

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

FERNANDO SALDANHA AZEVEDO

LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS NA SUPERESTRUTURA DA VIA
PERMANENTE DE UMA ANTIGA LINHA FÉRREA: UM ESTUDO DE CASO DE UM
TRECHO DA VIA FÉRREA LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE POMBAL-PB.

POMBAL – PB

MAIO/2021

FERNANDO SALDANHA AZEVEDO

LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS NA SUPERESTRUTURA DA VIA
PERMANENTE DE UMA ANTIGA LINHA FÉRREA: UM ESTUDO DE CASO DE UM
TRECHO DA VIA FÉRREA LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE POMBAL-PB.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Banca Examinadora do Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal de Campina Grande-PB,
como requisito básico para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a. Dra. Elisângela Pereira da
Silva.

POMBAL-PB

MAIO/2021

A9941

Azevedo, Fernando Saldanha.

Levantamento das patologias na superestrutura da via permanente de uma antiga linha férrea: um estudo de caso de um trecho da via férrea localizada no município de Pombal - PB. / Fernando Saldanha Azevedo. - Pombal, 2021.

139 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2021.

"Orientação: Profa. Dra. Elisângela Pereira da Silva."

Referências.

1. Ferrovia. 2. Ferrovia - patologias. 3. Ferrovia - Pombal - Paraíba. 4. Estrada de ferro - patologia. 5. Via férrea - Pombal - Paraíba. 6. Via permanente - ferrovia. I. Silva, Elisângela Pereira da. II. Título.

CDU 625.1/.5(043)

FERNANDO SALDANHA AZEVEDO

LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS NA SUPERESTRUTURA DA VIA
PERMANENTE DE UMA ANTIGA LINHA FÉRREA: UM ESTUDO DE CASO DE UM
TRECHO DA VIA FÉRREA LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE POMBAL-PB.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Banca Examinadora do Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal de Campina Grande-PB,
como requisito básico para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso Defendido & Aprovado em: 13 de Maio de 2021.

BANCA EXAMINADORA



Prof^ª. Dra. Elisângela Pereira da Silva
Orientadora



Prof. Me. Valter Ferreira de Sousa Neto
Examinador interno



Prof. Dr. Carlos Mavíael de Carvalho
Examinador externo

“Em um lugar escuro estamos nós. E mais conhecimento ilumina nosso caminho.”

(Mestre Yoda)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me permitir realizar os sonhos que um dia sonhamos juntos.

Aos meus pais, que nunca mediram esforços para me proporcionar a educação que tenho hoje.

A professora Elisângela, por ter aceitado ser minha orientadora e ter conduzido este trabalho sempre com paciência e dedicação.

A todo corpo de professores da UFCG que participaram da minha graduação, por todos os ensinamentos que me moldaram como um profissional ético e qualificado.

A minha noiva Rebeca, que sempre me apoiou nos momentos difíceis e compreendeu a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho.

Aos meus amigos, Arilson, Caíque e Ramon, por todos esses anos de parceria, e por todas as madrugadas de estudo no “AP dos Mulas”.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, em especial meus amigos José Antônio, pela ajuda com as medições durante a vistoria, e Yanneson, por todo apoio e companheirismo de sempre.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Elementos da estrutura da via permanente.	25
Figura 2 - Elementos da Infraestrutura da Via.....	26
Figura 3 - Componentes da superestrutura de uma via permanente.	26
Figura 4 - Estrutura do trilho ferroviário.....	28
Figura 5 - Composição de um aparelho de mudança de via.	31
Figura 6 - Ilustração da bitola de uma via.	32
Figura 7 - Demonstração esquemática do nivelamento transversal.....	33
Figura 8 - Ilustração de vazio no lastro.	35
Figura 9 - Junta martelada.	37
Figura 10 - Alargamento de bitola	40
Figura 11 - Estreitamento de bitola	41
Figura 12 - Empeno ou torção.....	41
Figura 13 - Desnivelamento longitudinal	43
Figura 14 - Desnivelamento transversal.....	43
Figura 15 - Desalinhamento da via ferroviária.....	44
Figura 16 - Trilho patinado	46
Figura 17 - Trilho esmagado	46
Figura 18 - Corrugação no trilho.....	48
Figura 19 - Despedaçamento do canto da bitola.....	48
Figura 20 - Escamação do boleto.....	49
Figura 21 - Estilhamento do canto da bitola.....	49
Figura 22 - Escoamento do boleto	50
Figura 23 - Classificação das fissuras quanto à direção	51
Figura 24 - Planilha de inspeção da via permanente	53
Figura 25 - Percurso da vistoria.	54
Figura 26 - Organograma usado para realização do trabalho.	55
Figura 27 - Ensaio de nivelamento: a) Execução do ensaio de nivelamento; b) Trilho perfeitamente nivelado.	58
Figura 28 - Ensaio de alinhamento: a) Execução do ensaio de alinhamento; b) Trilho perfeitamente alinhado.....	59

Figura 29 - Procedimentos para a verificação da bitola: a) Marcando 16 mm abaixo da superfície de rolamento do boleto; b) Medindo a bitola com a corda; c) Realizando a marcação na corda; d) Medindo com a trena o comprimento da corda.	60
Figura 30 - Registrando os resultados encontrados na planilha de inspeção.	61
Figura 31 - Patologias de vegetação excessiva: a) Matos; b) Galhos.....	65
Figura 32 - Patologias nos dormentes: a) Dormente apodrecido; b) Dormente rachado.	66
Figura 33 - Patologias nas juntas: a) Ausência de espaçamento para dilatação; b) Junta danificada devido à ausência de espaçamento.	67
Figura 34 - Patologias nas fixações: a) Ausência de fixação; b) Grampo fixador empenado.	68
Figura 35 - Patologias nos trilhos: a) Despedaçamento do canto da bitola; b) Despedaçamento do canto da bitola 2; c) Estilhamento; d) Escamação.....	70
Figura 36 – Patologia no lastro do subtrecho 1: a) Vegetação excessiva 1; b) Vegetação excessiva 2; c) Lastro insuficiente; d) Ausência de lastro.	73
Figura 37 - Patologias nos dormentes do subtrecho 1: a) Dormente rachado; b) Dormentes inservíveis sequencialmente.....	74
Figura 38 - Patologias nas juntas do subtrecho 1: a) Ausência de parafuso; b) Junta sem espaçamento; c) Junta martelada; d) Junta martelada vista em planta.....	75
Figura 39 - Patologias nas fixações do subtrecho 1: a) Ausência de fixação; b) Fixação defeituosa.	76
Figura 40 - Patologia de Via aterrada no subtrecho 1	76
Figura 41 - Patologias encontradas nos trilhos do subtrecho 1: a) Despedaçamento do canto da bitola; b) Despedaçamento do canto da bitola 2; c) Estilhamento; d) Estilhamento avançado.....	78
Figura 42 - Patologias de patinação nos trilhos do subtrecho 1: a) Patinação 1; b) Patinação 2.	79
Figura 43 - Patologias de esmagamento nos trilhos do subtrecho 1: a) Esmagamento 1; b) Esmagamento 2.	80
Figura 44 - Patologias nos trilhos do subtrecho 1: a) Escoamento do metal; b) Escamação.....	80
Figura 45 - Patologias no lastro do subtrecho 2: a) Vegetação Excessiva; b) Ausência de lastro.....	82

Figura 46 - Patologias no subtrecho 2: a) Ausência de fixação; b) Grampo fixador inservível; c) Dormente podre; d) Dormente rachado; e) Junta sem espaçamento; f) Junta desgastada; g) Ausência de parafuso; h) Junta defeituosa.	83
Figura 47 - Patologias nos trilhos do subtrecho 2: a) Estilhamento; b) Estilhamento 2; c) Desgaste no patim; d) Desgaste no patim vista em planta.....	86
Figura 48 - Patologias na alma do trilho no subtrecho 2: a) Corrugação na alma do trilho; b) Corrugação na alma do trilho, vista aproximada.	87
Figura 49 - Patologias nas juntas e no lastro do subtrecho 3: a) Junta sem espaçamento; b) Junta martelada; c) Vegetação excessiva; d) Lastro laqueado.....	89
Figura 50 - Patologias nos dormentes e nas fixações do subtrecho 3: a) Fixação empenada; b) Fixação fora do lugar; c) Dormente apodrecido; d) Dormente quebrado.	90
Figura 51 - Patologia na geometria da via do subtrecho 3: a) Via aterrada 1; b) Via aterrada 2.....	91
Figura 52 - Patologias nos trilhos do subtrecho 3: a) Desgaste no patim 1; Desgaste no Patim 2.	92
Figura 53 – Patologias no lastro do subtrecho 4: a) Vegetação excessiva; b) Ausência de lastro.....	94
Figura 54 - Patologias encontradas nos dormentes e nas fixações do subtrecho 4: a) Dormente queimado; b) Fixação fora de lugar.	95
Figura 55 - Patologias nas juntas do subtrecho 4: a) Junta sem espaçamento 1; Junta sem espaçamento 2; c) Junta sem espaçamento 3; d) Junta desgastada.	95
Figura 56 - Patologias na geometria da via do subtrecho 4: a) Via aterrada 1; b) Via aterrada 2.....	96
Figura 57 - Patologias nos trilhos do subtrecho 4: a) Presença de lixo doméstico na via permanente; b) Cinzas de lixo na via permanente; c) Desgaste químico no trilho; d) Desgaste químico no trilho, vista aproximada; e) Escamação 1; f) Escamação 2.	97
Figura 58 - Patologias nas juntas do subtrecho 5: a) Junta defeituosa; b) Junta martelada; c) Junta sem espaçamento; d) Ausência de parafuso.....	100
Figura 59 - Patologias nos dormentes e no lastro do subtrecho 5: a) Vegetação em excesso na via permanente; b) Ausência de lastro; c) Dormente rachado; d) Dormente rachado 2.....	101
Figura 60 - Patologias nas fixações e na geometria da via no subtrecho 5: a) Via aterrada; b) Ausência de fixação.....	102

Figura 61 - Patologias nos trilhos do subtrecho 5: a) Desgaste químico; b) Estilhamento.....	103
Figura 62 - Patologias no lastro e nos dormentes do subtrecho 6: a) Vegetação excessiva; b) Lastro laqueado; c) Ausência de lastro; d) Dormentes inservíveis sequencialmente por apodrecimento da madeira.....	106
Figura 63 - Patologias nas juntas do subtrecho 6: a) Junta martelada; b) Junta sem espaçamento; c) Junta desgastada; d) Junta sem espaçamento 2.....	107
Figura 64 - Patologias na geometria de via do subtrecho 6: a) Via aterrada 1; b) Via aterrada 2.....	108
Figura 65 - Patologias nos trilhos do subtrecho 6: a) Despedaçamento do canto da bitola; b) Despedaçamento do canto da bitola 2; c) Escamação; d) Trinca na lateral do boleto.....	109
Figura 66 - Patologias no lastro e nos dormentes do subtrecho 7: a) Vegetação em excesso 1; b) Vegetação em excesso 2; c) Ausência de lastro; d) Dormente rachado.	111
Figura 67 - Patologias nas juntas do subtrecho 7: a) Ausência de parafuso; b) Junta sem espaçamento.	112
Figura 68 - Patologias nos trilhos do subtrecho 7: a) Escamação; b) Desgaste químico; c) Estilhamento 1; d) Estilhamento 2.	113
Figura 69 - Patologias no lastro e nos dormentes do subtrecho 8: a) Vegetação em excesso; b) Ausência de lastro; c) Dormente rachado; d) Dormentes inservíveis em sequencia.....	116
Figura 70 - Patologias nas juntas do subtrecho 8: a) Junta sem espaçamento 1; b) Junta sem espaçamento 2; c) Junta defeituosa; d) Ausência de parafuso.	117
Figura 71 - Patologias na geometria de via e nas fixações do subtrecho 8: a) Via aterrada; b) Grampo fixador empenado.	118
Figura 72 - Patologias nos trilhos do subtrecho 8: a) Escamação 1; b) Escamação 2; c) Desgaste químico; d) Trilho patinado.....	119
Figura 73 - Patologias no lastro do subtrecho 9: a) Vegetação em excesso; b) Vegetação em excesso; c) Lastro laqueado; d) Ausência de lastro.	122
Figura 74 - Patologias nos dormentes e nas fixações do subtrecho 9: a) Dormente rachado; b) Grampo fixador empenado.....	123
Figura 75 - Patologias nas juntas do subtrecho 9: a) Junta martelada; b) Ausência de parafuso; c) Junta desgastada; d) Junta sem espaçamento.	123

Figura 76 - Patologias nos trilhos do subtrecho 9: a) Despedaçamento do canto da bitola; b) Desgaste químico; c) Escamação; d) Estilhamento; e) Desgaste por escoamento ; f) Desgaste por escoamento, vista aproximada. 125

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Patologias por elemento da via permanente.	64
Gráfico 2 - Distribuição das patologias encontradas na via permanente.....	69
Gráfico 3 - Patologias por elemento da via permanente no subtrecho 1.....	72
Gráfico 4 - Patologias por elemento da via permanente no subtrecho 2.....	82
Gráfico 5 - Patologias por elemento da via permanente no subtrecho 3.....	88
Gráfico 6 - Patologias por elemento da via permanente no subtrecho 4.....	93
Gráfico 7 - Patologias por elemento da via permanente no subtrecho 5.....	99
Gráfico 8 - Patologias por elemento da via permanente no subtrecho 6.....	104
Gráfico 9 - Patologias por elemento da via permanente no subtrecho 7.....	110
Gráfico 10 - Patologias por elemento da via permanente no subtrecho 8.....	115
Gráfico 11 - Patologias por elemento da via permanente do subtrecho 9.....	121
Gráfico 12 – Quantidade de patologias encontradas por subtrecho.....	126
Gráfico 13 - Distribuição das patologias encontradas por subtrecho.	127

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ocorrências patológicas no trecho estudado.	63
Tabela 2 - Patologias nos trilhos	69
Tabela 3 - Ocorrências patológicas no subtrecho 1.	71
Tabela 4 - Patologias nos trilhos do subtrecho 1.....	77
Tabela 5 - Ocorrências patológicas no subtrecho 2.	81
Tabela 6 - Patologias nos trilhos do subtrecho 2.....	85
Tabela 7 - Ocorrências patológicas no subtrecho 3	88
Tabela 8 - Ocorrências patológicas no subtrecho 4.	93
Tabela 9 - Patologias nos trilhos do subtrecho 4.....	97
Tabela 10 - Ocorrências patológicas no subtrecho 5.	99
Tabela 11 - Patologias nos trilhos do subtrecho 5.....	102
Tabela 12 - Ocorrências patológicas no subtrecho 6.	104
Tabela 13 - Patologias nos trilhos do subtrecho 6.....	108
Tabela 14 - Ocorrências patológicas encontradas no subtrecho 7.....	110
Tabela 15 - Patologias nos trilhos do subtrecho 7.....	112
Tabela 16 - Ocorrências patológicas encontradas no subtrecho 8.....	114
Tabela 17 - Patologias nos trilhos do subtrecho 8.....	118
Tabela 18 - Ocorrências patológicas encontradas no subtrecho 9.....	120
Tabela 19 - Patologias nos trilhos do subtrecho 9.....	124
Tabela 20 - Planilha de inspeção da via permanente.....	129
Tabela 21 - Medida do desnivelamento transversal ao longo dos subtrechos.	131
Tabela 22 - Medidas do comprimento da bitola ao longo dos subtrechos.....	132

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMV	Aparelho de Mudança de Via
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
CCO	Centro de Controle de Operação
CNT	Confederação Nacional de Transportes
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FEPASSA	Ferrovias Paulista S/A
GECOF	Gerência de Controle e Fiscalização de Serviço e Infraestrutura de Transporte Ferroviário
<i>HRB</i>	<i>Highway Research Board</i>
IG	Índice de Grupo
IP	Índice de Plastidade
IPHAEP	Instituto do Patrimônio Histórico Artístico do Estado da Paraíba
LL	Limite de Liquidez
RFN	Rede Ferroviária do Nordeste
RFSSA	Rede Ferroviária Federal S/A
RVC	Rede de Viação Cearense

RESUMO

Tendo em vista a importância que o modal ferroviário teve para o município de Pombal-PB, proporcionando em épocas passadas o crescimento econômico, social e cultural da região. A Secretaria de Esportes Cultura e Turismo da cidade paraibana planeja realizar a reativação de um pequeno trecho da linha férrea situada no município. Dessa forma, torna-se indispensável para que isso ocorra, a execução de estudos que apontem a real situação deste trecho. Assim, o presente trabalho buscou identificar os diversos tipos de patologias que incidem nos elementos da superestrutura da via permanente, em um trecho situado entre a antiga estação ferroviária e a Ponte Vermelha, totalizando 4,5 km de extensão. Para isto, se optou por dividir o trecho em nove subtrechos de 500 metros cada, e assim, realizar uma vistoria *in loco*, contando com o registro fotográfico das patologias encontradas e com as medições realizadas na geometria da via. Dessa forma, foi possível identificar ao todo 392 patologias, sendo as mais recorrentes: a incidência de vegetação excessiva na faixa de domínio da via, a ausência ou insuficiência do material granular denominado lastro, os defeitos encontrados nos trilhos, dormentes, fixações e juntas ferroviárias, e as patologias apresentadas pela geometria da via. Além disso, foi possível constatar que em todos os nove subtrechos foram encontradas manifestações patológicas, com uma média de 43,55 problemas por subtrecho. Por fim, foi possível verificar que o percurso examinado encontra-se bastante desgastado, apresentando anomalias em todos os elementos da superestrutura da via permanente, o que impõe a constatação de que para ocorrer uma possível recuperação da linha férrea, será necessário reparar alguns elementos defeituosos, ou até mesmo substituí-los.

Palavras chave: Ferrovia. Via permanente. Patologias.

ABSTRACT

In view of the importance that the railway modal had for the municipality of Pombal-PB, providing in the past economic, social and cultural growth in the region. The Department of Sports Culture and Tourism of the city of Paraíba plans to carry out the reactivation of a small section of the railway line located in the municipality. Thus, it is essential for this to happen, the execution of studies that point out the real situation of this stretch. Thus, the present work sought to identify the different types of pathologies that affect the elements of the superstructure of the permanent track, in a stretch located between the old railway station and the Red Bridge, totaling 4.5 km in length. For this, it was decided to divide the section into nine 500 meter subsections each, and thus carry out an on-site survey, with the photographic record of the pathologies found and the measurements made in the geometry of the road. Thus, it was possible to identify a total of 392 pathologies, the most recurring of which: the incidence of excessive vegetation in the area of the track, the absence or insufficiency of granular material called ballast, the defects found in the tracks, sleepers, fixings and railway joints , and the pathologies presented by the geometry of the road. In addition, it was found that pathological manifestations were found in all nine subsections, with an average of 43.55 problems per subset. Finally, it was possible to verify that the examined route is quite worn, presenting anomalies in all the elements of the superstructure of the permanent track, which imposes the observation that to occur a possible recovery of the railroad, it will be necessary to repair some defective elements , or even replace them.

Keywords: Railway. Permanent way. Pathologies.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	OBJETIVOS	21
2.1	Objetivo Geral.....	21
2.2	Objetivos Específicos	21
3	REFERENCIAL TEÓRICO	22
3.1	Linha Ferroviária de Pombal – PB.....	22
3.2	Componente da Ferrovia Típica	22
3.2.1	<i>Material Rodante</i>	22
3.2.2	<i>Sinalização</i>	23
3.2.3	<i>Centro de Controle da Operação – CCO</i>	24
3.2.4	<i>Via Permanente</i>	24
3.2.4.1	Infraestrutura da Via Permanente	25
3.2.4.2	Superestrutura da Via Permanente	26
3.2.4.3	Geometria da Via Férrea.....	31
3.3	Patologias em Vias Ferroviárias	34
3.3.1	<i>Patologias no lastro</i>	34
3.3.2	<i>Patologias nos dormentes</i>	35
3.3.3	<i>Patologias nas fixações</i>	36
3.3.4	<i>Patologias nas juntas de ligação</i>	36
3.3.4.1	Junta martelada.....	37
3.3.4.2	Junta sem espaçamento	37
3.3.4.3	Junta com ausência de parafuso.....	38
3.3.4.4	Junta defeituosa	38
3.3.5	<i>Patologias de geometria de via</i>	38
3.3.5.1	Variação de bitola.....	39

3.3.5.2	Defeitos de empeno ou torção	41
3.3.5.3	Arrastamento dos trilhos (Caminhamento)	42
3.3.5.4	Desnivelamento longitudinal.....	42
3.3.5.5	Desnivelamento transversal	43
3.3.5.6	Defeito de alinhamento.....	44
3.3.5.7	Patologia de Via aterrada	45
3.4	Patologias nos trilhos.....	45
3.4.1	<i>Patologias de serviço</i>	45
3.4.1.1	Patinagem	45
3.4.1.2	Esmagamento do boleto.....	46
3.4.1.3	Desgaste por ação química.....	46
3.4.1.4	Desgaste ondulatório (Corrugação)	47
3.4.1.5	Despedaçamento do canto da bitola	48
3.4.1.6	Escamação do boleto	48
3.4.1.7	Estilhamento do canto da bitola	49
3.4.1.8	Escoamento do boleto	49
3.4.2	<i>Patologias de fabricação</i>	50
4	MATERIAIS E MÉTODOS	52
4.1	Materiais	52
4.2.	Métodos.....	54
4.2.1	<i>Caracterização da Área de Estudo</i>	54
4.2.2	<i>Delineamento</i>	55
4.2.3	<i>Procedimentos específicos para coleta dos dados</i>	56
5	RESULTADOS	62
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	135
6.1.	Sugestões de trabalhos futuros	136
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	137

1 INTRODUÇÃO

“Falem-me de Pombal! Digam-me das suas ruas antigas. Da feira aos sábados com os cordelistas do Pavão Misterioso e Lampião no inferno. Falem-me do banho no rio, do violão de Bideca, da cachaça gostosa, do futebol nos bancos de areia e da bolacha peteca na padaria de seu Napoleão. [...] E o tempo passando por nós. Falem-me do grupo João da Mata, O bloco de sujós batendo lata pelas ruas de Pombal. Digam que ainda escuto o apito do trem Asa Branca chegando numa estação com seus passageiros apressados que não se reconhecem mais. Alguém, falem-me de Pombal!” (Jerdivan Nóbrega de Araújo, 2016, Pombal em Saudade).

Escrito pelo historiador e escritor pombalense Jerdivan Nóbrega de Araújo (2016), o trecho citado retrata um sentimento de saudade de uma época passada que ficou marcada na história de Pombal. É notória a importância que o modal ferroviário agregou ao município, sendo este, ferramenta indispensável para o desenvolvimento econômico e social da região.

Entretanto, com o declínio deste modal no cenário brasileiro, grande parte das linhas férreas do país foram entrando em desuso, sendo assim substituídas pelas estradas do modal rodoviário. Dessa forma, a via férrea localizada no município de Pombal, hoje encontra-se desativada e abandonada

Com o intuito de preservar e restaurar o patrimônio histórico e cultural da cidade paraibana, a Secretaria de Esporte Cultura e Turismo de Pombal deseja realizar a reativação de um trecho da linha férrea existente no município. Entretanto, para que essa reativação possa ocorrer, se faz necessário avaliar o estado dos principais componentes da via permanente existente, para assim garantir que o modal ferroviário volte a desempenhar sua função de forma eficiente e segura.

De acordo com o DNIT (2014), a via permanente tem por finalidade fornecer a segurança e o movimento rápido do tráfego comercial normal entre as estações de partida e de destino. Esta, ainda pode ser subdividida em infraestrutura, e em superestrutura, sendo esta última constituída pelos elementos de fixação, dormentes, trilhos e lastro.

Segundo Nabais (2014), ausência de manutenções, somada aos anos de intenso uso e serviço da linha férrea, são os principais causadores das

manifestações patológicas incidentes nos elementos da superestrutura da via permanente. Sendo estes defeitos os principais responsáveis pela degradação e deterioração da linha férrea.

A vistoria in loco, sendo uma das ferramentas da engenharia diagnóstica, auxilia através do registro fotográfico à identificação e quantificação das problemas encontrados na mesma. Tendo em vista que, conforme afirma Brina (1988) o estudo das patologias incidentes na via férrea está diretamente relacionado com a preservação e recuperação da mesma.

Assim, este trabalho tem por finalidade realizar o levantamento das patologias contidas na superestrutura da via permanente de um trecho de 4,5 km, compreendido entre a antiga estação ferroviária e a Ponte Vermelha, da linha férrea localizada no município de Pombal – PB. Desta forma espera-se contribuir positivamente para que a reativação da via férrea na cidade de Pombal venha se tornar realidade.

2 OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

A pesquisa tem como objetivo principal realizar uma vistoria na superestrutura da via permanente de um trecho de 4,5 km da linha férrea localizada no município de Pombal – PB, de modo a detectar e quantificar as patologias existentes na via.

2.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos da pesquisa consistem em:

- Avaliar os principais componentes que compõem a superestrutura de uma via permanente ferroviária;
- Identificar e quantificar, através do processo de vistoria, as manifestações patológicas existentes no trecho analisado;
- Identificar os elementos que tiveram a maior ocorrência de problemas patológicos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Linha Ferroviária de Pombal – PB

Pombal é um município brasileiro localizado na zona fisiográfica do baixo sertão piranhas. A linha férrea do município faz parte da malha ferroviária do estado da Paraíba. O ramal ferroviário paraibano foi inaugurado entre 1923 e 1926, partindo da estação de Arrojado, na linha da antiga Estação Ferroviária Baturité, e tendo como ponto de destino a cidade de Sousa.

Com o passar dos anos, o ramal ferroviário do estado foi sendo prolongado, até que segundo Abrantes (2014), em 1932 a Rede de Viação Cearense (RVC) inaugurou a Estação Ferroviária de Pombal. Anos depois, em 1958, o ramal ferroviário de Paraíba foi incorporado a Rede Ferroviária do Nordeste (RFN), completando a ligação do Ceará com o resto do Brasil, via Paraíba e Pernambuco, proporcionando desenvolvimento e progresso para o município paraibano e para todo país.

Contudo, o trem foi perdendo seu espaço aos poucos e a imagem do avanço atrelada aos trilhos, foi sendo desvinculado para agregar-se ao asfalto, assim, entre os anos de 1980 a 1997 ocorreu no Brasil à privatização do modal ferroviário e a partir do ano de 1997 o ramal ferroviário brasileiro foi sendo desativado, incluindo o do estado paraibano. Atualmente, a linha férrea situada em Pombal, assim como a grande maioria situada na Paraíba, encontra-se desativada.

Pensando nisto, a Secretaria de Esportes Cultura e Turismo do município de Pombal estuda uma maneira de realizar a reativação de um trecho da linha férrea da cidade, sendo este o alvo central desta pesquisa. O trecho está compreendido entre dois importantes monumentos históricos da cidade, a Estação Ferroviária e a antiga Ponte Vermelha. Dessa forma, admitindo-se a estação como ponto de partida e a ponte como ponto de chegada, percorre-se uma distância total de 4,5 quilômetros de malha ferroviária, passando por zonas urbanas e rurais da cidade.

