Poder Público em qualquer de suas esferas de Governo.

Artigo 8º – Poderão participar do cadastramento por estrangeiros que não estabelecidos no Brasil, que tenham representantes na forma da Lei, com poderes para praticar todos os atos decorrentes do cadastramento além dos poderes de receber citação e responder administrativa ou judicialmente.

Artigo 9º – Não será permitido o cadastramento de empresas sob forma de consórcio.

CAPITULO III - DOCUMENTOS PARA O CADASTRAMENTO

Artigo 10º – O desenvolvimento e homologação do produto será processado individualmente para cada empresa, mediante cadastramento prévio que atenda o seguinte procedimento:

I – Além de jornais de grande circulação no país, poderá a COMPANHIA DO METRÔ, mediante justificativa da área comercial, publicar também em jornais de outros países;

II - O requerimento para cadastramento a ser elaborado conforme modelo Anexo I, deste Regulamento, deverá ser entregue na Rua Boa Vista, 175, 2º andar, no prazo e horário estabelecidos no Aviso de Convocação referido no inciso I deste artigo, acompanhado da cópia do Aviso e dos seguintes documentos:

a) Ato Constitutivo, Estatuto ou Contrato Social em vigor, acompanhado de prova dos administradores em exercício, devidamente registrados na Junta Comercial ou Cartório de Registros competente.

b) Prova de inscrição no Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas – CNPJ, nos moldes da IN – RFB 568/05.

c) Atestado (s) de capacidade técnica emitido (s) por pessoa (s) jurídica (s), de direito público ou privado, em nome da requerente, que comprove (m) ter ela executado ou estar executando fabricação e fornecimento de material pertinente e compatível com o objeto da homologação;

d) Documentos técnicos (catálogos, desenhos etc.) quanto ao processo produtivo e os requisitos técnicos.

e) Organograma da estrutura funcional, administrativa e técnica que será responsável pelo acompanhamento e execução dos procedimentos relativos ao cadastramento específico.

§ 1º Para fins de comprovação dos documentos indicados nas alíneas acima, a requerente poderá apresentar documentos de terceiros, desde que comprovado a sucessão ou transferência de tecnologia para a interessada, mediante apresentação de documentos hábeis para tanto, e devidamente registrados.

§ 2º Toda e qualquer documentação apresentada, à exceção da documentação técnica, deverá ser em língua portuguesa. Caso seja apresentada em língua estrangeira, deverá estar acompanhada de tradução juramentada. No caso de empresa estrangeira, além da tradução juramentada, os documentos, que poderão ser substituídos por documentos equivalentes segundo legislação própria, deverão estar autenticados pelos respectivos consulados.

§ 3º Na eventualidade do país da empresa estrangeira ter firmado Convenção de Cooperação Jurídica em Matéria Civil, Comercial, Trabalhista e Administrativa com o Brasil, a autenticação dos documentos pelos respectivos consulados fica dispensada, devendo ser apresentada original da referida Convenção, cuja autenticação será feita no momento da apresentação dos documentos.

§ 4º Todos os documentos deverão ser apresentados em sua forma original e sob qualquer forma de cópia, para a autenticação a ser feita pelo servidor.

§ 5º O cadastramento de produtos de aquisição constante, deverá manter-se aberto às empresas interessadas e ser publicado no Diário Oficial do Estado de São Paulo – D.O.E, no mínimo, uma vez por ano.

Artigo 11 – A COMPANHIA DO METRÔ poderá, se assim entender necessário, efetuar visitas às dependências industriais das requerentes para fins de avaliação técnica quanto ao domínio do processo produtivo (pessoal técnico), assistência de equipamentos para produção, máquinas e dos dispositivos.

CAPITULO IV – HOMOLOGAÇÃO DO PRODUTO

Artigo 12 – Concluído o processo de homologação, será emitido “Certificado de Homologação” do produto às requerentes aprovadas.

Artigo 13 - Será publicado Aviso dos produtos homologados no Diário Oficial do Estado de São Paulo – DOE, e em um jornal diário de grande circulação, e notificadas as requerentes via e-mail ou carta enviada por correio ou fax.

Artigo 14 – Não será permitida a transferência do Certificado de Homologação a terceiros, exceto com casos comprovados de sucessão ou transferência de tecnologia mediante apresentação da documentação comprobatória, devidamente registrada.

Artigo 15 – A homologação não se revestirá de caráter de exclusividade, sendo que a COMPANHIA DO METRÔ adquirirá os produtos homologados por meio de certame licitatório de qualquer empresa participante que tenha seu produto homologado.

CAPITULO V – DISPOSIÇÕES FINAIS

Artigo 16 - A COMPANHIA DO METRÔ poderá, a qualquer tempo, revogar este Regulamento, sem que caiba qualquer indenização às interessadas.

Artigo 17 – O presente Regulamento, bem como as cláusulas e condições do contrato, poderão ser modificados pela COMPANHIA DO METRÔ, a qualquer tempo, objetivando o atendimento de situações que porventura não tenham sido previstas e que atendam ao interesse público.

§ 1º – Eventuais alterações deste Regulamento serão publicados no Diário Oficial do Estado de São Paulo – D.O.E.

Artigo 18 – Do indeferimento do pedido de cadastramento, caberá Recurso Administrativo ao Presidente da COMPANHIA DO METRÔ, no prazo de 05 (cinco) dias úteis contados do recebimento do documento de indeferimento, que poderá ser feita por fax (011 – 3291.5351) e/ou carta com AR endereçada à Gerência de Contratações e Compras – GCP, situada na Rua Boa Vista, 175 – 2º andar.

Artigo 19 – O presente Regulamento foi aprovado na Reunião de Diretoria da COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO – METRÔ, ocorrida no dia 23/07/2008, e entrará em vigor a partir de sua publicação no Diário Oficial do Estado de São Paulo - D.O.E.

Artigo 20 – Acompanha este Regulamento, como Anexo I, modelo de Requerimento para futuro cadastramento das empresas interessadas.

MODELO DE REQUERIMENTO PARA CADASTRAMENTO

(em papel timbrado da empresa)

Local e data

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO - METRÔ
São Paulo - SP.

**CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA DE EMPRESAS INTERESSADAS EM SUBMETER-SE A
PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO E HOMOLOGAÇÃO DE PRODUTO
IDENTIFICADO PELA COMPANHIA DO METRÔ.**

Prezados Senhores

Após exame do Regulamento para cadastramento técnico de empresas interessadas em submeter-se a processo de desenvolvimento e homologação de produtos para futura aquisição pela COMPANHIA DO METRÔ e de seu anexo, apresentamos os documentos ali exigidos visando nossa qualificação técnica e jurídica para o desenvolvimento tecnológico e homologação de produto a seguir identificado:

Estamos cientes que o atendimento a este Regulamento importa na aceitação incondicional da legislação em vigor.

No caso de sermos qualificados, concordamos com os prazos de desenvolvimento e homologação a serem estabelecidos pela COMPANHIA DO METRÔ.

Confirmamos, ainda os seguintes dados:

- Razão Social Completa :
- Endereço completo:
- CEP
- CNPJ:
- Inscrição Estadual:
- Nome da pessoa para contato:
- Telefone/ramal:
- E-mail:

(assinatura de pessoas autorizadas)

Tipo de Documento: INSTRUÇÃO COMPLEMENTAR - IC

Assunto: DISCOS DE FREIO DOS METROCARROS - DIRETIVAS PARA PROJETO E FABRICAÇÃO

Linha/Frota: Geral Sistema MATERIAL RODANTE FN 1FR
 Emitente: EPR-MCN Subistema Conj.: Sistema de Freio
 Vigência: 27/03/15 Equipamento/Subconj.: Conjunto do Freio a Disco

Documentos de Referência
 - no âmbito do Disco de Freio: DE-9.86.01.33/730-003 e EM-9.86.01.33/730-001;
 - no âmbito da Sapatilha de Freio: DE-9.86.01.50/700-002 e EM-9.86.01.50/700-001.

Documentos Resultantes

Observações
 ATE 64.701 e ATE 102.666

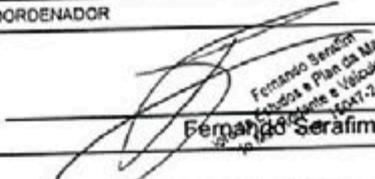
EMIÇÃO

NOME	RG	TÍTULO PROFISSIONAL	Nº do CREA	VISTO
Jorge Francisco da Silva	17.096-1	Engenheiro de Produção	682325973	

RESPONSÁVEL TÉCNICO

NOME	RG	TÍTULO PROFISSIONAL	Nº do CREA	VISTO
Julius Cezar Baracho	18.518-7	Engenheiro Industrial Mecânico	5060672233	

APROVAÇÃO

SUPERVISOR	COORDENADOR
 Julius Cezar Baracho	 Fernando Serafim Fernando Serafim Engenheiro e Planejador de En- chaves e Veículos Aux 4047-2 19 MAR 2015

REVISÃO

Nº	DATA	HISTÓRICO	RG DO RESP. TÉC.
00	20/03/15	Emissão do documento.	18.518-7



ÍNDICE

1 OBJETIVO.....	4
2 APLICABILIDADE.....	4
3 INTRODUÇÃO.....	4
3.1 DISCO DE FREIO – DESCRIÇÃO.....	4
3.2 DISCO DE FREIO – INSTALAÇÃO.....	5
4 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	6
4.1 QUANTO AOS CONCEITOS E TERMINOLOGIA.....	6
5 DISCO DE FREIO – DIRETIVAS PARA PROJETO.....	6
5.1 PREMISSAS.....	6
5.2 QUANTO AO CARREGAMENTO E TEMPERATURA.....	7
5.3 QUANTO AOS REQUISITOS DE DESEMPENHO.....	7
5.3.1 Desempenho da Frenagem (Serviço e Emergência).....	7
5.3.2 Níveis de Ruído – Valores Admissíveis.....	8
5.3.3 Dissipação térmica e emissão de odor.....	8
5.4 QUANTO AOS ESFORÇOS MECANICOS E TÉRMICOS.....	9
5.4.1 Esforços Primários (Forças Nominais aplicadas no raio frenante).....	9
5.4.2 Esforços Secundários (Esforços Estruturais).....	11
6 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL (Modelagem Numérica e/ou Analítica).....	14
6.1 PROJETO E CÁLCULO ESTRUTURAL.....	14
6.2 PROCESSO DE FABRICAÇÃO.....	15
7 DIRETIVAS PARA FABRICAÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE.....	15
7.1 QUANTO AOS MATERIAIS EMPREGADOS (Aquisição e Aplicação de Insumos)....	16
7.2 QUANTO AS ROTINAS DE INSPEÇÃO.....	16
7.2.1 Cubo Forjado.....	16
7.2.2 Pista Fundida.....	16
7.2.3 Disco de Freio – Produto Final.....	17
7.3 QUANTO AOS DEFEITOS DE FABRICAÇÃO – PADRONIZAÇÃO.....	17



7.4 QUANTO AOS DEFEITOS DE FABRICAÇÃO – TIPIFICAÇÃO.....	17
7.4.1 Defeitos Típicos do Processo de Laminação ("Blanks" para o Cubo).....	18
7.4.2 Defeitos Típicos do Processo de Forjamento (Cubo).....	18
7.4.3 Defeitos Típicos do Processo de Fundição (Pista).....	18
8 DIRETIVAS PARA GARANTIA TÉCNICA.....	19
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
9.1 PARA PROJETO E DESENVOLVIMENTO.....	20
9.2 PARA CARACTERIZAÇÃO DE DEFEITOS DE FUNDIÇÃO.....	20
9.3 PARA CARACTERIZAÇÃO DE DEFEITOS DE USINAGEM E ACABAMENTO.....	21

1 OBJETIVO

Estabelecer as diretrizes para o processo de homologação de discos de freio para os metrocarros, em complemento a EM-9.86.01.33/730-001 (Especificação de Material – Discos de Freio dos Metrocarros – Critérios para Homologação e Fornecimento), com ênfase para as orientações gerais a serem considerados nas etapas de projeto, desenvolvimento e fabricação deste componente por empresa especializada.

2 APLICABILIDADE

Metrocarros pertencentes as frotas: A, D, E, G, I, J, K e L.

3 INTRODUÇÃO

3.1 DISCO DE FREIO – DESCRIÇÃO

O disco de freio tem a função de reduzir o movimento giratório das rodas dos metrocarros ao receber o atrito das sapatilhas de freio e dissipar o calor resultante desse processo.

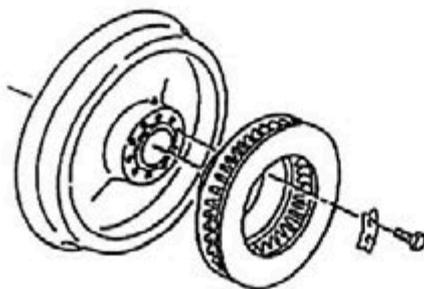


Fig. 1: Disco de Freio – Instalação

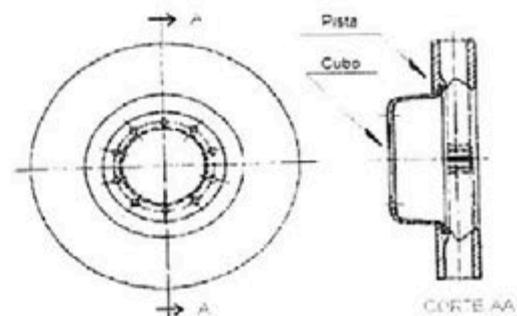


Fig. 2: Disco de Freio – Nomenclatura

3.2 DISCO DE FREIO – INSTALAÇÃO

Externamente a cada uma das rodas dos metrocarrros é instalado um disco de freio, sobre o qual atuam duas sapatilhas de freio (uma por face de atrito). A fixação do disco de freio ao cubo da roda é feita por parafusos, travados com chapas de segurança – vide figura 3.

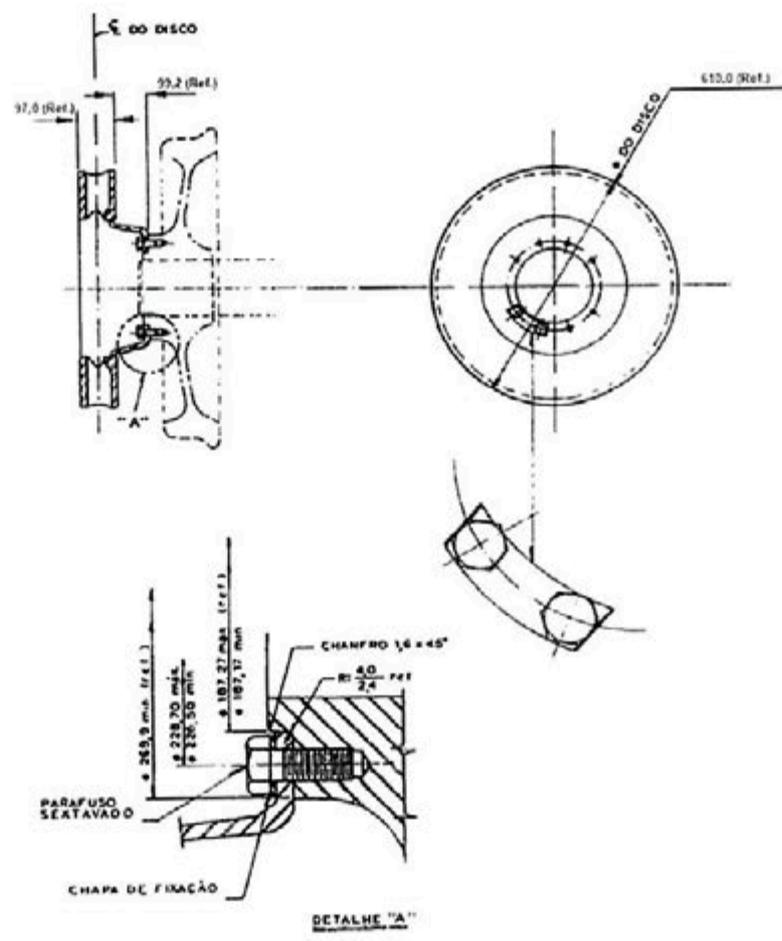


Fig. 3: Disco de Freio – Instalação

4 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O desenvolvimento das atividades previstas neste documento deverão atender, prioritariamente, as recomendações e critérios definidos pela EM-9.86.01.33/730-001 (Especificação de Material – Discos de Freio dos Metrocarros – Critérios para Homologação e Fornecimento).

