

DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS ASSOCIADOS À EMISSÃO DE RUÍDOS EM TAMPÕES DE FERRO FUNDIDO DÚCTIL E ALTERNATIVAS PARA MITIGÁ-LOS

Amanda Mattos Antunes⁽¹⁾

Engenheira civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo com sete anos de atuação na área de gestão técnica de Programas Setoriais da Qualidade do PBQP-H – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat –, qualificação de materiais de construção civil e combate à não conformidade.

Allan Saddi Arnesen⁽²⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental (UFSC), Mestre em Sensoriamento Remoto (INPE), Especialista em Gerenciamento de Projetos – Práticas do PMI (SENAI), MBA em Gestão de Ativos (ABRAMAN). Gerente do Departamento de Acervo e Normalização Técnica da SABESP.

Giulianna Thereza Alves Listo⁽³⁾

Engenheira Civil (UFPA) da TESIS – Tecnologia e Qualidade de Sistemas em Engenharia Ltda.

Samuel Soares Muniz⁽⁴⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental (UFJF), Especialista em Gestão de Recursos Hídricos (UNINTER). Engenheiro do Departamento de Acervo e Normalização Técnica da SABESP.

Vera da Conceição Fernandes Hachich⁽⁵⁾

Engenheira Civil (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), Doutora e Mestre (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Construção Civil), Conselheira e Coordenadora do Comitê de Materiais do CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. Sócia-diretora da TESIS – Tecnologia e Qualidade de Sistemas em Engenharia Ltda.

Endereço⁽¹⁾: Rua Guaipá, 486 - Vila Leopoldina - São Paulo - SP - CEP: 05089-000 - Brasil - Tel: +55 (11) 2137-9666 - e-mail: amanda.antunes@tesis.com.br.

RESUMO

A emissão excessiva de ruídos durante a passagem de veículos sobre os tampões de ferro fundido dúctil empregados na vedação de poços de visita (PV) sob responsabilidade da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP – é um problema recidivo vivenciado pela Companhia. Em atenção a essa problemática, a SABESP, em benefício de contrato vigente com a empresa de engenharia TESIS, solicitou à contratada a realização de estudo diagnóstico dos fatores relacionados ao problema citado e um levantamento de soluções alternativas para a sua mitigação. Nessas condições, o presente artigo técnico apresenta os resultados preliminares relacionados ao tema de estudo “tampões para poços de visita” obtidos pela TESIS no decorrer dos primeiros 15 (quinze) meses de vigência do Contrato para Prestação de Serviço de Engenharia Para Estudos Relativos a Especificações de Materiais Aplicados em Ligações e Redes de Água e Esgoto. No decorrer do texto, são relatados os principais aspectos observados em visitas técnicas a tampões disfuncionais, prospecções laboratoriais e *in loco* realizadas e o desempenho de 5 (cinco) soluções alternativas estudadas, compreendendo 3 (três) modelos de tampões fabricados em material compósito e 2 (duas) soluções de borrachas antirruído específicas para a finalidade almejada.

PALAVRAS-CHAVE: tampões para PV; tampões de ferro fundido

INTRODUÇÃO

O ruído excessivo é um problema frequentemente vivenciado por moradores do entorno de poços de visita da rede de esgoto vedados por tampões de ferro fundido dúctil. Especialmente em grandes centros urbanos, a perturbação sonora causada pela passagem de veículos sobre os tampões compromete o bem-estar da população e se torna um passivo para a Companhia de Saneamento Básico de São Paulo (SABESP), face à necessidade periódica de substituição dos produtos e à usual improvisação de soluções, como instalação de borrachas ou segmentos de câmaras de pneus automotivos, em tentativa de mitigar o problema, percebido inclusive em produtos recém-instalados.

Neste contexto, a SABESP solicitou que a empresa de engenharia TESIS – Tecnologia e Qualidade de Sistemas em Engenharia LTDA. – realizasse um diagnóstico dos fatores associados à emissão excessiva de

ruídos por tampões de ferro fundido dúctil articulados de diâmetro nominal (DN) de 600 mm instalados em vias públicas e estudasse soluções para mitigar o problema. Motivada pela requisição apresentada, a TESIS elencou o tema “tampões para poços de visita” como prioritário no âmbito do Contrato firmado em abril/2023 para Prestação de Serviço de Engenharia à Companhia para Estudos Relativos a Especificações de Materiais Aplicados em Ligações e Redes de Água e Esgoto.

O trabalho conjunto desenvolvido pela TESIS e pela SABESP durante os primeiros 15 (quinze) meses de vigência do referido Contrato lança luz à possibilidade de solução de um problema que afeta o bem-estar de quem o vivencia e, complementarmente, à possibilidade de otimização de recursos, seja pela minimização da recorrência de serviços de reparo, seja pela redução de descartes de tampões removidos prematuramente de serviço.

OBJETIVOS

O presente artigo técnico apresenta os resultados obtidos para tampões para Poços de Visita (PV) durante os primeiros 15 (quinze) meses de desenvolvimento das atividades que constituem o Plano de Trabalho do Contrato firmado entre TESIS e SABESP para Prestação de Serviço de Engenharia Para Estudos Relativos a Especificações de Materiais Aplicados em Ligações e Redes de Água e Esgoto. São objetivos do estudo:

- Diagnosticar os principais fatores associados à emissão excessiva de ruídos por tampões de ferro fundido dúctil articulados de diâmetro nominal (DN) 600 mm instalados na região metropolitana de São Paulo/SP;
- Avaliar se existem materiais alternativos ao ferro fundido dúctil para fabricação de tampões para poços de visita, e se dispõem de potencial para atender às exigências de desempenho mecânico e acústico requeridas pela SABESP;
- Estudar a eficiência de solução antirruído padronizada, como recurso provisório de mitigação do problema em tampões que não possuem previsão de serem substituídos.

METODOLOGIA UTILIZADA

Como forma de diagnosticar os principais fatores associados à emissão excessiva de ruídos por tampões de ferro fundido dúctil, foram realizadas as atividades descritas na sequência:

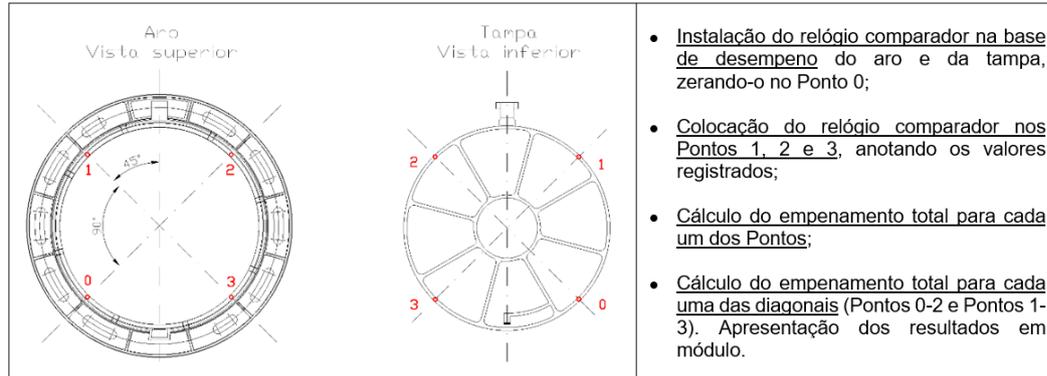
- **Análise comparativa das especificações** contempladas na Norma Técnica SABESP NTS0033:2021, nos documentos normativos ABNT NBR 10160:2005, AS 3996:2019 e DIN EN 124-1/2:2015, e no guia BS 7903:2020, a fim de identificar eventuais lacunas e pontos de melhorias em requisitos e critérios de desempenho da regulamentação SABESP.