3.2. Componente da Ferrovia Típica

3.2.1. *Material Rodante*

Conforme Di Luccio (2016, p. 5): “Material Rodante é a denominação dada ao conjunto de todos os equipamentos que se locomovem sobre a via permanente”. O material rodante ainda pode ser classificado em dois grandes grupos, o material rodante de tração e o material rodante rebocado.

Enquanto o material de tração compreende as locomotivas, os trens autopropulsados e as locomotivas de manobra. O material rebocado compreende os carros de passageiros e os vagões de carga.

Ainda, de acordo com Borges Neto (2012), podemos citar como principais características do material rodante:

- Forma tronco-cônica das rodas, com friso no aro;
- Disposição das rodas, em rodados (truques), com dois pares de rodas paralelas;
- Ligação rígida das rodas aos eixos;
- Paralelismo de rodeiros conjugados;
- Simetria em relação ao eixo (seção transversal).

3.2.2. Sinalização

De acordo com o Regulamento de Operações Ferroviárias da MRS Logística, sinalização:

É o conjunto de meios compostos por sinais luminosos, acústicos, manuais e placas contendo inscrições de letras, algarismos ou símbolos, caracterizando situações para as quais se exigem cumprimento de regulamentos e chamando a atenção para os operadores de trens, equipes de manutenção e colaboradores e geral, em favor da segurança, economia e flexibilidade do tráfego ferroviário (PEDRONI, 2008, p. 35).

Conforme Nunes (2012) a sinalização ferroviária tem por função assegurar o máximo de trens percorrendo a mesma estrada, e ao mesmo tempo assegurar que dois veículos não cheguem ao mesmo tempo no mesmo local.

A sinalização é dividida em dois grupos básicos: sinalização ativa e passiva, como explanado pelo DNIT (2012). Dessa forma, é definido como sinalização ativa o conjunto de placas de advertência, na ferrovia e na rodovia, como por exemplo: o semáforo, campainha, cancelas e sensores que estão instalados junto ao trilho, os quais são ativados quando um trem se aproxima. Enquanto que a sinalização passiva é frequentemente prevista em vias privadas, compreende um

conjunto de placas e sinais, presentes nas ferrovias e rodovias, a qual não possui sinalização ótica nem acústica de ativação automática.

3.2.3. Centro de Controle da Operação – CCO

O CCO é a instalação física que controla e realiza toda a circulação de trens, sendo que essa circulação é desenvolvida por despachadores, os quais são compostos por funcionários que são responsáveis pela programação, execução, planejamento e controle da circulação, que é fornecida aos maquinistas através da comunicação, que pode ser por meio de sinalização ou rádio (PEDRONI, 2008).

3.2.4. Via Permanente

A construção de uma rede ferroviária é iniciada pela via permanente conexa a seu pátio fundador ou ponta de linha até formar a ligação composta por “fios” e “nós” desenvolvendo uma teia por onde circula a constituição ferroviária (FREIRE, 2017).

Deste modo, a via permanente são os elementos das linhas férreas, geralmente os pares de trilhos tipicamente colocados nas travessas embutidas em lastro, destinadas a transportar os trens comuns de uma ferrovia.

Este termo é usado para distinguir a via terminada e permanente de uma via temporária que é colocada para trabalho temporário, isto é, para transporte de material de construção, e outros insumos em grandes canteiros de obras, esse trilho temporário é removido assim que a construção é concluída.

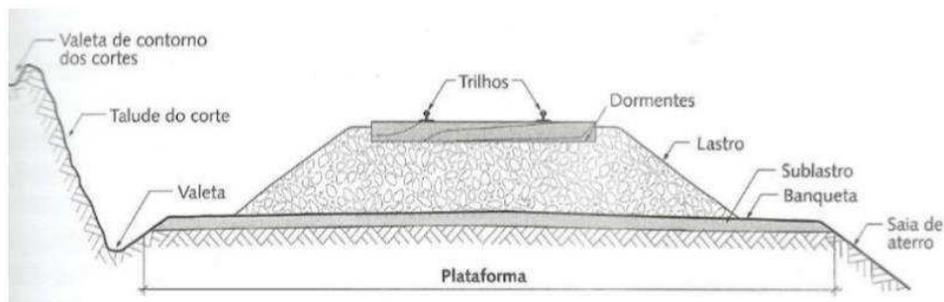
Para garantir que a via cumpra a função que lhe é determinada, se deve garantir que a mesma atenda a algumas características básicas como:

O alinhamento deve estar correto. A pista deve processar elasticidade suficiente. A via também deve possuir rigidez lateral suficiente para que possa suportar o impulso lateral e as forças centrífugas geradas pelas locomotivas. A bitola da via deve ser correta e uniforme. A pista deve possuir alta resistência a danos no momento do descarrilamento e seu custo de manutenção é mínimo, em trechos retos, o nível do trilho deve ser o mesmo, enquanto nas curvas, deve ser fornecida uma superelevação adequada (MICHEL, 2013).

O atrito entre as rodas do material circulante e o trilho deve ser mínimo, o gradiente deve possuir juntas uniformes, pontos e cruzamentos devem ser projetados e mantidos de forma adequada, já as instalações de reparo, substituição, etc, da parte danificada da via devem ser adequadas (ROSA, 2011).

A via permanente também pode ser dividida em dois grandes subgrupos, denominados de infraestrutura e superestrutura ferroviária, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Elementos da estrutura da via permanente.



Fonte: NABAIS (2014).

3.2.4.1 Infraestrutura da Via Permanente

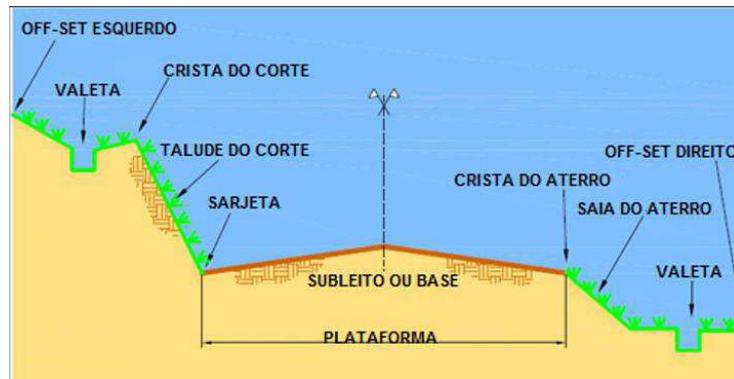
A infraestrutura é responsável por operar nas condições de arredor e contorno da circulação dos trens, assegurando a drenagem, preservação do padrão de circulação e adaptação de relevo acidentado (STEFFLER, 2013).

Assim sendo, Pedroni (2008, p. 37) conceitua infraestrutura da via permanente como “a soma dos elementos da terraplanagem, sublastro, drenagem e obras de arte especiais. E esta tem a função de absorver às cargas provenientes da passagem dos veículos pela superestrutura e repassar ao solo”.

Em consonância Brina (1988) elucida que para o desenvolvimento das infraestruturas das estradas, devem-se realizar os serviços de terraplenagem em conjunto com o emprego e técnicas de trabalho efetivadas abaixo do greide de terraplenagem, mediante a isto a superfície final de terraplenagem é chamada de leito ou plataforma da estrada.

Na Figura 2 estão representados os principais elementos da infraestrutura de uma via permanente.

Figura 2 - Elementos da Infraestrutura da Via.



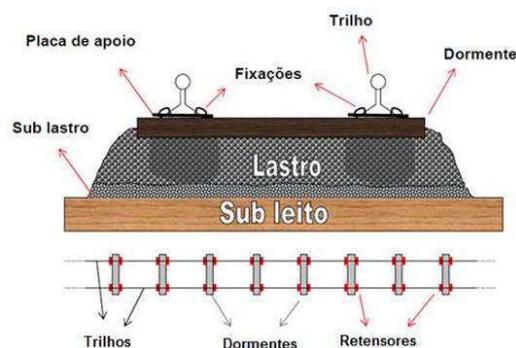
Fonte: VALE (2013).

3.2.4.2 Superestrutura da Via Permanente

Macêdo (2009, p. 6) define superestrutura ferroviária como “um conjunto de quatro elementos heterogêneos que se interagem para suprir as condições adequadas de suporte, pista de rolamento e guia para o material rodante que por ela trafega”.

Sendo a superestrutura constituída pelos seguintes elementos: trilhos, dormentes, fixação e lastro, como observado na Figura 3.

Figura 3 - Componentes da superestrutura de uma via permanente.



Fonte: PORTO (2004).

Na concepção de Câmara (2016), a superestrutura ferroviária tem a função de captar as cargas que são transmitidas pelas rodas ferroviárias, e assim transmiti-las pelos meios de comunicação e conexões que compõem as estruturas e, por conseguinte repassa-las na plataforma ferroviária.

Entretanto, na superestrutura ferroviária pode ocorrer a ação de desgaste das rodas dos veículos e do meio abrangido (intempéries). Assim, quando esse desgaste extrapola níveis de tolerância estabelecidos para manutenção da segurança do transporte, a superestrutura pode ser melhorada, através de reparos ou até mesmo haver a sua substituição (RIBEIRO et al., 2019).

Trilhos:

Ribeiro et al. (2019, p. 2), conceitua o trilho como “elemento da superestrutura que constitui a superfície de rolamento para as rodas dos veículos ferroviários e tem a função de transmitir esforços ao dormente”. Vale (2013) assegura que o trilho é o elemento mais importante da superestrutura, pois tecnicamente é o principal componente de suporte dos trens e, economicamente detém o maior custo entre os elementos estruturais da via.

Na concepção de Macêdo (2009), o trilho é constituído por dois perfis metálicos paralelos, os quais são fixados aos dormentes por meio de artefatos especiais, além de ter um perfil que pode ser dividido em três partes sendo elas: o boleto, a alma e o patim.

A seguir são descritas as características das partes do trilho conforme especifica Pedroni (2008, p. 42):

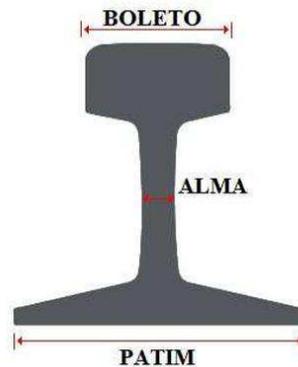
Boleto: é a parte responsável pelo contato entre a roda ferroviário e o trilho.

Alma: é a parte responsável pela ligação entre o boleto e o patim.

Patim: é a base do trilho, responsável pelo contato entre o trilho e a placa de apoio, responsável por passar a tensão dos trilhos para as placas.

Na Figura 4 estão representados os elementos de um trilho ferroviário do tipo vignole.

Figura 4 - Estrutura do trilho ferroviário.



Fonte: OLIVEIRA (2018)

No que diz respeito aos conceitos técnicos de via permanente (RUMO, 2017) estabelece três definições para o trilho:

Trilho curto, aquele que quando as folgas nas juntas são suficientes para permitir a dilatação e contração dos mesmos, isto é, nos trilhos curtos, os trilhos adjacentes não exercem, entre si, pressões através dos topos e das talas.

Trilho longo, aquele cujas folgas citadas anteriormente, ou são inexistentes ou são insuficientes para permitir a dilatação dos mesmos. Assim sendo, sempre ocorrerão esforços transmitidos entre si por trilhos sucessivos da mesma fila.

Trilho contínuo, aquele que atendendo às condições de trilho longo, possui um comprimento tal, que em sua parte central existe uma extensão fixa que não se movimenta, e em estado de tensão máxima. (RUMO, 2017a, p. 51).

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT, 2015), ressalta modificações em seu procedimento de fabricação, ganhando em sua composição “aço-liga” ou podem também receber tratamento térmico, o que gera em um acréscimo da vida útil ou de dureza superficial, concomitantemente.

Ainda conforme o DNIT (2015) pode advir o emprego de contratrilhos, nos casos a seguir.

- Em pontilhões e passagem inferior de vão superior a 6m;
- Em pontes e viadutos;
- Onde existam pilares de passagem superiores situados a menos de três metros de fiada de trilho mais próxima;
- Onde exista obra considerada de importância suficiente a proteger e está a menos de três metros da fiada de trilho mais próxima.

Fixações:

Conforme com o manual da Vale (2009, p. 101): “os fixadores são acessórios utilizados para, em conjuntos com outros elementos, realizar a fixação dos trilhos aos dormentes, e a própria fixação entre trilho-trilho”. Esses acessórios são essenciais para que os trilhos sejam sustentados em posição apropriada, de acordo com a bitola da via.

As fixações são os grampos e elementos adicionais que garantem a ligação física do trilho com o dormente, consentindo a preservação da bitola (STEFFLER, 2013). Para Porto (2004) o papel das fixações é também dar resistência ao deslocamento longitudinal e horizontal do trilho, ocasionado por alteração de temperatura ou frenagem dos veículos.

Segundo Rosa (2011) as fixações dos trilhos devem:

- Garantir a segurança no assento do trilho;
- Limitar a rotação do trilho em torno das bordas externas do pé do trilho;
- Minimizar o movimento longitudinal dos trilhos por meio de fluência e forças térmicas;
- Auxiliar na retenção da bitola;
- Não causar danos ao trilho.

As fixações podem ser divididas em dois grupos, os fixadores elásticos e os fixadores rígidos.

a. Fixações rígidas:

Segundo o manual da Vale (2009), as placas de apoio, *tirefonds* e pregos são componentes do sistema de fixação rígido, sendo assim, capazes de fixar o trilho sem absorver as oscilações e impactos essenciais à ação do tráfego ferroviário.

b. Fixações elásticas

Câmara (2016, p. 23) afirma que as “fixações elásticas diferente das fixações rígidas mantém o contato com o patim do trilho, proporcionando uma fixação constante e equilibrada em todo o comprimento da barra”. Em consonância Pedroni (2008), elucida que essas fixações apresentam pequena deformação quando o trem está passando, sendo capaz de captar e absorver choques e vibrações.

Dormentes:

Os dormentes na concepção de Steffler (2013) “são vigas transversais que oferecem suporte aos trilhos, transmitindo as cargas dos trilhos para o lastro”.

Vale (2009), alude que os dormentes precisam suportar os trilhos, submergindo as cargas derivadas da rotação dos veículos ferroviários de modo a sustentar a estabilidade da via nos planos, vertical e horizontal de forma a preservar a adaptação geométrica especificada do Aparelho de Mudança de Via – AMV.

Para desempenhar suas funções é preciso que os dormentes tenham algumas características precisas, tais como: dimensões ideais para o apoio dos trilhos, rigidez que permita alguma elasticidade, facilidade de manuseio e durabilidade. Não obstante, os dormentes precisam assegurar a estabilidade vertical, horizontal e longitudinal da via, diminuindo de forma parcial as vibrações a que a superestrutura é acometida (AGUIAR, 2011).

De acordo com Aguiar (2011, p. 19), “os principais tipos de dormentes são: madeira, aço e concreto”, sendo o de madeira o de maior uso no sistema ferroviário brasileiro.

Brina (1988) alude que os dormentes de madeira são os que acumulam as melhores características e qualidades estabelecidas para os dormentes, tornando-se assim um dos principais materiais usados.

Lastro:

Segundo Macêdo (2009, p. 6): “o lastro é a camada de material granular que fica entre o sublastro e os dormentes”. Conforme, Vale (2013), o material do lastro é na maioria das vezes adquirido pela britagem da rocha e tem comportamento mecânico verificado pelos atributos das partículas de graduação do material. Desse modo, um material adequado para o lastro possui as seguintes características: faces britadas, dureza elevada, forma cúbica angular, graduação uniforme e reduzida a presença de finos e rugosidade superficial.

As principais funções do lastro são: distribuir a pressão exercida pelos dormentes à infraestrutura, envolver lateral e longitudinalmente os trilhos e os dormentes, evitando a movimentação nesses sentidos e manter a superestrutura drenada (MACÊDO, 2009).

Aparelho de Mudança de Via:

Para Vale (2009, p. 122),

Aparelho de Mudança de Via (AMV) é o conjunto de peças destinadas a possibilitar a passagem dos veículos ferroviários de uma via para outra, compreendendo principalmente: chave, jacaré, contratrilhos, aparelho de manobra e trilhos de ligação.

Na Figura 5 é possível observar a composição de um Aparelho de Mudança de Via.

Figura 5 - Composição de um aparelho de mudança de via.



Fonte: OLIVEIRA (2018)

3.2.4.3 Geometria da Via Férrea

A geometria da linha férrea segundo Aguiar (2011, p. 23), é:

A posição que cada fila do trilho ocupa no espaço. O perfil altimétrico da via é formado por sucessivas inclinações no sentido longitudinal da via suas respectivas concordâncias verticais. Já o perfil planimétrico é aquele formado pelas variações de ambas as filas no sentido transversal.

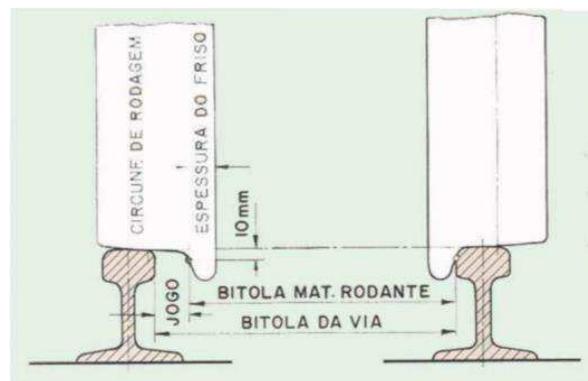
Possui categorias atribuídas muito mais restritivas que a geometria de rodovias, estas exceções são conferidas por alguns aspectos dentre eles: “característica do material rodante (rodas solidárias, paralelismo dos eixos); tamanho e peso das composições e atrito entre as rodas e os trilhos” (PERONI, 2008, p. 55). Todavia, estes atributos fazem com que as linhas apresentem limitações rígidas de

raio mínimo vertical e horizontal, máximo declínio de rampas, acessão entre rampas, nivelamento e alinhamento dos trilhos.

Bitola:

Para Borges Neto (2012, p. 34) conceitua-se Bitola, “à distância entre as faces internas das duas filas de trilhos, medida a 16 mm, abaixo do plano de rodagem (plano constituído pela face superior dos trilhos)”, como identificado na Figura 6.

Figura 6 - Ilustração da bitola de uma via.



Fonte: OLIVEIRA (2018)

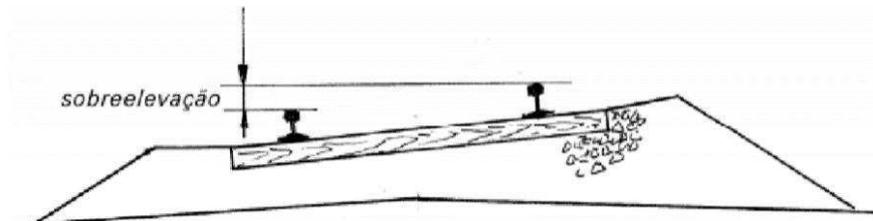
Deste modo, para se obter a medida de bitola usada na via permanente, deve-se utilizar uma “linha teórica”, conforme menciona Rumo (2017), que a linha está a 16 mm de distância, ou seja, logo abaixo da parte superior do boleto do trilho. Rumo (2017) ainda elucida que no Brasil têm diversas bitolas, sendo elas: bitola larga (1,60 m); bitola internacional (1,435 m); bitola métrica (1,00 m) e ainda existem as bitolas de 0,76 m e 0,60 m. Nessa perspectiva, a bitola da via é um atributo fundamental, bem como do traçado, também como da exploração econômica da ferrovia.

Nivelamento Transversal:

Nivelamento transversal é definido como “a condição na qual as duas filas do trilho devem estar na mesma cota segundo um corte transversal à linha” (PEDRONI, 2008, p. 57).

Contudo, existem circunstâncias em que o nivelamento transversal é desrespeitado de propósito, colocando-se assim uma alteração entre o nível dos trilhos em um mesmo ponto, os quais são sempre nas curvas, como demonstrado na Figura 7.

Figura 7 - Demonstração esquemática do nivelamento transversal.



Fonte: FERNAVE (2003)

Nivelamento Longitudinal:

Nivelamento Longitudinal na concepção de Pedroni (2008, p. 59) é definido como “a condição a qual uma única fila do trilho deve estar na mesma cota em diferentes pontos determinados da via no sentido longitudinal”.

É o parâmetro que é responsável pelo apoio dos rodados em movimento, garantindo a permanência vertical dos veículos. Podem ser classificados em nivelamento longitudinal absoluto ou relativo. O absoluto é avaliado quando se compara as cotas reais de plano para cada trilho (esquerdo e direito), enquanto que a nivelamento longitudinal relativo possui por base a cota de dois pontos da superfície do mesmo trilho (SILVA, 2006).

Alinhamento:

A definição de alinhamento por Pedroni (2008, p. 59) é:

A distância da flecha entre dois pontos consecutivos e com distância conhecida entre ambos de um mesmo trilho. Como o nivelamento transversal, o alinhamento é uma medida que considera os pontos ligados na mesma fila de trilhos.

Assim sendo, é um parâmetro que determina a planimetria da via permanente, o qual pode ser analisado de maneira relativa e absoluta. Silva (2006,

p. 17) destaca as definições de alinhamento longitudinal relativo e absoluto, descritos a seguir:

O Alinhamento Longitudinal Absoluto é analisado comparando-se os valores reais levantados na via aos valores de suas abscissas de projeto para cada trilho (direito e esquerdo).

O Alinhamento Longitudinal Relativo, também medido para o trilho direito e esquerdo da via, tem como referência a posição planimétrica de outros dois pontos da superfície do mesmo trilho.

Nessa conjectura, o alinhamento é o parâmetro responsável pela qualidade do guiamento dos veículos, garantindo a constância lateral dos mesmos. Assim, a existência de desvios no alinhamento do carril de guiamento, comunicando-se através da transmissão direta aos constituintes que circulam sobre ele, ocasionando instabilidade, sobretudo a altas velocidades (RODRIGUES, 2012).

O controle deste parâmetro pode ser realizado partindo-se da averiguação da flecha em curvas, comparadas ao raio de projeto, e ainda ponto a ponto ao longo da curva. Com isso a base de medição pode ainda ser uma corda de 10 ou 20 metros ou expansões maiores, em decorrência do aparelho de medição disponível (LIMA, 1998).

3.3. Patologias em Vias Ferroviárias

Uma vez que a ferrovia se encontra implantada, esta começa a se degradar pelo uso e pela ação do meio ambiente. Esta degradação se fará sentir nos elementos que constituem a via permanente, tão mais aceleradamente quanto maior for a sua utilização ou abandono da via, e mais agressivo for o meio em que está inserida (CASTELLO BRANCO et al., 2002, p.203).

Dessa forma, é de fundamental importância conhecer as patologias que incidem sobre cada um dos elementos da via permanente, para assim, assegurar que estes componentes irão desempenhar as suas devidas funções.

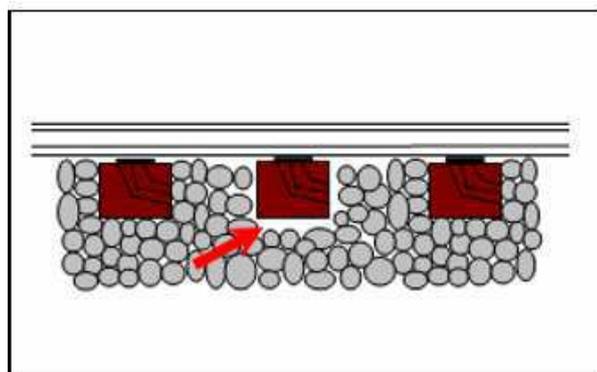
3.3.1. *Patologias no lastro*

As patologias no lastro estão relacionadas segundo menciona Coimbra (2008, p. 95) com:

A formação de bolsão de lama e crescimento da vegetação na faixa de domínio da via, o que dificulta a drenagem superficial e subterrânea, e com a existência de vazios (lastro laqueado) em virtude de finos gerados pelo desgaste das partículas frente à solitação do tráfego.

A Figura 8 ilustra uma formação de uma bolsa de vazio no lastro de uma via permanente.

Figura 8 - Ilustração de vazio no lastro.



Fonte: COIMBRA (2008)

Também são comuns, principalmente em ferrovias antigas, que sejam encontrados problemas de ausência de lastro ou lastro insuficiente ao longo da via permanente. Estas anomalias são caracterizadas pela inexistência ou insuficiência do material granular (lastro) na via, e geralmente a ocorrência dessas patologias está relacionada com a falta de manutenção na linha férrea.

3.3.2. *Patologias nos dormentes*

As patologias apresentadas no dormente conforme Coimbra (2008, p. 93): “são aquelas originadas naturalmente pelo seu uso em serviço e pela ação do meio ambiente”. A seguir é descrito algumas das patologias nos dormentes, segundo Coimbra (2008, p. 93):

- Fratura transversal do dormente na região central ou na região de apoio do trilho;
- Fissuras longitudinais na parte superior do dormente permitindo o afrouxamento da fixação;

- Desgaste da região da placa de apoio permitindo o movimento lateral da placa de apoio;
- Apodrecimento das fibras devido à ação do meio ambiente (dormente de madeira).

Desse modo, os dormentes que apresentarem esses defeitos são classificados como inservíveis, pois os mesmos deixam de desempenhar sua função, perdendo assim a sua serventia.

É importante frisar que as patologias dormentes inservíveis e dormentes inservíveis em sequência dizem respeito ao mesmo elemento da via permanente, se distinguindo apenas quanto à distribuição espacial dos mesmos ao longo da via. Enquanto a primeira corresponde a um dormente danificado encontrado isoladamente, a segunda corresponde a dois ou mais dormentes inservíveis distribuídos sequencialmente ao longo do trecho examinado.

De modo semelhante podem ser caracterizadas as fixações inservíveis e as fixações inservíveis sequencialmente.

3.3.3. Patologias nas fixações

As patologias em fixações são definidas por Coimbra (2008, p. 93) como patologias que “são resultantes do desgaste mecânico dos componentes (grampo de linha, *tirefond*, placa de fixação, retensor, etc.) originados pela ação dos diversos esforços verticais e horizontais que atuam dinamicamente sobre a Via Permanente”. Podendo estes componentes ainda sofrer outras intervenções do meio externo, tais como: a oxidação das peças e vandalismo, ou seja, retirada de peças.

3.3.4. Patologias nas juntas de ligação

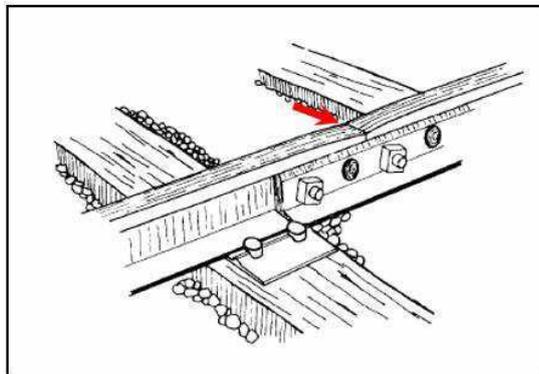
As juntas, assim como todos os outros elementos da via permanente, também estão susceptíveis a sofrerem com avarias, sejam estas originadas por choques mecânicos em decorrência do uso da via, ou causadas por ações externas advindas do meio ambiente. Assim, as patologias mais comuns nestes elementos são:

3.3.4.1 Junta martelada

A junta martelada é uma patologia “comum nas junções mecânicas – talas parafusadas nas faces da alma – traduzido pelo choque e martelamento da junta pelas rodas do material rodante em sua passagem pela folga deixada para a dilatação do trilho” (COIMBRA, 2008, p. 88).