Portanto, de modo geral, este documento terá caráter complementar ao texto da referida especificação, isto é, seu conteúdo estará restrito a orientações, ressalvas e/ou esclarecimentos adicionais.

4.1 QUANTO AOS CONCEITOS E TERMINOLOGIA

Os conceitos e a terminologia utilizadas pelo Metrô ao longo deste desenvolvimento, notadamente, no que se refere a identificação de incorreções de projeto e a caracterização de defeitos de fabricação, será aquela consagrada tecnicamente para esta finalidade. Para tanto, com o objetivo padronizar a linguagem dirimindo eventuais dúvidas, o Metrô adotou uma bibliografia acadêmica mínima sobre este tema com caráter de referência (item 9).

5 DISCO DE FREIO – DIRETIVAS PARA PROJETO

O sistema de frenagem por atrito foi projetado para atender os requisitos de desempenho e qualidade estabelecidos originalmente na especificação dos trens, e ainda, para garantir que a transição do freio elétrico para o freio de atrito resulte numa frenagem segura, suave e isenta de solavancos.

Neste sentido, o sistema de frenagem por atrito realiza, para quaisquer variações de carregamento, as seguintes funcionalidades:

- substituição da frenagem elétrica no final da parada (de 8km/h até a 0km/h);
- aplicação de freio de serviço, em caso de falta do freio elétrico do carro;
- aplicação de freio de emergência em situações específicas para garantia da segurança.

5.1 PREMISSAS

No caso da frota G, o sistema de frenagem por atrito apresenta as seguintes características:

- 4 eixos rodeiros por carro (sendo 2 rodas por eixo);
- 1 disco de freio por roda (8 discos por carro), totalizando 48 discos por composição;
- área de contato (sapatilha/disco de freio) – 350 cm² (por face de desgaste);
- raio frenante (disco de freio) – 241,3 mm;
- diâmetro nominal dos discos de freio – 609,6 mm;
- faixa de diâmetro das rodas – de 820 mm (novo) até 730 mm (usado);
- coeficiente de atrito dinâmico (sapatilha/disco de freio) – 0,38.



Porém, os discos de freio deverão ser projetados de modo a atender a todas as condições de operação, inclusive os picos de demanda, ou seja, para situações que combinem:

- modo de aplicação – freio de emergência;
- carregamento – trem carregado (8 passageiros/m²);
- velocidade: – de 100km/h até a parada total (0km/h);
- temperatura estabilizada (medida no disco de freio) – entre 35°C e 200°C (máxima);
- sapatilha de freio – material de atrito aplicado originalmente (Referência 918 UIC350 da BECORIT) ou aquele homologado pelo Metrô para faixa de ajuste de pressão C-15 (conforme EM-9.86.01.50/700-001).

5.2

QUANTO AO CARREGAMENTO E TEMPERATURA

CARACTERÍSTICA	UNID	CARRO					
		MA1	MB1	MB1	MB2	MB1	MA2
<i>Frota G (A96)</i>							

Peso

Carro Vazio – AW0	daN	40.129	38.579	38.579	38.579	38.579	40.129
Carro Carregado – AW04 (8 passageiros/m ²)	daN	60.997	60.291	60.291	60.291	60.291	60.997

Massa Girante por carro	daN	4.011	3.864	3.864	3.864	3.864	4.011
-------------------------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Velocidade Máxima de Trabalho	km/h	100					
-------------------------------	------	-----	--	--	--	--	--

Disco de Freio

Temperatura Máxima de Teste (Nominal Estabilizada)	°C	300					
Temperatura Máxima de Trabalho (Excepcional Estabilizada)	°C	350					

NOTA: A temperatura máxima de trabalho é aquela imposta ao disco de freio, pelo sistema de frenagem por atrito, nos casos de falha no freio elétrico (quando prevalece o freio de atrito).

5.3

QUANTO AOS REQUISITOS DE DESEMPENHO

5.3.1

Desempenho da Frenagem (Serviço e Emergência)

O desempenho da frenagem dos trens da Frota G enquadra-se nos seguintes valores admissíveis:



- da velocidade inicial de 80 km/h até a parada (0 km/h).

TIPO DE FRENAGEM	MÓDULO DA ACELERAÇÃO [m/s ²]		
	Valor Nominal (an)	Valor Admissível (aa)	
		Mínimo (aa = an - 0%)	Máximo (aa = an + 20%)
Freio de Serviço	1,2	1,2	1,44
Freio de Emergência	1,5	1,5	1,80

- da velocidade de 10km/h até a parada total.

TIPO DE FRENAGEM	MÓDULO DA ACELERAÇÃO [m/s ²]		
	Valor Nominal (an)	Valor Admissível	
		Mínimo (aa = an - 5%)	Máximo (aa = an +25%)
Freio de Serviço	1,2	1,140	1.500
Freio de Emergência	1,5	1,425	1.875

- quanto a limitação de solavancos ("jerk").
A condição de conforto (caracterizada pela limitação de solavancos – "jerk") será mensurada pela variação da desaceleração com o tempo, cujos resultados deverão situar-se entre 0,5 e 1,5 m/s³.

5.3.2 Níveis de Ruído – Valores Admissíveis

Os níveis de ruído gerados deverão atender aos requisitos das normas ISO 3095 Acoustics – Measurement of Noise Emitted Railbound Vehicles e ISO 3381 Acoustics – Measurement of Noise Inside Railbound Vehicles, como segue:

- Ruído Externo** – medido na plataforma da estação a 7,5m do carro, de acordo com a ISO 3095, deverá ser igual ou inferior a 85dBA – trem vazio chegando na plataforma e partindo, até a velocidade de 25 km/h, com todos os equipamentos funcionando.
- Ruído Interno** – medido a 1,2m do piso e na linha de centro do carro, de acordo com a ISO 3381, deverá ser inferior a 80dBA – trem vazio, em movimento na via reta, aberta e em velocidade máxima operacional, com todos os equipamentos funcionando.

NOTA: A medição dos níveis de ruído deverá ser realizada em via reta, sem obstáculos que possam influenciar nos valores das medições.

5.3.3 Dissipação térmica e emissão de odor

O Produto Final (ou seja, o disco de freio resultante do processo de homologação), durante as frenagens realizadas em condições normais de operação (vide item 5.1), não deverá emitir odor perceptível aos passageiros (tanto no interior, quanto no exterior dos metrocarros).

5.4 QUANTO AOS ESFORÇOS MECANICOS E TÉRMICOS

5.4.1 Esforços Primários (Forças Nominais aplicadas no raio frenante)

Tratam-se das forças a que são submetidos os discos de freio, durante a frenagem dos metrocarros, com o objetivo de atender os requisitos de desempenho estabelecidos (limites máximos de carregamento e taxa de desaceleração – vide itens 5.2 e 5.3.1), como segue.

a) esforço sobre as pistas (Força Horizontal de Frenagem – FHF):

É a força aplicada perpendicularmente as faces de atrito do Disco de Freio, como resultado da ação do cilindro pneumático combinado com a alavanca formada pelo conjunto da timoneria de freio.

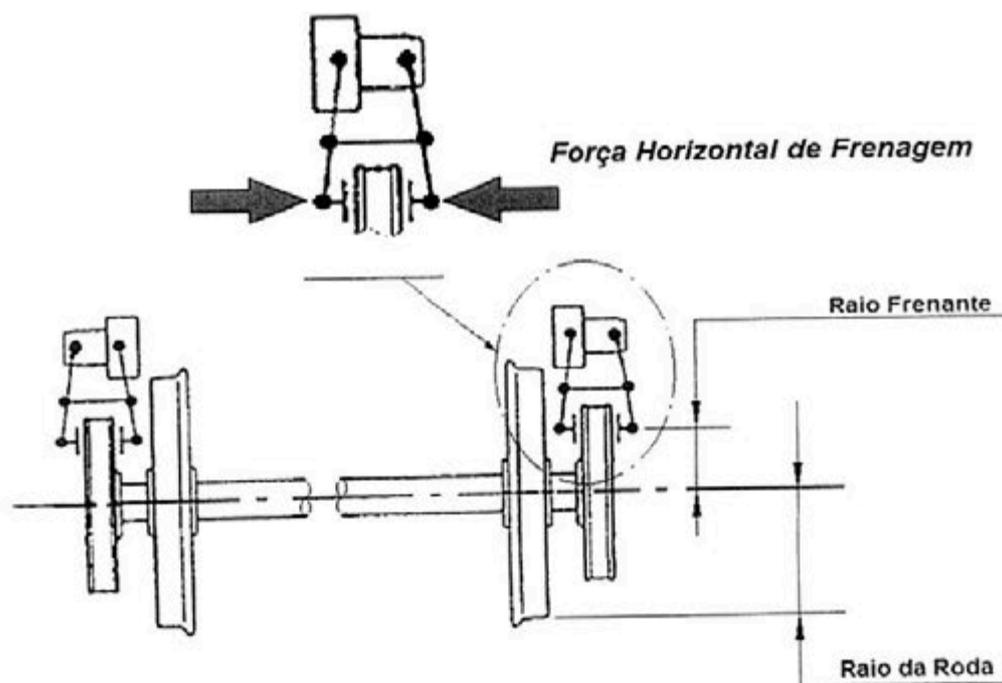


Fig. 5: Força Horizontal de Frenagem – FHF – Diagrama de Aplicação

ESFORÇO SOBRE AS PISTAS DE FRENAGEM Força aplicada sobre cada Disco de Freio	UNID	CARRO					
		MA1	MB1	MB1	MB2	MB1	MA2
<i>Freio de Serviço</i>							
Carro Vazio – AW0	daN	2.961,0	2.847,0	2.847,0	2.847,0	2.847,0	2.961,0
Carro Carregado – AW04	daN	4.395,0	4.339,0	4.339,0	4.339,0	4.339,0	4.395,0
<i>Freio de Emergência</i>							
Carro Vazio – AW0	daN	3.715,0	3.572,0	3.572,0	3.572,0	3.572,0	3.715,0
Carro Carregado – AW04	daN	5.507,0	5.437,0	5.437,0	5.437,0	5.437,0	5.507,0

b) esforço retardante (Força Tangencial de Frenagem – FTF): 3.000 daN;

É a força tangencial ao raio frenante imposta ao Disco de Freio durante a frenagem no limite máximo das condições preestabelecidas: carro tipo "MA", carregamento máximo (incluindo massa girante), rodas "novas" e em frenagem de emergência.

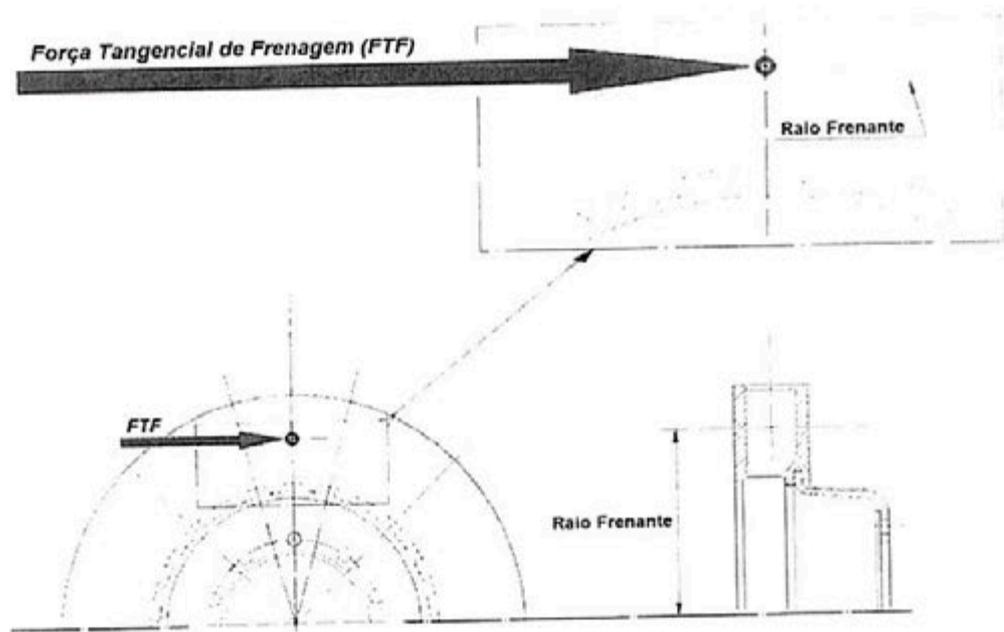


Fig. 6: Força Tangencial de Frenagem – FTF – Diagrama de Aplicação

5.4.2 Esforços Secundários (Esforços Estruturais)

O Disco de Freio, além de suportar os esforços frenantes inerentes ao regime de trabalho, deverá ser projetado para resistir a ação (isolada ou combinada) dos seguintes esforços estruturais associados (valores mínimos):

- a) esforço de compressão das pistas (Força de Compressão Estrutural – FCE): 10.000 daN;

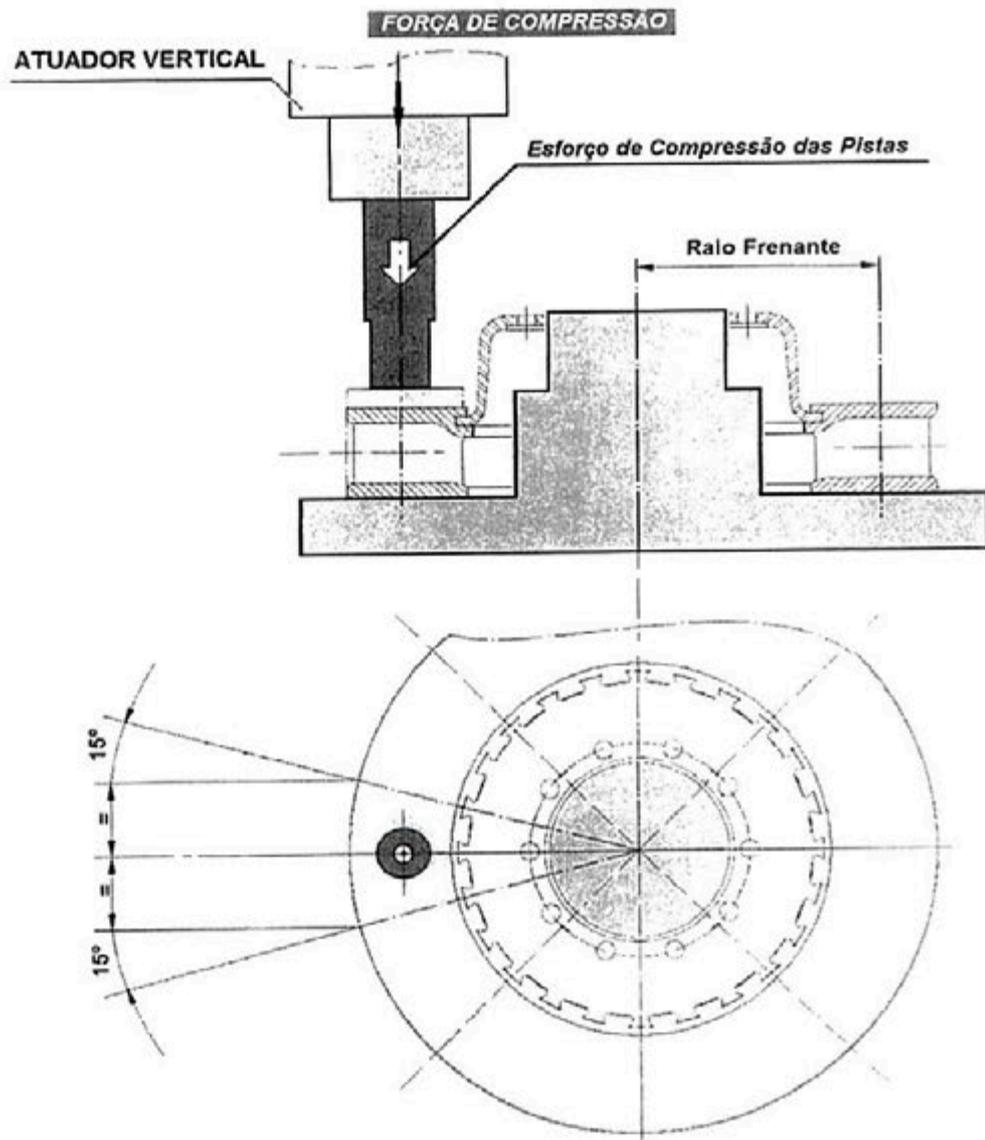


Fig. 7: Força de Compressão – FC – Diagrama de Aplicação



b) esforço lateral aplicado no raio frenante (Força Horizontal Estrutural – FHE):
1.000 daN