Para tal, os requisitos de desempenho aplicáveis a tampões de ferro fundido dúctil foram relacionados e segregados em 4 (quatro) categorias: requisitos visuais, dimensionais e de assentamento, requisitos de resistência mecânica, requisitos antirruído e requisitos de avaliação da matéria-prima. Para cada requisito, foram sinalizadas as normas técnicas que os contemplavam em seu escopo e efetuada uma análise crítica dos critérios de desempenho correspondentes.

- **Visitas técnicas** junto à SABESP para vistoria de tampões de ferro fundido dúctil instalados na região metropolitana da cidade de São Paulo/SP. Catorze (14) tampões com queixas de ruído excessivo foram avaliados *in loco*, com foco na identificação de pontos em comum que pudessem ser gatilhos à geração do problema.
- **Análise laboratorial não destrutiva de tampões** retirados de serviço ou almoxarifado e disponibilizados pela SABESP. 6 (seis) tampões de ferro fundido dúctil foram inspecionados visualmente e avaliados quanto à integridade de seus elementos (aro, tampa e anel antirruído), qualidade do assentamento da tampa ao aro e aspectos dimensionais – empenamento e ovalização do aro. Os anéis antirruído, quando presentes nas amostras encaminhadas, foram avaliados quanto à espessura.

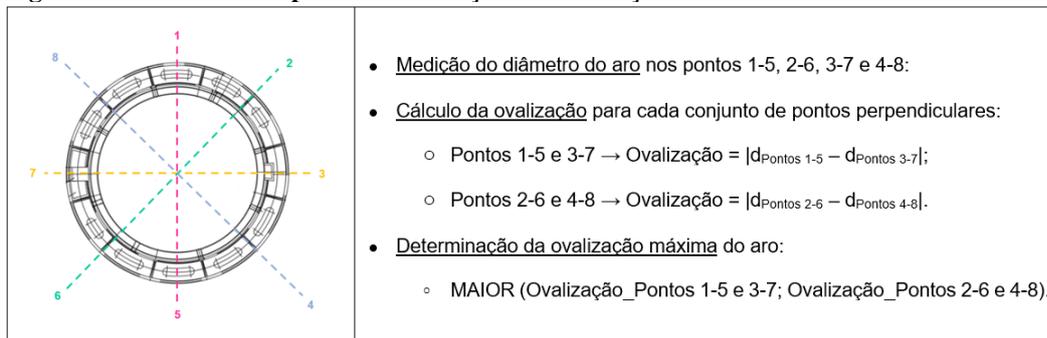
Os procedimentos adotados para determinação do empenamento e da ovalização do aro são apresentados nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

Figura 1 - Procedimento para determinação do empenamento



Fonte: Quarto Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 2 (documento 1428/RTB004A-2) – TESIS.

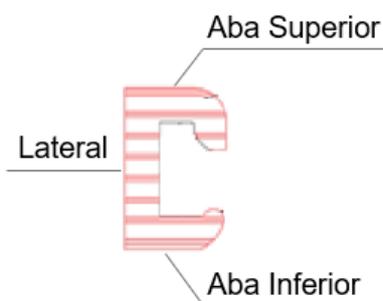
Figura 2 - Procedimento para determinação da ovalização do aro



Fonte: Quarto Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 2 (documento 1428/RTB004A-2) – TESIS.

Para verificação da espessura do anel antirruído, foram selecionadas 3 (três) regiões – lateral, aba superior e aba inferior –, conforme Figura 3, e realizadas medições em cada uma delas – 7 (sete) medições na região lateral, 7 (sete) medições na região da aba superior e 2 (duas) medições na região da aba inferior (extremidades).

Figura 3 - Regiões selecionadas para verificação da espessura do anel antirruído



Fonte: Terceiro Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 2 (documento 1428/RTB003A-2) – TESIS.

- **Prospeções *in situ*.** Para avaliar os efeitos da folga da articulação e dos contatos metal/metal, houve aplicação de espuma expansiva de poliuretano (PU) na região da rótula de tampão instalado em via pública da região da Lapa (São Paulo/SP); para avaliar os efeitos do empenamento e da ovalização do aro, houve troca das tampas de 2 (dois) tampões de ferro fundido dúctil previamente selecionados – um com queixas de ruído excessivo, e outro sem – e análise quanto à permanência ou descontinuidade das emissões.

Como forma de avaliar a existência de materiais alternativos ao ferro fundido dúctil capazes de atender às exigências de desempenho mecânico e acústico requeridas pela SABESP, foram consultadas normas técnicas internacionais relativas a tampões para poços de visita. Para normas que previam outras possibilidades de materiais, buscou-se analisar se eram feitas restrições de utilização, considerando a classe de uso, que se associa à carga para a qual o tampão é projetado, conforme apresentado nas Figuras 20 e 21 deste artigo. Para soluções passíveis de aplicação em áreas com tráfego de veículos, buscou-se verificar seu desempenho em serviço, por meio das seguintes atividades:

- **Análise laboratorial não destrutiva de 4 (quatro) tampões de material compósito**, sendo 2 (dois) de PRF – polímero reforçado com fibras –, importados de fabricante chinesa, neste artigo denominada “Fabricante A”, e 2 (dois) de resinas plásticas termoendurecíveis importados de fabricante italiana, neste artigo denominada “Fabricante B”. 1 (um) dos tampões disponibilizados é aplicável a áreas de tráfego moderado (classe C250, segundo a norma DIN EN 124-1:2015); os demais são aplicáveis a áreas de tráfego intenso (classe D400, segundo a norma DIN EN 124-1:2015). As amostras foram avaliadas visualmente quanto à uniformidade da cor e quanto à presença de impurezas, pites, rebarbas e outros defeitos (fissuras, bolhas, cavidades, delaminações e riscos superficiais), com base na norma DIN EN 124-5:2015. As condições da trava da tampa, da articulação e do anel de borracha também foram avaliadas;
- **Instalação *in situ* de 4 (quatro) tampões de material compósito e implementação de plano de inspeções periódicas** com foco nas análises e periodicidades descritas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Análises contempladas no plano de inspeções periódicas de tampões de material compósito

Análises do Plano de Inspeção	Descrição das Verificações
Análise Visual	Verificação da presença de manchas, descolorações, fissuras, bolhas, cavidades, delaminações e riscos superficiais na tampa; verificação da integridade da trava e do anel de borracha; verificação das condições da cava de abertura e parafusos
Análise da Articulação	Verificação da integridade da articulação, facilidade de abertura do tampão e aumento visível de folgas
Análise do Assentamento	Verificação do perfeito encaixe da tampa no aro, verificação de deterioração nas bordas do aro e da tampa, verificação de deterioração nas travas do tampão, verificação da estabilidade do tampão e da ocorrência de vibração e ruídos

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Quarto Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 2 (documento 1428/RTB004A-2) – TESIS.