A representação desse defeito pode ser observado na Figura 9.

Figura 9 - Junta martelada.



Fonte: COIMBRA (2008)

Neste contexto, este martelamento pode vir a modificar o nivelamento da junta e ocasionar o escoamento longitudinal do aço das extremidades dos trilhos das junções, fechando assim a folga. “Esta patologia pode ser atenuada pelo bi selamento do alto dos trilhos na montagem das suas junções” (COIMBRA, 2008, p. 88).

3.3.4.2 Junta sem espaçamento

Esta patologia é muito frequente em vias em que os trilhos não são unidos por soldas. É possível ser detectada visualmente, ao perceber que o espaçamento, que antes era destinado para a dilatação dos trilhos, não existe mais. Geralmente é originada por alguma movimentação indevida dos trilhos ou dos dormentes, e com ela é comum vir outras patologias, como o desgaste das pontas superiores dos boletos.

3.3.4.3 Junta com ausência de parafuso

De fácil identificação, esta anomalia é caracterizada pela ausência de parafusos nas talas de junções dos trilhos. Os parafusos servem para garantir que os elementos de junção fiquem firmes, para assim desempenhar a sua função. A inexistência de algum parafuso pode comprometer a segurança da via ferroviária, podendo ocasionar graves acidentes.

3.3.4.4 Junta defeituosa

As juntas também podem sofrer com patologias provenientes de choques mecânicos em decorrência do uso da via, ou ainda por atos de vandalismo. Estes problemas geralmente se caracterizam por deformações e desgastes incidentes no metal dos elementos de ligação.

3.3.5. *Patologias de geometria de via*

Conforme definição de Rodrigues (2001):

A superestrutura é a parte da via permanente que recebe os impactos diretos da carga, cujos principais elementos constitutivos são os trilhos, dormentes e o lastro, que estão sujeitos às ações de degradação provocada pela circulação dos veículos e de deterioração por ataque do meio ambiente.

Deste modo, é fato, ressaltar que os desvios dos parâmetros geométricos da superestrutura da via permanente são influenciados, sobretudo pela frequência de utilização, também pela velocidade dos trens, além do volume de carga bruta transportada, outro fator é a estabilidade da superestrutura e de infraestrutura ou também devido à via estar situada sobre uma camada de lastro, o que pode ocasionar deslocamentos em todas as direções (LIMA, 1998).

Segundo Silva (2006, p. 19): “o desvio geométrico é caracterizado pela diferença entre o parâmetro real (medido) e o definido em projeto (medida absoluta) ou a partir de uma base predefinida sob a própria via (medida relativa)”. Assim, se os desvios excedem valores estabelecidos como limites de tolerância determinados pela ferrovia, passam a ser estimados defeitos. Contudo, a progressão desses

desvios, no tempo, caracteriza o que se designada de degradação da Via Permanente.

3.3.5.1 Variação de bitola

“As medidas que excedem os valores práticos das bitolas sejam elas padrão, métrica ou larga, ocasionam em defeitos negativos, os quais trazem problemas de alinhamento que resultam na diminuição de segurança na via” (SILVA, 2006, p. 22). De acordo com Rodrigues (2012) os defeitos das bitolas ocasionam aumento no desgaste nos trilhos e nos rodas das locomotivas, este defeito pode ser analisado sob dois fatores: alargamento e estreitamento, os quais serão estudados a seguir.

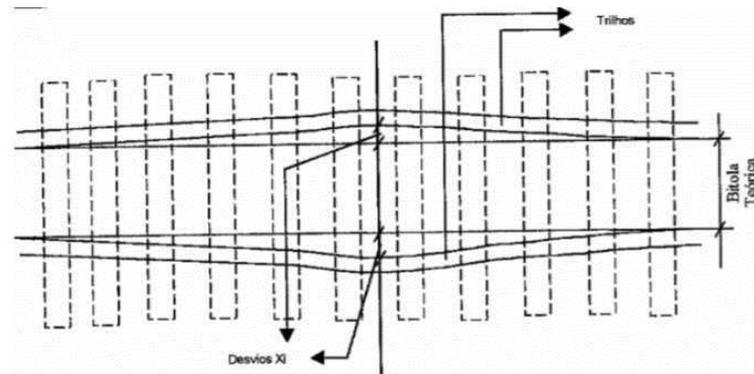
Alargamento da bitola:

Silva (2006, p. 23) ressalta que “nesta avaliação, verifica-se o limite máximo admissível para o valor da bitola. Se o valor medido é superior ao estabelecido, então a linha está com alargamento”.

Assim, segundo Nabais (2014), era considerado pela RFFSA (Rede Ferroviária Federal S/A) para se caracterizar a anomalia de alargamento de bitola, o valor de 1,010m. Sendo que medidas acima de 1,015m são consideradas graves e representavam alto risco de acidentes.

A Figura 10 representa um alargamento na bitola de um ponto da via permanente.

Figura 10 - Alargamento de bitola



Fonte: LIMA (1998)

Na concepção de Lima (1998, p. 42), as principais causas que induzem ao alargamento de bitola são:

- Dormentes em condições ruins ou laqueados;
- Desgaste da placa de apoio;
- Tirefonds frouxos ou orifícios desgastados;
- Desgaste lateral do boleto do trilho;
- Juntas quebradas ou com folga;
- Raio de curva muito apertado;
- Lubrificação Inadequada;
- Qualidade do material empregado (fixação, dormente, trilho);
- TKB (Tonelada Bruta Transportada) elevado.

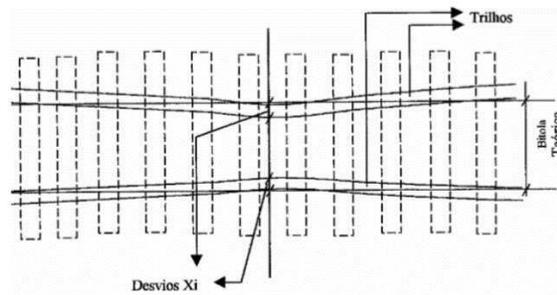
Estreitamento de bitola:

No estreitamento de bitola, observa-se o limite mínimo aceitável para o valor da bitola. No entanto, se o valor medido é inferior ao determinado, então a linha está com estreitamento (SILVA, 2006).

Nabais (2014), afirma que são consideradas como defeituosas as bitolas que apresentassem valores inferiores a 0,995m.

A Figura 11 representa um estreitamento na bitola de um ponto da via permanente.

Figura 11 - Estreitamento de bitola



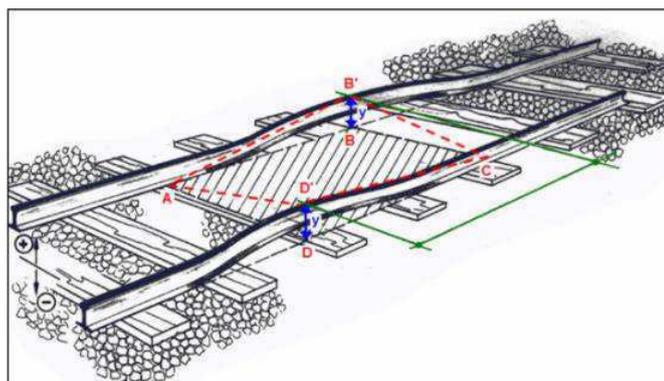
Fonte: LIMA (1998)

Dentre os principais fatores que causam o estreitamento de bitola da via, Lima (1998), menciona os seguintes fatores: deformações no lado interno do trilho, dormentes defeituosos e placas de apoio quebradas.

3.3.5.2 Defeitos de empeno ou torção

Coimbra (2008, p. 74) define empeno (ou torção) “a distância vertical (y) dos pontos (B') ou (D') ao plano formado pelo retângulo $ABCD$ ”. O autor considera quatro pontos sobre a superfície sobre os trilhos, sendo que dois em cada trilho resulta em um retângulo $ABCD$, conforme ilustra a Figura 12:

Figura 12 - Empeno ou torção



Fonte: RODRIGUES (2001) *apud* COIMBRA (2008)

Esta patologia gera o movimento de torção no material rodante, sendo que os fatores que as ocasionam são os mesmos dos desnivelamentos longitudinal e transversal. No entanto é visto com mais frequência em vias que têm maiores

quantidades de juntas consecutivas e alternadas nos trilhos, e as principais efeitos são o descarrilamento e tombamento do material rodante (LIMA, 1998).

3.3.5.3 Arrastamento dos trilhos (Caminhamento)

Arrastamento de trilhos é considerado como sendo o deslocamento longitudinal e intermitente da via ferroviária, assim, pode acontecer de acordo com Rumo (2017) das seguintes formas:

- Deslocamento principalmente no sentido de tráfego dos trens;
- Em linhas de via dupla ocorre, normalmente, em apenas uma das direções;
- Em linhas de via única ocorrem nos dois sentidos, sendo imperceptíveis os caminhamentos destes quando as cargas dos trens forem iguais nos dois sentidos, do contrário o caminhamento ocorrer no sentido de maior carga.

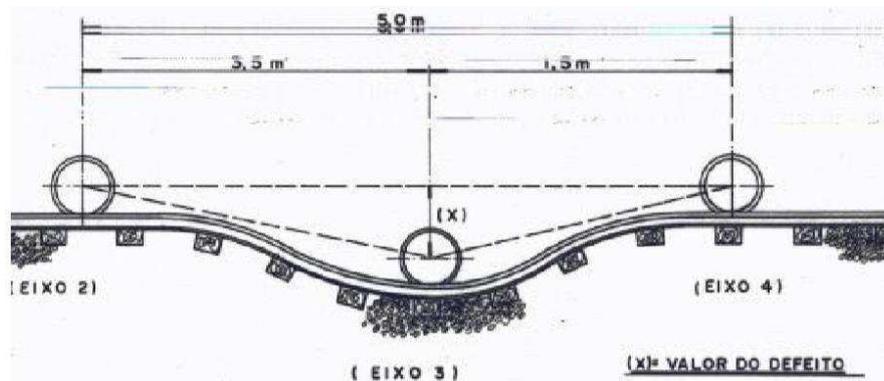
Para Oliveira (2018), quando a fixação dos trilhos for acima da resistência fornecida pelo lastro, este deslocamento dos trilhos ocasiona em movimentação também dos dormentes, modificando não apenas a distância entre os mesmos, porém também os deixando em posição oblíqua, pelo caso de duas fileiras, ou linhas dos trilhos percorrerem desparelhas, sendo possível identificar este fenômeno por meio das marcas deixadas nos trilhos pelos parafusos ou elementos de fixação destes.

3.3.5.4 Desnívelamento longitudinal

Conforme Vale (2009, p. 169): “o chamado desnívelamento longitudinal é caracterizado pela existência de pontos altos e baixos de ocorrência simultânea em ambas as filas de trilho ao longo da via”. Para Aguiar (2011, p. 32): “a flecha gerada por uma corda de 10 ou 20 metros estendida no plano longitudinal indica o tamanho do desnívelamento no ponto determinado”.

Na Figura 13 está representada a patologia de desnívelamento longitudinal.

Figura 13 - Desnívelamento longitudinal



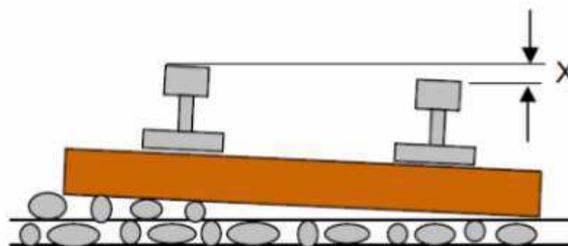
Fonte: RODRIGUES (2001)

Segundo Lima (1998, p. 39) “as principais causas desta anomalia são: lastro laqueado; trilho corrugado; problemas de drenagem; grupo de dormentes defeituosos e juntas desniveladas”. Todavia, esses defeitos são responsáveis especialmente pelo fato do movimento de galope nos veículos em movimento.

3.3.5.5 Desnívelamento transversal

Segundo Silva (2006, p. 22) “o desnívelamento transversal pode ocorrer na tangente ou na curva. Na tangente sua amplitude é simplesmente a diferença (X) entre os dois trilhos no plano horizontal”, como ilustrado na Figura 14.

Figura 14 - Desnívelamento transversal



Fonte: SILVA (2006)

Nas curvas, o nivelamento transversal de base longa é o resultado da diferença entre a subtração do menor valor e do maior valor da medição nas entradas e saídas de curvas, sendo assim estimada como patologia se os valores

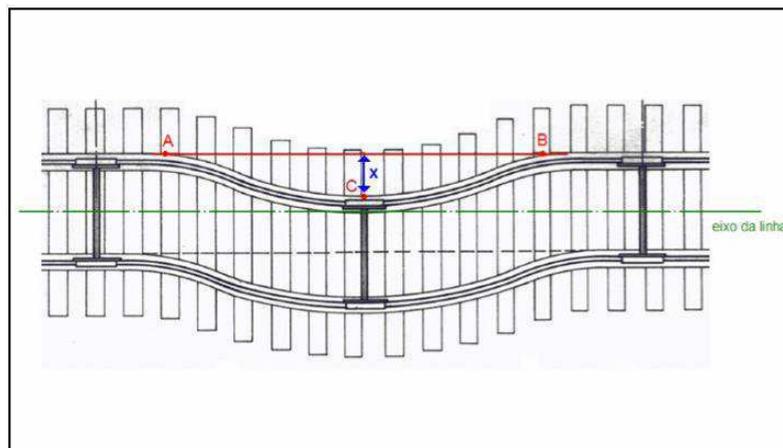
das medições estiverem fora dos limites estabelecidos pela concessionária (RUMO, 2017).

Vale ressaltar que, de acordo com Albuquerque (2011), o desnivelamento transversal máximo, determinado pelo método empírico, que uma via permanente poderá adotar, será dado de acordo com a bitola utilizada por aquela via. Sendo, 18cm para a bitola larga (1,60m) e 10cm para a bitola métrica (1,00).

3.3.5.6 Defeito de alinhamento

Para Rodrigues (2012) e Coimbra (2008), a via é considerada desalinhada quando o valor (x) ultrapassa os limites de tolerância estabelecidos por cada ferrovia, como representado na Figura 15.

Figura 15 - Desalinhamento da via ferroviária



Fonte: COIMBRA (2008)

Ainda conforme Coimbra (2008, p. 73): “as principais causas deste tipo de patologia são: ombro de lastro insuficiente, desgaste ou quebra de placas de apoio, quebra ou deformação de trilhos e dormentes laqueados”.

Para mensurar o alinhamento, a Rumo (2017) sugere a utilização de uma corda de 10 metros aferindo a flecha no ponto médio da corda, e ainda podendo-se mensurar o alinhamento em tangente ou em curvas. Nessa perspectiva o autor ainda sugere que a corda precisa está posicionada a 16 mm do topo do trilho e ainda estar tracionada no transcorrer das medições das medidas.

3.3.5.7 Patologia de Via aterrada

Bastante comum em linhas férreas que se encontram em desuso ou que não recebem manutenções frequentes, esta anomalia é caracterizada pelo aterro, parcial ou completo, da superestrutura da via permanente. Este aterro pode ser originado por diversos fatores, sendo os mais frequentes, o deslizamento de porções de solos das encostas vizinhas, ou ainda ocasionado pela interferência humana no modal ferroviário.

3.4. Patologias nos trilhos

De acordo com Coimbra (2008), as patologias incidentes nos trilhos ferroviários podem se manifestar interna ou externamente. As anomalias internas se vinculam a defeitos metalúrgicos adquiridos durante o processo de fabricação dos trilhos ou das soldas. Já os defeitos externos, são aquelas originadas naturalmente pelo uso do trilho em serviço.

3.4.1. *Patologias de serviço*

3.4.1.1 Patinagem

De acordo com Coimbra (2008, p. 83) A patinagem ou *Wheel Burn* (WHB): “é uma avaria na superfície de rolamento causada pelas rodas das locomotivas que por eventual insuficiência de aderência – entre as rodas e o trilho – ficam rodando no mesmo lugar (rodadas em falso)”.

Desta maneira, o atrito e o calor provocado nesses deslizamentos causam um desgaste da superfície do trilho, gerando contornos irregulares com marcas de queima, sendo conhecido também como queima do boleto, se apresentando principalmente nas proximidades de pátios e de trechos que possuem fortes rampas.

Partindo-se desta patologia, pode ter a formação de trincas transversais ao boleto (trincas térmicas) em volta da marca deixada pela patinagem e o trilho contrair o fissuramento transversal interno, progredindo até uma fratura completa (COIMBRA, 2008), assim como observado a Figura 16.

Figura 16 - Trilho patinado



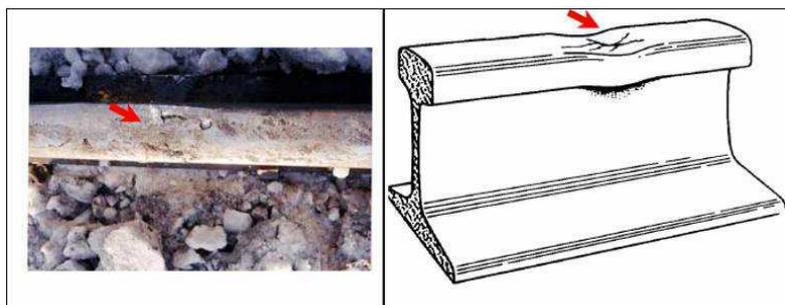
Fonte: COIMBRA (2008)

3.4.1.2 Esmagamento do boleto

Esmagamento do Boleto (Figura 17) ou *Crushed Head* (CRH) na concepção de Coimbra (2008, p. 84):

Manifesta-se em um segmento do trilho, no qual o aço de que é feito apresenta uma queda na sua resistência mecânica, que o torna inadequado para suportar as elevadas cargas que continuamente passam sobre ele. Há um abaulamento e um alargamento do boleto no local e ao longo do defeito.

Figura 17 - Trilho esmagado



Fonte: COIMBRA (2008)

3.4.1.3 Desgaste por ação química

“O desgaste por ação química ocorre através do ataque químico causado por determinados itens transportados pelas locomotivas, podendo ocasionar a

corrosão ou desgaste, como por exemplo, elementos como: enxofre e sal, salitre e carvão” (RUMO, 2017a, p.34).

Ou ainda pode ter sua origem relacionada com as intempéries vindas do meio ambiente, como a exposição frequente ao sol e a água da chuva. A patologia mais comum causada pelo desgaste químico é a corrosão do metal, podendo esta vir a trazer sérios danos aos trilhos, modificando a sua estrutura interna.

3.4.1.4 Desgaste ondulatorio (Corrugação)

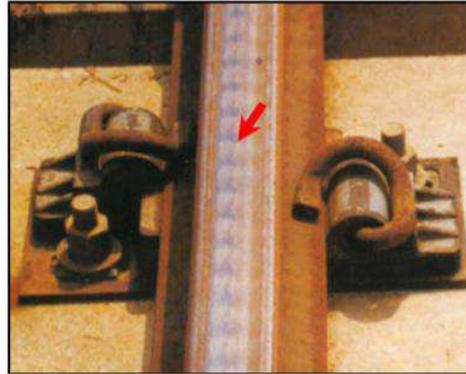
Segundo Lorenz (2018), o desgaste ondulatorio ou *corrugation rail*, está associado com as ações exercidas pelo tráfego e pode ser classificado em ondas curtas ou longas. As ondas curtas apresentam comprimento de onda de 3 a 8 cm e longas, de 8 a 30 cm.

Esta patologia precisa ser consecutivamente investigada e sanada devido às consequências danosas que ela provoca ao material rodante e à via, vinculando o custo de sua manutenção. Entretanto à via permanente, essas consequências se manifestam da seguinte forma:

- Ruídos de grande intensidade (108 a 120 dB);
- Diminuição da periodicidade do ciclo de socaria, de desguarnecimento e limpeza do lastro;
- Afrouxamento dos parafusos de fixação da placa ao dormente;
- Diminuição da vida útil do dormente; e
- Perda de confiabilidade de segurança da via (COIMBRA, 2008, p. 91).

Na Figura 18, está representada a patologia de desgaste ondulatorio ou corrugação.

Figura 18 - Corrugação no trilho



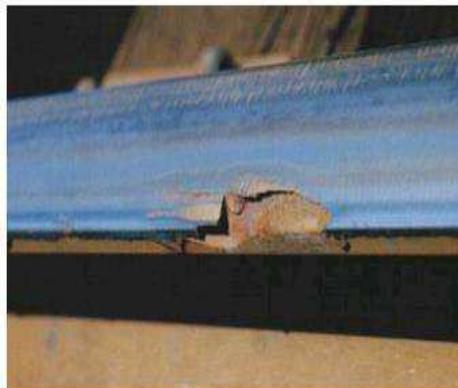
Fonte: COIMBRA (2008)

3.4.1.5 Despedaçamento do canto da bitola

Despedaçamento de canto de bitola ou *Shelling* é conceituado pela Vale (2009, p. 41) como “um defeito causado pela perda do material, iniciada pela fadiga sub-superficial”, como demonstra a Figura 19. Ocorre, normalmente, no canto da bitola dos trilhos externos, nas curvas.

Assim sendo, quando estas rachaduras surgem na superfície, fazem com que o metal venha para fora da área da rachadura. Existem casos em que, estas rachaduras também se movem em um sentido descendente, acarretando assim a uma provável fratura transversal do trilho (VALE, 2009).

Figura 19 - Despedaçamento do canto da bitola



Fonte: VALE (2009)

3.4.1.6 Escamação do boleto

“Escamação no boleto ou *Flaking* é uma perda leve de material do boleto” (VALE, 2009, p. 40). Conforme ilustra a Figura 20:

Figura 20 - Escamação do boleto



Fonte: VALE (2009)

3.4.1.7 Estilhamento do canto da bitola

Estilhamento do canto da bitola ou *Spalling*, ocorre quando o caminho do desenvolvimento da rachadura cruza com outras rachaduras rasas similares na área da cabeça do trilho, caindo para fora uma microplaqueta rasa do material do trilho. Podendo ocorrer com frequência em climas frios, pois aumenta a rigidez do material do trilho (VALE, 2009).

Na Figura 21, é possível observar a incidência desta patologia em um trilho ferroviário.

Figura 21 - Estilhamento do canto da bitola



Fonte: VALE (2009)

3.4.1.8 Escoamento do boleto

O escoamento do boleto, conforme Vale (2009, p. 42) acontece “na área do topo do trilho, em uma profundidade que pode ser de até 15 mm”. Este defeito acontece no lado de bitola do trilho interno, em virtude à sobrecarga. Contudo, a lingueta indica a presença das rachaduras.

Entretanto, esta anomalia poderia ser eliminada através da esmerilhagem do trilho, que restauraria também o perfil original.

Na Figura 22 é possível observar a patologia de escoamento do boleto.

Figura 22 - Escoamento do boleto



Fonte: VALE (2009)

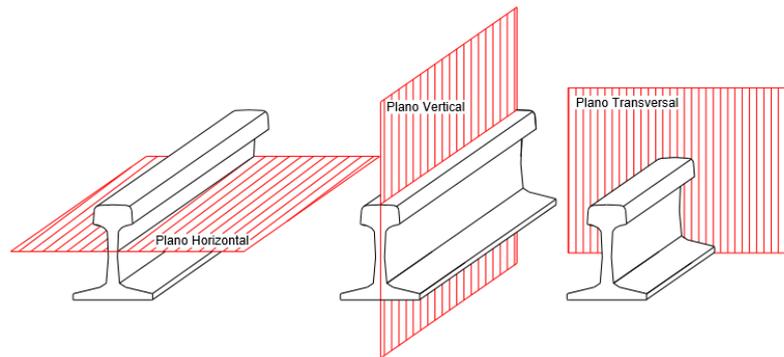
3.4.2. Patologias de fabricação

Além das patologias de serviço expostas anteriormente, existem também as patologias de fabricação, estas estão relacionadas com algum defeito metalúrgico que ocorreu durante o processo de concepção dos trilhos, dentre as patologias de fabricação, a mais comum é a existência de fraturas ou trincas nos elementos que constitui o trilho ferroviário.

A fratura se caracteriza como a ruptura completa entre duas faces do trilho, que foram ligados anteriormente. Todavia, uma fratura geralmente é ocorrida do crescimento de trincas e defeitos internos do metal composto dos trilhos. Por sua vez, estas trincas evoluem, e por efeito, induzem ao colapso a estrutura do trilho, partindo este em duas ou mais partes (PEDRONI, 2008).

O autor ainda ressalta que as patologias de trilhos podem desenvolver-se em uma ou várias direções, sendo elas horizontais verticais e transversais, como ilustrado na Figura 23:

Figura 23 - Classificação das fissuras quanto à direção



Fonte: PEDRONI (2008)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão apresentados os materiais utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa, os métodos de pesquisa que foram adotados e a caracterização da área de estudo. Também serão descritos os procedimentos técnicos que foram aplicados ao longo do trabalho para realizar o levantamento patológico no trecho de linha férrea estudado.

Segundo Assis (2009) esta pesquisa pode ser classificada como exploratória, uma vez que, envolve um levantamento bibliográfico, para maior familiaridade com o tema, além de um aprofundamento em determinada área científica através de um estudo de caso.

Com relação à abordagem, a pesquisa pode ser classificada como qualitativa, já que os dados obtidos serão analisados indutivamente, sendo o ambiente natural à fonte direta para a coleta de dados e o pesquisador o instrumento chave.

Quanto à finalidade, trata-se de uma pesquisa aplicada, pois de acordo com Moresi (2003) a pesquisa busca promover conhecimentos para a aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos. Além de envolver verdades e interesses locais.

Ainda segundo Moresi (2003), este trabalho tem como meio de investigação o processo empírico, realizado no local onde ocorreu ou ocorre um determinado fenômeno, dispondo de elementos para explicá-lo. Dessa maneira, a pesquisa tem caráter de profundidade e detalhamento, logo, pode ser classificada como um estudo de caso.

4.1. Materiais

Durante a pesquisa de campo foram utilizados alguns equipamentos para que se executasse a vistoria, dentre eles:

- Corda de seda trançada Vonder 10 mm branca com 10 metros de extensão, para a execução dos ensaios de nivelamento e alinhamento dos trilhos;
- Trena de aço Vonder 5m x 19 mm, para as medições realizadas no percurso inspecionado;

- Escova de aço manual Norton e Flanela laranja tamanho M, para a limpeza dos elementos da via permanente;
- Giz para lousa branco Delta, para realizar as marcações e consequentemente a identificação das patologias encontradas;
- Smartphone com câmera traseira de 48 megapixels, para registro fotográfico das anomalias detectadas.