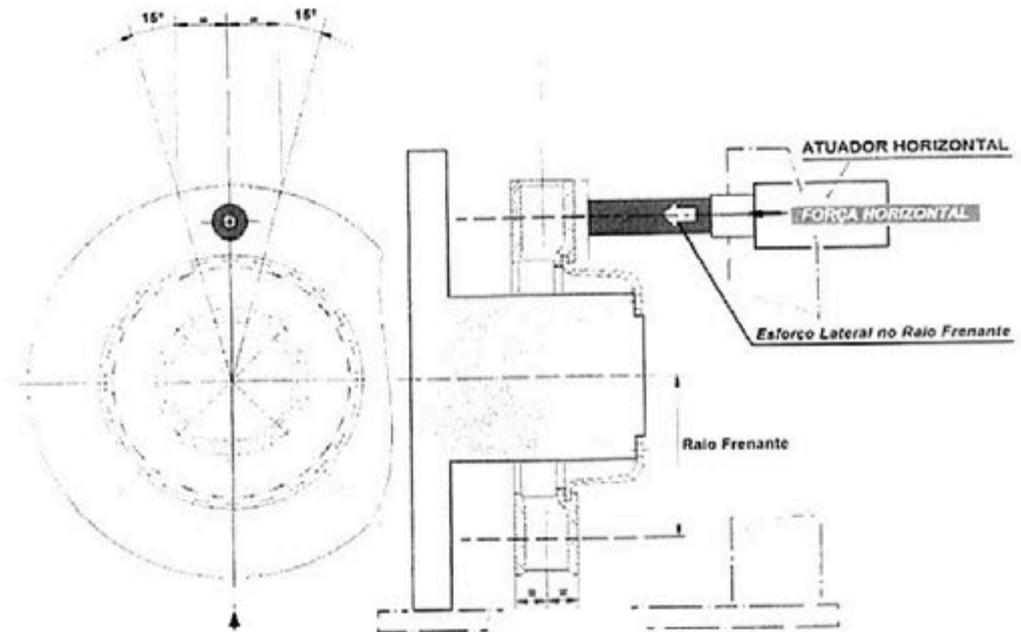


Fig. 8: Força Horizontal Estrutural – FHE – Diagrama de Aplicação

c) esforço vertical aplicado no raio frenante (Força Vertical Estrutural – FVE):
6.000 daN

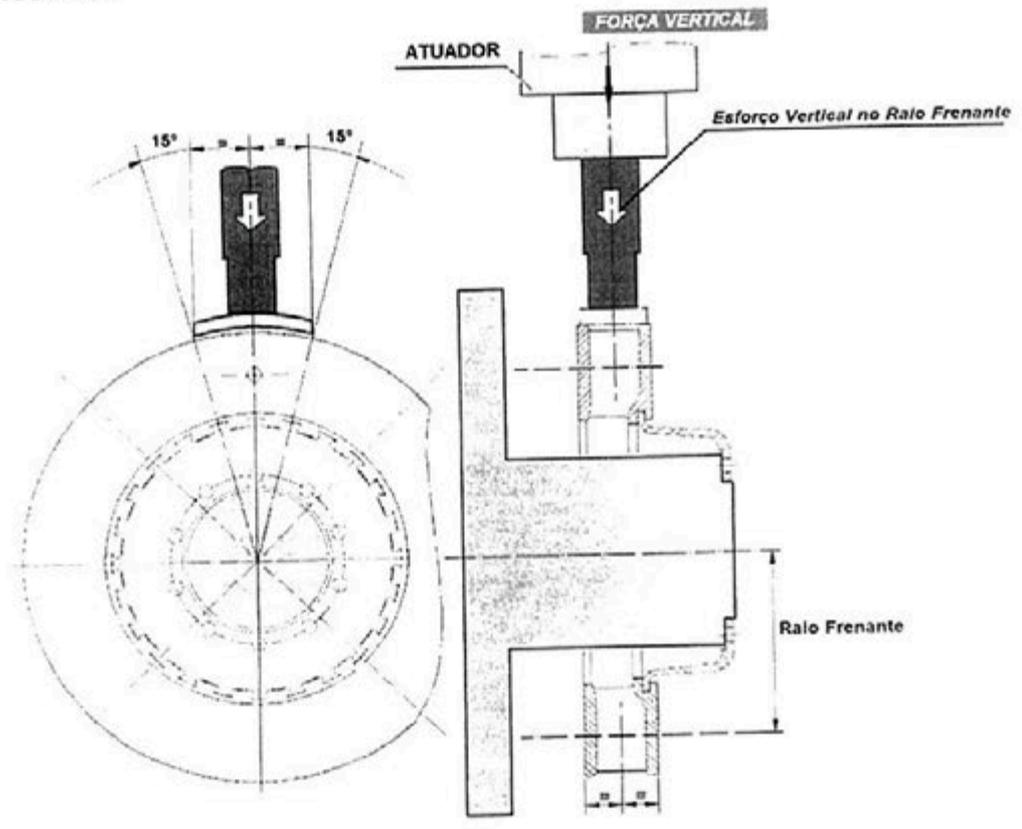


Fig. 9: Força Vertical Estrutural – FVE – Diagrama de Aplicação



6 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL (Modelagem Numérica e/ou Analítica)

O Metrô:

- efetivará as rotinas de validação, por meio dos testes e avaliações descritas ao longo deste e dos demais documentos correlatos (vide EM-9.86.01.33/730-001);
- pressupõe que o Proponente, a fim de racionalizar o uso de seus recursos, disponha de meios adequados e suficientes para antecipar as rotinas de validação, em especial com relação ao processo de fabricação, por meio de simulações elaboradas com o auxílio de recursos computacionais dedicados e consagrados para suas respectivas aplicações.

6.1 PROJETO E CÁLCULO ESTRUTURAL

O Proponente deverá, na medida do possível, respeitar o projeto original do disco de freio, de forma a evitar incompatibilidades com os demais componentes/equipamentos (sejam elas de natureza dimensional ou funcional).

Entretanto, quando requerido pelo processo de homologação, o Proponente deverá desenvolver a revisão do projeto do disco de freio (alterações e/ou detalhamento), considerando os carregamentos/esforços citados anteriormente (item 5) ou aqueles definidos, conjuntamente, entre Metrô e Proponente, a partir dos dados originais de projeto (**Produto Padrão**).

Esse novo projeto poderá, a critério do Proponente, ser desenvolvido com auxílio de análise estrutural por MEF – Método dos Elementos Finitos, de forma a simular as cargas atuantes e as tensões resultantes, nas frequências e pontos críticos e assim dimensionar uma configuração adequada a sustentar estes esforços ao longo da vida útil dos trens, levando em conta o limite de fadiga projetado para esse componente.

A análise por MEF – Método dos Elementos Finitos, em cada uma de suas etapas (ou seja, parametrização, modelamento matemático, compatibilização entre os elementos utilizados, software adotado, etc.), deverá ser submetida a aprovação prévia pelo Metrô.

O encerramento desta etapa se dará pela emissão do relatório técnico pertinente para apreciação do Metrô.



6.2 PROCESSO DE FABRICAÇÃO

O Proponente deverá dispor de meios para simulação numérica do processo de fundição, que permitam a determinação do sistema de alimentação e enchimento, assim como a previsão dos fenômenos associados ao vazamento (preenchimento das cavidades) e à solidificação do metal, bem como a identificação das regiões propensas à incidência de porosidade, zonas frias. E como resultado, o estabelecimento da correlação entre a simulação efetuada e as características técnicas do produto obtido (de microestrutura final, propriedades mecânicas e tensões residuais).

Caberá ao Proponente comprovar a qualidade dos resultados obtidos, pela avaliação da inter-relação entre os seguintes aspectos:

- Software utilizado – desde a avaliação da qualidade dos dados de entrada e das condições de contorno.
- Soluções adotadas – demonstração de que as soluções adotadas, tanto construtivas quanto de processo, sanem os problemas identificados pela simulação computacional.

7

DIRETIVAS PARA FABRICAÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE

O processo de fabricação deverá combinar as técnicas necessárias para garantir os parâmetros de projeto, sem que haja comprometimento dos requisitos de qualidade e desempenho (item 5).

O Proponente deverá demonstrar que a qualidade do seu produto resulta da seguinte combinação:

- Controle do processo produtivo – via robustez do processo e/ou das rotinas de inspeção, notadamente, nas etapas de recebimento de materiais, forjamento do cubo e fundição da pista.
- Qualificação da mão de obra – em especial, aquela responsável pelas etapas de inspeção por meio de END (Ensaio Não Destrutivo).

Para tanto, o Metrô recomenda a prática de verificações e/ou inspeções intermediárias, ao longo do processo de produtivo, as quais deverão respeitar as limitações inerentes a cada etapa (inclusive, quando aplicável, o padrão de amostragem para sua realização, a ser definida conjuntamente entre Metrô e Proponente).

Portanto, caberá ao Proponente adotar processos de fabricação que evitem a divergência com relação aos parâmetros estabelecidos ou a ocorrência dos defeitos relacionados, uma vez que constituirão motivo para reprovação dos discos de freio.

7.1 QUANTO AOS MATERIAIS EMPREGADOS (Aquisição e Aplicação de Insumos)

Os elementos e compostos utilizados na composição dos materiais e insumos empregados na fabricação dos discos de freio deverão enquadrar-se nos padrões e limites estabelecidos pela normatização e/ou legislação específica, conforme o caso (trabalhista ou ambiental).

De modo geral, o Proponente deverá registrar os certificados comprobatórios de origem e, eventuais divergências com relação as metas preestabelecidas, para todos os materiais empregados na confecção dos componentes do disco de freio.

7.2 QUANTO AS ROTINAS DE INSPEÇÃO

7.2.1 Cubo Forjado

Considerando que o cubo do disco de freio será resultante do forjamento de bases circulares ("Blanks"), obtidas pelo recorte de chapas de aço laminadas, sua qualidade deverá ser comprovada pelo subfornecedor por meio do fornecimento de:

- a) Certificados de Análise Química e de Ensaio Mecânicos (Dureza e Resistência a Tração);
- b) Certificado de Ultrassom – cuja abrangência poderá variar, conforme o caso, desde a chapa como um todo, até os "Blanks", previamente recortados.

O cubo, depois de forjado, será submetido a uma usinagem preparatória para fundição das pistas, após a qual recomendamos a realização de inspeção dimensional.

7.2.2 Pista Fundida

A fim de garantir a qualidade do material empregado nas pistas (ferro fundido cinzento), o Proponente deverá controlar rigorosamente a etapa de fundição, em suas diversas fases, como segue:

- a) Seleção da Sucata – a sucata será selecionada em função da sua adequação a especificação do material da pista (por meio da verificação da composição química, nível de oxidação e presença de resíduos – água, graxa, óleo, etc.).
- b) Preparação da Sucata – limpeza da sucata selecionada por jateamento.
- c) Documentação das Corridas – as cargas do forno deverão ser planejadas e registradas quanto ao número da corrida, temperatura de vazamento, faixa de composição (especificada x obtida).
- d) Vazamento das Cargas – monitoramento das cargas de vazamento, com relação a composição química (mediante a coleta de, pelo menos, três amostras de matéria-prima para análise) e as temperaturas do metal fundido e do molde.
- e) Desmoldagem e Jateamento
- f) Inspeção de Fundição – inspeção visual e medição de dureza das pistas.



7.2.3 Disco de Freio – Produto Final

A despeito das rotinas de validação estabelecidas para o processo de fabricação do Disco de Freio, o Proponente poderá incluir, a seu critério, etapas intermediárias de inspeção e controle, tais como:

ITEM	NORMA	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	REF. (Detalhes)
1	–	Inspeção Visual	–
2	–	Inspeção Dimensional e Geométrica	(NOTA)
3	NBR 15691	Inspeção da pista – superfícies fundidas – regiões sujeitas a "junta fria" (Ensaio de Líquidos Penetrantes)	–
4	NBR 6002	Inspeção do cubo – paredes forjadas – regiões sujeitas a "dupla laminação" (Ensaio de Ultrassom)	–

NOTA: A etapa correspondente a inspeção dimensional e geométrica deverá ser realizada tomando por referência o desenho básico aprovado pelo Metrô.

7.3 QUANTO AOS DEFEITOS DE FABRICAÇÃO – PADRONIZAÇÃO

O Proponente, a partir das limitações impostas por seu processo produtivo, deverá apresentar ao Metrô uma proposta de enquadramento de eventuais desvios do processo de fabricação dos discos de freio, com relação as seguintes normas:

ITEM	NORMA	DESCRIÇÃO
1	DIN 1686	Peças brutas em ferro fundido com grafita lamelar – Tolerâncias Gerais e Sobremetal para Usinagem.
2	DIN 1690 (Parte 1)	Especificação Técnica para suprimentos de peças fundidas de materiais metálicos.
3	DIN 1690 (Parte 2)	Especificação Técnica para suprimentos de peças fundidas de materiais metálicos – Classificação por níveis de qualidade com base em ensaios não destrutivos.

A despeito de normatização específica, o Metrô não aceitará a correção defeitos de fundição e/ou forjamento, mesmo que superficiais, por meio de broqueamento, soldagem ou metalização (reparo por aplicação de revestimento metálico ou preenchimento de cavidades).

7.4 QUANTO AOS DEFEITOS DE FABRICAÇÃO – TIPIFICAÇÃO

Os discos de freio deverão ser livre de defeitos característicos do processo de fabricação, em suas diversas etapas, com destaque para aqueles tipificados a seguir.



7.4.1 Defeitos Típicos do Processo de Laminação ("Blanks" para o Cubo)

- Trincas – decorrentes das operações de redução de espessura em temperaturas inadequadas.
- Dobras Internas ou "Dupla Laminação" – tratam-se de descontinuidades bidimensionais paralelas à superfície da chapa, provenientes de porosidades do lingote ou de reduções excessivas de espessura, cujos vazios ou excessos de massa metálica, conforme o caso, não caldearam durante a laminação (isto é, sofreram apenas um recalque).
- Falta de uniformidade dimensional – tratam-se das irregularidades dimensionais sistemáticas que excedem o limite máximo de variação preestabelecido.

7.4.2 Defeitos Típicos do Processo de Forjamento (Cubo)

- Falta de redução – caracteriza-se pela penetração incompleta do metal na cavidade da ferramenta. Isso altera o formato da peça e acontece quando são usados golpes rápidos e leves do martelo.
- Trincas superficiais – causadas por trabalho excessivo na periferia da peça em temperatura baixa, ou por alguma fragilidade a quente.
- Trincas nas rebarbas – causadas pela presença de impurezas nos metais ou porque as rebarbas são pequenas. Elas se iniciam nas rebarbas e podem penetrar na peça durante a operação de rebarbação.
- Trincas internas – originam-se no interior da peça, como consequência de tensões originadas por grandes deformações.
- "Metal Frio", Junta Fria ou Gotas Frias – são descontinuidades originadas pela dobra de superfícies, sem a ocorrência de "caldeamento". Elas são causadas por fluxos anormais de material quente dentro das matrizes, incrustações de rebarbas e/ou colocação inadequada do material na matriz.
- Incrustações de óxidos – causadas pela camada de óxidos que se formam durante o aquecimento. Essas incrustações normalmente se desprendem mas, ocasionalmente, podem ficar presas nas peças.
- Descarbonetação – caracteriza-se pela perda de carbono na superfície do aço, causada pelo aquecimento do metal.
- Queima – gases oxidantes penetram nos limites dos contornos dos grãos, formando películas de óxidos. Ela é causada pelo aquecimento próximo ao ponto de fusão.