Tabela 2 - Periodicidade das inspeções em tampões de material compósito

Ano	Número da Inspeção	Realização
	1ª inspeção	Imediatamente após instalação
	2ª inspeção	15 dias após instalação
1º ano	3ª inspeção	1 mês após instalação
	4ª inspeção	3 meses após instalação
	5ª a 7ª inspeções	De 3 em 3 meses após a 4ª inspeção, até completar um ano da instalação
2º e 3º anos	8ª a 11ª inspeções	De 6 em 6 meses após a 7ª inspeção, até completar três anos da instalação

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Quarto Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 2 (documento 1428/RTB004A-2) – TESIS.

Como forma de estudar a eficiência de solução antirruído padronizada, como recurso provisório de mitigação do problema em tampões de ferro fundido dúctil sem previsão de serem substituídos, foram consultadas alternativas bem-sucedidas empregadas internacionalmente. Uma delas, de origem italiana, foi importada em 2 (dois) modelos – um apropriado para situações de ruído leve, neste artigo denominado “Modelo Ruído Leve”, e outro apropriado para situações de ruídos intensos, neste artigo denominado “Modelo Ruído Intenso”, conforme ilustrado na Figura 35. A eficácia dos produtos foi testada preliminarmente mediante aplicação em tampões com queixas de ruído excessivo instalados na cidade de São Paulo/SP, seguida de monitoramento periódico.

RESULTADOS OBTIDOS

A seguir, são apresentados os principais resultados obtidos por tema de estudo.

Análise comparativa das especificações normativas

As Figuras 4 a 7 apresentam os resultados da análise comparativa das seguintes normas técnicas referentes a tampões para poços de visita de ferro fundido dúctil: ABNT NBR 10160, AS 3996, BS 7903, DIN EN 124-1, DIN EN 124-2 e NTS0033. As referidas Figuras utilizam os símbolos “✓” e “X” para indicar, respectivamente, requisitos abordados e não abordados nos documentos avaliados.

Figura 4 - Requisitos visuais, dimensionais e de assentamento estabelecidos para tampões

REQUISITOS VISUAIS, DIMENSIONAIS E DE ASSENTAMENTO	ABNT NBR 10160	AS 3996	BS 7903	DIN EN 124-1 DIN EN 124-2	NTS0033
ANÁLISE VISUAL	✓	X	X	✓	✓
ANÁLISE DIMENSIONAL E DE ASSENTAMENTO	✓	✓	✓	✓	✓

Fonte: Terceiro Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 1 (documento 1428/RTB003A-1) – TESIS.

Figura 5 - Requisitos de avaliação da matéria-prima estabelecidos para tampões

REQUISITOS DE AVALIAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA	ABNT NBR 10160	AS 3996	BS 7903	DIN EN 124-1 DIN EN 124-2	NTS0033
ENSAIO METALOGRAFICO	X	X	X	X	✓

Fonte: Terceiro Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 1 (documento 1428/RTB003A-1) – TESIS.

Figura 6 - Requisitos de resistência mecânica estabelecidos para tampões

REQUISITOS DE RESISTÊNCIA MECÂNICA	ABNT NBR 10160	AS 3996	BS 7903	DIN EN 124-1 DIN EN 124-2	NTS0033
RESISTÊNCIA AO ARRANCAMENTO DA TAMPA	X	X	X	X	✓
RESISTÊNCIA À CARGA	✓	✓	✓	✓	✓
DETERMINAÇÃO DA FLECHA RESIDUAL	✓	X	X	✓	✓
RESISTÊNCIA À TRAÇÃO	X	X	X	X	✓

Fonte: Terceiro Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 1 (documento 1428/RTB003A-1) – TESIS.

Figura 7 - Requisitos antirruído estabelecidos para tampões

REQUISITOS ANTIRRUÍDO		ABNT NBR 10160	AS 3996	BS 7903	DIN EN 124-1 DIN EN 124-2	NTS0033
FOLGA TOTAL		✓	✓	✗	✓	✓
ANEL ANTIRRUÍDO	DIMENSIONAL	✗	✗	✗	✗	✓
	DENSIDADE	✗	✗	✗	✗	✓
	DUREZA	✗	✗	✗	✗	✓
	TENSÃO DE RUPTURA	✗	✗	✗	✗	✓
	ALONGAMENTO NA RUPTURA	✗	✗	✗	✗	✓

Fonte: Terceiro Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 1 (documento 1428/RTB003A-1) – TESIS.

Verifica-se que a Norma Técnica SABESP contempla o maior número de requisitos de desempenho aplicáveis a tampões de ferro fundido dúctil, sendo o único documento que estabelece a necessidade de atendimento aos critérios de resistência ao arrancamento da tampa, de resistência à tração, de avaliação da matéria-prima e de desempenho do anel antirruído.

Não há requisitos de desempenho contemplados na documentação avaliada ausentes ou com especificações mais brandas na norma técnica SABESP.

Visitas técnicas

A Figura 8 apresenta a relação dos 14 (catorze) tampões de ferro fundido dúctil com queixas de ruído excessivo vistoriados *in loco* pela TESIS durante as visitas técnicas realizadas na presença de representantes da SABESP. Em seguida, são pontuadas as principais constatações, com registro fotográfico de ocorrências identificadas como relevantes para geração de ruído.

Figura 8 - Tampões de ferro fundido dúctil vistoriados *in loco* pela TESIS



Fonte: Terceiro e Sexto Relatórios Técnicos Bimensais da Frente de Trabalho 2 (documentos 1428/RTB003A-2 e 1428/RTB006A-2) – TESIS.

- **Condições precárias do entorno do tampão devido à má instalação**, especialmente evidentes em tampões instalados por meio de laje moldada *in loco*, que resultam na movimentação do conjunto durante a passagem de veículos.

Figura 9 - Exemplos de tampões vistoriados com condições precárias do entorno



Fonte: Sexto Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 2 (documento 1428/RTB006A-2) – TESIS.

- **Falta de nivelamento do tampão**, muitas vezes associada à existência de rebaixamentos importantes na via.