Simultaneamente a vistoria, ocorreu o registro das manifestações patológicas encontradas. Para isto, foi desenvolvida uma planilha de inspeção para que pudesse ser anotado o tipo e a frequência em que aparecia determinada patologia.

A planilha de inspeção foi desenvolvida no *software* Excel e teve como base a planilha de inspeção de via permanente desenvolvida pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) que está contida no Manual de Inspeções da Gerencia de Controle e Fiscalização de Serviços e Infraestrutura de Transporte Ferroviário.

Na Figura 24 é possível observar a planilha de inspeção utilizada durante a pesquisa de campo.

Figura 24 - Planilha de inspeção da via permanente

		UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE																																		
		CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR																																		
TRECHO (500m)		UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL																																		
		TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO																																		
		ALUNO: FERNANDO SALDANHA AZEVEDO				CURSO: ENG. CIVIL		CAMPUS: POMBAL -PB																												
		INSPEÇÃO DE VIA PERMANENTE - LINHA FÉRREA DE POMBAL - PB						DATA: 18/03/2021																												
		SUPERESTRUTURA																																		
		LASTRO		DORMENTES E FIX		TRILHOS			GEOMETRIA DA VIA			JUNTAS		AMV	OUTROS																					
		1- MATO/GALHOS EM EXCESSO	2- LASTRO LAQUEADO	3- AUSÊNCIA DE LASTRO	4- LASTRO INSUFICIENTE	5- DORMENTE INSERV.	6- DORMENTE INSERV. SEC.	7- FIXAÇÃO INSUFICIENTE	8- FIXAÇÃO INSERV.	9- FIXAÇÃO INSERV. SEC.	10- TRILHO PATINADO	11- TRILHO ESMAGADO	12- T. DESGASTADO (INF. TIPO)	13- TRILHO CORRUGADO	14- FISSURA/TRINCA (INF. TIPO)	15- INCLUSÕES	16- SEGREGAÇÕES	17- SOLDA DEFETUOSA	18- DESNIVELAMENTO LONGIT.	19- ALINHAMENTO PRECÁRIO	20- CAMINHAMENTO	21- FLAMBAGEM	22- DESNIVELAMENTO TRANSV.	23- ALARGAMENTO DE BITOLA	24- ESTREITAMENTO DE BITOLA	25- JUNTA MARTELADA	26- JUNTA DESNIVELADA	27- JUNTA DEFETUOSA	28- FALTA DE PARAFURO	29- JUNTA SEM ESPAÇAMENTO	30- FISSURA/TRINCA (INF. TIPO)	31- AGULHA QUEBRADA	32- JACARÉ DESGASTADO/QUEB.	33- VIA A TERRADA		
1																																				
2																																				
3																																				
4																																				
5																																				
6																																				
7																																				
8																																				
9																																				

Fonte: Autor, 2021.

4.2. Métodos

4.2.1. Caracterização da Área de Estudo

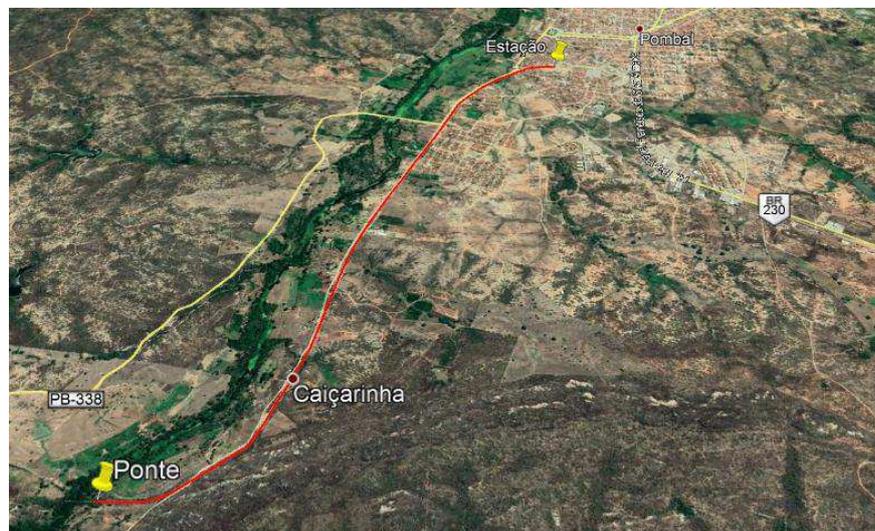
Situado no município de Pombal, o trecho de via férrea estudado tem ao todo 4,5 km de extensão, e está compreendido entre dois importantes monumentos históricos da cidade, a Estação Ferroviária e a antiga Ponte Vermelha.

Dessa forma, com o intuito de realizar uma melhor catalogação, e conseqüentemente melhor entendimento dos problemas que viriam a ser encontrados, optou-se por dividir o trecho de 4,5 quilômetros em nove subtrechos de 500 metros cada.

Assim, na manhã do dia 15/03/2021 teve início o processo de vistoria na superestrutura da via permanente do trecho estudado, tendo duração até o dia 25/03/2021.

Na Figura 25 está representado o percurso que foi vistoriado durante o estudo de caso.

Figura 25 - Percurso da vistoria.



Fonte: Adaptado do Google Earth (2021)

Do ponto de vista técnico, a via permanente do seguimento de linha férrea estudado pode ser caracterizada da seguinte maneira:

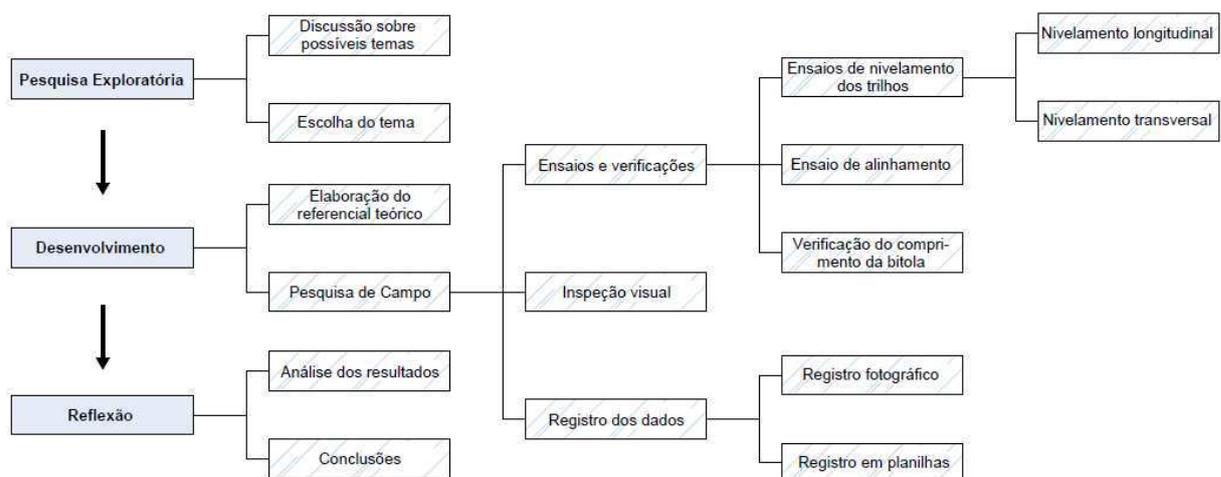
- Bitola métrica (1,00m);

- Trilhos TR-32 (ASCE 6540), 32 kg/m, com comprimento de 18 metros e unidos por junções parafusadas;
- Dormentes de madeira;
- Fixações rígidas do tipo prego ou grampo ferroviário;
- Lastro em areia grossa e cascalho;
- Juntas apoiadas, dispostas alternadamente, e presas com quatro parafusos.

4.2.2. Delineamento

A Figura 26 apresenta de maneira simplificada os procedimentos adotados para realizar esta pesquisa:

Figura 26 - Organograma usado para realização do trabalho.



Fonte: Autor, 2021.

A primeira etapa deste trabalho consistiu na identificação de um problema e conseqüentemente na discussão entre os possíveis temas que poderiam ser abordados. Uma vez decidido que seria discutido sobre as manifestações patológicas em um trecho da linha férrea de Pombal, avaliou-se a viabilidade do estudo.

Na etapa subsequente foi elaborado o referencial teórico, tendo como intuito aprofundar o conhecimento sobre, o ramal ferroviário e as patologias que acometem o mesmo. Dessa maneira, foram consultados livros, normas e trabalhos conceituados que falam do assunto em questão.

Logo em seguida, realizou-se pesquisa de campo na cidade de Pombal, Paraíba, assim, foram identificadas as manifestações patológicas existentes na superestrutura da via permanente. Para que ocorresse a detecção das anomalias, foi usado o método de inspeção visual, para as patologias superficiais, assim como ensaios e verificações, para identificação de defeitos relacionados à geometria da via permanente.

Ademais, os dados obtidos na inspeção visual e nos ensaios de geometria de via, foram registrados como imagens fotográficas ou anotados em planilha.

Por fim, foi feita uma análise das patologias encontradas em campo, correlacionando-as com a literatura consultada anteriormente, a fim de apontar as principais descobertas obtidas ao longo do estudo.

4.2.3. Procedimentos específicos para coleta dos dados

Os procedimentos adotados para realizar a pesquisa de campo foram baseados no Manual de Inspeções da GECOF (Gerência de Controle e Fiscalização de Serviços e Infraestrutura de Transporte Ferroviário). E também foram seguidos os critérios da NBR 7640 que estabelece parâmetros para classificação de trilhos defeituosos, considerando os tipos e origem desses defeitos.

Dessa forma, as anomalias que foram detectadas somente através da análise visual e tiveram seus registros como imagens, foram identificadas seguindo os seguintes critérios:

Mato/galhos em excesso: para detecção e conseqüentemente o registro desta patologia, procurou-se identificar a presença de alguma vegetação, rasteira ou de médio porte, na superestrutura da via permanente.

Ausência de lastro/lastro insuficiente/lastro laqueado: na vistoria, se buscou reconhecer trechos de via permanente em que ocorria a ausência ou insuficiência do material granular.

Dormente inservível/dormente inservível sequencial: como critério adotado, o dormente foi classificado como inservível quando apresentava características de que o mesmo não conseguiria desempenhar sua função estrutural na via permanente, sendo estas, trincas, rachaduras, apodrecimento da madeira, ou dormente queimado. De maneira semelhante, os dormentes foram classificados

como inservíveis sequenciais quando dois ou mais dormentes dispostos continuamente na via apresentavam as características inservíveis.

Fixação insuficiente/fixação inservível/fixação inservível sequencial: foi classificada como fixação insuficiente os trechos de vias em que apresentavam ausência dos pregos fixadores, seja nos dormentes ou nos trilhos. Para a fixação inservível, foi adotado como critério toda e qualquer avaria que um prego ou grampo fixador pudesse apresentar, estivesse ele isolado ou quando dois ou mais grampos fixadores estavam dispostos continuamente (fixação inservível sequencial).

Trilho patinado/achatado/desgastado/corrugado: os elementos dos trilhos da via permanente (boleto, alma e patim) foram observados cuidadosamente para a identificação de possíveis patologias. Quando necessário realizou-se a limpeza do local com o auxílio de uma escova de aço e/ou pano umedecido para uma melhor visualização das imperfeições.

Fissura/trincas/rachaduras em trilhos: quando identificadas, primeiramente foi realizada uma limpeza prévia do local com uma escova de aço e um pano umedecido, logo em seguida a patologia era circulada com um giz para dar um melhor destaque a mesma, e posteriormente foi realizado o registro das imperfeições.

Junta sem espaçamento ou defeituosa: foi observada a falta de espaçamento de dilatação entre os trilhos, ou algum desgaste físico ocasionado por choque mecânico.

Falta de parafuso: foi observada nos elementos de ligação a ausência de parafusos que antes tinha a função de tornar as juntas rígidas e firmes.

Via aterrada: foi notado que em alguns trechos a via permanente se encontrava totalmente aterrada.

Além dos problemas identificados através da análise visual, foi verificada a existência, ou não, de patologias na geometria da via do trecho estudado, para isso, foram realizados os ensaios e medições sugeridas pela literatura.

A seguir estão descritos os ensaios executados durante a pesquisa de campo:

Nivelamento transversal: a verificação desta patologia consistiu em comparar o nivelamento da superfície de rolamento de um trilho em relação ao outro trilho, medindo a respectiva deformação vertical. A verificação desta patologia ocorreu durante todo o trecho de via permanente, e para obter uma maior

representatividade dos dados, optou-se por realizar medições espaçadas a cada 25 metros. Vale salientar que os trechos curvos geralmente possuem um desnivelamento transversal proposital adotado conforme o projeto, denominados superelevação. Para realizar a medição foram usadas corda e trena.

Nivelamento longitudinal: para verificação da existência, ou não, do defeito de nivelamento longitudinal foi observado nas duas fileiras de trilhos se os mesmos encontravam-se na mesma cota em diferentes pontos ao longo da via. Para realizar a conferência foi utilizada uma corda, com 10 metros de comprimento, estendida longitudinalmente indicando o desnível vertical do trilho ao longo do trecho medido, para medir o desnível vertical foi utilizada uma trena. O desnivelamento longitudinal foi verificado ao longo do percurso em todos os nove trechos da via permanente, como identificado na Figura 27.

Figura 27 - Ensaio de nivelamento: a) Execução do ensaio de nivelamento; b) Trilho perfeitamente nivelado.



a)



b)

Fonte: Autor, 2021.

Alinhamento: a investigação do alinhamento dos trilhos foi realizada ao longo de todo o percurso da via permanente, para isso foi utilizado uma corda de 10 metros de extensão tracionada, disposta longitudinalmente, paralela ao boleto do trilho. Em seguida foi realizada a aferição do valor da flecha horizontal formada entre a corda e o boleto do trilho.

Na Figura 28, é possível identificar os procedimentos realizados para o ensaio de alinhamento.

Figura 28 - Ensaio de alinhamento: a) Execução do ensaio de alinhamento; b) Trilho perfeitamente alinhado.



a)



b)

Fonte: Autor, 2021.

Alargamento/estreitamento de bitola: Sabendo que a linha férrea estudada possui bitola métrica, foi conferida ao longo dos nove subtrechos da via, a variação no comprimento da bitola. Para isto, foi adotado como critério de vistoria espaçamentos de 25 metros de uma verificação para a outra, obtendo assim uma melhor representação dos dados encontrados. Assim, para uma verificação mais precisa, foram medidos 16 mm abaixo do plano de rodagem, e esticada uma corda entre as faces internas dos trilhos, em seguida com uma caneta marcou-se na corda o comprimento exato da bitola e por fim foi realizada a medição do segmento de corda com o auxílio de uma trena, como observado na Figura 29.

Figura 29 - Procedimentos para a verificação da bitola: a) Marcando 16 mm abaixo da superfície de rolamento do boleto; b) Medindo a bitola com a corda; c) Realizando a marcação na corda; d) Medindo com a trena o comprimento da corda.



a)



b)



c)



d)

Fonte: Autor, 2021.

Todos os valores encontrados nas medições dos ensaios executados foram registrados em planilhas, com o intuito de posteriormente se realizar uma melhor análise dos dados, como identificado na Figura 30.

Por fim, de modo a concluir o trabalho, foi realizada uma análise das informações coletadas durante a vistoria, relacionando-as com os estudos teóricos, para assim, apontar as principais descobertas obtidas ao longo da pesquisa.

Figura 30 - Registrando os resultados encontrados na planilha de inspeção.



Fonte: Autor, 2021.

5 RESULTADOS

Neste capítulo serão discutidos os resultados obtidos durante a elaboração deste trabalho, correlacionando às manifestações patológicas encontradas com a literatura estudada no referencial teórico. Inicialmente, os dados coletados serão apresentados de uma maneira mais geral, representando o trecho de via férrea estudado por completo, ou seja, seus 4,5 quilômetros.

Posteriormente, serão apresentados de uma maneira mais detalhada, os dados coletados ao longo dos nove subtrechos vistoriados individualmente, cada um com quinhentos metros de extensão.

Também, será dado um maior destaque as patologias incidentes nos trilhos da via permanente, tendo em vista que muitos autores consideram os trilhos como o principal elemento da via férrea.

Diante disso, na Tabela 1 estão listadas as patologias encontradas no trecho vistoriado, a sua quantificação, e o percentual de ocorrência de cada patologia em relação ao todo.

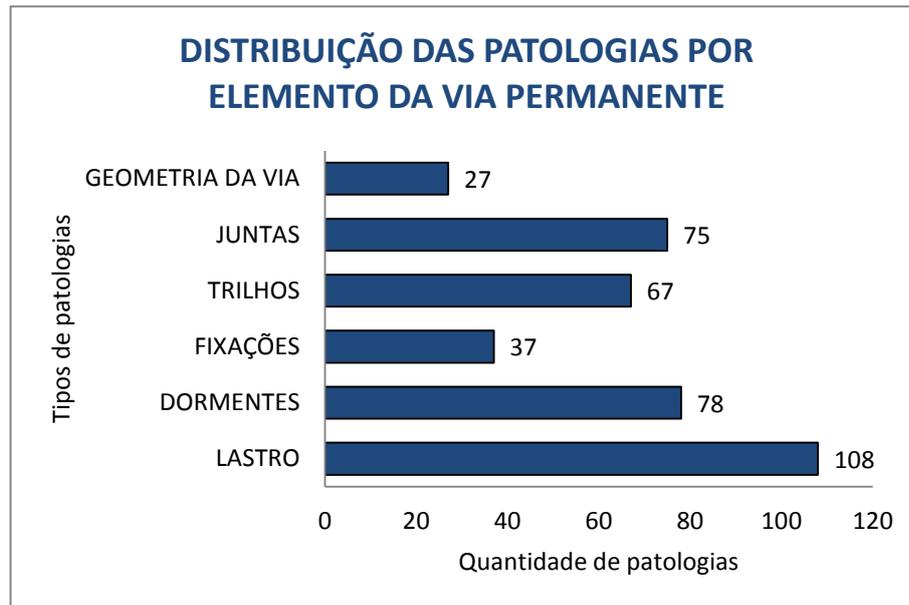
Tabela 1 - Ocorrências patológicas no trecho estudado.

Patologias	Quantidade (un)	Ocorrência (%)
Lastro		
Mato/Galhos em excesso	53	13,520
Lastro laqueado	3	0,765
Ausência de lastro	31	7,908
Lastro insuficiente	21	5,357
Dormentes		
Dormente inservível	44	11,224
Dormente inservível seq.	34	8,673
Fixações		
Fixação insuficiente	17	4,337
Fixação inservível	11	2,806
Fixação inservível seq.	9	2,296
Trilhos		
Trilho patinado	7	1,786
Trilho esmagado	3	0,765
Trilho desgastado	55	14,031
Trilho fissurado	2	0,510
Geometria da via		
Alargamento de bitola	6	1,531
Estreitamento de bitola	4	1,020
Via aterrada	17	4,337
Juntas		
Junta martelada	11	2,806
Junta defeituosa	16	4,082
Ausência de parafuso	8	2,041
Junta sem espaçamento	40	10,204
Total	392	100

Fonte: Autor, 2021.

De acordo com o Manual de Inspeções da GECOF (2013), outra forma de representar as manifestações patológicas de uma ferrovia, é classifica-las conforme a incidência nos elementos da via permanente, como representado no Gráfico 1:

Gráfico 1 - Patologias por elemento da via permanente.



Fonte: Autor, 2021.

Analisando os dados da Tabela 1 e do Gráfico 1, se observa que dentre os elementos da via permanente, o lastro é o que apresenta maior incidência patológica com 27,551% de todas as patologias registradas. Das patologias do lastro, a mais frequente é o crescimento de vegetação na superestrutura da via permanente, com 53 ocorrências.

A patologia de matos e galhos em excesso foi observada em todo o percurso analisado, principalmente nos trechos onde a linha férrea estava situada na zona rural da cidade, e segundo Sousa (2015), a vegetação em excesso na faixa de domínio agrava o processo de acumulação de partículas finas, como poeira, dificultando a drenagem superficial e subterrânea da água.

Na Figura 31 é possível observar a ocorrência da patologia de vegetação excessiva na superestrutura da via permanente.

Figura 31 - Patologias de vegetação excessiva: a) Matos; b) Galhos.



Fonte: Autor, 2021.

Com 19,898% das patologias na linha férrea, os dormentes foram o segundo elemento com maior ocorrência de anomalias, sendo eles classificados como inservíveis.

De acordo com Coimbra (2008), as anomalias apresentadas nos dormentes são naturalmente originadas por seu uso em serviço e pelas ações químicas e físicas provenientes do meio ambiente, entre elas podemos citar o apodrecimento, e as fraturas transversais e longitudinais.

Um dormente inservível não só deixa de desempenhar sua função estrutural, como também pode originar vários outros problemas na geometria da via, como alargamento/estreitamento de bitola, defeitos de nivelamento, lastro laqueado, entre outros.

Na Figura 32 é possível observar as patologias de rachaduras e apodrecimento da madeira, incidentes nos dormentes.

Figura 32 - Patologias nos dormentes: a) Dormente apodrecido; b) Dormente rachado.



Fonte: Autor, 2021.

Outro elemento que chama a atenção são as juntas que unem os trilhos com 19,133% das patologias totais, sendo o defeito de junta sem espaçamento o problema mais decorrente nesse elemento, com 40 aparições ao longo da via. De acordo com Coimbra (2009), o maior causador de tal problema é o movimento indevido dos trilhos, que acontece quando não se faz a manutenção preventiva da via permanente.

Esta patologia foi encontrada em todos os nove trechos inspecionados como podem ser observado na Figura 33, e comumente, vinha acompanhada de outros problemas, como desgastes físicos na junção dos trilhos. Coimbra (2008) justifica este fato ao dizer que a falta de espaçamento poderá vir a alterar o nivelamento da junta de dilatação, causando o escoamento longitudinal do aço nas pontas dos trilhos das junções.

Figura 33 - Patologias nas juntas: a) Ausência de espaçamento para dilatação; b) Junta danificada devido à ausência de espaçamento.



a)

b)

Fonte: Autor, 2021.

No que diz respeito às fixações da via permanente, Coimbra (2008) diz que as anomalias apresentadas por elas, geralmente são resultantes do desgaste mecânico originado pela ação dos esforços verticais e horizontais que atuam dinamicamente sobre a via permanente.

Ao longo da vistoria os problemas mais frequentes encontrados neste elemento foram a ausência de grampos fixadores, ou grampos que apresentaram desgastes físicos, como o empeno. Somados, as patologias nas fixações representam 9,439% de todos os defeitos na via férrea.

Na Figura 34 é possível observar as patologias de ausência de fixação e grampo empenado.

Figura 34 - Patologias nas fixações: a) Ausência de fixação; b) Grampo fixador empenado.



Fonte: Autor, 2021.

As patologias referentes à geometria da via foram as menos incidentes ao longo da vistoria, com 6,888%. Estas foram classificadas basicamente em via aterrada, quando em algum ponto do trecho foi observado que a via férrea estava aterrada, e em estreitamento ou alargamento de bitola, quando as medições do comprimento da bitola apresentaram resultados fora dos critérios aceitáveis.

De acordo com Vale (2009), o trilho é o elemento mais importante da via permanente, pois este é considerado o principal item de suporte dos veículos ferroviários, detendo assim o maior custo entre os demais elementos que compõem a via. Pensando nisto, as patologias encontradas nos trilhos estudados serão apresentadas separadamente dos demais defeitos, buscando assim um melhor entendimento das mesmas.

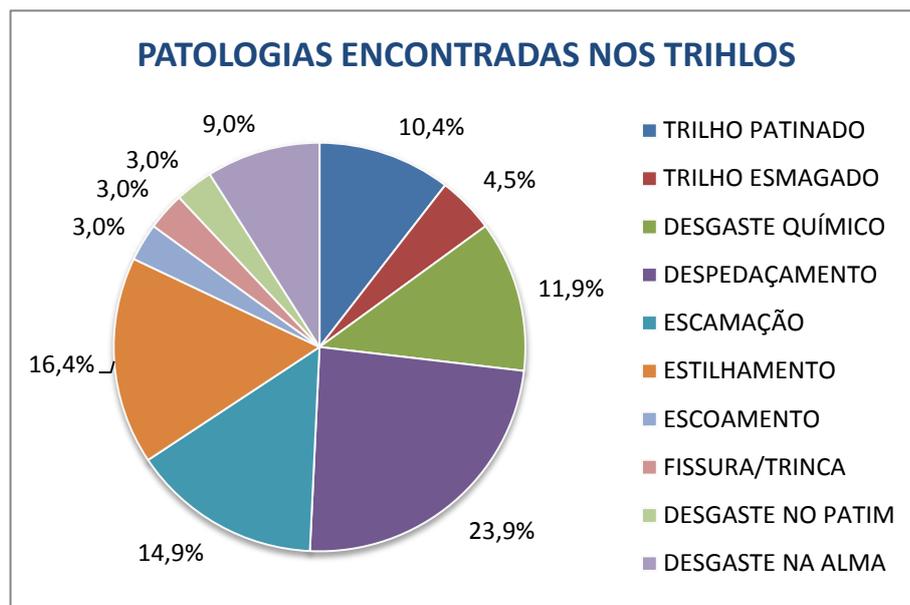
A Tabela 2 e o Gráfico 2 apresentam o número de incidência e a porcentagem de ocorrência de cada patologia encontrada nos trilhos da superestrutura da via permanente do trecho analisado.

Tabela 2 - Patologias nos trilhos

Patologia	Quantidade (un)
Trilho patinado	7
Trilho esmagado	3
Desgaste químico	8
Despedaçamento da bitola	16
Escamação	10
Estilhamento	11
Escoamento	2
Fissuras/trincas	2
Desgaste no patim	2
Desgaste na alma	6
Total	67

Fonte: Autor, 2021.

Gráfico 2 - Distribuição das patologias encontradas na via permanente.



Fonte: Autor, 2021.

É notável que as patologias com maior incidência foram o despedaçamento do canto da bitola com 23,9%, seguida pelo desgaste por estilhamento e o desgaste por escamação, com 16,4% e 14,9% respectivamente. As patologias citadas se manifestam na superfície do boleto, no caminho de rolamento das rodas.

A principal delas, o despedaçamento do canto da bitola, segundo Coimbra (2008), é um defeito de fadiga que inicialmente não é grave, mas com o passar do tempo ocorre um escoamento do metal, provocando um desnivelamento do boleto e podendo ocasionar graves acidentes.

O estilhamento está associado ao destacamento de pequenas porções de aço (estilhas) no canto da bitola, enquanto a escamação é caracterizada como a separação de finas lâminas de aço que se desprendem do boleto. Ambas as patologias são causadas pelas elevadas tensões que as rodas das locomotivas causaram nos trilhos.

Na Figura 35 são indicadas as patologias mais incidentes nos trilhos da linha férrea estudada.

Figura 35 - Patologias nos trilhos: a) Despedaçamento do canto da bitola; b) Despedaçamento do canto da bitola 2; c) Estilhamento; d) Escamação.



a)



b)



c)



d)

Uma vez examinado os dados coletados ao longo do trecho de 4,5 quilômetros da via, de uma maneira geral. Para um levantamento patológico mais preciso, se fez necessário examinar de forma individual, cada um dos nove subtrechos de 500 metros que foram adotados na metodologia.