7.4.3 Defeitos Típicos do Processo de Fundição (Pista)

- Excrescências metálicas – rebarbas, veios metálicos e/ou apêndices ocasionados por falhas de fechamento do molde ou, ainda, por quebra, erosão ou deslocamento de macho, etc.
- Cavidades – pequenas descontinuidades disseminadas superficial e/ou internamente – porosidades, bolhas e pontos de contração de metal, do tipo "rechupe".
- Soluções de continuidade – apartações, trincas e descontinuidades internas e/ou externas ocasionadas por falhas de "caldeamento" – do tipo "metal frio" ou "junta fria", decorrentes da utilização de parâmetro(s) inadequado(s) para



aquecimento, preenchimento e/ou resfriamento do metal – como estão particularmente sujeitas as regiões de junção entre o cubo e a pista e, ainda, as zonas de partição do molde.

- Defeitos de superfície – “chagas de expansão” – irregularidades superficiais determinadas pelo esmagamento/desprenimento de partes do molde ou pela simples expansão da areia.
- Formas incompletas – grandes vazios internos e/ou externos, resultantes de falhas durante o preenchimento, originadas por insuficiência de metal de enchimento ou por vazamentos no molde, etc.
- Dimensões ou formas incorretas – deformações dimensionais e/ou geométricas devido a contração do metal e/ou modelagem inadequada.
- Inclusões e anomalias estruturais – inclusões de escória e/ou areia desprendida do molde, associadas com bolhas originadas pela formação de gases e/ou outras formações internas anômalas – como por exemplo, trincas e irregularidades macroestruturais.

8

DIRETIVAS PARA GARANTIA TÉCNICA

A despeito do período de garantia técnica estabelecido contratualmente, os discos de freio deverão ser garantidos por toda a vida útil (desgaste de 8mm em cada uma das faces de atrito) quanto a problemas de qualidade intrínseca e/ou defeitos decorrentes do processo de fabricação, com destaque para aqueles decorrentes das etapas de forjamento e fundição (vide item 7.4), e ainda, inclusões e/ou heterogeneidades de material, que venham a comprometer o desempenho e/ou vida útil do componente.

Neste sentido, o Metrô rejeitará de pronto, o lote de discos de freio cujo(s) componente(s) apresente(m):

- a) dificuldades de instalação em seu local de aplicação, por parte dos empregados do Metrô;
- b) ruído superior a 85 dBA e/ou odor excessivo – ambos perceptíveis pelos passageiros no interior dos trens ou em plataformas de estação (vide itens 5.3.2 e 5.3.3);
- c) sinais de erosão acentuada ou degradação precoce das faces de desgaste do disco de freio – sob condições normais de operação (como por exemplo: arrancamento de material, trincas e pontos de aquecimento sistemáticos);
- d) desprendimento de partículas ou gases, que possam afetar a saúde ou provocar desconforto ao usuário e/ou as equipes de manutenção, durante sua utilização.

Em tais situações,

- o Proponente obrigará-se a repor os discos de freio defeituosos e a reparar eventuais danos que venham a ser causados aos trens e/ou terceiros, fruto de suas utilizações;
- o Metrô determinará a sanção a ser aplicada ao Proponente (suspensão ou cancelamento da homologação), a partir da análise das características da não conformidade identificada (origem, gravidade, abrangência e, se aplicável, reincidência).



9

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A elaboração deste documento demandou a adoção de uma bibliografia acadêmica mínima sobre o tema, como segue.

NOTA: O Proponente é livre para utilizar a bibliografia técnica que julgar conveniente, desde que atualizada, consagrada e compatível com aquela proposta pelo Metrô.

9.1

PARA PROJETO E DESENVOLVIMENTO

ITEM	Norma / Publicação	DESCRIÇÃO
1	Livro	CHIAVERINI, Vicente. Aços e ferros fundidos: características gerais - tratamentos térmicos - principais tipos. 7.ed. São Paulo: ABM, 2002.
2	Livro	CHIAVERINI, Vicente. Tecnologia mecânica. 2.ed. SÃO PAULO: Makron-Books, 1986. 315p.
3	Livro	AMERICAN SOCIETY FOR METALS. Metals handbook: casting. v.15. Metals Park: ASM, 1988.
4	Livro	SILVA, Carlos Roberto Dias da; LIMA, Elias Lopes; SEIDEL, Carlos Elyser; NOGUEIRA, Ingácia M. S.. Projetos de fundição. : [S.1. : s.n.], 1984. 75p.
5	Livro	MARIOTTO, Cláudio Luiz; FUOCO, Ricardo; ALBERTIN, Eduardo. Sistemas de enchimento e alimentação de peças fundidas. SÃO PAULO: ABM, 1987. 134p.

9.2

PARA CARACTERIZAÇÃO DE DEFEITOS DE FUNDIÇÃO

ITEM	Norma / Publicação	DESCRIÇÃO
1	Livro	ROWLEY, Mervin T. International atlas of casting defects. Des Plaines: AFS, 1993.
2	Livro	COMITE INTERNACIONAL DE LAS ASOCIACIONES TECNICAS DE FUNDICION. Mejora de la calidad de piezas fundidas. MADRID: Asociacion Tecnica y de Investigacion de Fundición, 1974. 352 pp.
3	Livro	KARSAY, Stephen Istvan. The practical foundryman's guide to feeding and running grey-, CG-and SG iron castings. Transvaal: Ferrous Casting Centre, 1985. 153p.



9.3

PARA CARACTERIZAÇÃO DE DEFEITOS DE USINAGEM E ACABAMENTO

ITEM	Norma / Publicação	DESCRIÇÃO
1	NBR ISO 2768-1	Tolerâncias gerais Parte 1: Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicação de tolerância individual. ABNT, 2001.
2	NBR ISO 2768-2	Tolerâncias gerais Parte 2: Tolerâncias geométricas para elementos sem indicação de tolerância individual. ABNT, 2001.
3	NBR 6409	Tolerâncias geométricas – Tolerâncias de forma, orientação, posição e batimento - Generalidades, símbolos, definições e indicações em desenho. ABNT, 1997.
4	NBR ISO 4287	Especificações geométricas do produto (GPS) – Rugosidade: método do perfil – Termos, definições e parâmetros de rugosidade. ABNT, 2002.

Tipo de Documento: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE MATERIAL – EM	
Assunto: DISCOS DE FREIO DOS METROCARROS – CRITÉRIOS PARA HOMOLOGAÇÃO E FORNECIMENTO.	
Linha/Frota: Geral	Sistema: MATERIAL RODANTE FN 1FR
Emitente: EPR-MCN	Subsistema Conj.: Sistema de Freio Equipamento/Subconj.: Conjunto do Freio a Disco
Documentos de Referência - no âmbito do Disco de Freio: DE-9.86.01.33/730-003 e IC-9.86.01.33/730-001; - no âmbito da Sapatilha de Freio: DE-9.86.01.50/700-002 e PI-1.86.01.50/700-001.	
Documentos Resultantes	
Observações ATE 64.701, ATE 102.666, EC-9.86.01.33/730-001 e EC-9.86.01.33/730-003.	

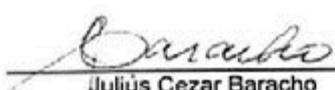
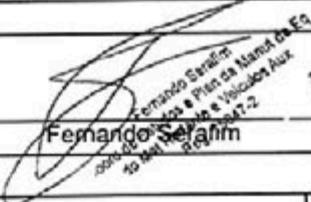
EMISSÃO

NOME	RG	TÍTULO PROFISSIONAL	Nº do CREA	VISTO
Jorge Francisco da Silva	17.096-1	Engenheiro de Produção	682325973	

RESPONSÁVEL TÉCNICO

NOME	RG	TÍTULO PROFISSIONAL	Nº do CREA	VISTO
Julius Cezar Baracho	18.518-7	Engenheiro Industrial Mecânico	5060672233	

APROVAÇÃO

SUPERVISOR	COORDENADOR
 Julius Cezar Baracho	 Fernando Serafim 19 MAR. 2015

REVISÃO

Nº	DATA	HISTÓRICO	RG DO RESP. TÉC.
B	20/03/15	Alteração das características técnicas dos materiais empregados para fabricação do cubo e da pista e dos respectivos ensaios de caracterização (itens 9.2 1, 9.2.2 e 12).	18.518-7
A	30/01/15	Revisão geral do documento.	18.518-7
00	08/09/94	Emissão do documento.	07.309-5

**ÍNDICE**

1 OBJETIVO.....	5
2 APLICABILIDADE.....	5
3 DESCRIÇÃO.....	5
3.1 RESPONSABILIDADES DO PROPONENTE.....	5
3.2 PROCESSO DE HOMOLOGAÇÃO – ESTRUTURAÇÃO.....	6
4 NORMATIZAÇÃO.....	6
5 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	8
5.1 CONCEITOS, FORMATAÇÃO E TERMINOLOGIA.....	8
5.2 APLICAÇÃO CRÍTICA.....	8
6 PRODUTO PADRÃO – PARADIGMA PARA O PROCESSO DE HOMOLOGAÇÃO. .8	
6.1 REFERENCIAS PARA O DIMENSIONAMENTO – LIMITES E RECOMENDAÇÕES. 9	
6.1.1 Paredes fundidas/forjadas – Espessuras mínimas.....	9
6.1.2 Aletas de resfriamento – Solução Construtiva – Recomendações.....	10
6.1.3 Junção Cubo/Pista – Engastamento – Solução Construtiva – Recomendações..	11
7 PRODUTO PADRÃO – PROJETO ORIGINAL – FATORES DETERMINANTES.....	11
8 PROJETO ORIGINAL – REANÁLISE OU DETALHAMENTO.....	12
9 PRODUTO HOMOLOGADO – REQUISITOS BÁSICOS.....	12
9.1 QUANTO A CONFIGURAÇÃO DO DISCO DE FREIO.....	12
9.2 QUANTO AOS MATERIAIS.....	12
9.2.1 Pista de Frenagem.....	12
9.2.2 Cubo.....	14
9.3 QUANTO AO PRODUTO FINAL.....	15
9.4 QUANTO A FABRICAÇÃO E ACABAMENTO.....	15
9.5 QUANTO A IDENTIFICAÇÃO E RASTREABILIDADE.....	16
10 CONTROLE DE QUALIDADE.....	16
11 PROCESSO DE HOMOLOGAÇÃO – DETALHAMENTO DO ESCOPO.....	16



11.1 DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA (Apresentação da Versão Preliminar).....	17
11.1.1 Cronograma de Atividades.....	17
11.1.2 Desenho Básico.....	17
11.2 MODELO.....	17
11.3 VALIDAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO.....	18
11.3.1 Critérios para Validação do Processo Produtivo.....	18
11.4 FORNECIMENTO DE LOTE DE AMOSTRA DE 20 PEÇAS.....	18
11.5 VALIDAÇÃO DO PRODUTO FINAL – Ensaio de Desempenho Dinâmico.....	18
11.5.1 Critérios para Validação do Produto Final.....	19
11.6 DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA (Apresentação da Versão Final).....	19
11.7 PARECER TÉCNICO (Emissão de Certificado de Homologação).....	20
12 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS – Ensaio Físicos e Químicos.....	20
13 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO – Ensaio Estáticos.....	21
13.1 ANÁLISE DA SECÇÃO TRANSVERSAL – JUNÇÃO ENTRE CUBO E PISTA... ..	21
13.1.1 Rotina de Ensaio.....	22
13.1.2 Parâmetro de Aprovação.....	23
13.2 ANÁLISE DA FACE FRONTAL – JUNÇÃO ENTRE CUBO E PISTA.....	23
13.2.1 Rotina de Ensaio.....	24
13.2.2 Parâmetro de Aprovação.....	25
13.3 TESTE DE ADERÊNCIA ENTRE CUBO E PISTA.....	26
13.3.1 Rotina de Ensaio.....	26
13.3.2 Parâmetro de Aprovação.....	26
14 CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO FINAL – Inspeção Final.....	27
14.1 INSPEÇÃO VISUAL, DIMENSIONAL E FÍSICA.....	27
14.2 ENSAIO DE ESTANQUEIDADE (Teste de Capilaridade).....	27
14.2.1 Parâmetro de Aprovação.....	28
15 VALIDAÇÃO DO PRODUTO FINAL – Ensaio de Desempenho Dinâmico.....	28
15.1 PREPARAÇÃO.....	28
15.2 TESTE DE DESEMPENHO DINÂMICO – UNIDADE AUTÔNOMA – Linha de Teste.....	29
15.3 TESTE DE DESEMPENHO DINÂMICO – COMPOSIÇÃO – Linha de Teste.....	29

15.4 TESTE DE DESEMPENHO DINÂMICO – COMPOSIÇÃO – Operação Comercial . . . 30

16 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....31

1 OBJETIVO

Estabelecer os critérios e parâmetros para homologação de discos de freio para os metrocarros (Figuras 1 e 2), de modo a atender aos requisitos básicos de qualidade e desempenho.

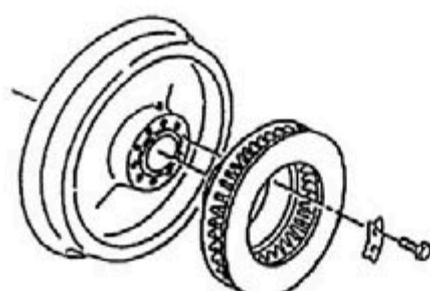


Fig. 1: Disco de Freio – Instalação

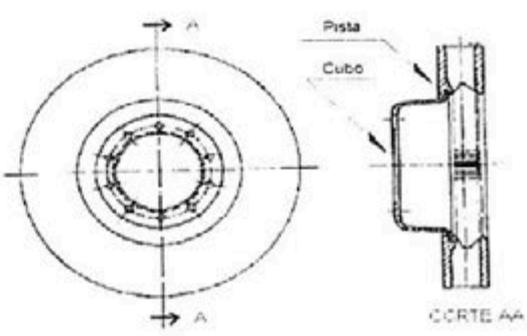


Fig. 2: Disco de Freio – Nomenclatura

2 APLICABILIDADE

Metrocarros pertencentes as frotas: A, D, E, G, I, J, K e L.

3 DESCRIÇÃO

Este documento (EM – Especificação Técnica de Material) define parâmetros, métodos e a sequência de testes, tanto em bancada (ensaios físicos e químicos) quanto em campo (ensaios de desempenho dinâmico), necessários para avaliar a qualidade intrínseca dos discos de freio a serem aplicados nos metrocarros, em especial com relação a:

- matérias-primas e materiais empregados;
- requisitos dimensionais;
- resistência mecânica;
- homogeneidade e repetibilidade do material homologado.

3.1 RESPONSABILIDADES DO PROPONENTE

Neste âmbito, salvo menção em contrário, serão de inteira responsabilidade do Proponente, o desenvolvimento e adoção de soluções, bem como a fabricação e fornecimento de materiais, de modo a atender integralmente as especificações técnicas contidas nesta EM.



3.2

PROCESSO DE HOMOLOGAÇÃO – ESTRUTURAÇÃO

Este processo de homologação deverá ser estruturado por meio de etapas interdependentes (cujo teor e as respectivas interações estão descritas no item 14), sumarizadas como segue:

- a) Documentação Técnica (Versão Preliminar)
 - Cronograma
 - Desenho Básico
- b) Modelo
- c) Validação do Processo Produtivo
 - a partir da compilação dos dados obtidos nas etapas de inspeção e controle de qualidade do lote de amostra
 - Caracterização dos Materiais (Ensaio Físico-Químicos e Análise Metalográfica)
 - Caracterização do processo produtivo (Ensaio Estáticos)
 - Caracterização do Produto Final
- d) Fornecimento de Lote de Amostra (20 peças)
- e) Validação do Produto Final
 - Ensaio de Desempenho Dinâmico
- f) Documentação Técnica (Versão Final)
 - Caderno Técnico
- g) Parecer Técnico
 - Emissão de Certificado de Homologação

4

NORMATIZAÇÃO

Todas as etapas previstas para este processo de homologação (concepção, projeto, fabricação e os testes de avaliação de qualidade e desempenho), bem como os recursos materiais necessários (materiais, ferramentas e dispositivos), deverão ser desenvolvidos mediante normas de reconhecida autoridade.