Figura 10 - Exemplos de tampões com desnível importante em relação à via



Fonte: Acervo TESIS.

- **Desgaste e desencaixe total ou parcial do anel antirruído**, comprometendo a eficiência do elemento em amortecer o impacto da tampa sobre o aro durante a passagem de veículos sobre o tampão.

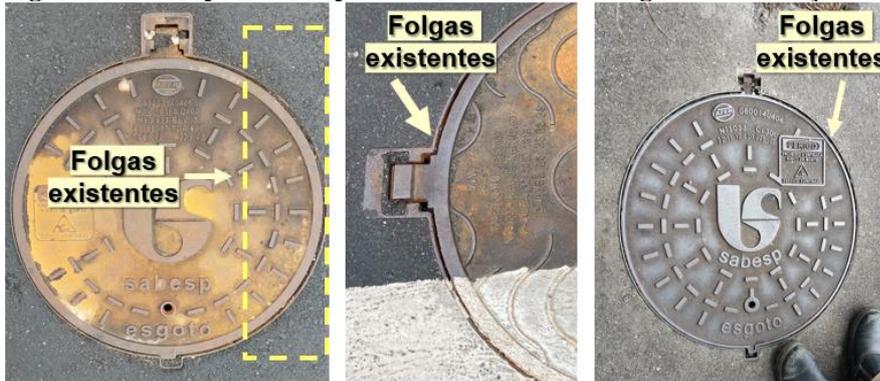
Figura 11 - Exemplo de tampão com funcionalidade do anel antirruído comprometida



Fonte: Acervo TESIS.

- **Existência de folgas na articulação do tampão e na interface tampa e aro**, ocasionando a movimentação da tampa durante a passagem de veículos.

Figura 12 - Exemplos de tampões com indicativos de folgas na articulação e na interface tampa e aro



Fonte: Acervo TESIS.

- **Existência de pontos de contato metal-metal**, especialmente na região da rótula dos tampões e no dispositivo tipo elástico com função de travamento da tampa.

Figura 13 - Dispositivo de travamento como ponto de contato metal-metal



Fonte: Terceiro Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 2 (documento 1428/RTB003A-2) – TESIS.

Análise laboratorial não destrutiva de tampões de ferro fundido dúctil

A Figura 14 apresenta os 6 (seis) tampões de ferro fundido dúctil disponibilizados pela SABESP à TESIS para análise laboratorial. 5 (cinco) tampões foram retirados de serviço devido à constatação de ruídos excessivos e 1 (um) tampão foi retirado de almoxarifado da Companhia.

Figura 14 - Amostras de tampões de ferro fundido dúctil encaminhadas pela SABESP à TESIS



Fonte: Terceiro Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 2 (documento 1428/RTB003A-2) – TESIS.

As Figuras 15 e 16 apresentam, respectivamente, os resultados obtidos nos ensaios de verificação do empenamento e da ovalização do aro e de determinação da espessura do anel antirruído; a Figura 17 apresenta o registro fotográfico das principais constatações oriundas da inspeção visual das amostras.

Cabe ressaltar que o ensaio de determinação do empenamento foi realizado apenas no tampão retirado de almoxarifado da SABESP – amostra 1428/12A –, uma vez que a desinstalação de campo poderia introduzir desvios não necessariamente encontrados no produto e, assim, comprometer as análises.

Figura 15 - Resultados obtidos nos ensaios de verificação do empenamento e da ovalização do aro

Código da Amostra	Determinação da Ovalização do Aro Exigência SABESP (NTS0033:2021): Total circularidade do aro para tampões articulados DN 600							Determinação do Empenamento Exigência SABESP (*): Empenamento total de cada uma das diagonais < 3 mm													
	Diâmetro Medido (mm)				Ovalização (mm)			Aro				Tampa				Empenamento Total					
	P 1-5	P 2-6	P 3-7	P 4-8	P 1-5 3-7	P 2-6 4-8	Máxima	P0	P1	P2	P3	P0	P1	P2	P3	P0	P1	P2	P3	Diagonal 0-2	Diagonal 1-3
1428/12A	643	643	646	643	3	0	3	0,00	1,45	1,38	0,52	0,00	0,99	0,77	0,20	0,00	0,46	0,61	0,32	0,61	0,14
1428/25	644	644	645	645	1	1	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1428/26	643	646	644	642	1	4	4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1428/27	634	634	633	633	1	1	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1428/28	643	642	645	644	2	2	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1428/29	644	644	643	643	1	1	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

(*): Conforme documento "Procedimento de Ensaio – Empenamento" encaminhado em 27/10/2023.

NA: Amostras não avaliadas, uma vez que já haviam sido instaladas e a retirada comprometeu o produto, não permitindo essa avaliação.

Fonte: Quarto Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 2 (documento 1428/RTB004A-2) – TESIS.

Figura 16 - Resultados obtidos no ensaio de determinação da espessura do anel antirruído

Código da Amostra	Determinação da Espessura (mm) Exigência SABESP (NTS0033:2021): (5 ± 1) mm															
	Lateral							Aba Superior							Aba Inferior	
	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e1	e2
1428/12A	2,90	2,93	2,98	2,89	3,02	2,89	2,89	4,39	4,24	4,44	4,22	4,19	4,22	4,14	2,61	2,49
1428/25	2,95	2,85	2,93	2,88	2,89	2,96	2,82	4,19	4,18	4,18	3,98	4,15	4,21	4,18	2,74	2,46
1428/26	2,37	2,34	2,46	2,42	2,40	2,32	2,37	4,56	4,55	4,56	4,63	4,57	4,52	4,41	2,26	2,27
1428/27	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1428/28	2,98	2,84	3,00	2,94	2,94	2,96	2,98	4,35	4,20	4,26	4,16	4,28	4,43	4,56	3,11	2,69
1428/29	2,25	2,50	2,32	2,35	2,39	2,26	2,29	4,50	4,74	4,74	4,34	4,75	4,70	4,12	2,54	2,26

NA: Não avaliado. A amostra encaminhada não possuía anel antirruído.

Fonte: Terceiro Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 2 (documento 1428/RTB003A-2) – TESIS.

Figura 17 - Registro fotográfico das principais constatações oriundas da inspeção visual das amostras



Fonte: Acervo TESIS e Terceiro Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 2 (documento 1428/RTB003A-2) – TESIS.

Os resultados obtidos na inspeção visual convergiram para alguns aspectos observados nas visitas técnicas realizadas – existência de folgas importantes na articulação e na interface tampa e aro, facilidade de desengaxe do anel antirruído e existência de pontos de contato metal-metal.

Quanto à ovalização do aro e à espessura do anel antirruído, nenhuma das amostras avaliadas apresentou conformidade às especificações da NTS0033:2021.

Prospecções *in situ*

Os resultados obtidos nas 2 (duas) prospecções *in situ* realizadas para avaliação de potenciais causas para a emissão excessiva de ruídos por tampões de ferro fundido dúctil são apresentados na sequência.