A seguir serão discutidas de forma mais detalhada os dados coletados ao longo de cada subtrecho.

o Subtrecho 1

O subtrecho 1 diz respeito aos primeiros quinhentos metros de linha férrea vistoriada. Este subtrecho se encontra situado na zona urbana do município de Pombal, e está vinculado ao pátio ferroviário da cidade.

Na Tabela 3 é possível observar as patologias encontradas nesse subtrecho durante a vistoria e as suas respectivas ocorrências.

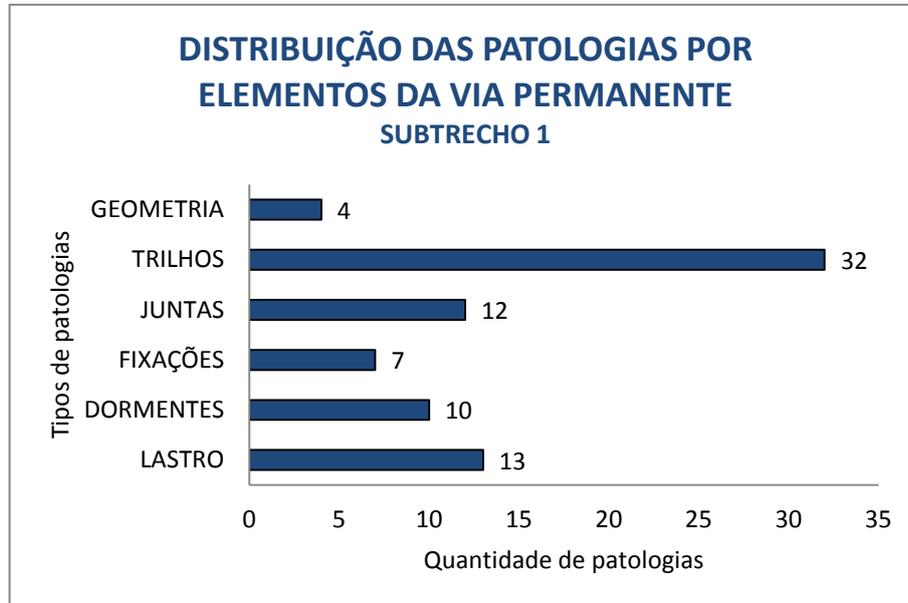
Tabela 3 - Ocorrências patológicas no subtrecho 1.

Patologias	Quantidade (un)	Ocorrência (%)
Lastro		
Mato/Galhos em excesso	7	8,974
Ausência de lastro	3	3,846
Lastro insuficiente	3	3,846
Dormentes		
Dormente inservível	5	6,410
Dormente inservível seq.	5	6,410
Fixações		
Fixação insuficiente	4	5,128
Fixação inservível	2	2,564
Fixação inservível seq.	1	1,282
Trilhos		
Trilho patinado	6	7,692
Trilho esmagado	3	3,846
Trilho desgastado	22	28,205
Trilho fissurado	1	1,282
Geometria da via		
Alargamento de bitola	1	1,282
Via aterrada	3	3,846
Juntas		
Junta martelada	2	2,564
Junta defeituosa	3	3,846
Junta sem parafuso	2	2,564
Junta sem espaçamento	5	6,410
Total	78	100

Fonte: Autor, 2021.

No que diz respeito à distribuição das patologias por elementos da via permanente nesse subtrecho, o Gráfico 3 apresenta as seguintes informações:

Gráfico 3 - Patologias por elemento da via permanente no subtrecho 1.



Fonte: Autor, 2021

De acordo com os dados apresentados na Tabela 3 e no Gráfico 3, podemos concluir que nesta porção de via, os trilhos foram indiscutivelmente os elementos que apresentaram o maior número de patologias com 32 manifestações, seguido pelos elementos lastro com 13, e juntas com 12.

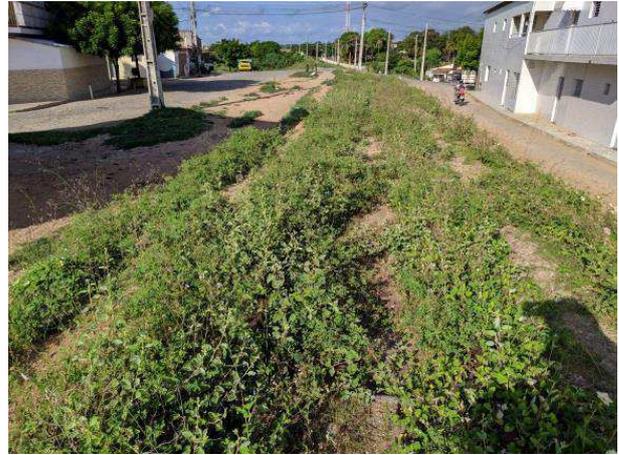
Os problemas encontrados no lastro representam 16,667% das patologias totais no subtrecho 1, e dentre elas, a mais incidente foi o crescimento de vegetação na faixa da via permanente, observado por sete vezes. Também foram registradas as patologias de ausência de lastro e lastro insuficiente, ambas com três aparições cada.

Estes problemas estão relacionados com o tempo que a linha férrea esta desativada, sem que aconteça a devida manutenção. Na Figura 36 é possível observar as principais patologias presentes no lastro do subtrecho 1.

Figura 36 – Patologia no lastro do subtrecho 1: a) Vegetação excessiva 1; b) Vegetação excessiva 2; c) Lastro insuficiente; d) Ausência de lastro.



a)



b)



c)



d)

Fonte: Autor, 2021.

Nos dormentes, foram observados problemas como trincas, rachaduras, e o apodrecimento da madeira, durante todo o subtrecho, estas patologias estão relacionadas com as agressões químicas e físicas provenientes do meio ambiente, sendo as principais a exposição a chuvas e aos raios solares. Dessa forma, as anomalias nos dormentes equivalem a 18,820% dos problemas registrados no subtrecho 1.

Na Figura 37 estão representadas algumas patologias incidentes nos dormentes, sendo classificados como inservíveis.

Figura 37 - Patologias nos dormentes do subtrecho 1: a) Dormente rachado; b) Dormentes inservíveis sequencialmente.



a)

b)

Fonte: Autor, 2021.

Nas juntas foram encontrados os problemas de martelamento, ausência de parafusos, falta de espaçamento de dilatação e algumas juntas apresentando desgastes físicos. Segundo Coimbra (2008), o martelamento nas juntas é causado pelo choque mecânico que as rodas das locomotivas causam ao passar em cima da folga de dilatação do trilho. Já a ausência de espaçamento, geralmente é causada quando ocorre a movimentação longitudinal do trilho, fechando o espaço que antes era destinado para a folga de dilatação.

A ausência de parafusos e os desgastes físicos encontrados nas juntas são defeitos originados do uso e serviço da linha férrea, combinados com a desativação, e a falta de manutenção na mesma, e podem ser observados na Figura 38.

Figura 38 - Patologias nas juntas do subtrecho 1: a) Ausência de parafuso; b) Junta sem espaçamento; c) Junta martelada; d) Junta martelada vista em planta



a)



b)



c)



d)

Fonte: Autor, 2021.

Na via permanente do subtrecho em questão também foram detectadas outras patologias, com menor incidência. Os problemas encontrados nas fixações foram basicamente a ausência de grampos fixadores, ou algum desgaste físico sofrido por eles. Somados estes problemas representam 8,974% das patologias encontradas neste subtrecho.

Na geometria da via a patologia mais incidente foi a linha férrea que se apresentou aterrada em três pontos do percurso, foi possível observar que a via foi aterrada propositalmente, para que facilitasse o tráfego de motos e carros do município. Além disso, 50 metros depois do início do subtrecho um foi registrado um alargamento de bitola com valor de 1,017 metros.

As Figuras 39 e 40 identificam algumas manifestações patológicas incidentes nas fixações do subtrecho 1.

Figura 39 - Patologias nas fixações do subtrecho 1: a) Ausência de fixação; b) Fixação defeituosa.



a)



b)

Fonte: Autor, 2021.

Figura 40 - Patologia de Via aterrada no subtrecho 1



Fonte: Autor, 2021.

Representando 41,026% de todas as patologias encontradas no subtrecho 1, os defeitos nos trilhos foram classificados de acordo com Tabela 4.

Tabela 4 - Patologias nos trilhos do subtrecho 1

Patologia	Quantidade (un)	Ocorrência (%)
Trilho patinado	6	19,0
Trilho esmagado	3	10,0
Despedaçamento da bitola	11	34,0
Escamação	1	3,0
Estilhamento	6	19,0
Escoamento	1	3,0
Fissuras/trincas	1	3,0
Desgaste no patim	2	6,0
Desgaste na alma	1	3,0
Total	32	100

Fonte: Autor, 2021.

Com 34% das patologias incidentes nos trilhos, o despedaçamento do canto da bitola se mostrou como o defeito mais recorrente neste subtrecho, seguido pelos defeitos de patinação e estilhamento, ambas com 19%, e o defeito de esmagamento dos trilhos com 10%.

O despedaçamento e o estilhamento são avarias causadas pelas elevadas tensões que as rodas das locomotivas aplicaram na superfície de rolamento dos trilhos, geralmente no canto interno do boleto.

Na Figura 41 é possível observar o registro de algumas patologias encontradas nos trilhos.

Figura 41 - Patologias encontradas nos trilhos do subtrecho 1: a) Despedaçamento do canto da bitola; b) Despedaçamento do canto da bitola 2; c) Estilhamento; d) Estilhamento avançado.



a)

b)



c)

d)

Fonte: Autor, 2021.

As anomalias de patinação e esmagamento, segundo Guimarães (2018) geralmente se manifestam em trilhos que, estão úmidos, são submetidos a rampas com elevadas inclinações, ou se encontram em pátios. Partindo deste pressuposto, observamos que o subtrecho 1 se encontra localizado na estação ferroviária, onde acontecia o embarque e desembarque de passageiros e cargas, justificando a ocorrência de tais patologias.

De acordo com Oliveira (2018), a patinação ocorre devido à falta de aderência da roda do trem com o trilho, na ocasião a roda gira, mas não acontece o movimento da locomotiva. Esta patologia é caracterizada por achatamento do trilho, escoramento de rebarbas de aço na superfície lateral do boleto, e marcas que queima.

Na Figura 42, é possível observar as patologias de patinação incidentes nos trilhos do subtrecho 1.

Figura 42 - Patologias de patinação nos trilhos do subtrecho 1: a) Patinação 1; b) Patinação 2.



Fonte: Autor, 2021.

Ademais, este subtrecho foi o único que apresentou o defeito de esmagamento nos trilhos. Segundo Coimbra (2008), esta anomalia se manifesta em trilhos no qual o aço apresenta uma queda na sua resistência mecânica, se tornando inadequado para resistir às elevadas cargas que atuam sobre ele. O autor diz que o trilho patinado apresenta um abaulamento e um alargamento do boleto no local onde existe a patologia, provocando um “galope” nos veículos que sobre ele trafegam.

Na Figura 43 é possível observar o defeito de esmagamento do trilho encontrado no subtrecho 1.

Figura 43 - Patologias de esmagamento nos trilhos do subtrecho 1: a) Esmagamento 1; b) Esmagamento 2.



a)

b)

Fonte: Autor, 2021.

Outros defeitos com menor incidência também atingiram os trilhos neste subtrecho, como por exemplo, a patologia de escamação, caracterizada pelo desprendimento de finas camadas de metal na superfície do boleto, e a patologia de escoamento, caracterizada pela deformação plástica que altera a lateral do boleto. Ambas as irregularidades estão associadas com as elevadas forças de compressão e arrasto geradas pelas rodas das locomotivas nos trilhos, e podem ser identificadas na Figura 44.

Figura 44 - Patologias nos trilhos do subtrecho 1: a) Escoamento do metal; b) Escamação.



a)



b)

Fonte: Autor, 2021.

○ Subtrecho 2

O subtrecho dois foi a segunda porção de via inspecionada, tendo quinhentos metros de extensão. Este subtrecho se encontra localizado numa área urbana do município de Pombal-PB, possuindo assim constante tráfego de veículos rodoviários sobre a linha férrea estudada.

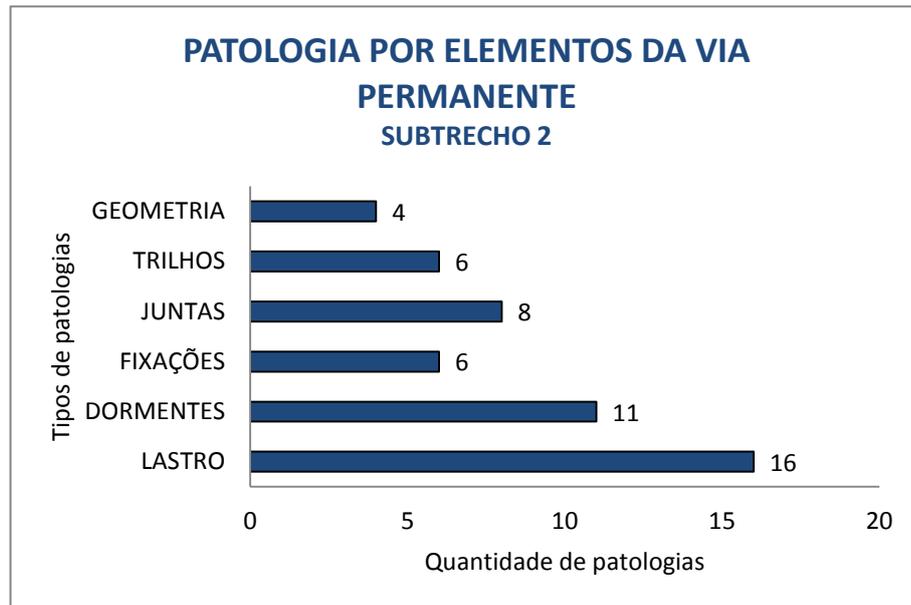
Na Tabela 5 estão descritas os principais problemas encontrados no subtrecho 2, assim como as suas respectivas quantidades e porcentagens de ocorrência. E o Gráfico 4 representa a distribuição dessas manifestações patológicas ao longo dos elementos de via permanente vistoriado.

Tabela 5 - Ocorrências patológicas no subtrecho 2.

Patologias	Quantidade (un)	Ocorrência (%)
Lastro		
Mato/Galhos em excesso	6	11,765
Ausência de lastro	5	9,804
Lastro insuficiente	5	9,804
Dormentes		
Dormente inservível	7	13,725
Dormente inservível seq.	4	7,843
Fixações		
Fixação insuficiente	2	3,921
Fixação inservível	1	1,960
Fixação inservível seq.	3	5,882
Trilhos		
Trilho desgastado	6	11,765
Geometria da via		
Alargamento de bitola	2	3,921
Estreitamento de bitola	2	3,921
Juntas		
Junta defeituosa	2	3,921
Junta sem parafuso	1	1,960
Junta sem espaçamento	5	9,804
Total	51	100

Fonte: Autor, 2021.

Gráfico 4 - Patologias por elemento da via permanente no subtrecho 2.



Fonte: Autor, 2021.

De acordo com os dados da Tabela 5, o elemento que apresentou o maior índice de patologias foi o lastro, com 31,373% dos problemas encontrados no trecho. Dentre as anomalias encontradas neste elemento, se pode destacar o excesso de vegetação na via permanente, com 6 ocorrências, e a ausência ou insuficiência de lastro, ambas com 5 aparições, observados na Figura 45.

Figura 45 - Patologias no lastro do subtrecho 2: a) Vegetação Excessiva; b) Ausência de lastro.



a)

b)

Fonte: Autor, 2021.

Os defeitos nos dormentes, juntas, e fixações, representaram respectivamente 21,569%, 15,686% e 11,765% das patologias detectadas. Todos os problemas referentes a esses elementos, aparentemente estão relacionados com o desgaste ocasionado pelo uso da via, somado com as agressões químicas e físicas causada pelo meio ambiente.

Enquanto nas juntas, a patologia mais incidente foi a ausência de espaçamento para a dilatação dos trilhos, nos dormentes a grande maioria apresentou problemas na sua estrutura, como trincas e rachaduras na madeira.

Os problemas observados nas fixações foram a ausência de grampos fixadores em alguns trilhos, ou ainda grampos que estavam desgastados fisicamente, sendo impossibilitados de desempenhar sua função.

Na Figura 46 é possível observar algumas das principais manifestações patológicas incidentes nos elementos de juntas, dormentes e fixações do subtrecho 2.

Figura 46 - Patologias no subtrecho 2: a) Ausência de fixação; b) Grampo fixador inservível; c) Dormente podre; d) Dormente rachado; e) Junta sem espaçamento; f) Junta desgastada; g) Ausência de parafuso; h) Junta defeituosa.



a)



b)



c)



d)



e)



f)



g)



h)

Fonte: Autor, 2021.

No segundo subtrecho também se destacaram as patologias na geometria da via, sendo elas o alargamento de bitola e o estreitamento de bitola, ambas com duas incidências. A primeira foi detectada a 125 metros do início do

subtrecho 2, e a segunda a 150 metros, com valores respectivamente de 1,023 e 1,027 metros. O estreitamento da bitola foi observado a 400 metros do início do subtrecho, e logo depois, a 425 metros, com valores de 0,986 e 0,992 respectivamente.

Ainda, é possível fazer uma correlação entre essas patologias e as patologias incidentes nos dormentes, uma vez que, segundo Coimbra (2008), as principais causas para o surgimento do estreitamento ou alargamento da bitola são as más condições nos dormentes da via, como dormentes laqueados ou rachados.

No que diz respeito aos trilhos, esse elemento apresentou 11,765% das patologias totais nesse subtrecho, e foram classificadas e quantificadas conforme a Tabela 6.

Tabela 6 - Patologias nos trilhos do subtrecho 2

Patologia	Quantidade (un)	Ocorrência (%)
Despedaçamento da bitola	1	17,0
Estilhamento	2	33,0
Desgaste no patim	2	33,0
Desgaste na alma	1	17,0
Total	6	100

Fonte: Autor, 2021.

Neste subtrecho, se destacam as patologias de estilhamento, e desgaste no patim, ambas com 2 ocorrências. O desgaste no patim pode ocorrer de diversas formas, aparentemente as duas encontradas neste subtrecho são avarias ocasionadas por um elemento de fixação que já não se encontra no local.

Na Figura 47 estão representadas algumas patologias encontradas nos trilhos deste subtrecho.

Figura 47 - Patologias nos trilhos do subtrecho 2: a) Estilhamento; b) Estilhamento 2; c) Desgaste no patim; d) Desgaste no patim vista em planta.



a)

b)



c)

d)

Fonte: Autor, 2021.

Já a patologia classificada como desgaste na alma do boleto, neste caso, é caracterizada por uma leve corrugação causada por agentes químicos do meio ambiente. Esta patologia pode ser observada na Figura 48.

Figura 48 - Patologias na alma do trilho no subtrecho 2: a) Corrugação na alma do trilho; b) Corrugação na alma do trilho, vista aproximada.



a)

b)

Fonte: Autor, 2021.

o Subtrecho 3

Semelhantemente aos subtrechos anteriores, o subtrecho três também está situado em uma zona urbana de Pombal.

Dessa forma, na Tabela 7 é possível observar todas as manifestações patológicas registradas nessa porção de via, assim como as suas respectivas quantidades e porcentagens de ocorrência.

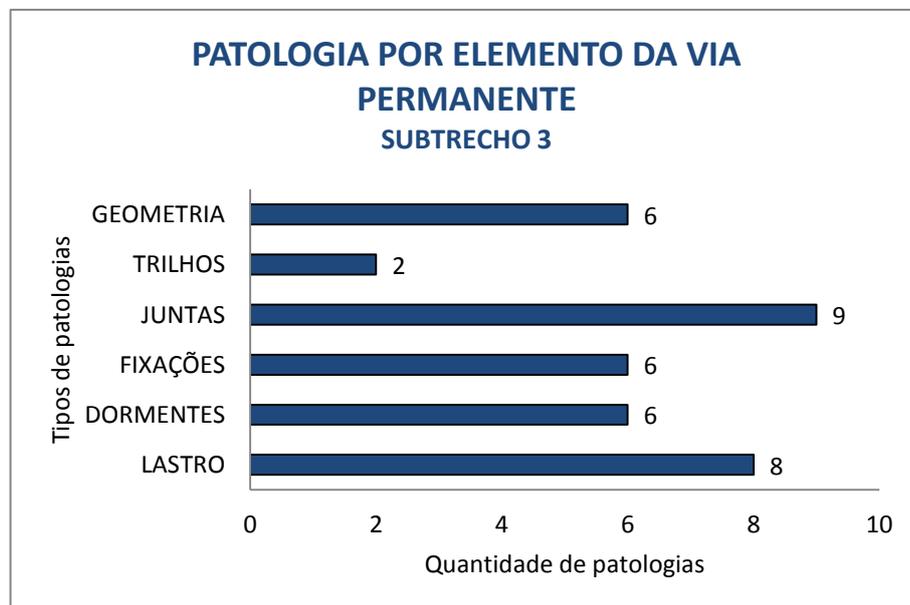
No Gráfico 5 está representada a distribuição dessas patologias por elementos da via permanente.

Tabela 7 - Ocorrências patológicas no subtrecho 3

Patologias	Quantidade (un)	Ocorrência (%)
Lastro		
Mato/Galhos em excesso	5	13,513
Lastro laqueado	1	2,703
Ausência de lastro	2	5,405
Dormentes		
Dormente inservível	4	10,811
Dormente inservível seq.	2	5,405
Fixação		
Fixação inservível	3	8,108
Fixação inservível seq.	3	8,108
Trilhos		
Trilho desgastado	2	5,405
Geometria da via		
Alargamento de bitola	2	5,405
Via aterrada	4	10,811
Juntas		
Junta martelada	3	8,108
Junta defeituosa	2	5,405
Junta sem espaçamento	4	10,811
Total	37	100

Fonte: Autor, 2021.

Gráfico 5 - Patologias por elemento da via permanente no subtrecho 3.



Fonte: Autor, 2021.

No subtrecho 3, os elementos que apresentaram ter maior incidência de patologias foram as juntas com 24,32%, e o lastro com 21,62% das patologias encontradas. Nas juntas se destaca a falta de espaçamento para a dilatação dos

trilhos, e o defeito de junta martelada. No lastro, aparecem por cinco vezes os problemas com a vegetação invadindo a via permanente, e pela primeira vez na vistoria foi possível identificar o defeito de lastro laqueado. Aparentemente, tal patologia foi ocasionada devido a uma movimentação indevida do dormente, gerando a laqueadura no lastro.

Na Figura 49 é possível observar algumas patologias incidentes nas juntas e no lastro do subtrecho três.

Figura 49 - Patologias nas juntas e no lastro do subtrecho 3: a) Junta sem espaçamento; b) Junta martelada; c) Vegetação excessiva; d) Lastro laqueado.



a)



b)



c)



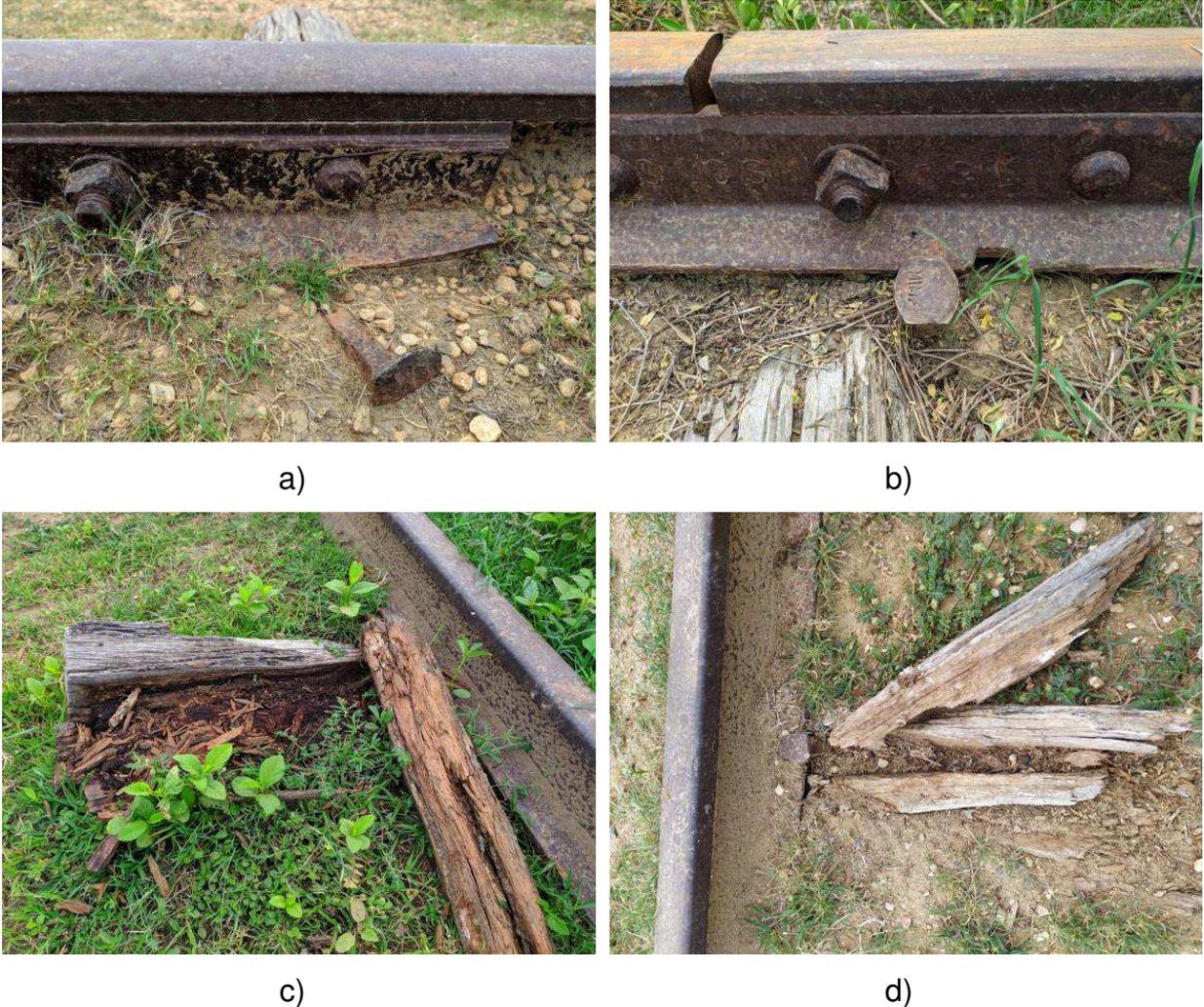
d)

Fonte: Autor, 2021.

Os dormentes e as fixações apresentaram o mesmo número de patologias incidentes, ambos com seis problemas. Enquanto os dormentes apresentaram defeitos originados devido às intempéries do meio ambiente, como

apodrecimento e rachaduras, as fixações apresentaram defeitos de serviço, como o empenamento de alguns grampos fixadores, observados na Figura 50.