O Metrô recomenda a utilização das normas relacionadas a seguir (Tabela 1), sem contudo, restringir-se a elas, uma vez que poderão ser necessárias normas adicionais.



ITEM	NORMA	DESCRIÇÃO
1	ASTM A 370	Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products
2	DIN 1686	Peças brutas em ferro fundido com grafita lamelar – Tolerâncias Gerais e Sobremetal para Usinagem.
3	DIN 1690 (Parte 1)	Especificação Técnica para suprimentos de peças fundidas de materiais metálicos.
4	DIN 1690 (Parte 2)	Especificação Técnica para suprimentos de peças fundidas de materiais metálicos – Classificação por níveis de qualidade com base em ensaios não destrutivos.
5	EN 1561	Founding – Grey cast irons;
6	EN 14535-2	Railway applications – Brake discs for railway rolling stock – Part 2: Brake discs mounted onto the wheel, dimensions and quality requirements;
7	EN 14535-3	Railway applications – Brake discs for railway rolling stock – Part 3: Brake discs, performance of the disc and the friction couple, classification;
8	NBR ISO 4287	Especificações geométricas do produto (GPS) – Rugosidade: método do perfil – Termos, definições e parâmetros de rugosidade.
9	NBR ISO 2768-1	Tolerâncias gerais Parte 1: Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicação de tolerância individual.
10	NBR ISO 2768-2	Tolerâncias gerais Parte 2: Tolerâncias geométricas para elementos sem indicação de tolerância individual.
11	NBR 6002	Ensaio não destrutivo – Ultrassom – Detecção de descontinuidades em chapas metálicas
12	NBR 6409	Tolerâncias geométricas – Tolerâncias de forma, orientação, posição e batimento – Generalidades, símbolos, definições e indicações em desenho.
13	NBR 6593	Morfologia de grafita em ferro fundido
14	NBR 8108	Ataque com reativos metalográficos em ligas ferrosas - Procedimento
15	NBR 13284	Preparação de corpos de prova para análise metalográfica – Procedimento
16	NBR 14646	Tolerâncias geométricas – Requisitos de máximo e requisitos de mínimo material
17	NM-ISO 6506	Materiais metálicos – Ensaio de dureza Brinell Parte 1: Método de ensaio
18	UIC 541-3	Brakes – Disc brakes and their application – General conditions for the approval of brake pads

Tabela 1: Normas de referência

Mesmo que determinada norma pertinente ao objeto não esteja relacionada nesta Especificação, havendo situações de conflito com relação ao desempenho ou qualidade requeridos pelo equipamento, o Metrô se reserva o direito de recorrer a ela, ou ainda, arbitrar critério específico e empregá-lo na mediação.

5 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

5.1 CONCEITOS, FORMATAÇÃO E TERMINOLOGIA

Os conceitos, a formatação e a terminologia empregadas pelo Metrô, ao longo deste documento, notadamente, no que se refere a caracterização de defeitos de fabricação e a documentação técnica por ele requerida (a ser gerada pelo Proponente), deverão atender, prioritariamente, as orientações contidas:

- no edital de licitação e contratação (desenvolvimento e homologação de produto);
- na IC-9.86.01.33/730-001 (Instrução Complementar – Discos de Freio dos Metrocarros – Diretivas para Projeto e Fabricação).

5.2 APLICAÇÃO CRÍTICA

Os discos de freio, objeto desta especificação, tem como sua aplicação crítica, sob o aspecto de severidade, os metrocarros destinados a frota G, tomando por base a configuração apresentada a seguir e os dados dela decorrentes.



Fig. 3: Metrocarro – Frota G – Configuração

NOTA: Os trens da Frota G resultam de uma composição de 6 (seis) carros (associados em A+B+B+B+B+A).

6 PRODUTO PADRÃO – PARADIGMA PARA O PROCESSO DE HOMOLOGAÇÃO

O Proponente deverá conduzir o processo de homologação de disco de freio, com vistas a reproduzir as características técnicas (construtivas e de desempenho) do produto aplicado originalmente nos metrocarros (frotas A, D, E e G), designado doravante como "Produto Padrão", a saber:

Frota	TREM		DISCO DE FREIO	
	Montadora	Fabricante e/ou Fornecedor	Referência	
A e D	Mafersa	SADE VIGESA	EVSA-102014	
E e G	Alstom	SAB WABCO	8611254	
		FAIVELEY	FSB-027650	

6.1 REFERENCIAS PARA O DIMENSIONAMENTO – LIMITES E RECOMENDAÇÕES

O dimensionamento do disco de freio, objeto deste processo de homologação, além de atender os requisitos do desenho DE-9.86.01.33/730-003 (Disco de Freio do Metrocarro – Especificação Dimensional), deverá balizar-se pelas referências estabelecidas pela configuração do **Produto Padrão**, em especial, com relação aos limites e recomendações descritos a seguir (figuras 4, 5 e 6).

6.1.1 Paredes fundidas/forjadas – Espessuras mínimas

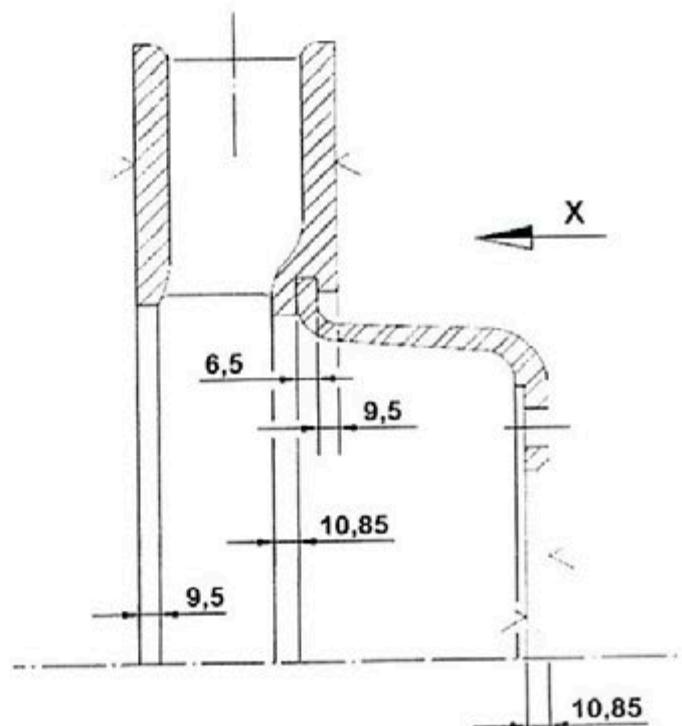


Fig. 4: Disco de Freio – Referencias para o dimensionamento

6.1.2 Aletas de resfriamento – Solução Construtiva – Recomendações

O Metrô estabelece que a solução construtiva para resfriamento do disco de freio (aletas de resfriamento) seja constituída por, no mínimo, 72 dissipadores de calor, igualmente espaçados, cujo dimensionamento enquadre-se nos limites recomendados pela figura 5.

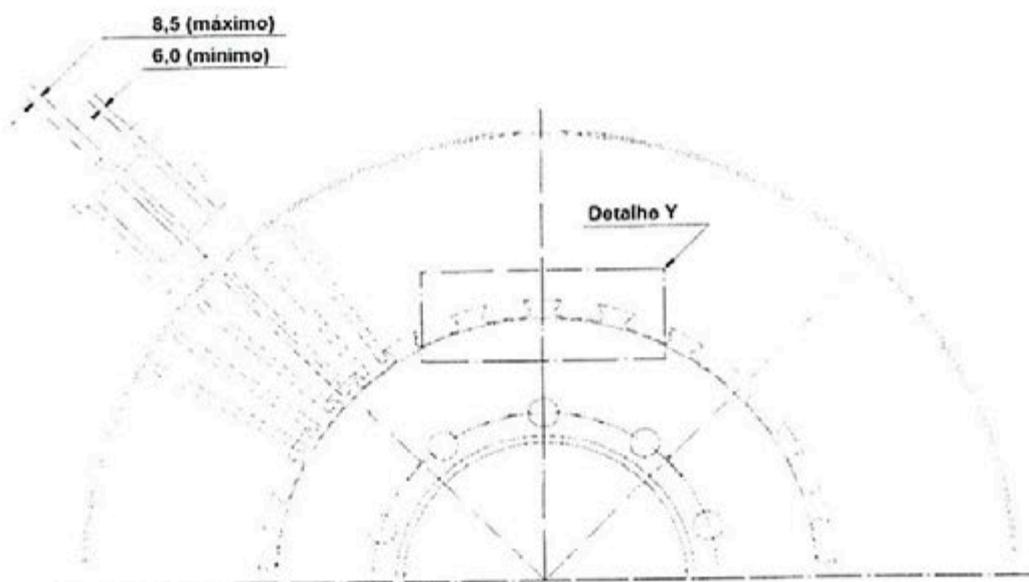


Fig. 5: Vista "X" – Aletas de Resfriamento – Referencias para o dimensionamento

6.1.3 Junção Cubo/Pista – Engastamento – Solução Construtiva – Recomendações

O cubo do disco de freio deverá incorporar soluções construtivas, que proporcionem o aumento da área de contato na região de junção, a fim de garantir o engastamento/ancoragem com relação a pista.

O Metrô estabelece que esse engastamento entre cubo e pista, seja obtido por meio de (no mínimo 20 e no máximo 25) entalhes com formato de "rabo de andorinha", igualmente espaçados. Na figura 6, apresentamos uma proposta de dimensionamento, com caráter de referência, para a configuração contendo 23 desses entalhes.

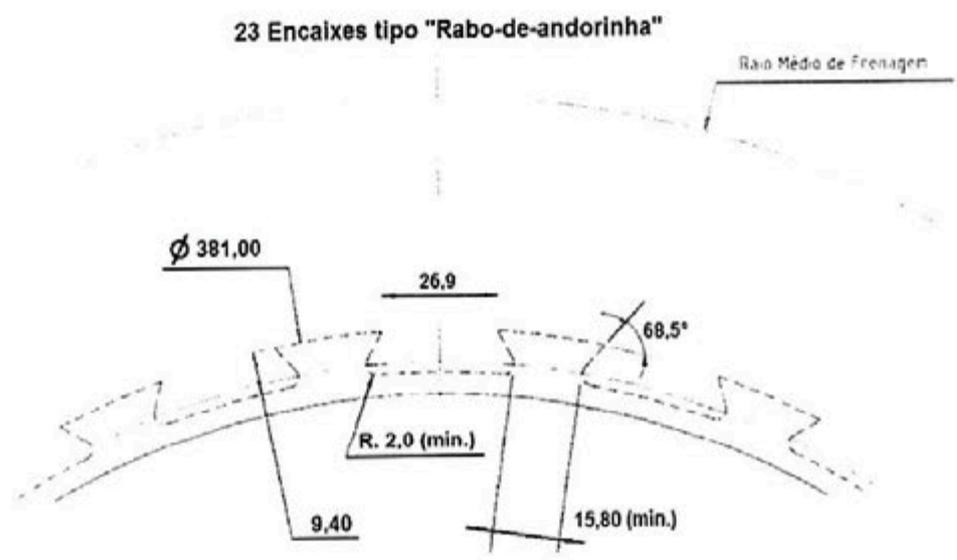


Fig. 6: Detalhe "Y" – Engastamento Cubo/Pista – Recomendações

7 PRODUTO PADRÃO – PROJETO ORIGINAL – FATORES DETERMINANTES

Este processo está fundamentado no seguinte conceito: o **Produto Homologado** deverá reproduzir fielmente as características do disco de freio designado como **Produto Padrão** (item 6), uma vez que foi projetado e desenvolvido, a fim de suportar a combinação de esforços mecânicos e térmicos inerentes a dinâmica de frenagem, sem que haja comprometimento dos requisitos de qualidade e desempenho.

Os fatores que determinaram a concepção e o projeto do **Produto Padrão** estão relacionados na IC-9.86.01.33/730-001 (Instrução Complementar – Discos de Freio dos Metrocarros – Diretivas para Projeto e Fabricação).

**8 PROJETO ORIGINAL – REANÁLISE OU DETALHAMENTO**

O Proponente deverá, na medida do possível, respeitar o projeto original do disco de freio, dimensionado para o pleno atendimento dos esforços mecânicos e térmicos de frenagem (vide item 7), além de perfeitamente adequado a sua aplicação.

No entanto, como exceção, o Metrô admitirá alterações no projeto original do disco de freio, desde que sejam satisfeitas as seguintes pré-condições:

- a) restringir-se ao detalhamento de eventuais omissões do desenho DE-9.86.01.33/730-003 (tal como, o método adotado para junção e ancoragem do cubo na pista) ou, ainda, a reanálise de soluções construtivas consagradas pelos demais documentos citados, em função da sua adequação ao processo produtivo do Proponente.
- b) adequar-se aos fatores determinantes para o projeto original (Produto Padrão – vide itens 6 e 7).

NOTA: As propostas para alteração do projeto original **não** poderão, em hipótese alguma, incluir modificações nas matérias-primas e/ou materiais especificados ou nos respectivos processos de fabricação.

O Proponente deverá consubstanciar eventuais alterações do projeto original por meio de rotinas de validação, utilizando-se de memorial de cálculo convencional ou simulação computacional (como por exemplo, a análise estrutural por MEF – Método dos Elementos Finitos).

9 PRODUTO HOMOLOGADO – REQUISITOS BÁSICOS**9.1 QUANTO A CONFIGURAÇÃO DO DISCO DE FREIO**

O disco de freio deverá ser composto de uma única peça (monobloco), conforme projeto desenvolvido a partir de desenho básico (vide itens 8 e 11.1.2). A pista do disco de freio deverá ser fundida diretamente sobre o cubo (semiacabado), não sendo aceitável a fixação através de pinos, rebites, parafusos, adesivos, ou soldagem.

9.2 QUANTO AOS MATERIAIS**9.2.1 Pista de Frenagem**

A pista de frenagem dos discos de freio deverá ser confeccionada em ferro fundido cinzento, com grafita lamelar, de alta resistência a variações de temperatura e ao desgaste, tomando por base uma liga conforme ABNT FC-250 ou equivalente, tais como: DIN1691 GG-25 e DIN EN 1561 EN-GJL-250, devidamente modificada a fim de enquadrar-se às características de qualidade e desempenho dinâmico requeridos nesta EM. O Metrô, com esse objetivo, propõe que o material utilizado nesta aplicação atenda as seguintes características:



- Composição Química (faixas admissíveis para os elementos químicos relacionados), conforme Tabela 2.

ELEMENTO QUÍMICO	COMPOSIÇÃO (NOTA)		Observações
	Mínimo [%]	Máximo [%]	
C	3,100	3,500	–
Si	1,900	2,300	–
Mn	0,600	0,900	–
Mo	0,100	0,500	–
Sc	–	0,930	–
Ti	–	0,028	–
Cu + Cr + Mo	0,100	0,900	–
P	–	0,100	Impureza
S	–	0,030	Impureza

Tabela 2: Pista de Frenagem – Composição Química – Participação Percentual

NOTA: Ao longo do processo de homologação, caso sejam verificados conflitos entre a composição química proposta (participação percentual de cada elemento) e as demais características técnicas requeridas, o Proponente deverá privilegiar a consecução da microestrutura especificada, de acordo com o tópico seguinte.

- Microestrutura (similar aquela destacada na figura 7)
 - Grafita: Forma I (lamelar) – Tipo A predominante – Tamanho de 4 a 6, segundo a ABNT NBR 6593;
 - Matriz: Perlítica com ferrita (mínimo de 90% de perlita), **isenta** de ledeburita, ledeburita e/ou cementita secundária na microestrutura.
- Limite de Resistência à Tração
 - de 250 a 350 MPa.



Fig.7: Micrografia – Ferro Fundido Cinzento – Matriz Perlítica (90%) e áreas de Ferrita (10%) e lamelas de grafita. Ataque Nital 2%.

- Dureza (Produto Acabado)
 - Superficial – 170 a 217 HB (NOTA 1);
 - Subsuperficial ("Núcleo") – 150 a 217 HB (NOTA 2).