- **Prospecção 1 – Aplicação de espuma expansiva na articulação de tampão**

A Figura 18 apresenta o registro fotográfico da aplicação de espuma expansiva na articulação de tampão instalado em via pública da região da Lapa (São Paulo/SP), feita com o objetivo de avaliar os efeitos da folga da articulação e dos contatos metal/metal na geração de ruídos.

Figura 18 - Registro fotográfico das principais constatações oriundas da inspeção visual das amostras



Fonte: Acervo TESIS.

Não houve alteração dos níveis de ruído identificados no tampão após aplicação da espuma expansiva. O material não se mostrou adequado ao objetivo proposto.

- **Prospecção 2 – Troca de tampas entre tampões com e sem queixa de ruído**

A Figura 19 apresenta os resultados da segunda prospecção *in situ*, realizada com o objetivo de avaliar os efeitos do empenamento e da ovalização do aro na geração de ruídos em tampões de ferro fundido dúctil. São apresentadas as condições dos tampões antes e depois da troca das tampas.

Figura 19 - Resultado da troca de tampas

Registro Fotográfico e Descrição	Condição ANTES da Troca das Tampas	Condição DEPOIS da Troca das Tampas
 Tampão de Ferro Fundido Dúctil Para Esgoto	 COM RUÍDO	 COM RUÍDO
 Tampão de Ferro Fundido Dúctil Para Esgoto	 SEM RUÍDO	 SEM RUÍDO

Fonte: Quarto Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 2 (documento 1428/RTB004A-2) – TESIS.

Não foram constatadas alterações nos níveis de ruído identificados após troca das tampas. O tampão com ruído permaneceu com ruído, e o tampão sem ruído permaneceu sem ruído. No caso específico dos materiais prospectados, é provável que o problema esteja no aro e/ ou na instalação, e não na tampa.

Estudo de materiais alternativos ao ferro fundido dúctil para fabricação de tampões

Consulta à normalização técnica internacional

As Figuras 20 e 21 apresentam o resultado da consulta às normas AS 3996, DIN EN 124-1, DIN EN 124-5 e DIN EN 124-6, relativas a tampões para poços de visita, com abordagem dos materiais alternativos ao ferro fundido dúctil nelas abordados – plástico e materiais compósitos – e classes de uso passíveis de aplicação (células hachuradas em verde), com respectivas capacidades de carga.

Figura 20 - Limites de aplicação de tampões plásticos

DIN EN 124-1 DIN EN 124-6			AS 3996:2019		
(Tampões de PP, PE e PVC-U)			(Tampões plásticos de materiais poliméricos termoplásticos (PE, PP, polibutileno, nylon e policarbonato) e termofixos (epóxi, poliéster e poliuretano))		
Classe	Uso	Carga (kN)	Classe	Uso	Carga (kN)
A 15	Acesso exclusivo de pedestres e ciclistas	15	A	Acesso exclusivo de pedestres	10
B 125	Áreas de pedestres ou semelhantes e estacionamentos	125	B	Calçadas residenciais e garagens	80
C 250	Áreas próximas a calçadas	250	C	Vias secundárias e áreas com tráfego lento	150
D 400	Faixas de rodagem de estradas, acostamentos e zonas de estacionamento, para todos os tipos de veículos rodoviários	400	D	Vias principais, incluindo autoestradas e acostamentos. Armazéns e docas de carregamento	240
E 600	Locais com tráfego pesado (por exemplo, docas, pavimentos de aeronaves)	600	E	Vias expressas e rodovias. Adequado a todos os veículos pesados	400
F 900	Locais com tráfego pesado (por exemplo, pavimentos de aeronaves)	900	F	Docas, cais e serviço aeroportuário e pistas de taxiamento. Volumes de tráfego pesados e altos	600
			G	Docas, cais e pistas de aeroportos. Volumes de tráfego pesados e altos	900

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Terceiro Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 1 (documento 1428/RTB003A-1) – TESIS.

Figura 21 - Limites de aplicação de tampões de materiais compósitos

DIN EN 124-1 DIN EN 124-5			AS 3996:2019		
Materiais compósitos C1, C2 e C3 (conforme processo de produção):			Materiais compósitos que contenham componente polimérico, como FRP (Fibre Reinforced Plastic), SMC (Sheet Moulding Compound) e BMC (Bulk Moulding Compound), e que possam conter qualquer material de reforço (por exemplo, vidro, celulose, aço ou fibras plásticas)		
Classe	Uso	Carga (kN)	Classe	Uso	Carga (kN)
A 15	Acesso exclusivo de pedestres e ciclistas	15	A	Acesso exclusivo de pedestres	10
B 125	Áreas de pedestres ou semelhantes e estacionamentos	125	B	Calçadas residenciais e garagens	80
C 250	Áreas próximas a calçadas	250	C	Vias secundárias e áreas com tráfego lento	150
D 400	Faixas de rodagem de estradas, acostamentos e zonas de estacionamento, para todos os tipos de veículos rodoviários	400	D	Vias principais, incluindo autoestradas e acostamentos. Armazéns e docas de carregamento	240
E 600	Locais com tráfego pesado (por exemplo, docas, pavimentos de aeronaves)	600	E	Vias expressas e rodovias. Adequado a todos os veículos pesados	400
F 900	Locais com tráfego pesado (por exemplo, pavimentos de aeronaves)	900	F	Docas, cais e serviço aeroportuário e pistas de taxiamento. Volumes de tráfego pesados e altos	600
			G	Docas, cais e pistas de aeroportos. Volumes de tráfego pesados e altos	900

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Quarto Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 1 (documento 1428/RTB004A-1) – TESIS.

No que tange a tampões de materiais plásticos, as normas avaliadas divergem quanto às áreas passíveis de utilização, sendo a AS 3996 mais abrangente, por incluir vias secundárias e principais.

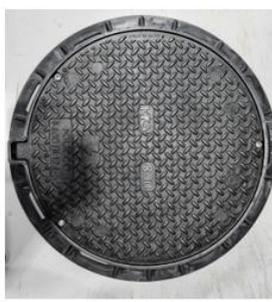
No que tange a tampões de materiais compósitos, as normas convergem quanto à possibilidade de aplicação em áreas com fluxo de veículos; entretanto, há divergência entre as capacidades de carga máximas admitidas, sendo o máximo valor especificado na AS 3996, 240 kN, 60% do máximo valor especificado na DIN EN 124-5, 400 kN.

Estudo de viabilidade técnica de tampões de material compósito

Análise laboratorial não destrutiva

A Figura 22 apresenta os 4 (quatro) tampões de materiais compósitos disponibilizados pela SABESP à TESIS para análise laboratorial. Os resultados da inspeção visual de cada amostra constam na Figura 23.