Figura 50 - Patologias nos dormentes e nas fixações do subtrecho 3: a) Fixação empenada; b) Fixação fora do lugar; c) Dormente apodrecido; d) Dormente quebrado.



Fonte: Autor, 2021.

Além disso, na geometria da via apareceram por duas vezes a patologia de alargamento da bitola, localizadas a 350 e 400 metros do início do subtrecho 3, os valores de bitola medidos foram 1,022m para a primeira, e 1,019m para a segunda.

Este subtrecho também se destacou por apresentar a maior ocorrência da patologia de via aterrada (4 vezes), podendo esse fato ser justificado devido ao subtrecho está compreendido em uma zona urbana da cidade, mais precisamente no bairro Dep. Janduhy Carneiro. Em todos os quatro pontos que a via se

encontrava aterrada, era devido a uma “passagem de nível” feita pelos moradores locais para facilitar o tráfego de motos e carros, como observado na Figura 51.

Figura 51 - Patologia na geometria da via do subtrecho 3: a) Via aterrada 1; b) Via aterrada 2.



a)

b)

Fonte: Autor, 2021.

Além disso, no subtrecho 3 foi possível observar que os trilhos estavam bem conservados, tendo em vista que os mesmos apresentaram apenas um tipo de desgaste, encontrado por duas vezes no patim. Sendo esse desgaste originado pelo atrito do trilho com antigos grampos fixadores.

Na Figura 52 é possível observar os desgastes no patim dos trilhos no subtrecho 3.

Figura 52 - Patologias nos trilhos do subtrecho 3: a) Desgaste no patim 1; Desgaste no Patim 2.



Fonte: Autor, 2021.

- Subtrecho 4

O quarto subtrecho inspecionado possui quinhentos metros de extensão e está localizado em um bairro residencial mais afastado da zona urbana do município. Todas as patologias encontradas, e as suas respectivas quantidades e porcentagens de ocorrências, estão representadas na Tabela 8.

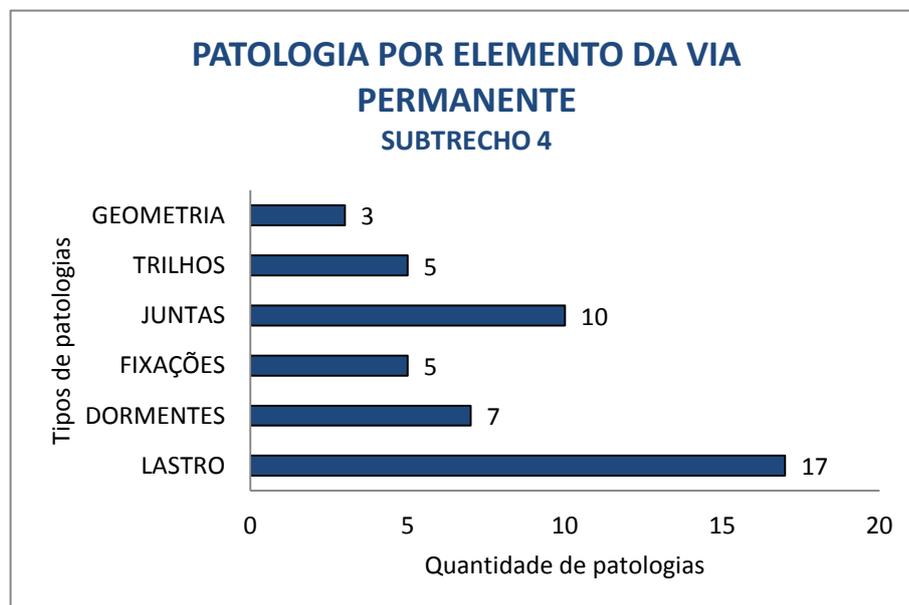
No Gráfico 6 se encontra a classificação destas patologias de acordo com cada um dos elementos da superestrutura da via permanente.

Tabela 8 - Ocorrências patológicas no subtrecho 4.

Patologias	Quantidade (un)	Ocorrência (%)
Lastro		
Mato/Galhos em excesso	6	12,766
Ausência de lastro	5	10,638
Lastro insuficiente	6	12,766
Dormentes		
Dormente inservível	4	8,511
Dormente inservível seq.	3	6,383
Fixações		
Fixação insuficiente	3	6,383
Fixação inservível	2	4,255
Trilhos		
Trilho desgastado	5	10,638
Geometria da via		
Estreitamento de bitola	1	2,128
Via aterrada	2	4,255
Juntas		
Junta defeituosa	3	6,383
Junta sem espaçamento	7	14,893
Total	47	100

Fonte: Autor, 2021.

Gráfico 6 - Patologias por elemento da via permanente no subtrecho 4.



Fonte: Autor, 2021.

Dessa forma, os dados expostos na tabela 8 indicam que no subtrecho 4, o elemento que apresentou maior número de patologias foi o lastro, com 36,17% das patologias detectadas. Uma boa parcela desse número está relacionada com o aparecimento frequente da patologia causada pela vegetação que invade a via

permanente. Também é notável a ocorrência constante dos problemas de ausência de lastro e lastro insuficientes ao longo do subtrecho, ambos os problemas estão associados à inexistência de manutenções na linha férrea.

Ambas as patologias podem ser identificadas na Figura 53.

Figura 53 – Patologias no lastro do subtrecho 4: a) Vegetação excessiva; b) Ausência de lastro.



a)

b)

Fonte: Autor, 2021.

Ao longo da vistoria, também foram identificados neste subtrecho dormentes inservíveis, alguns apresentaram sinais de queima, e problemas nas fixações, como grampos fora de lugar ou ainda com desgastes físicos. Juntos, os problemas nestes elementos representam 25,532% dos problemas incidentes no subtrecho.

Na Figura 54 é possível observar algumas patologias incidentes nos elementos de fixação e dormentes.

Figura 54 - Patologias encontradas nos dormentes e nas fixações do subtrecho 4: a) Dormente queimado; b) Fixação fora de lugar.



a)

b)

Fonte: Autor, 2021.

As juntas desse subtrecho também apresentaram as patologias compartilhadas por outros subtrecho, sendo elas a junta sem espaçamento de dilatação, e alguns defeitos físicos originados de choques mecânicos. É importante citar que este subtrecho foi o que teve a maior incidência, quando comparados com os outros, da patologia de junta sem espaçamento, ocorrendo no total sete vezes.

Na Figura 55, estão representadas as patologias encontradas nas juntas do subtrecho.

Figura 55 - Patologias nas juntas do subtrecho 4: a) Junta sem espaçamento 1; Junta sem espaçamento 2; c) Junta sem espaçamento 3; d) Junta desgastada.



a)

b)



Fonte: Autor, 2021.

Os defeitos de geometria de via observados foram um estreitamento de bitola com valor de 0,989m, localizado a 300 metros do início do subtrecho. E também, por duas vezes apareceram pontos em que a via permanente se encontrava aterrada, um deles provenientes de causas naturais, e o outro devido à interferência humana, como pode ser observado na Figura 56.

Figura 56 - Patologias na geometria da via do subtrecho 4: a) Via aterrada 1; b) Via aterrada 2.



Fonte: Autor, 2021.

No que diz respeito aos trilhos do subtrecho 4, se observa que apenas dois tipos de desgastes foram encontrados, como apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 - Patologias nos trilhos do subtrecho 4

Patologia	Quantidade	Ocorrência (%)
Desgaste químico	3	60,0
Escamação	2	40,0
Total	5	100

Fonte: Autor, 2021.

Observando os dados da Tabela 9, é notável, pela primeira vez, a incidência do desgaste químico nos trilhos deste subtrecho. Esta patologia se encontra na forma de corrosão, e esta possivelmente associada ao lixo doméstico que é depositado pela população do bairro local em pontos próximos dos trilhos. Uma vez que o lixo se acumula, é comum acontecer à queima do mesmo, liberando substâncias tóxicas que afetam não só o meio ambiente, mas a liga de aço que forma os trilhos.

De acordo com Coimbra (2008), quando agravado, o desgaste químico ocasiona outras patologias, entre elas está à escamação, também incidente neste subtrecho.

Na Figura 57 é possível identificar as patologias encontradas nos trilhos neste subtrecho.

Figura 57 - Patologias nos trilhos do subtrecho 4: a) Presença de lixo doméstico na via permanente; b) Cinzas de lixo na via permanente; c) Desgaste químico no trilho; d) Desgaste químico no trilho, vista aproximada; e) Escamação 1; f) Escamação 2.



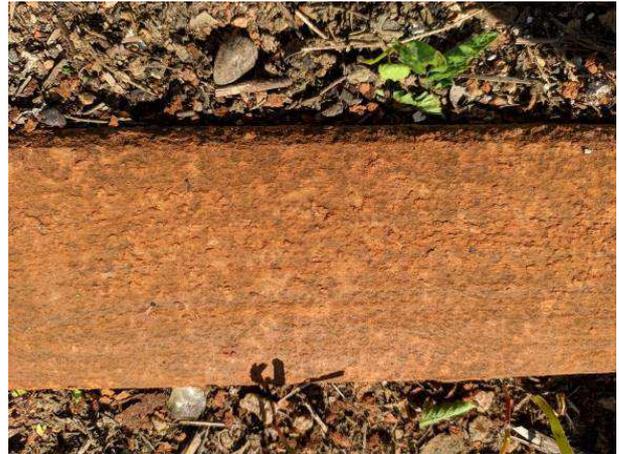
a)



b)



c)



d)



e)



f)

Fonte: Autor, 2021.

○ Subtrecho 5

O subtrecho cinco está localizado em uma área de transição de Pombal, onde a zona urbana da cidade vai dando espaço para a zona rural do município. O subtrecho tem ao todo quinhentos metros de extensão, e ao redor dele estão localizadas algumas granjas da cidade.

Sendo assim, a Tabela 10 apresenta todas as patologias encontradas durante a vistoria neste subtrecho, assim como as suas respectivas quantidades e porcentagens de ocorrência.

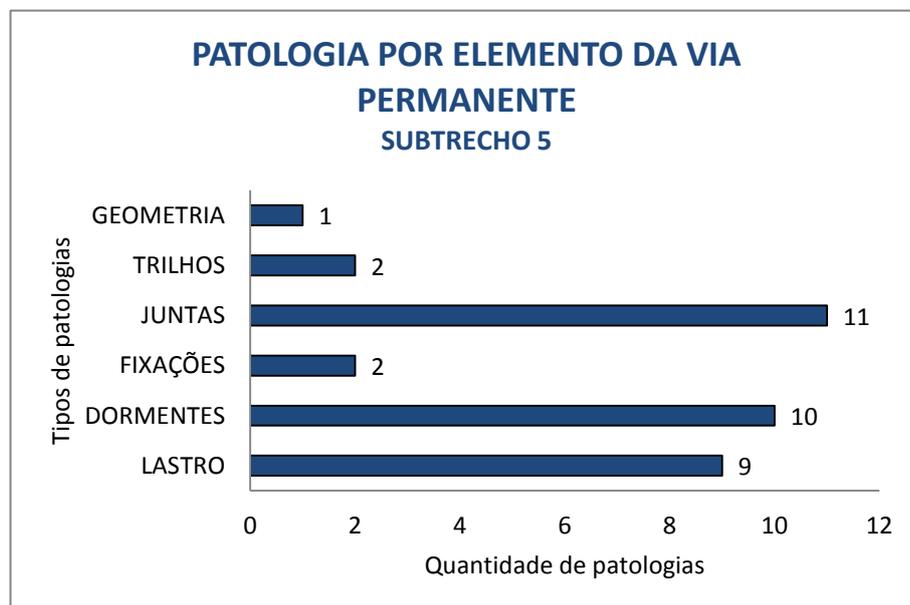
O Gráfico 7 informa sobre a classificação dos problemas encontrados em relação aos elementos da via férrea.

Tabela 10 - Ocorrências patológicas no subtrecho 5.

Patologias	Quantidade (un)	Ocorrência (%)
Lastro		
Mato/Galhos em excesso	4	11,429
Ausência de lastro	1	2,857
Lastro insuficiente	4	11,429
Dormentes		
Dormente inservível	5	14,286
Dormente inservível seq.	5	14,286
Fixações		
Fixação insuficiente	2	5,714
Trilhos		
Trilho desgastado	2	5,714
Geometria de via		
Via aterrada	1	2,857
Juntas		
Junta martelada	3	8,571
Junta defeituosa	1	2,857
Junta sem parafuso	1	2,857
Junta sem espaçamento	6	17,143
Total	35	100

Fonte: Autor, 2021.

Gráfico 7 - Patologias por elemento da via permanente no subtrecho 5.



Fonte: Autor, 2021.

No subtrecho 5 o elemento com maior incidência patológica foram as juntas com 31,429% das anomalias encontradas. Durante a vistoria foi possível observar alguns problemas nesse elemento, se destacando o martelamento nas

juntas com três incidências, e a falta de espaçamento para dilatação dos trilhos, ocorrendo por seis vezes.

Também foi possível observar as patologias de junta defeituosa, originada por choque mecânico, e a ausência de parafuso, ambos os defeitos ocorreram uma vez no subtrecho.

Na Figura 58 é observada algumas das principais patologias encontradas nas juntas do subtrecho 5.

Figura 58 - Patologias nas juntas do subtrecho 5: a) Junta defeituosa; b) Junta martelada; c) Junta sem espaçamento; d) Ausência de parafuso.



a)



b)



c)



d)

Fonte: Autor, 2021.

Os dormentes e o lastro deste subtrecho também apresentaram dados relevantes, enquanto as principais patologias nos dormentes foram apodrecimento e trincas, o lastro apresentou problemas recorrentes de vegetação excessiva na via, e

lastro insuficiente. Ambas as patologias estão relacionadas com a carência de manutenções na linha férrea, e somadas representam 54,286% das patologias no subtrecho, e podem ser observadas na Figura 59.

Figura 59 - Patologias nos dormentes e no lastro do subtrecho 5: a) Vegetação em excesso na via permanente; b) Ausência de lastro; c) Dormente rachado; d) Dormente rachado 2



a)



b)



c)



d)

Fonte: Autor, 2021.

Com menor incidência patológica, foi observada por duas vezes a falta de grampos fixadores nos trilhos da linha férrea. E em uma ocasião, foi possível notar um ponto do percurso em que a via se encontrava parcialmente aterrada, servindo de passagem de nível para o tráfego local. Ambos os problemas são expostos na Figura 60.

Figura 60 - Patologias nas fixações e na geometria da via no subtrecho 5: a) Via aterrada; b) Ausência de fixação.



Fonte: Autor, 2021.

Quanto aos trilhos desse subtrecho, foi possível detectar apenas duas incidências patológicas, representando assim 5,714% dos problemas encontrados, sendo estes problemas expostos na Tabela 11.

Tabela 11 - Patologias nos trilhos do subtrecho 5

Patologia	Quantidade (un)	Ocorrência (%)
Desgaste químico	1	50,0
Estilhamento	1	50,0
Total	2	100

Fonte: Autor, 2021.

O desgaste químico encontrado foi caracterizado como um início de corrosão, pois a mancha identificada apresentou sinais de ferrugem. Segundo Coimbra (2008), se não tratado, esse problema poderá se agravar e ocasionar outras patologias, como a escamação.

Já o estilhamento encontrado em um segmento de trilho, certamente está relacionado com as altas tensões que a superfície do boleto foi exposta nos tempos de funcionamento da via.

Na Figura 61 observam as duas patologias incidentes nos trilhos desse subtrecho.

Figura 61 - Patologias nos trilhos do subtrecho 5: a) Desgaste químico; b) Estilhamento.



Fonte: Autor, 2021.

o Subtrecho 6

O subtrecho seis é a primeira porção de via vistoriada que não pertence à zona urbana da cidade. Por está localizado em uma zona rural, algumas patologias foram encontradas com maior incidência neste subtrecho, como é o caso da vegetação excessiva na via permanente.

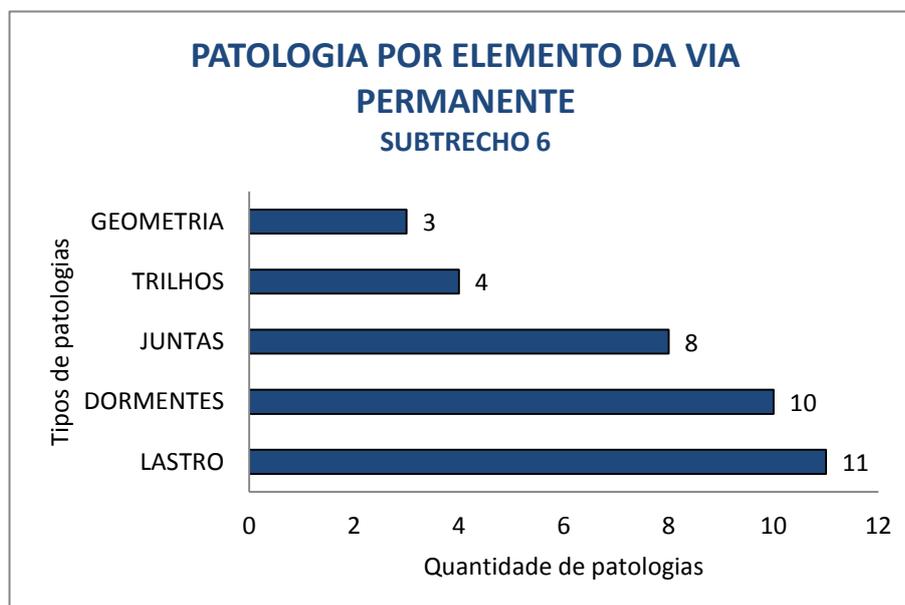
A Tabela 12 apresenta as manifestações patológicas encontradas neste percurso, as suas respectivas quantidades, e porcentagem de ocorrência. Ademais, o Gráfico 8 expõe a distribuição destas patologias com relação aos elementos da superestrutura da via férrea.

Tabela 12 - Ocorrências patológicas no subtrecho 6.

Patologia	Quantidade (un)	Ocorrência (%)
Lastro		
Mato/Galhos em excesso	7	19,444
Lastro laqueado	1	2,778
Ausência de lastro	3	8,333
Dormentes		
Dormente inservível	6	16,667
Dormente inservível seq.	4	11,111
Trilhos		
Trilho desgastado	3	8,333
Trilho fissurado	1	2,778
Geometria de via		
Via aterrada	3	8,333
Juntas		
Junta martelada	2	5,555
Junta defeituosa	2	5,555
Junta sem espaçamento	4	11,111
Total	36	100

Fonte: Autor, 2021.

Gráfico 8 - Patologias por elemento da via permanente no subtrecho 6.



Fonte: Autor, 2021.

Os elementos que apresentaram o maior número de problemas foram o lastro com 30,555% e os dormentes com 27,778% dos defeitos detectados, os dois elementos somados representam 58,333% das patologias no subtrecho.

Dos problemas encontrados no lastro, os de maior ocorrência foram o de vegetação excessiva na via permanente, com sete incidências, e a ausência de

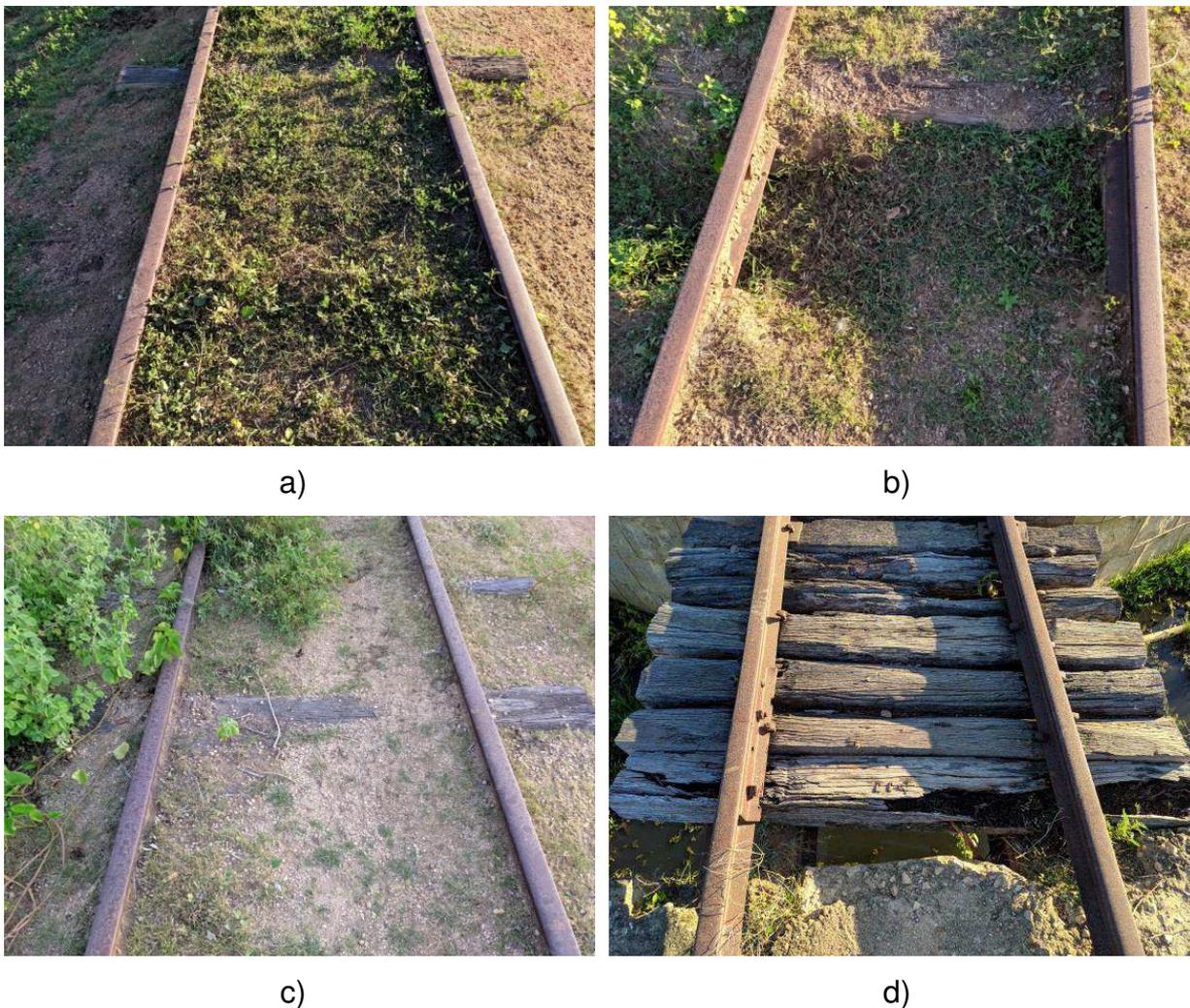
lastro por quatro vezes. Podem-se relacionar essas patologias com a localização do subtrecho, tendo em vista que o mesmo se encontra numa área rural do município, onde a vegetação cresce de maneira acelerada e não há interferência humana.

Também foi detectado um ponto de via em que o lastro se encontrava laqueado, provavelmente devido a uma pequena movimentação do solo que aconteceu no local.

Quanto aos defeitos observados nos dormentes, os mais ocorrentes foram o apodrecimento da madeira e a presença de rachaduras, sendo esses defeitos causados devido à alta exposição do elemento as intempéries ambientais.

A Figura 62 apresenta algumas dos principais problemas encontrados no lastro e nos dormentes deste subtrecho.

Figura 62 - Patologias no lastro e nos dormentes do subtrecho 6: a) Vegetação excessiva; b) Lastro laqueado; c) Ausência de lastro; d) Dormentes inservíveis sequencialmente por apodrecimento da madeira.



Fonte: Autor, 2021.

Os defeitos encontrados nas juntas representaram 22,222% das patologias no subtrecho seis, e foram classificados como junta martelada, junta defeituosa por choque mecânico, e junta sem espaçamento, com ocorrência de duas vezes para as duas primeiras, e quatro vezes para a última.

Na Figura 63 se pode observar as patologias incidentes nas juntas do subtrecho 6.

Figura 63 - Patologias nas juntas do subtrecho 6: a) Junta martelada; b) Junta sem espaçamento; c) Junta desgastada; d) Junta sem espaçamento 2.



a)



b)



c)

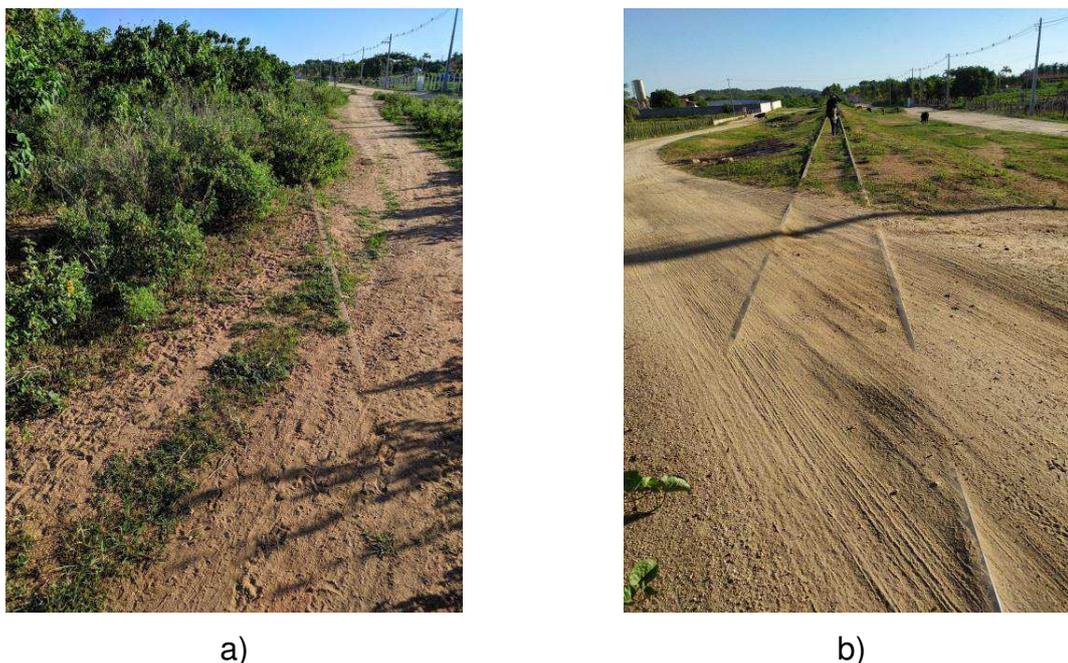


d)

Fonte: Autor, 2021.

Na geometria da via foram identificadas por três vezes pontos em que a via permanente se encontrava aterrada, esta patologia equivale a 8,333% das patologias incidentes no subtrecho, e pode ser observada na Figura 64.

Figura 64 - Patologias na geometria de via do subtrecho 6: a) Via aterrada 1; b) Via aterrada 2.



Fonte: Autor, 2021.

As patologias nos trilhos representaram 11,111% de todos os defeitos no subtrecho seis, e foram classificadas de acordo com a Tabela 13.