NOTA 1: A dureza superficial deverá ser medida na região indicada da face de desgaste – superfície usinada – vide Figura 8 (item 12).

NOTA 2: A dureza subsuperficial, consoante com a sua designação, deverá ser medida abaixo da superfície da região indicada – vide Figuras 8, 11 e 12 (item 13.2.1).

9.2.2 Cubo

O cubo dos discos de freio será derivado de uma base em formato circular – "Blank" (que, por sua vez, será obtido a partir do recorte de chapa de aço ASTM A36 ou MR 250 – ABNT NBR 7007), conformado por meio de forjamento à quente e, na sequência, submetido a processo de usinagem, na qual deverá incorporar os entalhes descritos anteriormente (vide item 6.1.3), com caráter preparatório para a etapa de fundição da pista. Resultando num componente com as seguintes características:

- Limite de Resistência à Tração: de 400 a 550 MPa;
- Dureza: a ser definida ao longo da etapa de caracterização dos materiais, a partir da média das medições obtidas para cada Proponente (antes e depois do forjamento – vide item 12).



9.3 QUANTO AO PRODUTO FINAL

Caberá ao Proponente adotar soluções construtivas e processos de fabricação que evitem eventuais divergências do **Produto Final** com relação ao **Produto Padrão** ou, ainda, a ocorrência de quaisquer dos defeitos característicos da fundição e/ou do forjamento, uma vez que constituirão motivo para reprovação dos discos de freio.

Neste âmbito, a despeito de normatização específica, o Metrô **não** aceitará a correção defeitos de fundição e/ou forjamento, mesmo que superficiais, por meio de broqueamento, soldagem ou metalização (reparo por aplicação de revestimento metálico ou preenchimento de cavidades).

9.4 QUANTO A FABRICAÇÃO E ACABAMENTO

A fabricação do disco de freio deverá orientar-se pelo desenho básico (item 11.1.2), validado pelo Metrô, de forma a atender os critérios definidos no DE-9.86.01.33/730-003, tais como: configuração, acabamento superficial (rugosidade), tolerâncias dimensionais e geométricas. E ainda, enquadrar-se nos seguintes aspectos:

a) Limpeza e rebarbação

Ao longo do processo de fabricação, as peças deverão ser limpas e rebarbadas sistematicamente, de forma que, ao final, estejam isentas de areia de moldagem, crostas, mineralizações e, principalmente, livres de rebarbas e arestas cortantes.

b) Balanceamento

O balanceamento do disco de freio deverá ser obtido pela remoção de material por processo de usinagem, restringindo-se as superfícies com importância secundária. A solução adotada pelo Proponente não deverá comprometer a estética, funcionalidade ou desempenho do componente.

c) Proteção contra corrosão

Os discos de freio enviados ao Metrô deverão ser protegidos contra corrosão, em função do tipo de superfície, a saber:

- Superfícies em bruto – óleo protetivo;
- Superfícies usinadas em acabamento – verniz anticorrosivo temporário TECTYL 506, ou equivalente (desde que submetido a aprovação prévia de representante do Metrô).

NOTA 1: Os produtos aplicados deverão ser facilmente removíveis pela ação de "Thinner Industrial" (solvente para tintas a base de nitrocelulose).

NOTA 2: As superfícies submetidas e/ou resultantes de processos de usinagem preparatória (como por exemplo, partes do cubo – item 9.2.2), neste âmbito, serão consideradas superfícies em bruto.



9.5 QUANTO A IDENTIFICAÇÃO E RASTREABILIDADE

Desde o recebimento das matérias-primas e/ou materiais até o término do processo de produção, o Proponente deverá garantir a perfeita correlação do **Produto Final** com as especificações que assegurem a qualidade intrínseca requerida, por meio de expedientes específicos, tais como:

- Codificação – utilizada para identificação de cada disco de freio produzido, desde a sua desmoldagem na fundição.
- Documentação – rotina de coleta e registro dos dados de inspeção e controle da qualidade, ao longo de todo o processo de fabricação (planilhas de controle de qualidade).

10 CONTROLE DE QUALIDADE

Toda a fabricação dos discos de freio deverá estar estruturada dentro da família de normas ABNT NBR ISO 9000, de modo a possibilitar o perfeito rastreamento das matérias-primas e/ou materiais utilizados e das planilhas de controle de qualidade de todo o processo de fabricação (inspeção e preparação das matérias-primas e dos materiais, forjamento, fundição, usinagem, acabamento e todas as verificações parciais e finais do controle de qualidade).

O Fabricante de discos de freio para os metrocarros (seja ele subfornecedor designado pelo Proponente, seja ele o próprio Proponente) deverá possuir em suas dependências um laboratório para controle de qualidade capacitado para realizar todos os ensaios físicos e químicos de caracterização dos materiais e do produto acabado.

O Proponente, com o objetivo de agilizar a obtenção dos resultados dos ensaios previstos em favor do cronograma preestabelecido conforme item 11.1.1, deverá acionar o Metrô antecipadamente, que por sua vez se reserva o direito de, a qualquer tempo, inspecionar os discos de freio nas instalações do Proponente e subfornecedores.

11 PROCESSO DE HOMOLOGAÇÃO – DETALHAMENTO DO ESCOPO

O processo de homologação de discos de freio consistirá, basicamente, do detalhamento das etapas interdependentes apresentadas logo de início (vide estruturação – item 3.2), cada qual pontuada pela realização de um, ou mais, evento(s) específico(s) de verificação (tais como: reuniões de coordenação, entregas, inspeções, ensaios etc.).

O encadeamento destas etapas, bem como o prazo e o limite de rejeições para cada uma delas, deverão ser definidos entre o Metrô e o Proponente, ao longo do processo de homologação.



11.1 DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA (Apresentação da Versão Preliminar)

11.1.1 Cronograma de Atividades

Num primeiro momento, o Proponente deverá elaborar um cronograma detalhado, descrevendo cada uma das etapas do processo de homologação e respectivos prazos (inclusive o envio de amostras e realização de testes), com o objetivo de compatibilizar, de parte a parte, todas as atribuições decorrentes das atividades descritas nesta EM.

Uma vez consolidado o cronograma, tomando por referência a versão inicial apresentada pelo Proponente, o processo de homologação deverá obedecer os prazos estabelecidos consensualmente (entre Metrô e Proponente) para cada uma de suas etapas.

11.1.2 Desenho Básico

A partir do desenho DE-9.86.01.33/730-003 e das referências normativas indicadas no item 4, o Proponente deverá elaborar um novo desenho, síntese da sua versão de "Produto Final", contendo os parâmetros para avaliação do disco de freio (vide os tópicos "Caracterização do Produto Final" e "Controle de Qualidade"), com ênfase para os seguintes aspectos:

- avaliação dimensional – inclusive rugosidade, tolerâncias dimensionais e geométricas;
- inspeção do produto acabado – inclusive limite de desbalanceamento;
- identificação e rastreabilidade – em especial o detalhamento da codificação adotada para rastreamento dos respectivos lotes de fabricação.

11.2 MODELO

O Proponente deverá definir a configuração do disco de freio, a partir do desenho básico aprovado pelo Metrô, por meio da confecção de um modelo, que reúna as seguintes características:

- Tamanho: escala 1:1 (verdadeira grandeza);
- Material: a combinação de matérias-primas destinadas a processos de modelagem (tais como: madeira, fibra de vidro ou resina);
- Robustez: que lhe confira rigidez adequada ao manuseio, análise dimensional e teste funcional (instalação da peça num metrocarro para avaliação quanto ao intercambiamento e identificação de eventuais interferências).

Este modelo terá caráter de protótipo, ou seja, uma vez aprovado pelo Metrô, servirá de referência dimensional e geométrica para a confecção de um lote de amostra.



NOTA: O Proponente será dispensado desta etapa, caso apresente uma amostra de disco de freio retirada de sua linha de produtos compatível com a aplicação nos metrolcarros, conforme desenho básico aprovado pelo Metrô.

11.3 VALIDAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

Trata-se do conjunto de ações de inspeção a serem realizadas nas dependências do Proponente, ao longo do processo produtivo (fabricação do Lote de Amostra – vide item 11.4), com acompanhamento de representantes do Metrô. Neste sentido, isto é, com o objetivo de identificar eventuais problemas de processo produtivo e/ou defeitos dele resultantes, a validação incluirá verificações e ensaios agrupados sob as seguintes designações:

- a) Caracterização dos Materiais – item 12;
- b) Caracterização do Processo Produtivo – item 13;
- c) Caracterização do Produto Final – item 14.

Os resultados destes testes deverão ser apresentados formalmente ao Metrô e, ao final do processo de homologação, incorporados ao caderno técnico (vide item 11.6).

11.3.1 Critérios para Validação do Processo Produtivo

O Proponente terá seu processo produtivo validado pelo Metrô, a medida que consiga comprovar a repetibilidade dos componentes dele resultantes, com relação aos requisitos de mínimos de qualidade estabelecidos para o **Produto Final**, ou seja, isentos de:

- a) defeitos decorrentes do processo de fabricação;
- b) quaisquer divergências com relação as características técnicas, requisitos de desempenho ou aos parâmetros de avaliação definidos nesta EM.

11.4 FORNECIMENTO DE LOTE DE AMOSTRA DE 20 PEÇAS

O resultado tangível da etapa de validação do processo produtivo será o Lote de Amostra, cujo evento de entrega ao Metrô, possibilitará uma avaliação dos demais aspectos associados ao fornecimento (tais como, embalagem, transporte e manuseio), ainda que em escala reduzida.

11.5 VALIDAÇÃO DO PRODUTO FINAL – Ensaios de Desempenho Dinâmico

Tratam-se de ensaios e verificações realizados em via de teste ou trecho de via comercial, seguindo rotina proposta pelo item 15, com o objetivo de comprovar a adequação do Lote de Amostra, com relação aos requisitos de qualidade e desempenho.



11.5.1 Critérios para Validação do Produto Final

Portanto, as amostras submetidas aos ensaios de desempenho dinâmico deverão apresentar-se (durante e após a sua realização):

- a) **I**sentas de: deformações plásticas, fraturas ou trincas, em especial nas seguintes regiões: cubo, interligação cubo/pista, aletas, pistas (com ênfase para a transição entre pista e aletas) e nas partições do molde de fundição (segmentação inerente ao processo de fabricação). A única exceção será em relação ao aparecimento de trincas superficiais nas regiões das pistas (faces de desgaste);
- b) Adequadas aos parâmetros de desempenho dinâmico (combinação de esforços mecânicos e térmicos) estabelecidos para o "**Produto Padrão**" (vide item 7).

11.6 DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA (Apresentação da Versão Final)

Esta etapa será marcada pela apresentação, por parte do Proponente, da documentação técnica que definirá a identidade de cada **Produto Final**, concentrada num único volume, com o objetivo de servir de referência para futuros lotes de fornecimento (etapas de inspeção e recebimento). Trata-se de um caderno técnico composto de:

- a) Desenho Básico – a mais recente versão do documento em conformidade com o item 11.1.2 (elaborado pelo Proponente e validado pelo Metrô).
- b) Relatório Técnico (Parte 1) – contendo os certificados de matérias-primas, materiais e do controle de qualidade para as diversas etapas do processo produtivo, além dos resultados dos ensaios requeridos para caracterização dos materiais, do processo produtivo e do produto final (Lote de Amostra), com caráter de síntese do desenvolvimento;
- c) Relatório Técnico (Parte 2) – descrevendo de modo geral o processo produtivo do disco de freio, incluindo a sequência de fabricação, lotes mínimos por etapa e pontos adotados para o controle de qualidade (validados em comum acordo entre Metrô e Proponente).

O objetivo deste caderno técnico não é expor segredos industriais ou tecnológicos, mas apenas disponibilizar meios para que o Metrô possa avaliar o processo produtivo adotado pelo Proponente, quanto a capacidade e regularidade, com relação aos requisitos de qualidade e a estimativa de fornecimento (quantidade e tamanho do lote).

NOTA: O Proponente deverá manter todos os registros, contendo os dados relacionados, disponíveis para consulta, a critério do Metrô.



11.7 PARECER TÉCNICO (Emissão de Certificado de Homologação)

O Metrô, de posse do Caderno Técnico e demais registros obtidos ao longo do processo de homologação, emitirá um parecer técnico com caráter de avaliação do Produto Final, que definirá a conclusão deste processo. Caso o parecer técnico seja favorável, ou seja, o Produto Final esteja em conformidade com requisitos pré-definidos, haverá um pronunciamento formal do Metrô, sob a forma de atestado ou certificado de homologação (**Produto Homologado**).

O Proponente, depois de definido e caracterizado o **Produto Homologado**, não poderá, em nenhuma hipótese, efetuar qualquer alteração no desenho básico, nas características físicas, químicas ou de processo de produtivo do respectivo disco de freio, sem aviso prévio ao Metrô, quando de futuros fornecimentos. Nestes casos, o Proponente terá o seu certificado de homologação suspenso até que comprove a regularização do(s) fator(es) deflagrador(es) junto ao Metrô.

12 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS – Ensaios Físicos e Químicos

Trata-se da apresentação de certificados comprobatórios das características físicas e químicas dos materiais empregados (tanto do cubo quanto da pista – vide item 9.2), obtidos através da segregação de amostras e/ou extração de corpos de prova, em meio ao processo de fabricação.

Resumidamente, o Proponente deverá realizar e apresentar certificados comprobatórios dos seguintes ensaios (Tabela 3):

ITEM	NORMA	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (NOTA 1)	
			Cubo (NOTA 2)	Pista
1	–	Determinação da Composição Química (Análise Química)	1	1
2	NBR 8108 e NBR 13284	Determinação da Microestrutura (Análise Metalográfica)	1	1
3	ASTM A 370	Determinação da resistência à tração	1	1
4	ASTM A 370	Determinação do módulo de elasticidade	–	1
5	NM-ISO 6506	Determinação da dureza "Brinell" (materiais metálicos)	3	5
6	NBR 6002	Ensaio não destrutivo – Ultrassom – Detecção de descontinuidades em chapas metálicas	1	–

Tabela 3: Certificados – Ensaios Físicos e Químicos – Quantidades Sugeridas

NOTA 1: Esse quadro indica o número mínimo de medições (no caso da dureza) ou ensaios (nos demais casos) a serem realizados por unidade de disco de freio segregado.

NOTA 2: As medições e ensaios destinadas ao cubo dos discos de freio deverão ser realizadas em, pelo menos, dois momentos distintos do processo de fabricação (basicamente, antes e depois do forjamento).

Esses parâmetros serão empregados no controle de qualidade da fabricação e na aceitação de lotes por parte do Metrô, de modo a garantir a repetibilidade e estabilidade do processo produtivo.

O Proponente deverá agregar ao Caderno Técnico diagramas destinados a padronizar a rotina de extração de corpos de prova ao longo do processo de homologação (e, eventualmente, para futuros fornecimentos), abrangendo tanto o cubo quanto a pista dos discos de freio. No caso específico da pista, este diagrama deverá partir da proposta inicial apresentada pela figura 8, na qual deverão ser incluídas as dimensões de referência.

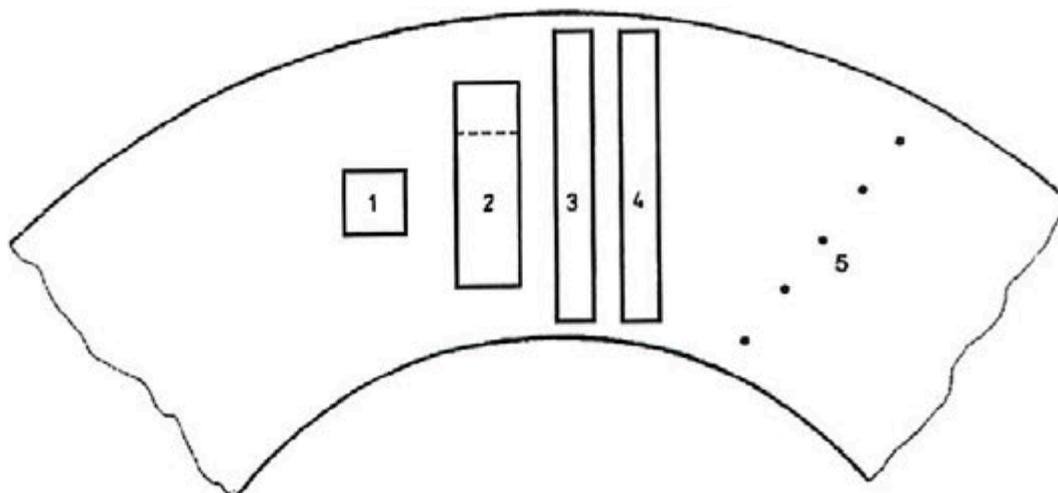


Fig. 8: Pista – Diagrama de Extração de Corpos de Prova – Proposta Inicial

13 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO – Ensaio Estáticos

A caracterização do processo produtivo se dará pelas ações de inspeção e testes dos discos de freio, com o objetivo de identificar defeitos resultantes do processo de fabricação, como segue.