Figura 22 - Tampões de materiais compósitos disponibilizados para análise

Amostra, Fabricante, Material e Classificação Típica			
1428/41	1428/42	1428/63A	1428/63B
			
Fabricante “A” D400 Polímero reforçado com fibras	Fabricante “A” C250 Polímero reforçado com fibras	Fabricante “B” D400 Resinas plásticas termoendurecíveis	Fabricante “B” D400 Resinas plásticas termoendurecíveis

Fonte: Acervo TESIS.

Figura 23 - Resultados da inspeção visual realizada nos tampões de materiais compósitos

Aspecto Visual		Amostra 1428/41	Amostra 1428/42	Amostra 1428/63A	Amostra 1428/63B
Tampão	Uniformidade da Cor	Bom	Bom	Bom	Bom
	Impurezas	Bom	Bom	Bom	Bom
	Pitting	Bom	Bom	Bom	Bom
	Rebarbas	Bom	Bom	Bom	Bom
	Fissuras	Bom	Bom	Bom	Bom
	Bolhas	Bom	Bom	Bom	Bom
	Cavidades	Bom	Bom	Bom	Bom
	Delaminações	Bom	Bom	Bom	Bom
Riscos Superficiais	Regular (*)	Regular (**)	Bom	Bom	
Trava	Bom	Parafuso ausente	Unicamente por parafusos	Unicamente por parafusos	
Articulação	Rotação irrestrita, possibilitando abertura da tampa em 180°	Rotação irrestrita, possibilitando abertura da tampa em 180°	Inexistente	Inexistente	
Anel de Borracha	Descontínuo	Descontínuo	Bom	Bom	

(*): Presença de riscos e afundamentos | (**): Presença de riscos.

Fonte: Quarto e Sexto Relatórios Técnicos Bimensais da Frente de Trabalho 2 (documentos 1428/RTB004A-2 e 1428/RTB006A-2) – TESIS.

Não foram identificadas anomalias visuais significativas. As amostras de códigos 1428/41 e 1428/42 apresentaram anel de borracha descontínuo e rotação irrestrita da articulação, o que pode provocar acidentes; as amostras de códigos 1428/63A e 1428/63B apresentaram mecanismo de travamento por parafusos, o que impossibilita a abertura espontânea da tampa em casos de extravasamento da rede.

Instalação dos tampões *in situ* e implementação de plano de inspeções periódicas

As Figuras 24 a 27 apresentam o registro fotográfico dos procedimentos adotados para instalação *in situ* de cada um dos 4 (quatro) tampões de materiais compósitos disponibilizados para estudo. Ressalta-se que 3 (três) tampões foram instalados em via pública (tampões de classe D400), e 1 (um) tampão foi instalado em passeio (tampão de classe C250).

Figura 24 – Procedimentos de instalação do tampão de código 1428/41 (Via pública) – Fabricante A | Classe D400 | Polímero reforçado com fibras



Fonte: Quinto Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 2 (documento 1428/RTB005A-2) – TESIS.

Figura 25 – Procedimentos de instalação do tampão de código 1428/42 (Passeio) – Fabricante A | Classe C250 | Polímero reforçado com fibras



Fonte: Quinto Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 2 (documento 1428/RTB005A-2) – TESIS.

Figura 26 – Procedimentos de instalação do tampão de código 1428/63A (Via pública) – Fabricante B | Classe D400 | Resinas plásticas termoendurecíveis



Fonte: Acervo TESIS.

Figura 27 – Procedimentos de instalação do tampão de código 1428/63B (Via pública) – Fabricante B | Classe D400 | Resinas plásticas termoendurecíveis



Fonte: Acervo TESIS.

Imediatamente após a instalação, os tampões foram inspecionados, em atenção ao plano de monitoramento concebido. As Figuras 28 a 30 apresentam os resultados das análises visual, da articulação e do assentamento de cada um dos tampões, para as inspeções realizadas até o mês de maio/2024. As Figuras 31 a 34 apresentam o registro fotográfico das principais constatações oriundas das inspeções periódicas realizadas nos tampões de código 1428/41, 1428/42, 1428/63A e 1428/63B.

Figura 28 - Resultados obtidos na análise visual dos tampões instalados

Análise Visual		Fabricante "A" Polímero Reforçado Com Fibras								Fabricante "B" Resinas Plásticas Termoendurecíveis					
		1428/41 → Via Pública D400				1428/42 → Passeio C250				1428/63A → Via Pública D400			1428/63B → Via Pública D400		
		1ª Inspeção	2ª Inspeção	3ª Inspeção	4ª Inspeção	1ª Inspeção	2ª Inspeção	3ª Inspeção	4ª Inspeção	1ª Inspeção	2ª Inspeção	3ª Inspeção	1ª Inspeção	2ª Inspeção	3ª Inspeção
Tampão	Uniformidade da Cor	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
	Descoloração	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
	Fissuras	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
	Bolhas	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
	Cavidades	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
	Delaminações	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
	Riscos Superficiais	Regular ⁽¹⁾	Regular ⁽¹⁾	Regular ⁽¹⁾	Regular ⁽¹⁾	Regular ⁽¹⁾	Regular ⁽¹⁾	Regular ⁽¹⁾	Regular ⁽¹⁾	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
	Trava	Bom	Bom	Bom	Regular ⁽²⁾	Bom	Bom	Bom	Regular ⁽²⁾						
	Cava de Abertura									Bom	Regular ⁽³⁾	Regular ⁽³⁾	Bom	Bom	Bom
	Acomodação (Parafusos)									Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Regular ⁽⁴⁾
	Anel de Borracha	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom

(1): Presença de riscos. | (2): Trava metálica ligeiramente empenada. | (3): Lascamento decorrente da abertura com picareta. | (4): Deterioração em uma das acomodações dos parafusos.

Fonte: Acervo TESIS e Quinto e Sexto Relatórios Técnicos Bimensais da Frente de Trabalho 2 (documentos 1428/RTB005A-2 e 1428/RTB006A-2) – TESIS.

Figura 29 - Resultados obtidos na análise da articulação dos tampões instalados

Análise da Articulação		Fabricante "A" Polímero Reforçado Com Fibras								Fabricante "B" Resinas Plásticas Termoendurecíveis					
		1428/41 → Via Pública D400				1428/42 → Passeio C250				1428/63A → Via Pública D400			1428/63B → Via Pública D400		
		1ª Inspeção	2ª Inspeção	3ª Inspeção	4ª Inspeção	1ª Inspeção	2ª Inspeção	3ª Inspeção	4ª Inspeção	1ª Inspeção	2ª Inspeção	3ª Inspeção	1ª Inspeção	2ª Inspeção	3ª Inspeção
	Integridade	Bom	Ruim	Ruim	Ruim	Bom	Bom	Bom	Bom						
	Aumento de Folgas	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não						
	Facilidade de Abertura da Tampa	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Regular ⁽¹⁾	Bom	Bom						

(1): Ligeira dificuldade de abertura pela presença de detritos no local.