Tabela 13 - Patologias nos trilhos do subtrecho 6

Patologia	Quantidade (un)	Ocorrência (%)
Despedaçamento da bitola	2	50,0
Escamação	1	25,0
Fissuras/trincas	1	25,0
Total	4	100

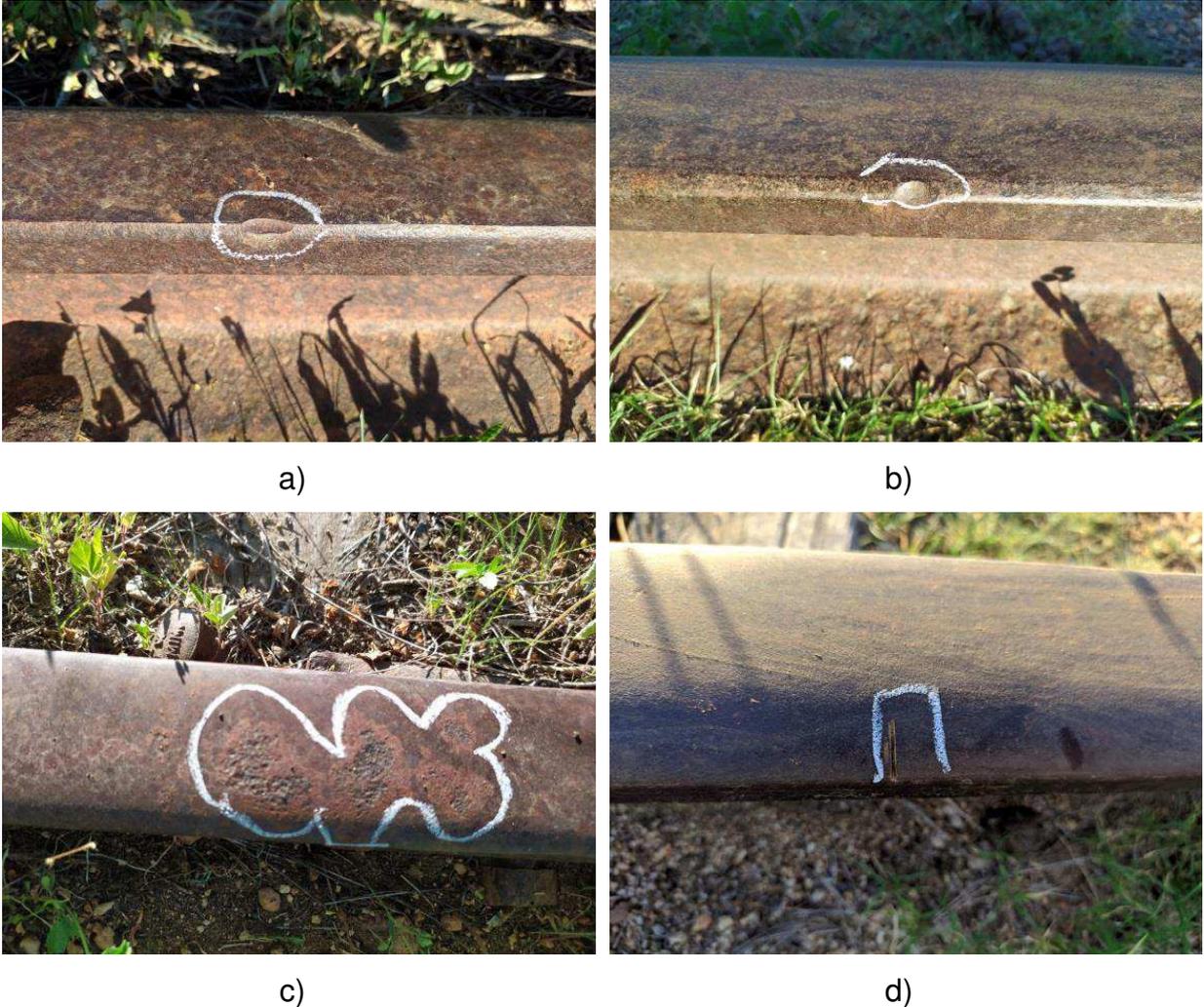
Fonte: Autor, 2021.

Das anomalias nos trilhos, a que teve maiores incidência foi o despedaçamento do canto da bitola, por duas vezes, seguida da escamação e da fissura no boleto, ambas com uma ocorrência.

De acordo com Sousa (2015), todas as três manifestações patológicas são causadas devido ao atrito contínuo das rodas da locomotiva na superfície do boleto. E quando não reparadas, o agravamento dessas patologias poderá vir a causar acidentes graves, como o tombamento dos veículos ferroviários.

Na Figura 65 é apresentado o registro fotográfico dos problemas encontrados nos trilhos deste subtrecho.

Figura 65 - Patologias nos trilhos do subtrecho 6: a) Despedaçamento do canto da bitola; b) Despedaçamento do canto da bitola 2; c) Escamação; d) Trinca na lateral do boleto.



Fonte: Autor, 2021.

○ Subtrecho 7

Também localizado em uma zona rural do município de Pombal, os problemas encontrados no subtrecho 7, e as suas quantidades, estão descritos conforme a Tabela 14.

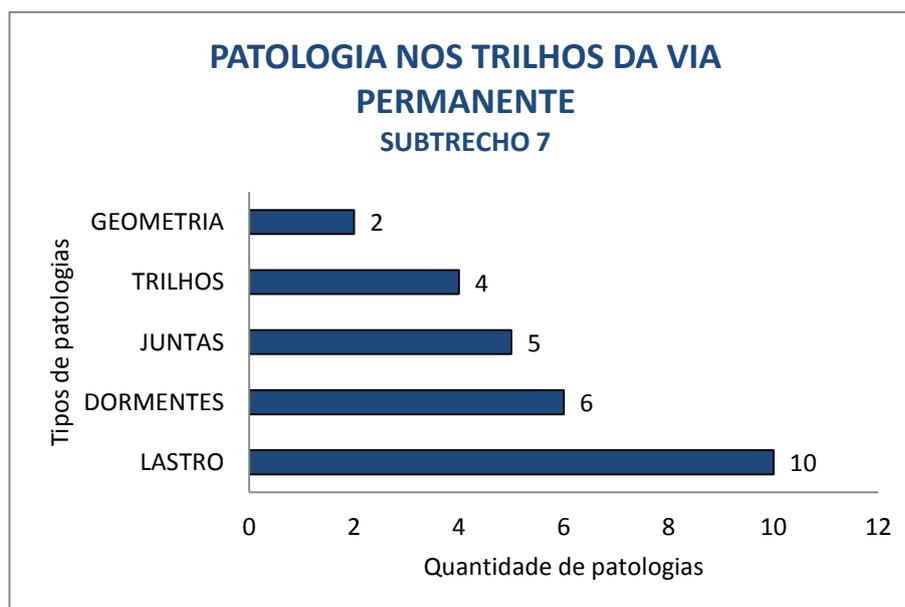
Além disso, o Gráfico 9 apresenta a distribuição dessas patologias quando classificadas de acordo com a incidência nos elementos da via permanente.

Tabela 14 - Ocorrências patológicas encontradas no subtrecho 7.

Patologia	Quantidade (un)	Ocorrência (%)
Lastro		
Mato/Galhos em excesso	6	22,222
Ausência de lastro	4	14,815
Dormentes		
Dormente inservível	3	11,111
Dormente inservível seq.	3	11,111
Trilhos		
Trilho desgastado	4	14,815
Geometria da via		
Estreitamento de bitola	1	3,704
Via aterrada	1	3,704
Juntas		
Junta sem parafuso	2	7,407
Junta sem espaçamento	3	11,111
Total	27	100

Fonte: Autor, 2021.

Gráfico 9 - Patologias por elemento da via permanente no subtrecho 7.



Fonte: Autor, 2021.

Conforme os dados apresentados pela Tabela 14, o elemento que demonstrou a maior incidência patológica no subtrecho 7 foi o lastro, com 37,037% das patologias encontradas. Principal responsável por esse dado, o crescimento da vegetação em excesso foi detectada por seis vezes ao longo do percurso. E contribuindo com esse número, a ausência de lastro teve quatro incidências nesse subtrecho.

Logo em seguida, com 22,222% das anomalias, os principais problemas encontrados nos dormentes foram o apodrecimento e a presença de rachaduras na madeira.

Os dois elementos juntos, somam 59,26% de todas as patologias encontradas no subtrecho sete, e as principais patologias incidentes neles podem ser observadas na Figura 66.

Figura 66 - Patologias no lastro e nos dormentes do subtrecho 7: a) Vegetação em excesso 1; b) Vegetação em excesso 2; c) Ausência de lastro; d) Dormente rachado.



a)



b)



c)



d)

Fonte: Autor, 2021.

Os defeitos encontrados nas juntas de ligação, novamente foram a ausência de parafuso, por duas vezes, e a falta de espaçamento para que ocorra a dilatação dos trilhos, com três ocorrências. Ambos os problemas são comuns em linhas férreas que se encontram desativadas, sem receberem manutenções.

Somados, os problemas nas juntas correspondem a 18,519% das patologias encontradas no subtrecho sete, e podem ser observados na Figura 67.

Figura 67 - Patologias nas juntas do subtrecho 7: a) Ausência de parafuso; b) Junta sem espaçamento.



a)

b)

Fonte: Autor, 2021.

Na geometria de via, foi registrado um estreitamento de bitola medindo 0,992 metros, localizado a 275 metros do início do subtrecho sete. E também por uma vez, foi detectado um trecho do percurso em que a via estava aterrada.

No que se refere aos trilhos, à Tabela 15 apresenta os problemas encontrados neste elemento, e as suas respectivas ocorrências:

Tabela 15 - Patologias nos trilhos do subtrecho 7

Patologia	Quantidade (un)	Ocorrência (%)
Desgaste químico	1	25,0
Escamação	2	50,0
Estilhamento	1	25,0
Total	4	100

Fonte: Autor, 2021.

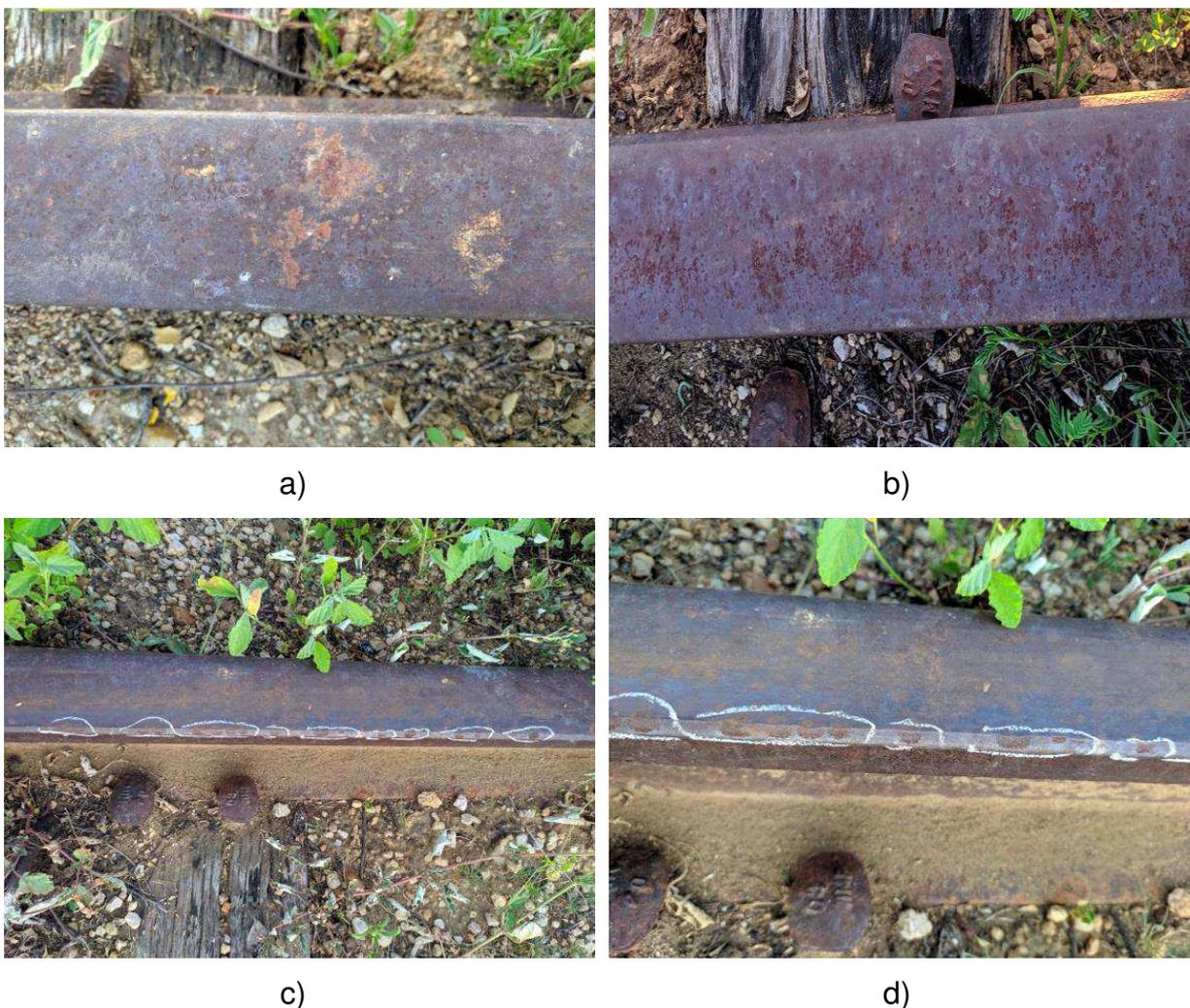
Referente a 14,815% das patologias do subtrecho sete, os defeitos nos trilhos foram percebidos em quatro ocasiões, duas vezes por escamação, uma por estilhamento, e outro devido ao desgaste químico.

Os defeitos de estilhamento e escamação provavelmente estão associados às elevadas tensões geradas pelas rodas dos trens que trafegavam

sobre os trilhos. E o desgaste químico apresenta sinais de corrosão, e possivelmente foi causado devido a constante exposição do trilho às intempéries vindas do meio ambiente.

A Figura 68 apresenta as principais patologias encontradas nos trilhos do subtrecho 7.

Figura 68 - Patologias nos trilhos do subtrecho 7: a) Escamação; b) Desgaste químico; c) Estilhamento 1; d) Estilhamento 2.



Fonte: Autor, 2021.

○ Subtrecho 8

O penúltimo subtrecho vistoriado se encontra localizado em uma zona rural do município, e as patologias encontradas durante a vistoria estão descritas na

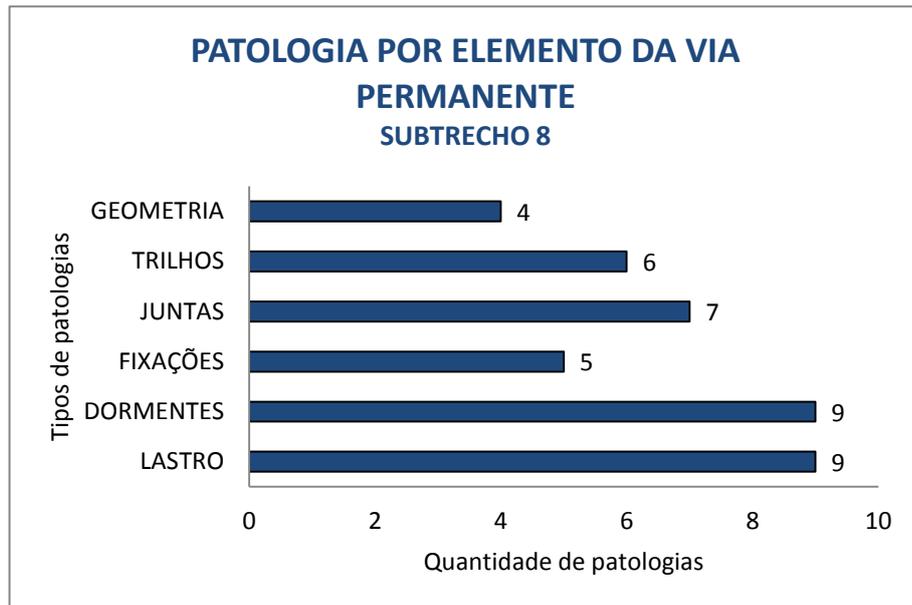
Tabela 16. Além disso, no Gráfico 10 é possível observar a classificação destas patologias em relação a sua incidência nos elementos da via permanente.

Tabela 16 - Ocorrências patológicas encontradas no subtrecho 8.

Patologias	Quantidade (un)	Ocorrência (%)
Lastro		
Mato/Galhos em excesso	3	7,5
Ausência de lastro	3	7,5
Lastro insuficiente	3	7,5
Dormentes		
Dormente inservível	6	15
Dormente inservível seq.	3	7,5
Fixações		
Fixação insuficiente	2	5
Fixação inservível	3	7,5
Trilhos		
Trilho patinado	1	2,5
Trilho desgastado	5	12,5
Geometria de via		
Alargamento de bitola	1	2,5
Via aterrada	3	7,5
Juntas		
Junta defeituosa	2	5
Junta sem parafuso	1	2,5
Junta sem espaçamento	4	10
Total	40	100

Fonte: Autor, 2021.

Gráfico 10 - Patologias por elemento da via permanente no subtrecho 8.



Fonte: Autor, 2021.

Os elementos que apresentaram o maior número de patologias no subtrecho 8 foram o lastro e os dormentes, ambos com nove ocorrências. Estes dois elementos somados, representam 45% dos problemas encontrados no subtrecho.

Os defeitos encontrados no lastro foram novamente, a incidência de vegetação na superestrutura da via permanente, e a ausência ou insuficiência de lastro ao longo do percurso. Já nos dormentes, os principais problemas detectados foram rachaduras, trincas, e o apodrecimento da madeira.

Os problemas encontrados nos elementos citados podem ser observados na Figura 69.

Figura 69 - Patologias no lastro e nos dormentes do subtrecho 8: a) Vegetação em excesso; b) Ausência de lastro; c) Dormente rachado; d) Dormentes inservíveis em sequencia.



a)

b)



c)

d)

Fonte: Autor, 2021.

As patologias encontradas nas juntas de ligação equivalem a 17,5% dos defeitos do subtrecho, dentre elas, a que teve maior ocorrência foi a falta de espaçamento, com quatro incidências. Também foram detectadas juntas com defeitos devido a choques mecânicos, e com ausência de parafuso.

De acordo com Coimbra (2008), estas, são patologias originadas do serviço da via, com o tráfego constante das locomotivas, é bastante comuns surgirem defeitos nos elementos que unem os trilhos.

Na Figura 70 é possível observar os principais problemas encontrados nas juntas de ligação deste subtrecho.

Figura 70 - Patologias nas juntas do subtrecho 8: a) Junta sem espaçamento 1; b) Junta sem espaçamento 2; c) Junta defeituosa; d) Ausência de parafuso.



a)



b)



c)



d)

Fonte: Autor, 2021.

Na geometria da via foi possível encontrar quatro problemas, por três vezes foi observado que parte da via permanente estava aterrada, e a 150 metros do início do subtrecho, foi identificado um alargamento de bitola medindo 1,025 metros.

Já as patologias presentes nas fixações foram identificadas como ausência de grampos fixadores nos trilhos e dormentes, e três grampos se encontram com deformações físicas, provenientes de algum choque mecânico, e podem ser identificadas na Figura 71.

Figura 71 - Patologias na geometria de via e nas fixações do subtrecho 8: a) Via aterrada; b) Grampo fixador empenado.



Fonte: Autor, 2021.

As manifestações patológicas observadas nos trilhos representaram 15% dos problemas encontrados no subtrecho oito, e foram classificadas de acordo com a Tabela 17:

Tabela 17 - Patologias nos trilhos do subtrecho 8

Patologia	Quantidade (un)	Ocorrência (%)
Trilho patinado	1	17,0
Desgaste químico	2	33,0
Escamação	3	50,0
Total	6	100

Fonte: Autor, 2021.

Como apresentado nos dados da Tabela 17, as patologias com maiores ocorrências nos trilhos foram a escamação e o desgaste químico, com três e duas aparições, respectivamente. Foi possível observar também que geralmente, o agravamento do desgaste químico por corrosão ocasiona o problema de escamação nos trilhos.

Além disso, também foi detectado um trilho com sinais de patinação, essa patologia esta relacionada com a falta de aderência da roda do veículo ferroviário com a superfície de rolamento do trilho. De acordo com Coimbra (2008), a fricção e o calor gerado pelos deslizamentos das rodas, geram uma escavação superficial do trilho, com contornos irregulares e chamuscados. Também é comum que o

agravamento da patinação ocasione fissuras na lateral do boleto, como foi observado na patologia em questão.

Na Figura 72 é possível observar o registro fotográfico das principais patologias encontradas nos trilhos deste subtrecho.

Figura 72 - Patologias nos trilhos do subtrecho 8: a) Escamação 1; b) Escamação 2; c) Desgaste químico; d) Trilho patinado.



Fonte: Autor, 2021.

o Subtrecho 9

Os últimos quinhentos metros vistoriados pertencem ao subtrecho nove, que se encontra localizado na zona rural do município de Pombal. Dessa forma, o fim do percurso da vistoria coincide com a chegada à Ponte Vermelha.

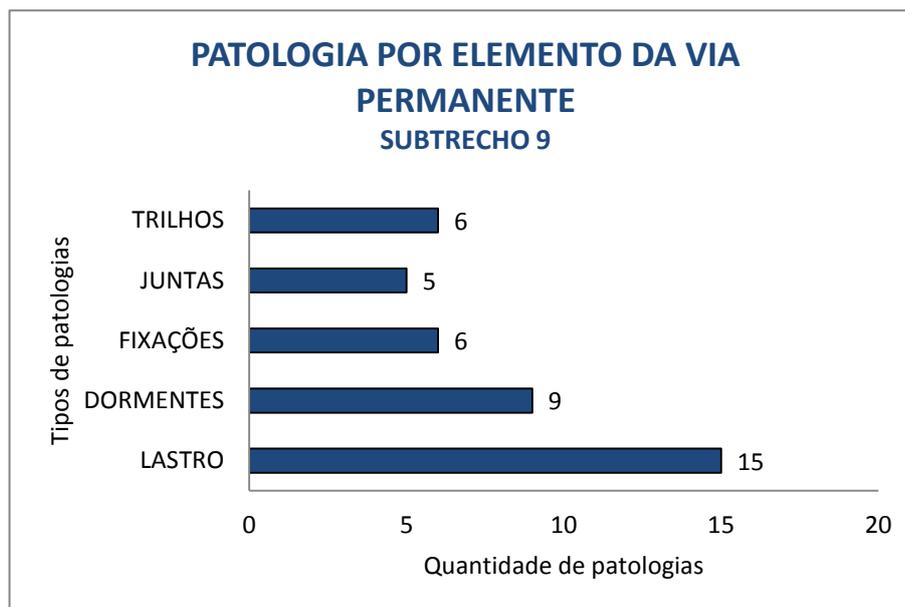
As manifestações patológicas observadas neste subtrecho estão expostas na Tabela 18, assim como as suas respectivas quantidades de ocorrência. Ademais, no Gráfico 11 se encontra a distribuição destes problemas em relação aos elementos da superestrutura da via permanente.

Tabela 18 - Ocorrências patológicas encontradas no subtrecho 9.

Patologias	Quantidade (un)	Ocorrência (%)
Lastro		
Mato/Galhos em excesso	9	21,951
Lastro laqueado	1	2,439
Ausência de lastro	5	12,195
Dormentes		
Dormente inservível	4	9,756
Dormente inservível seq.	5	12,195
Fixações		
Fixação insuficiente	4	9,756
Fixação inservível seq.	2	4,878
Trilhos		
Trilho desgastado	6	14,634
Juntas		
Junta defeituosa	1	2,439
Junta sem parafuso	1	2,439
Junta sem espaçamento	2	4,878
Junta martelada	1	2,439
Total	41	100

Fonte: Autor, 2021.

Gráfico 11 - Patologias por elemento da via permanente do subtrecho 9.



Fonte: Autor, 2021.

No ultimo subtrecho vistoriado, o elemento que apresentou o maior numero manifestações patológicas foi o lastro, com 36,585% das patologias encontradas. Dos problemas encontrados no lastro, se destaca a vegetação excessiva observada na superestrutura da via permanente, com nove ocorrências.

Dentre todos os subtrechos inspecionados, o nono foi o que apresentou maiores problemas com a vegetação que crescia ao seu redor, pois o mesmo se encontra em uma área rural do município, onde as árvores nativas crescem sem a interferência humana.

Além disso, assim como nos outros subtrechos, foi percebido a ausência de lastro em cinco pontos da via, e também por uma vez, foi detectado um trecho em que o lastro estava laqueado. Este ultima, aparentemente foi ocasionado devido a um deslizamento do solo que ocorreu entre dois dormentes.

As principais patologias encontradas no lastro deste subtrecho podem ser observadas na Figura 73.

Figura 73 - Patologias no lastro do subtrecho 9: a) Vegetação em excesso; b) Vegetação em excesso; c) Lastro laqueado; d) Ausência de lastro.



a)



b)



c)



d)

Fonte: Autor, 2021.

Os dormentes e as fixações representaram respectivamente, 21,951% e 14,634% das patologias incidentes no subtrecho 9. Foram classificados como inservíveis, os dormentes que apresentaram rachaduras, apodrecimento da madeira, ou ainda foram encontrados com sinal de queima.

Já os problemas observados nas fixações, na maioria dos casos ocorreram à ausência de grampos fixadores nos trilhos e dormentes, e por duas vezes, algumas fixações apresentaram marcas de empeno ou torção, originadas de algum choque mecânico.

Na Figura 74 estão expostos alguns problemas detectados nos dormentes e nas fixações do último subtrecho.

Figura 74 - Patologias nos dormentes e nas fixações do subtrecho 9: a) Dormente rachado; b) Grampo fixador empenado.



a)

b)

Fonte: Autor, 2021.

Assim como nos outros subtrechos, as juntas do subtrecho nove também apresentaram problemas, por duas vezes foram detectadas juntas sem o devido espaçamento para dilatação dos trilhos. Além disso, como uma ocorrência cada, as patologias de junta martelada, ausência de parafuso, e junta desgastada, foram registradas ao longo da vistoria.

Somados, os problemas nas juntas de ligação equivalem a 12,195% das patologias do ultimo subtrecho. Na Figura 75, é possível observar as principais patologias incidentes nas juntas do subtrecho nove.

Figura 75 - Patologias nas juntas do subtrecho 9: a) Junta martelada; b) Ausência de parafuso; c) Junta desgastada; d) Junta sem espaçamento.



a)

b)



Fonte: Autor, 2021.

As manifestações patológicas encontradas nos trilhos representam 14,634% dos problemas registrados no subtrecho nove, e foram classificadas conforme a Tabela 19:

Tabela 19 - Patologias nos trilhos do subtrecho 9

Patologia	Quantidade (un)	Ocorrência (%)
Desgaste químico	1	16,67
Despedaçamento da bitola	2	33,33
Escamação	1	16,67
Estilhamento	1	16,67
Escoamento	1	16,67
Total	6	100

Fonte: Autor, 2021.