13.1 ANÁLISE DA SECÇÃO TRANSVERSAL – JUNÇÃO ENTRE CUBO E PISTA

Trata-se da divisão de um disco de freio em 8 (oito) partes iguais ("fatias" - vide figura 9), as quais serão submetidas a ensaios de macro e micrografia (em, pelo menos, uma das faces resultantes de cada secção), com o objetivo analisar a qualidade da junção entre o cubo e a pista.

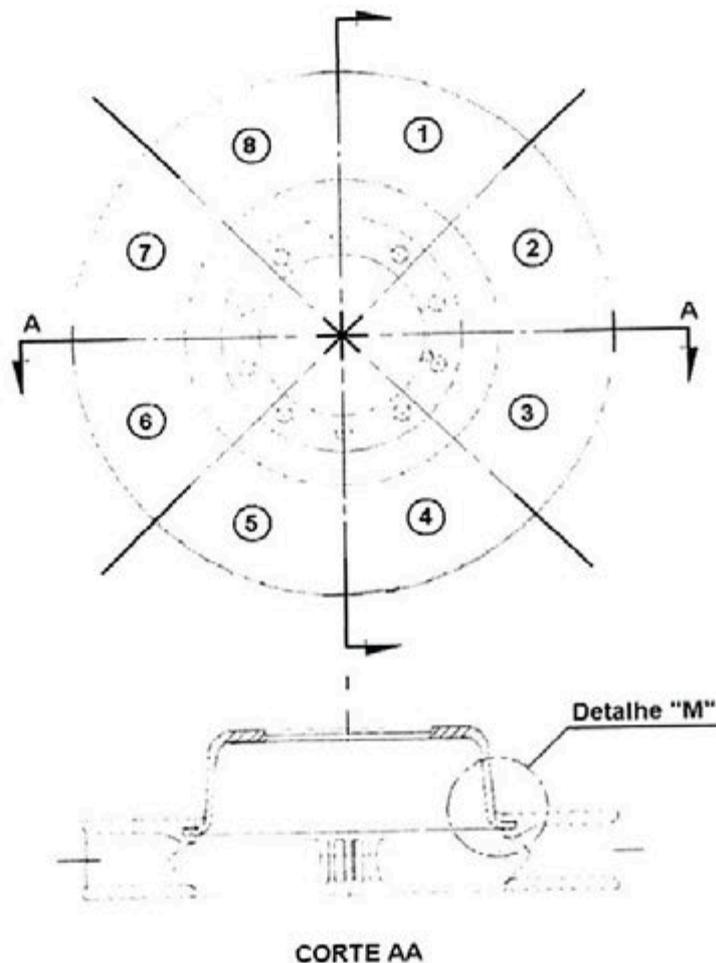


Fig. 9: Disco de Freio – Secção Típica

13.1.1 Rotina de Ensaio

Este ensaio será realizado a partir da destruição de, pelo menos, uma amostra de disco de freio. Ao longo deste ensaio, a região de junção cubo/disco, de cada uma das secções analisadas, será identificada e mapeada, por meio de **micrografia**, com relação as:

- zonas de "caldeamento" – aquelas caracterizadas pela efetiva união entre os dois metais distintos – ferro fundido e aço forjado;
- zonas de "não caldeamento" – aquelas em que está descaracterizada a referida união.

Para tanto, deverá ser observado o perímetro da junção ideal (soma das dimensões "B", "C" e "D" – figura 10, pertinente ao respectivo projeto), o qual deverá ser comparado a dimensão real, ou seja, ao valor correspondente obtido para cada face da secção.

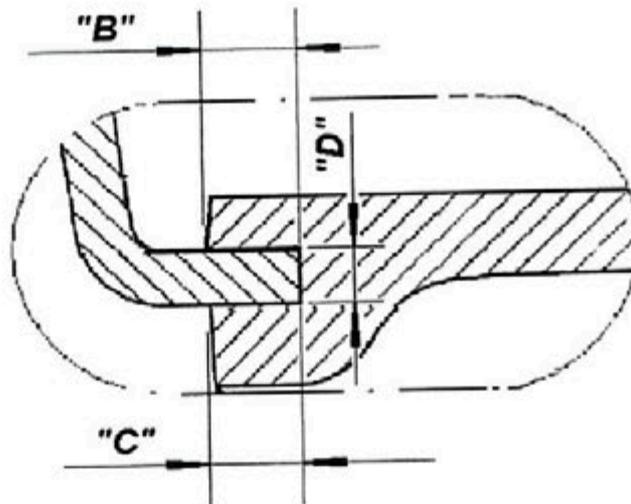


Fig. 10: Disco de Freio – Junção Cubo/Pista – Detalhe "M"

Paralelamente, fruto de observação macroscópica, deverão ser identificados e registrados eventuais defeitos inerentes ao processo produtivo, que não atinjam, ou afetem diretamente, a região de junção entre o cubo e a pista.

13.1.2 Parâmetro de Aprovação

Serão considerados aprovados os discos de freio, cujas faces de cada uma das oito secções atendam a seguinte condição:

- o perímetro caldeado real (ou seja, descontadas as falhas de "caldeamento") deverá ser de, no mínimo, 70% do perímetro caldeado total (referente aos dados do desenho básico).

13.2 ANÁLISE DA FACE FRONTAL – JUNÇÃO ENTRE CUBO E PISTA

Trata-se da realização de inspeção (visual e líquidos penetrantes) de discos de freio, com o objetivo de avaliar a face frontal (região de ancoragem cubo/pista), após exposição por usinagem de topo (vide figuras 11 e 12). Neste ensaio, as amostras deverão ser analisadas com relação aos seguintes aspectos da região de ancoragem:



- "caldeamento" - região caldeada x região não caldeada;
- qualidade da fundição – identificação de eventuais defeitos decorrentes da fundição e/ou da solução adotada pelo Proponente para junção cubo/disco.

13.2.1 Rotina de Ensaio

Este ensaio abrangerá 3 (três) discos de freio, no mínimo, os quais deverão ser submetidos a seguinte rotina:

- identificação da região que será objeto da medição de dureza, mediante a execução de maneira indelével de duas marcas **distintas** e defasadas em 180° (na lateral da borda – periferia da pista) – Figura 11;
- medição da dureza da pista (dois grupos de cinco medidas na face de desgaste), em conformidade com as referências estabelecidas previamente, seja com relação a disposição (Figura 8), seja quanto ao alinhamento em relação a marcação indelével (Figura 11);
- usinagem (torneamento) da face de desgaste do disco de freio para exposição da região de ancoragem – vide figuras 11 e 12;
- execução da inspeção visual e do ensaio de líquidos penetrantes da região de junção;
- medição da dureza da pista na região da superfície usinada, repetindo a rotina descrita no item "b".

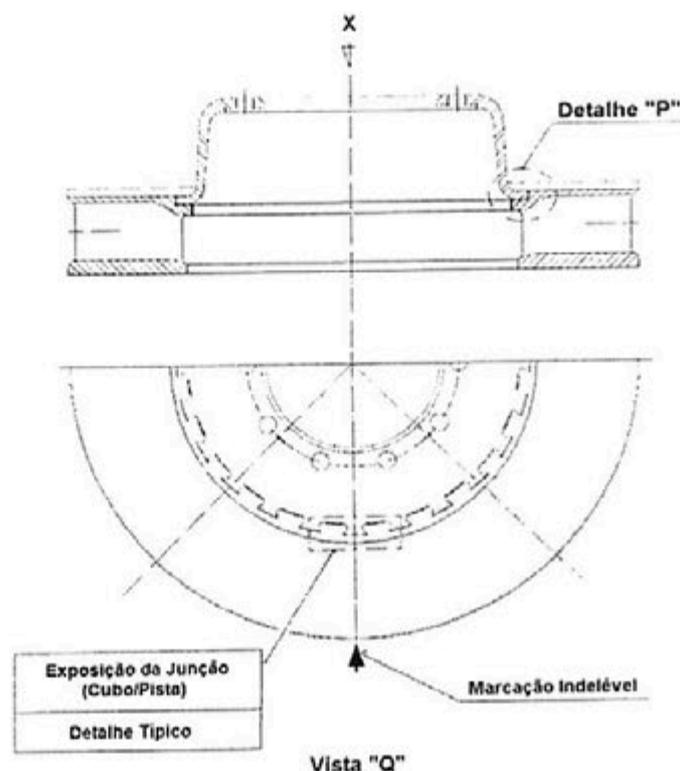


Fig. 11: Exposição da solução de ancoragem (Cubo/Pista) – Usinagem

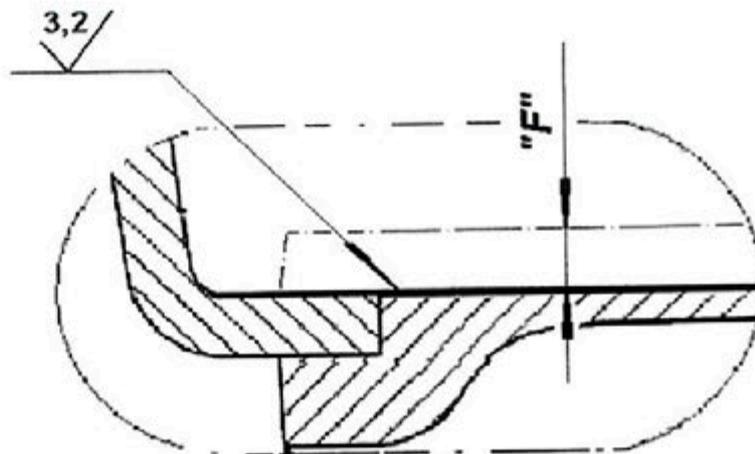


Fig. 12: Exposição da solução de ancoragem (Cubo/Pista) – Detalhe "P"

A dimensão "F" que caracteriza esta usinagem será definida pelo Metrô, para cada Proponente, em função da solução construtiva adotada para ancoragem entre o cubo e a pista (com relação as dimensões externas pré-definidas para o disco de freio).

13.2.2 Parâmetro de Aprovação

Serão considerados aprovados os discos de freio, cuja face frontal (vista "Q" da figura 11) atenda a seguinte condição:

- o perímetro caldeado real (ou seja, descontadas as zonas de "não caldeamento" na região de junção cubo/pista) deverá ser de, no mínimo, 75% do perímetro caldeado ideal (referente aos dados de projeto).
- a região avaliada (junção entre cubo/pista – "rabo de andorinha") deverá apresentar um perímetro caldeado, equivalente a, no mínimo:
 - 75% do perímetro total da região de "caldeamento"; e
 - 50% de cada um dos quatro quadrantes (do perímetro total da região de "caldeamento").

NOTA: Quadrante é cada uma das secções imaginárias resultantes da divisão radial da pista (porção fundida do disco de freio), em quatro partes iguais (com ênfase para a faixa sob a qual se encontram os elementos de ancoragem – tipo "rabo de andorinha").



13.3 TESTE DE ADERÊNCIA ENTRE CUBO E PISTA

O auge da caracterização do "caldeamento" (união entre cubo e pista) se dará por meio da determinação da força necessária para o destacamento completo do cubo com relação ao seu alojamento na pista. Portanto, este teste deverá ser executado após a realização de usinagem para exposição da região de ancoragem cubo/pista (conforme a figura 13), ou seja, sempre que possível, deverão ser aproveitadas as amostras submetidas a análise frontal da região de junção (item 13.2).

13.3.1 Rotina de Ensaio

Trata-se da verificação do limite de cisalhamento da aderência entre pista e cubo nos discos de freio (ensaio de verificação por cisalhamento da aderência), em 3 (três) discos de freio, cujos resultados deverão ser registrados pelo Proponente – Força Máxima de Cisalhamento.

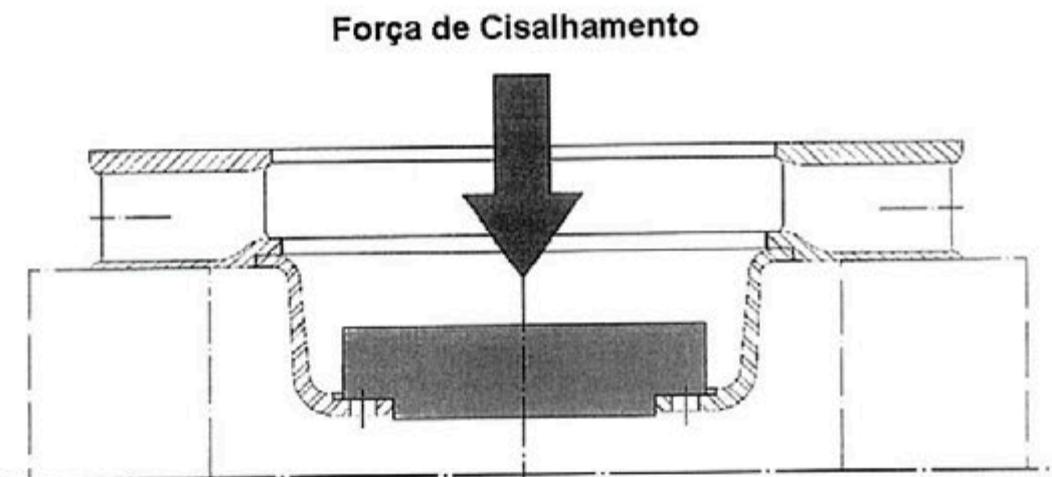


Fig. 13: Teste de aderência (Cubo/Pista) – Arranjo típico

13.3.2 Parâmetro de Aprovação

A força de cisalhamento mínima admissível entre cubo e pista deverá ser de 45.000 daN. Não poderá ocorrer reprovação em nenhuma das discos de freio ensaiados. Havendo reprovação, o lote de amostra deverá ser devolvido.



14

CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO FINAL – Inspeção Final

Os discos de freio resultantes deste processo de homologação (**Produto Final**) deverão ter 100% (cem por cento) das peças fornecidas ao Metrô, submetidas a uma série de verificações, com o objetivo de comprovar o enquadramento nos requisitos básicos, que constituirão sua caracterização. Em síntese, a comprovação da qualidade intrínseca do disco de freio (tanto **Produto Final**, quanto **Produto Homologado**) dependerá do cumprimento da seguinte rotina de inspeção:

- a) Certificados de Análise Química e Metalografia – fornecimento de documentos que comprovem as características dos materiais utilizados;
- b) Inspeção Visual, Dimensional e Física;
- c) Ensaio de Estanqueidade.

14.1

INSPEÇÃO VISUAL, DIMENSIONAL E FÍSICA

Trata-se da avaliação do disco de freio com relação aos parâmetros (físicos, dimensionais, geométricos etc.) definidos no desenho básico (item 11.1.2), bem como aqueles dele decorrentes, a saber:

- Configuração e Integridade;
- Acabamento Superficial (rugosidade);
- Tolerâncias Dimensionais e Geométricas;
- Peso Total – o peso máximo admissível é de 91 kgf;
- Balanceamento – o desbalanceamento máximo permitido para os discos de freio é de 0,016 kg.m (item 9.4).