Fonte: Quinto e Sexto Relatórios Técnicos Bimensais da Frente de Trabalho 2 (documentos 1428/RTB005A-2 e 1428/RTB006A-2) – TESIS.

Figura 30 - Resultados obtidos na análise do assentamento dos tampões instalados

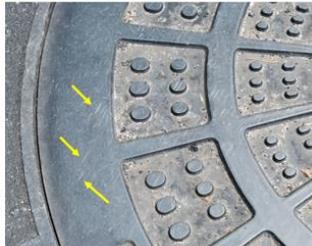
Análise do Assentamento		Fabricante "A" Polímero Reforçado Com Fibras								Fabricante "B" Resinas Plásticas Termoendurecíveis					
		1428/41 → Via Pública D400				1428/42 → Passeio C250				1428/63A → Via Pública D400			1428/63B → Via Pública D400		
		1ª Inspeção	2ª Inspeção	3ª Inspeção	4ª Inspeção	1ª Inspeção	2ª Inspeção	3ª Inspeção	4ª Inspeção	1ª Inspeção	2ª Inspeção	3ª Inspeção	1ª Inspeção	2ª Inspeção	3ª Inspeção
Deterioração	Travas	Não	Não	Não	Sim ⁽¹⁾	Não	Não	Não	Sim ⁽¹⁾						
	Borda do Aro	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
	Borda da Tampa	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Ocorrências Após Movimentação da Tampa Fechada	Desnívelamento	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não
	Vibração	Sim	NA	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
	Ruído	Sim	NA	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Compatibilidade das Superfícies de Assentamento		Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom

(1): Trava metálica ligeiramente empenada. | (NA): Não analisado. Não houve passagem de veículos sobre o tampão durante a permanência da equipe TESIS no local.

Fonte: Acervo TESIS e Quinto e Sexto Relatórios Técnicos Bimensais da Frente de Trabalho 2 (documentos 1428/RTB005A-2 e 1428/RTB006A-2) – TESIS.

Figura 31 - Registro fotográfico - Ocorrências identificadas no tampão 1428/41 (Fabricante "A" | D400)

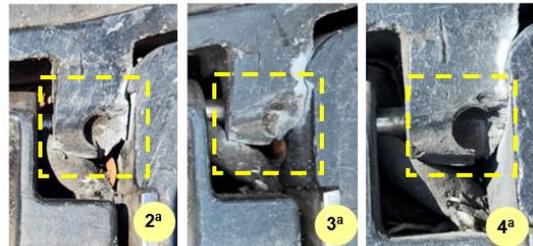
Riscos superficiais



Empenamento da trava



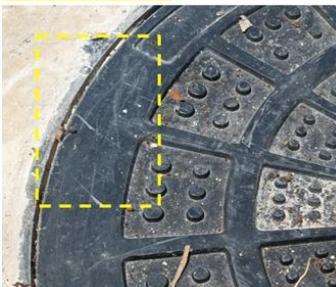
Ruptura na articulação – 2ª, 3ª e 4ª inspeções



Fonte: Acervo TESIS.

Figura 32 - Registro fotográfico - Ocorrências identificadas no tampão 1428/42 (Fabricante "A" | C250)

Riscos superficiais



Empenamento da trava



Fonte: Acervo TESIS.

Figura 33 - Registro fotográfico - Ocorrências identificadas no tampão 1428/63A (Fabricante "B" | D400)



Fonte: Acervo TESIS.

Figura 34 - Registro fotográfico - Ocorrências identificadas no tampão 1428/63B (Fabricante “B” | D400)



Fonte: Acervo TESIS.

As inspeções realizadas até maio/2024 nos tampões de materiais compósitos instalados *in situ* demonstraram o que segue:

- **Análise visual:**
- Ligeiro empenamento da trava metálica dos tampões da Fabricante “A”, possivelmente associado ao manuseio inadequado dos produtos, com soltura da tampa em queda livre sobre o aro em operações de fechamento. A médio e longo prazos, a ocorrência poderá dificultar o fechamento dos tampões;
- Lascamento da cava de abertura de um dos tampões da Fabricante “B”, decorrente do manuseio com picareta, e deterioração da superfície de acomodação dos parafusos do outro tampão da fabricante.
- **Análise da articulação:**
- Rupturas importantes na articulação do tampão da Fabricante “A” instalado em via pública.
- **Emissão de ruídos e condições de assentamento:**
- Desnivelamentos superficiais nos tampões da Fabricante “A”, com emissão de ruído naquele instalado em via pública, indicando que o problema acústico pode ocorrer inclusive em produtos sem regiões de contato metal-metal;
- Ausência de ruídos nos tampões da Fabricante “B”, possivelmente associados à sua condição de travamento por parafusos. Ressalta-se, entretanto, que esta característica impede a abertura automática da tampa em casos de extravasamento da rede, contrariando as diretrizes normativas da SABESP.

Estudo da eficiência de solução antirruído padronizada

A Figura 35 apresenta os 2 (dois) modelos de borrachas antirruído importados pela TESIS de fabricante italiana – “Modelo Ruído Leve” e “Modelo Ruído Intenso”, aplicáveis a tampões pertencentes, respectivamente, às classes de uso C250 e D400 da norma DIN EN 124-1:2015.

Figura 35 - Modelos de borrachas antirruído importados pela TESIS



Fonte: Acervo TESIS.

As borrachas foram aplicadas no aro de 4 (quatro) tampões de ferro fundido dúctil instalados na cidade de São Paulo/SP, sendo 3 (três) tampões classificados como emissores de ruídos intensos, e 1 (um) tampão classificado como emissor de ruído leve. Em atenção às recomendações da fabricante, foram aplicadas 6 (seis) borrachas antirruído, igualmente espaçadas, por tampão. O registro fotográfico da aplicação das borrachas em um dos tampões é apresentado na Figura 36.

Figura 36 - Registro fotográfico da aplicação das borrachas antirruído



Fonte: Acervo TESIS.

A avaliação da eficácia da solução em mitigar os ruídos perceptíveis nos tampões alvo do estudo foi realizada em 2 (dois) momentos: imediatamente após aplicação e após 15 (quinze) dias da aplicação. Constatou-se, entretanto, que as borrachas padronizadas não foram capazes de atender o objetivo almejado, gerando, no melhor caso, leve e temporária atenuação sonora.

Cabe pontuar, entretanto, que todos os tampões que tiveram borrachas antirruído aplicadas em seus aros apresentavam algum tipo de desnível em relação à via ou deterioração importante do pavimento no entorno, conforme evidenciado na Figura 37. Dado o resultado preliminar insatisfatório, a TESIS interrompeu as avaliações e deverá retomar os estudos futuramente, por meio da aplicação das borrachas remanescentes em tampões com bom nivelamento e boas condições do pavimento do entorno, de forma a isolar a variável “instalação do tampão” das análises de eficácia da solução padronizada antirruído.

Figura 37 - Evidência fotográfico da deterioração do pavimento no entorno dos tampões



Fonte: Sexto Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 2 (documento 1428/RTB006A-2) – TESIS.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O levantamento normativo realizado evidenciou a completude da documentação SABESP quanto a requisitos de desempenho estabelecidos para tampões de ferro fundido dúctil. Ainda assim, as visitas técnicas para inspeção de tampões instalados, as análises laboratoriais não destrutivas e prospecções *in situ* realizadas em amostras disponibilizadas pela Companhia à TESIS deram indícios de que:

- A revisão da NTS0033:2021 é necessária, especialmente no que tange a folgas e tolerâncias dimensionais para tampões e especificações para o anel antirruído;
- A elaboração de um guia de boas práticas ou de norma técnica específica voltada à instalação de tampões por meio de laje moldada *in loco* é necessária, face à constatação de que a emissão de ruídos por tampões

de ferro fundido dúctil pode ser agravada pelas condições precárias do pavimento do entorno e por desnivelamentos importantes do tampão em relação à via.

O levantamento normativo realizado também permitiu conhecer materiais para fabricação de tampões para poços de visita alternativos ao ferro fundido dúctil. Sobre esse aspecto, os compósitos se mostraram mais abrangentes que o plástico, uma vez que tanto a norma DIN EN 124 quanto a norma AS 3996 preveem seu emprego em áreas com fluxo de veículos.

Os resultados obtidos no estudo de viabilidade técnica de tampões de material compósito, entretanto, sugerem cautela na instalação destes produtos em vias públicas, especialmente por constatações feitas nas inspeções do tampão de polímero reforçado com fibras da Fabricante “A” instalado nesse local: ruptura da articulação, que sinaliza baixa resistência às solicitações usuais de serviço, e emissão de ruído.

Quanto aos tampões de resinas plásticas termoendurecíveis da Fabricante “B”, a condição de travamento por parafusos foi considerada o principal fator de incoerência de ruído. Uma análise mais precisa do potencial dos produtos em atender às diretrizes e demandas de desempenho acústico da SABESP seria avaliá-los na condição articulada.

Ainda sobre a temática acústica, as borrachas antirruído, embora representem uma padronização de soluções já empregadas de forma improvisada pela SABESP – colocação de segmentos de câmara de pneu automotivo entre o aro e a tampa, por exemplo – mostraram-se, preliminarmente, ineficazes na resolução do problema. Cabe ressaltar, no entanto, que todos os tampões em que as borrachas foram aplicadas apresentavam algum tipo de desnível em relação à via ou deterioração importante do pavimento no entorno. Assim, as análises podem ter sido prejudicadas. A aplicação de borrachas em tampões em tampões com bom nivelamento e boas condições do pavimento do entorno seria uma forma viável de isolar a variável “instalação do tampão” das análises de eficácia da solução padronizada antirruído.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As atividades desenvolvidas durante os primeiros 15 (quinze) meses de vigência do Contrato firmado entre TESIS e SABESP, relativas a tampões para poços de visita, permitiram:

- Diagnosticar os principais fatores associados à emissão excessiva de ruídos por tampões de ferro fundido dúctil, e identificar que abrangem desde a geometria dos produtos, até seu material e método de instalação;
- Conhecer materiais para fabricação de tampões para poços de visita alternativos ao ferro fundido dúctil e passíveis de utilização em áreas com fluxo de veículos, e avaliar seu potencial em atender às exigências de desempenho mecânico e acústico requeridas pela SABESP;
- Conhecer solução antirruído padronizada empregada internacionalmente de forma exitosa, e avaliar sua adequação como recurso provisório de mitigação do problema de ruído excessivo em tampões de ferro fundido dúctil que não possuem previsão de serem substituídos.

Diante disso, como etapas futuras de desenvolvimento dos trabalhos, recomenda-se o que segue:

- **Revisão da NTS0033, com as seguintes propostas de alteração:**
- Revisão das folgas e tolerâncias dimensionais admitidas para tampões, de forma a promover um melhor encaixe entre suas partes constituintes e evitar o contato metal-metal gerado pela movimentação entre tampa e aro;
- Revisão das especificações para o anel antirruído, especialmente aquelas relativas à geometria e ao material utilizado em sua fabricação, de modo a garantir desempenho adequado do componente durante toda a vida útil prevista para o tampão;
- Implementação de recursos mais rigorosos para inspeção de recebimento de tampões de ferro fundido dúctil, de modo a assegurar o atendimento aos requisitos normativos e desempenho em serviço satisfatório.

- **Desenvolvimento de guia de boas práticas ou de documento normativo SABESP para regulamentar a instalação de tampões com uso de laje moldada *in loco***, em modelo similar ao documento já existente para regulamentar a instalação por laje pré-moldada;
- **Continuidade dos estudos de viabilidade técnica de tampões fabricados em materiais compósitos**, a fim de avaliar seu desempenho frente à exposição prolongada a intempéries e mapear tendências de comportamento e pontos comuns de fragilidade. Se possível, ampliar o universo amostral, englobando produtos articulados de outros fabricantes e constituições;
- Continuidade dos estudos de eficácia da solução padronizada antirruído, mediante aplicação das borrachas remanescentes em tampões com queixas de ruídos, porém sem patologias associadas à sua instalação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT NBR 10160:2005 – Tampões e grelhas de ferro fundido dúctil – Requisitos e métodos;
2. AS 3996:2019 – *Access covers and grates*;
3. BS 7903:2020 – *Selection and installation of manhole tops and gully tops within the highway. Guide*;
4. DIN EN 124-1:2015 – *Gully tops and manhole tops for vehicular and pedestrian areas – Part 1: Definitions, classification, general principles of design, performance requirements and test methods*;
5. DIN EN 124-2:2015 – *Gully tops and manhole tops for vehicular and pedestrian areas – Part 2: Gully tops and manhole tops made of cast iron*;
6. DIN EN 124-5:2015 – *Gully tops and manhole tops for vehicular and pedestrian areas – Part 5: Gully tops and manhole tops made of composite materials*;
7. DIN EN 124-6:2015 – *Gully tops and manhole tops for vehicular and pedestrian areas – Part 6: Gully tops and manhole tops made of polypropylene (PP), polyethylene (PE) or unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U)*;
8. NTS0033:2021 (SABESP) – Tampão de ferro fundido dúctil;
9. 1428/RTB003A-1 – Terceiro Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 1 – TESIS;
10. 1428/RTB003A-2 – Terceiro Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 2 – TESIS;
11. 1428/RTB004A-1 – Quarto Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 1 – TESIS;
12. 1428/RTB004A-2 – Quarto Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 2 – TESIS;
13. 1428/RTB005A-2 – Quinto Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 2 – TESIS;
14. 1428/RTB006A-2 – Sexto Relatório Técnico Bimensal da Frente de Trabalho 2 – TESIS.