14.2

ENSAIO DE ESTANQUEIDADE (Teste de Capilaridade)

A estanqueidade do "caldeamento", decorrente do processo de fundição (junção entre o cubo e a pista), deverá ser verificada por capilaridade (líquido penetrante), conforme descrito pela ETE-001 (Especificação Técnica de Ensaio – Teste de Capilaridade para Disco de Freio Caldeado), resumida como segue:

- Limpe a junção cubo/pista com solvente para tintas (como por exemplo: "Thinner Industrial") – regiões interna e externa de transição entre o cubo e a pista (externamente, é a faixa delimitada pela cavidade entre o cubo e a pista).
- Apoie o disco sobre a superfície plana da pista, mantendo o cubo voltado para cima. Preencha, completamente, a cavidade formada entre o cubo e a pista, usando a seguinte solução:
 - Partes iguais de querosene e "aguarrás mineral" (solvente incolor a base de hidrocarbonetos alifáticos), mais corante.
- Deixe a peça "descansar" por 1 hora, enquanto a solução age (penetra por capilaridade). Findo este período, a solução deverá ser removida, para que se verifiquem na face oposta (região interna entre o cubo e a pista) eventuais sinais de infiltração ou percolação (decorrentes de trincas, pontos de porosidade, falhas de fundição etc.).



14.2.1 Parâmetro de Aprovação

A região avaliada (circunferência interna correspondente à junção entre cubo/pista – "rabo de andorinha") deverá apresentar um perímetro livre de falhas de fundição, que satisfaça ao mesmo tempo as seguintes condições (valores mínimos):

- 75% do perímetro total da região de "caldeamento" (ou seja, o equivalente a 270° dessa circunferência); e
- 50% de cada um dos quatro quadrantes do perímetro total da região de "caldeamento" (isto é, o equivalente a 45° dessa circunferência).

NOTA: Quadrante é cada uma das seções imaginárias resultantes da divisão radial da pista (porção fundida do disco de freio), em quatro partes iguais, correspondente a 90° (com ênfase para a faixa sob a qual se encontram os elementos de ancoragem – tipo "rabo de andorinha").

15 VALIDAÇÃO DO PRODUTO FINAL – Ensaio de Desempenho Dinâmico

A avaliação da qualidade dos discos de freio (**Produto Final**) com relação aos parâmetros de desempenho dinâmico e térmico, caberá ao Metrô e será realizada por meio de ensaios e testes, seguindo rotina análoga aquela consagrada para sapatilhas de freio – vide PI-1.86.01.50/700-001 (Sapatilha de Freio dos Metrocarros – Ensaio de Desempenho Dinâmico – Procedimento de Inspeção e Teste), a partir da sequência proposta a seguir.

15.1 PREPARAÇÃO

Após a aprovação e recebimento do Lote de Amostra nos testes, deverão ser segregadas 16 (dezesesseis) amostras para este fim, que serão instalados num mesmo trem (preferencialmente, pertencente a frota A) e submetidos a avaliação, de acordo com a rotina proposta.

a) Inspeção Inicial e Limpeza dos Discos de Freio

- Selecionar 16 (dezesesseis) discos de freio para serem utilizados no teste, sendo oito deles previamente desgastados por usinagem (trata-se da simulação da condição de "meia-vida", reproduzindo a rugosidade estabelecida para os discos "novos" – vide desenho DE-9.86.01.33/730-003). De modo geral, além da padronização do acabamento das faces de atrito, os discos de freio objeto dessa avaliação deverão estar isentos de quaisquer defeitos, que possam causar irregularidades na frenagem.
- Limpar cuidadosamente as faces de atrito dos discos segregados, a fim de remover resíduos de óleo ou verniz protetivo. Utilizar "Thinner Industrial", ou solvente equivalente.

b) Instalação dos Discos de Freio (numa mesma unidade autônoma) – cuja configuração resultante deverá atender as seguintes condições de contorno:

- cada um dos eixos rodeiros selecionados receberá um disco "novo" e um "meia-vida";
- cada um dos lados desta unidade autônoma, entre os eixos rodeiros selecionados, haverá alternância entre um disco "novo" e um "meia-vida";
- os rodeiros selecionados pertencerão a dois carros contíguos.

15.2 **TESTE DE DESEMPENHO DINÂMICO – UNIDADE AUTÔNOMA – Linha de Teste**

A avaliação do desempenho dinâmico dos discos de freio será executada pelo Metrô em unidade autônoma (circulando em local restrito com acompanhamento de representante do Metrô – Gerência de Manutenção), seguindo rotina análoga aquela consagrada para teste de sapatilhas de freio – vide PI-1.86.01.50/700-001 (Sapatilha de Freio dos Metrocarros – Ensaio de Desempenho Dinâmico – Procedimento de Inspeção e Teste). O Proponente poderá acompanhar a realização do teste.

Os resultados apresentados ao final desta etapa, de acordo com os critérios estabelecidos pelo item 11.5.1, delinearão o desempenho do disco de freio, a partir do qual será definido o encaminhamento do processo:

- Lote de Amostra Aprovado – desempenho em conformidade com os critérios de avaliação – os discos serão submetidos a novo teste dinâmico (Metrocarro), conforme item 15.3;
- Lote de Amostra Reprovado – desempenho em desacordo com os critérios de avaliação – os discos serão devolvidos para que o Proponente reinicie o desenvolvimento, apresentando novo lote de amostra.

15.3 **TESTE DE DESEMPENHO DINÂMICO – COMPOSIÇÃO – Linha de Teste**

Após a aprovação no teste dinâmico, a unidade autônoma será reintegrada ao seu respectivo trem, que será submetido a novo teste dinâmico, conforme a rotina vigente para avaliação do sistema de freios dos metrocarros (Protocolo de testes para comissionamento dinâmico), isto é, em condição controlada (circulando em local restrito com acompanhamento de representante do Metrô – Gerência de Manutenção).

Os resultados apresentados ao final desta etapa, de acordo com os critérios estabelecidos pelo item 11.5.1, delinearão o desempenho do disco de freio, a partir do qual será definido o encaminhamento do processo:

- Lote de Amostra Aprovado – desempenho em conformidade com os critérios de avaliação – os discos serão submetidos a novo teste dinâmico (Teste em Operação Comercial), conforme item 15.4;
- Lote de Amostra Reprovado – desempenho em desacordo com os critérios de avaliação – os discos serão devolvidos para que o Proponente reinicie o desenvolvimento, apresentando novo lote de amostra.



NOTA: As reprovações verificadas nas etapas referentes aos itens 15.2 e 15.3, somadas, deverão limitar-se a 2 (duas) vezes, a partir das quais o Proponente estará desqualificado para este desenvolvimento.

15.4

TESTE DE DESEMPENHO DINÂMICO – COMPOSIÇÃO – Operação Comercial

Para esta etapa, o trem dotado dos discos de freio em teste, que será liberado para a Operação Comercial, pelo período correspondente a um intervalo de Manutenção Preventiva Nível-2 (MPN-2 – aproximadamente 90 dias). Durante esse período, o Metrô procederá o acompanhamento dos discos de freio segregados, por meio de inspeções periódicas, de modo a identificar desgastes anormais ou agressões inaceitáveis, já que as superfícies dos discos de freio deverão apresentar-se espelhadas, podendo ocorrer apenas pequenas trincas térmicas.

Qualquer anormalidade nessa primeira fase do ensaio, ou seja, evidências de desempenho em desacordo com os critérios de avaliação definidos no item 11.5.1, em especial no tocante aos níveis de emissão de ruído e odor, interromperá o processo de homologação, condenando o disco de freio apresentado.

No entanto, em função dos resultados verificados ao longo do período de avaliação, a seu critério, o Metrô realizará uma segunda fase deste ensaio. Trata-se de um novo teste de desempenho dinâmico com carro vazio, conforme definido no PI-1.86.01.50/700-001 (Procedimento de Inspeção e Teste – Ensaio de Desempenho Dinâmico), cujos critérios de aprovação são os mesmos já descritos nas etapas anteriores.

Portanto, em havendo reprovação neste ensaio (primeira ou segunda fase), ficará a critério do Metrô, em função da origem do problema identificado (tipo de desvio), definir qual encaminhamento a ser adotado pelo Proponente:

- Problema no Processo de Produção – desvio nas rotinas de fabricação – o Proponente efetuará as correções necessárias no seu processo produtivo e fornecerá novo lote de amostra, a fim de viabilizar a repetição do teste dinâmico (Teste em Operação Comercial), conforme itens 15.3 e 15.4;
- Problema no Projeto e/ou Produto – desvio na qualidade intrínseca (concepção/composição) – os discos serão devolvidas para que o Proponente reinicie o processo de homologação, apresentando novo lote de amostra, conforme item 11.4.

NOTA: As reprovações nesta etapa estarão limitadas a 2 (duas) vezes consecutivas, a partir das quais o Proponente estará desqualificado para este processo de homologação.



16

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Eventuais omissões deste documento ou dúvidas dele decorrentes, em especial aquelas cujo esclarecimento exceda inclusive o escopo dos documentos adotados como referência para este processo de homologação, tais como o edital de licitação e contratação (desenvolvimento e homologação de produto) e a IC-9.86.01.33/730-001 (Instrução Complementar – Discos de Freio dos Metrocarros – Diretivas para Projeto e Fabricação) deverão ser tratadas caso a caso, a medida do seu surgimento, ou ainda, por meio das reuniões periódicas destinadas ao acompanhamento e coordenação do respectivo contrato.

1 - OBJETIVO

Definir critérios de participação dos fabricantes no processo de homologação de discos de freio.

2 - DEFINIÇÃO

Os discos de freio, objeto deste processo de homologação são aplicados nos metrocarros das frotas A, C, D, E, G, I, J, K e L.

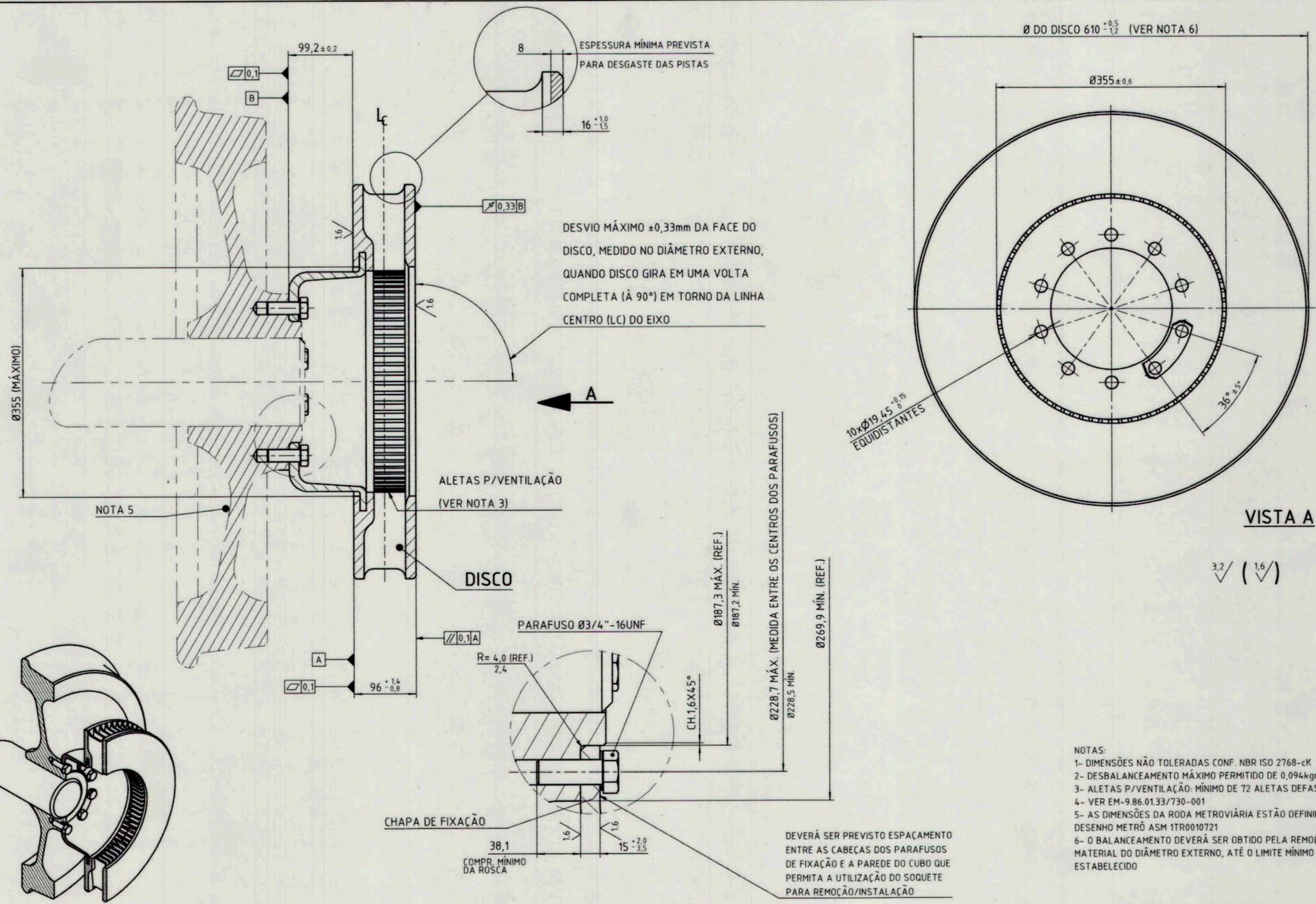
Originalmente estes discos foram concebidos e fabricados pelas empresas Sade Vigesa, SAB-Wabco e Faiveley, fazendo parte do projeto original dos trens. Ressalta-se que até o momento apresentam desempenho satisfatório, não sendo observados ocorrências de trincas na pista, deslocamento na junção cubo-pista, desgaste e balanceamento excessivos, o que atende ao especificado na EM - 9.86.01.33/730-001 revisão B.

Desta forma consideramos estes fabricantes isentos de participar do atual processo, pois os seus produtos, além do acima exposto, atendem plenamente os requisitos da especificação técnica e serão tratados como "Produto Padrão", para efeito de análise comparativa, podendo participar de futuros processos de aquisição como homologados.

Salientamos que todos os discos de freio adquiridos são submetidos a inspeção, quando da entrega do lote.

TÉCNICO EMT EDUARDO CASAGRANDE R 13824.3	COORDENADOR EMT ALMIR GONÇALVES R 08728-2	CHEFE DE DEPARTAMENTO LGI / EMT IVERSON M. C. MARTELLI R 20327-4
--	---	--

Este fim e propriedade do Conselho de Metrô e seu conteúdo não pode ser copiado ou reutilizado sem a aprovação deste Documento sem a responsabilidade sobre o mesmo.



- NOTAS:
- 1- DIMENSÕES NÃO TOLERADAS CONF. NBR ISO 2768-cK
 - 2- DESBALANCEAMENTO MÁXIMO PERMITIDO DE 0,094kgm
 - 3- ALETAS P/VENTILAÇÃO: MÍNIMO DE 72 ALETAS DEFASADAS EM 5°
 - 4- VER EM-9.86.01.33/730-001
 - 5- AS DIMENSÕES DA RODA METROVIÁRIA ESTÃO DEFINIDAS NO DESENHO METRÔ ASM 1TR0010721
 - 6- O BALANCEAMENTO DEVERÁ SER OBTIDO PELA REMOÇÃO DE MATERIAL DO DIÂMETRO EXTERNO, ATÉ O LIMITE MÍNIMO ESTABELECIDO

REV.	EMISSÃO	DESCRIÇÃO	DESENHISTA	PROJETISTA	CREA	VERIFICAÇÃO	CREA	RESP. TÊC.	CREA	APROVAÇÃO	DOC. REF.	POS.	COMP.	DESCRIÇÃO	MATERIAL	UNIT. QUANTIDADE	INST. QUANTIDADE	OBSERVAÇÃO
00	EMISSÃO		R145576 MAY JORGE 01.10.12			R06120.8 ROBERTO	060167602	R06120.8-ROBERTO R17096.1 JORGE	060167602 0602385973	R139550 RICARDO NOVAES	ATE 102666			RESERVADO PARA LOGOMARCA E APROVAÇÃO METRÔ (PARA DESENHO ELABORADO POR PROJETISTA CONTRATADA)				
														COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO				METRÔ
														Linha 1-AZUL, 2-VERDE, 3-VERMELHA				METROCARRO
														SISTEMA DE FREIO				
														ESPECIFICAÇÃO DIMENSIONAL DO DISCO DE FREIO DOS METROCARROS				
																		DE-9.86.01.33/730-003