Pelos dados apresentados na Tabela 19, é possível notar que dos problemas nos trilhos, o que aparece com maior frequência é o despedaçamento do canto da bitola. Tanto este defeito, como os de escamação, e estilhamento, são problemas originados pelas elevadas tensões, provenientes das rodas das locomotivas, que os trilhos foram submetidos quando a via férrea estava em funcionamento.

Também foi detectada a patologia de escoamento do metal, que segundo Coimbra (2008), é caracterizada como uma deformação plástica que altera o canto

do boleto do trilho. Este problema é decorrente da combinação de elevadas forças de compressão e de arrasto que as locomotivas causam sobre os trilhos.

O desgaste químico observado foi caracterizado como um início de corrosão ao longo de uma parte da superfície de um dos trilhos. Se não tratada, a corrosão poderá se agravar, e originar outras patologias, como a escamação, afetando a resistência mecânica dos trilhos.

Na Figura 76 podem ser observados os principais defeitos detectados nos trilhos do subtrecho nove.

Figura 76 - Patologias nos trilhos do subtrecho 9: a) Despedaçamento do canto da bitola; b) Desgaste químico; c) Escamação; d) Estilhamento; e) Desgaste por escoamento ; f) Desgaste por escoamento, vista aproximada.



a)



b)



c)



d)



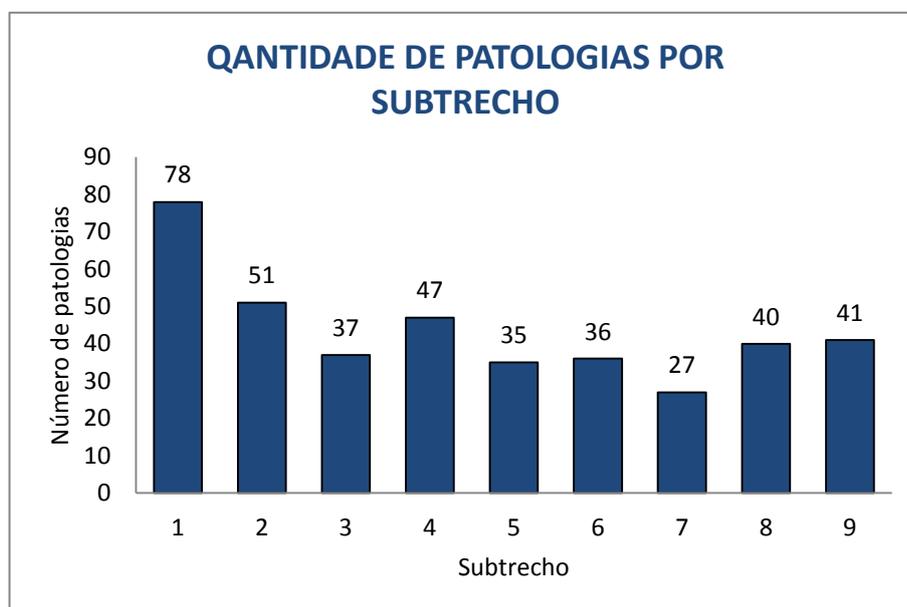
e)

f)

Fonte: Autor, 2021.

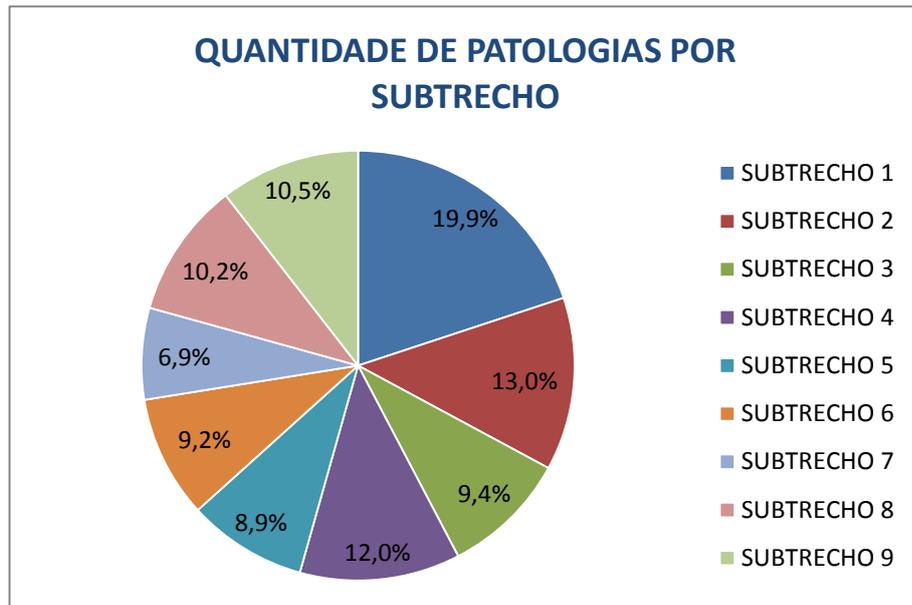
Portanto, uma vez apresentadas as manifestações patológicas incidentes em cada um dos nove subtrechos, os Gráficos 12 e 13, expõem de forma resumida, a quantidade final e a suas respectivas porcentagens, das anomalias encontradas por subtrecho.

Gráfico 12 – Quantidade de patologias encontradas por subtrecho.



Fonte: Autor, 2021.

Gráfico 13 - Distribuição das patologias encontradas por subtrecho.



Fonte: Autor, 2021.

Em todos os nove subtrechos foi possível observar a presença de manifestações patológicas nos elementos da via permanente estudada, com estes números é possível realizar uma análise estatística simples para avaliar a variabilidade dos dados.

Ao total, foram registradas 392 patologias em todo o percurso de 4,5 quilômetros, aplicando os cálculos de média e desvio padrão para os dados coletados, temos:

$$Média = \frac{(78x51x37x47x35x36x27x40x41)}{9} = 43,55$$

$$Dp = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - M_a)^2}{n}} = 13,82$$

O desvio padrão é uma das medidas estatísticas mais comumente usadas para demonstrar a variabilidade dos dados, através dela, se estima o grau em que o valor de determinada variável se desvia da média.

Dessa forma, comparando os números registrados com os valores de média e desvio padrão calculados, foi possível observar que apenas dois subtrechos

apresentaram quantidades de patologias que se afastaram da média, sendo eles o subtrecho 1, com 78 patologias, e o subtrecho 7, com 27 patologias.

Entretanto, este fato não implica dizer que os valores encontrados nos subtrechos estão errados, pois ambos possuem particularidades que justificam esses dados.

No subtrecho 1, a via se encontra próxima ao pátio ferroviário, e segundo Coimbra (2008), por esta proximidade, os elementos da via permanente estão mais sujeitos a desenvolver patologias, principalmente os trilhos. Por isso, este subtrecho foi o que apresentou a maior incidência de manifestações patológicas nos trilhos, sendo os mais comuns o estilhamento e a patinação na superfície do boleto.

Já no subtrecho 7, a ausência de problemas nas fixações, e a baixa incidência patológica na geometria da via e nos dormentes, foram os responsáveis para que este subtrecho fosse o que menos apresentou anomalias dentre todos os outros. Esta baixa incidência patológica, provavelmente está relacionada com a localização em que o subtrecho sete está inserido. Pois além de se encontrar na zona rural, onde existe menos contato da linha férrea com o tráfego local da cidade, boa parte da superestrutura da via permanente é coberta por árvores locais, como juremas e oiticicas, estando assim seus elementos, protegidos da exposição direta ao sol e a chuva.

Todas as patologias encontradas durante a vistoria foram registradas na planilha de inspeção da via permanente. Nesta, foi especificado o tipo de patologia e quantas vezes o problema se repetia naquele subtrecho.

A Tabela 20 apresenta na íntegra os registros realizados ao longo da pesquisa de campo.

Tabela 20 - Planilha de inspeção da via permanente.

		UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE																																		
		CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR																																		
		UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL																																		
		TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO																																		
ALUNO:		FERNANDO SALDANHA AZEVEDO										CURSO:		ENG. CIVIL			CAMPUS:		POMBAL -PB																	
		INSPEÇÃO DE VIA PERMANENTE - LINHA FÉRREA DE POMBAL - PB																								DATA:		18/03/2021								
SUPERESTRUTURA																																				
TRECHO (500m)	LASTRO			DORMENTES E FIX					TRILHOS					GEOMETRIA DA VIA					JUNTAS			AMV		OUTROS												
	1 - MATO/GALHOS EM EXCESSO	2 - LASTRO LAQUEADO	3 - AUSÊNCIA DE LASTRO	4 - LASTRO INSUFICIENTE	5 - DORMENTE INSERV.	6 - DORMENTE INSERV. SEQ.	7 - FIXAÇÃO INSUFICIENTE	8 - FIXAÇÃO INSERV.	9 - FIXAÇÃO INSERV. SEQ.	10 - TRILHO PATINADO	11 - TRILHO ESMAGADO	12 - T. DESGASTADO (INF. TIPO)	13 - TRILHO CORRUGADO	14 - FISSURA/TRINCA (INF. TIPO)	15 - INCLUSÕES	16 - SEGREGAÇÕES	17 - SOLDA DEFEITUOSA	18 - DESNIVELAMENTO LONGIT.	19 - ALINHAMENTO PRECÁRIO	20 - CAMINHAMENTO	21 - FLAMBAGEM	22 - DESNIVELAMENTO TRANSV.	23 - ALARGAMENTO DE BITOLA	24 - ESTREITAMENTO DE BITOLA	25 - VIA ATERRADA	26 - JUNTA DESNIVELADA	27 - JUNTA DEFEITUOSA	28 - FALTA DE PARAFURO	29 - JUNTA SEM ESPAÇAMENTO	30 - JUNTA MARTELADA	31 - AGULHA QUEBRADA	32 - JACARÉ DESGASTADO/QUEB.				
1	7		3	3	5	5	4	2	1	6	3	22		1									1		3		3	2	5	2						
2	6		5	5	7	4	2	1	3			6											2	2		2	1	5								
3	5	1	2		4	2		3	3			2										2		4		2		4	3							
4	6		5	6	4	3	3	2				5											1	2		3		7								
5	4		1	4	5	5	2					2												1		1	1	6	3							
6	7	1	3		6	4						3	1											3		2		4	2							
7	6		4		3	3						4											1	1			2	3								
8	3		3	3	6	3	2	3				5											1		3		2	1	4							
9	9	1	5		4	5	4		2			6														1	1	2	1							

Fonte: Autor, 2021.

Como observado nos dados da Tabela 20, durante a vistoria não foram encontradas as incidências de algumas patologias. Nos trilhos, através da inspeção visual, não se identificou as patologias de trilho corrugado, inclusões, segregações ou soldas defeituosas. Esta última não foi possível observar devido aos elementos de junções dos trilhos serem parafusados, não existindo assim elementos soldados.

Durante a vistoria, também foi possível observar frequentes problemas nas juntas de ligação dos trilhos, como ausência de parafusos, juntas sem espaçamentos, ou ainda desgastadas. Entretanto, não foi detectada nenhuma junta desnivelada.

No trecho estudado, não foram encontrados aparelhos de mudança de via, logo, não foi possível registrar nenhuma incidência patológica nestes elementos.

Quanto à geometria da via permanente, as patologias foram identificadas através dos procedimentos técnicos descritos na metodologia do trabalho. Dessa forma, foi possível detectar problemas como, via permanente aterrada, e alargamento/estreitamento da bitola. Sendo as medidas do comprimento da bitola ao longo do trecho registradas em tabela.

Além do mais, os defeitos de alinhamento precário, flambagem, caminhamento, e desnivelamento, não foram observados no percurso vistoriado. Nas medições de nivelamento longitudinal e alinhamento, não foram identificados espaços vazios entre a corda e os trilhos, logo não se registrou nenhuma medida. No nivelamento transversal, apesar de serem registradas medidas de diferença de cota entre os trilhos, as mesmas se encontravam dentro dos limites adotados pela literatura, não se caracterizando como uma patologia.

As Tabelas 21 e 22 indicam os valores registrados para o comprimento da bitola e o nivelamento transversal dos trilhos, medidos com espaçamento de 25 metros em cada subtrecho. As células grifadas em vermelho representam os pontos em que os valores medidos se caracterizaram como um defeito.

Tabela 21 - Medida do desnivelamento transversal ao longo dos subtrechos.

SUBTRECHO 1	MEDIDA	SUBTRECHO 2	MEDIDA	SUBTRECHO 3	MEDIDA	UN
0	5	0	5	0	9	mm
25	8	25	8	25	3	mm
50	3	50	4	50	5	mm
75	6	75	4	75	8	mm
100	16	100	7	100	3	mm
125	23	125	9	125	8	mm
150	31	150	8	150	6	mm
175	48	175	10	175	6	mm
200	39	200	17	200	9	mm
225	19	225	24	225	6	mm
250	22	250	31	250	3	mm
275	25	275	29	275	0	mm
300	11	300	33	300	5	mm
325	13	325	32	325	2	mm
350	10	350	27	350	6	mm
375	9	375	28	375	4	mm
400	4	400	19	400	2	mm
425	5	425	21	425	5	mm
450	5	450	14	450	8	mm
475	7	475	15	475	6	mm
500	5	500	9	500	6	mm
SUBTRECHO 4	MEDIDA	SUBTRECHO 5	MEDIDA	SUBTRECHO 6	MEDIDA	UN
0	6	0	6	0	27	mm
25	8	25	8	25	23	mm
50	5	50	10	50	26	mm
75	5	75	7	75	22	mm
100	0	100	7	100	19	mm
125	9	125	5	125	16	mm
150	4	150	8	150	18	mm
175	0	175	3	175	19	mm
200	3	200	3	200	14	mm
225	8	225	0	225	7	mm
250	0	250	0	250	5	mm
275	6	275	0	275	5	mm
300	9	300	4	300	1	mm
325	9	325	9	325	0	mm
350	6	350	6	350	4	mm
375	4	375	11	375	5	mm
400	0	400	18	400	8	mm
425	0	425	27	425	2	mm
450	3	450	27	450	0	mm
475	7	475	25	475	1	mm

500	6	500	27	500	3	mm
SUBTRECHO 7	MEDIDA	SUBTRECHO 8	MEDIDA	SUBTRECHO 9	MEDIDA	UN
0	3	0	32	0	29	mm
25	6	25	28	25	36	mm
50	5	50	31	50	31	mm
75	5	75	33	75	39	mm
100	8	100	29	100	36	mm
125	4	125	37	125	29	mm
150	0	150	41	150	33	mm
175	7	175	45	175	32	mm
200	0	200	59	200	39	mm
225	7	225	56	225	38	mm
250	5	250	59	250	41	mm
275	0	275	57	275	47	mm
300	5	300	49	300	34	mm
325	9	325	45	325	27	mm
350	15	350	48	350	22	mm
375	17	375	42	375	19	mm
400	13	400	35	400	11	mm
425	19	425	25	425	9	mm
450	21	450	23	450	3	mm
475	17	475	31	475	4	mm
500	32	500	29	500	3	mm

Fonte: Autor, 2021.

Tabela 22 - Medidas do comprimento da bitola ao longo dos subtrechos.

SUBTRECHO 1	MEDIDA	SUBTRECHO 2	MEDIDA	SUBTRECHO 3	MEDIDA	UN
0	1,01	0	1	0	1,001	m
25	1,005	25	1,004	25	1,01	m
50	1,017	50	1,01	50	1	m
75	1,002	75	1,001	75	1,002	m
100	1,005	100	1	100	1	m
125	1,01	125	1,023	125	1	m
150	1	150	1,027	150	1	m
175	1	175	1,01	175	1	m
200	1,005	200	1,004	200	1,002	m
225	1	225	1,006	225	1,01	m
250	1,006	250	1	250	1,01	m
275	1,006	275	1	275	1,005	m
300	1,005	300	1	300	1,003	m
325	1,007	325	1,007	325	1,005	m
350	1,009	350	1	350	1,022	m
375	1,01	375	1,006	375	1,002	m
400	1,005	400	0,986	400	1,019	m

425	1,002	425	0,992	425	1,003	m
450	1,01	450	1	450	1,003	m
475	1,005	475	1,002	475	1	m
500	1	500	1,001	500	1	m
SUBTRECHO 4	MEDIDA	SUBTRECHO 5	MEDIDA	SUBTRECHO 6	MEDIDA	UN
0	1	0	1,006	0	0,998	m
25	1,002	25	1,01	25	1	m
50	1,006	50	1,005	50	1,004	m
75	1,01	75	1	75	1,005	m
100	1,009	100	1	100	1,005	m
125	1	125	1	125	1,002	m
150	1	150	1,003	150	1,002	m
175	1,003	175	1,01	175	1,01	m
200	1	200	1,007	200	1,01	m
225	1	225	1,01	225	1	m
250	1,004	250	0,997	250	1,006	m
275	1	275	1	275	1,009	m
300	0,989	300	1	300	1	m
325	1	325	0,999	325	1	m
350	1,002	350	1	350	1	m
375	1,01	375	1,003	375	1,005	m
400	1,01	400	1,003	400	1,003	m
425	1,002	425	1,005	425	1	m
450	1,01	450	1	450	0,999	m
475	1	475	1,005	475	1	m
500	1,006	500	0,998	500	1,001	m
SUBTRECHO 7	MEDIDA	SUBTRECHO 8	MEDIDA	SUBTRECHO 9	MEDIDA	UN
0	1,001	0	1,01	0	1,005	m
25	1	25	1,006	25	1,005	m
50	1,01	50	1	50	1,003	m
75	1	75	1,004	75	1	m
100	1	100	1,01	100	1	m
125	1	125	1,01	125	1	m
150	1,01	150	1,025	150	1,01	m
175	0,998	175	1,009	175	1,003	m
200	1	200	1,007	200	1,009	m
225	1	225	1	225	1,005	m
250	1,009	250	1,003	250	1,01	m
275	0,992	275	1	275	1,01	m
300	0,997	300	1	300	1,002	m
325	1,001	325	0,996	325	0,999	m
350	1	350	1,007	350	0,997	m
375	1	375	1,002	375	1,004	m
400	1,002	400	1	400	1	m
425	1	425	1,003	425	1,001	m

450	1,001	450	1	450	1	m
475	1,009	475	1,002	475	1,005	m
500	1,01	500	1,005	500	1,002	m

Fonte: Autor, 2021.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em seu desenvolvimento, o presente trabalho buscou alcançar através da literatura estudada, um maior conhecimento acerca dos elementos que compõem o modal ferroviário, bem como das patologias que incidem nestes elementos em decorrência do uso da via. Este assunto está diretamente relacionado com o perfeito funcionamento da via ferroviária, tendo em vista que, uma vez que se entendem as patologias desenvolvidas por esses elementos, se tornam mais nítidos os procedimentos que devem ser adotados para a restauração ou preservação da via férrea.

Além disso, por meio deste trabalho foi possível identificar e quantificar as manifestações patológicas presentes na superestrutura da via permanente do trecho de linha férrea compreendido entre a antiga estação ferroviária de Pombal e a Ponte Vermelha. O levantamento patológico se cobre de alguma relevância devido ao interesse que a Secretaria de Turismo do município de Pombal apresenta em querer reativar o trecho analisado.

Sobre o trecho estudado, observou-se que os elementos que tiveram a maior ocorrência de anomalias foram o lastro e os dormentes. Durante toda a vistoria esses elementos apresentaram problemas que comprometem o desempenho das suas funções na via permanente.

As fixações e juntas também apresentaram frequentes problemas ao longo do percurso, sendo as anomalias, fixação insuficiente e ausência de espaçamento de dilatação nas juntas, as mais recorrentes.

No que diz respeito aos trilhos da via permanente, foram encontradas patologias que comprometem a função desempenhada pelos mesmos, podendo vir a causar graves acidentes caso venham ser utilizados novamente.

Com menor frequência, os problemas que incidiram na geometria da via do trecho analisado foram o alargamento/estreitamento da bitola e a via aterrada em alguns pontos do percurso. Ambos os defeitos aparentemente foram causados devido às más condições apresentadas pelos dormentes e lastro.

Dessa forma, é evidente que caso venha a ocorrer à reativação do trecho de via férrea estudado, serão necessários reparos e restauros nos elementos da superestrutura da via permanente, dentre eles, a substituição de todos os dormentes da via, e a construção de um novo lastro.

As juntas e fixações que apresentaram problemas deverão ser recuperadas e quando a recuperação não for possível, deverão ser substituídas. De forma semelhante, recomenda-se a substituição dos trilhos em que foram detectadas as patologias, assim como também deverá ser feito uma análise mais aprofundada nos mesmos com o auxílio de equipamentos que permitam identificar problemas que não podem ser vistas a olho nu. Podendo os trilhos que não apresentar defeitos serem reutilizados na via férrea.

6.1. Sugestões de trabalhos futuros

Para os estudos futuros, são sugeridas as seguintes pesquisas:

- Estudo das ferramentas e procedimentos utilizados para tratar as manifestações patológicas da via permanente ferroviária, a fim de garantir a recuperação e o melhor desempenho funcional desse modal.
- Estudo de viabilidade, comparando o projeto orçamentário de correção das patologias detectadas no trecho de 4,5 quilômetros, com o orçamento para a reconstrução de uma nova superestrutura da linha férrea.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, A. de. A. **Pombal nos caminhos de ferro: história, memória e patrimônio ferroviário na Paraíba** (1932-2001). 2014. 90 f. Monografia (Licenciatura em História) - Universidade Federal de Campina Grande – Cajazeiras/PB. 2014.

AGUIAR, L. T. de. **Inspeção de via permanente: um fator determinante no processo de direcionamento da manutenção ferroviária**. 2011. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora/ MG. 2011.

ALBUQUERQUE, S. M. **Ferrovias: Aspectos Técnicos de Projeto**. 2011. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Divisão da Ciência da Computação, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2011. Disponível em: <https://documentcloud.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:94ff5802-b2b2-497b-b74e-be2566f27137>. Acesso em: 14 abr. 2021.

ANTT, Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Evolução Do Transporte Ferroviário 2013**. Brasília: Antt, 2014.

ASSIS, M. C. de. **Metodologia de Trabalho Científico**. São Paulo, 2009, 48 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988. **NBR 7640: defeitos de trilhos utilizados para via férrea**. Rio de Janeiro.

BORGES NETO, C. **Manual Didático de Ferrovias**. 2012. 202 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Transportes, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2012.

BRASÍLIA-DF, A. F. B. **Fiscalização do transporte ferroviário de cargas: manual de inspeções da gecof**. Brasília: Antt, 2013. 88 p. Disponível em: <https://documentcloud.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:158df11e-5d75-4582-9c86-aedaa77ac976>. Acesso em: 12 mar. 2021.

BRINA, H. L. **Estradas de ferro**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, v.1, 1979.

BRINA, H. L. **Estradas de ferro**. 2. Ed. Belo Horizonte. Editora UFMG. 1988. 216 p.

CÂMARA, G. B. da. **Procedimento e software para identificar, classificar e analisar problemas na linha ferroviária de trem de carga**. 2016. 94 f. Trabalho apresentado ao Curso (Graduação em Engenharia Ferroviária e Metroviária) - Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville/ SC. 2016.

CASTELLO BRANCO, J. E. S., FERREIRA, R. **Tratado de Estradas de Ferro vol. II – Prevenção e Investigação de Descarrilamentos**. 534 p.: il.: 21cm, Editora Reflexus Estúdio de Produção Gráfica, ISBN 85-901545-2-1, Rio de Janeiro, 2002.

CNT, Confederação Nacional do Transporte. **O sistema ferroviário brasileiro**. Brasília: Cdu, 2013. 58 p.

COIMBRA, M. do. V. **Modos de Falha dos Componentes da Via Permanente Ferroviária e Seus Efeitos no Meio Ambiente**. 2008, 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Transportes) - Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro – BR. 2008.

DI LUCCIO, A. R. de. A. **Estudo dinâmico de uma composição ferroviária de carga e análise de condições de descarrilamento**. 2016. 126 f. Projeto de Graduação (Curso de Engenharia Mecânica) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Projeto de Passagem de Nível**. 2012.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - **IFS 213: projeto de superestrutura da via permanente: conjunto trilho dormente**: Dnit, 2014.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Especificação de Serviços: **ISF 215 – Projeto de Superestrutura da Via Permanente: Aparelho de Mudança de Via**. Brasília - DF. Abril/2015.

FERNAVE. **Manual de Via**. Fernave. 2003.

LIMA, H. A. D. **Procedimento para seleção de método de manutenção para a superestrutura ferroviária**. 1998. 123 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Transportes) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 1998.

LICHTENSTEIN, N. B. **Boletim técnico 06/86: Patologia das Construções**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1986. 35 p.

LOPES, R. B.; PINHEIRO, C. C.; HAWEROTH F.; ZAGHENI, E.S.S. **Avaliação da sinalização de passagens em nível da região de Joinville/SC**. 2016. In: Anais... 7º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável Contrastes, Contradições e Complexidades. Maceió – Brasil, 2016. p. 1-12.

LORENZ, G. **Estudo das manutenções e desgastes decorrentes do tráfego dos veículos ferroviários nos trilhos da via permanente da TRENURB**. 2018. 78 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2018.

MACÊDO, F. B. **Estudo do desgaste de trilhos ferroviários**. 2009. 50 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora/MG. 2009.

MICHEL, F. D. **Introdução ao transporte ferroviário (notas de aula)**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

MONASTIRSKY, L. B. **Ferrovia: patrimônio cultural do Brasil: estudo sobre a ferrovia brasileira a partir da região dos Campos Gerais (PR)**. 2006. 190f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Florianópolis, Florianópolis/SC, 2006.

MORESI, E. **Metodologia da Pesquisa**. 2003. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão do Conhecimento e Tecnologia da Informação, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2003.

NABAIS, R. J. da. S. (Org.). **Manual básico de engenharia ferroviária**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

NUNES, C. **Utilização de métodos de análise de falhas em um sistema de sinalização ferroviária**. 2012. 92 f. Monografia (Especialização em Transporte Ferroviário de Cargas) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2012.

OLIVEIRA, J. C. **Estrutura de via permanente ferroviária e suas patologias**. 2018. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI, Ijuí/SC, 2018.

PEDRONI, P. G. **Análise de falhas das fraturas de trilhos: o caso da ferrovia do aço**. 2008. 92 f. Monografia (Especialização em Transporte de Carga Ferroviário) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro/ RJ. 2008.

PORTO, T. G. PTR 2501- **Ferrovias**. São Paulo, Escola Politécnica de São Paulo, 2004.

RIBEIRO, D. R. S.; VIEIRA, U. da R.; ALMEIDA NETO, N. X. de; CORREIA, A. M.; FORCELLINI, F. A. **Avaliação de trilhos ferroviários utilizando uma abordagem multicritério**. 2019. In: Anais... IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa, PR. 2019. p. 1-11.

RODRIGUES, C. A. **Contribuição ao Planejamento da Manutenção Preditiva da Superestrutura Ferroviária**. 2001. 260 p. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia de Transportes) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2001.

RODRIGUES, D. D. **Manutenção e Conservação de Vias Férreas: Análise de Casos Práticos**. 2012, 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. Coimbra – PT, 2012.

ROSA, R. de. A. **Estradas de Ferro: Via Permanente: Superestrutura (notas de aula)**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2011.

RUMO. **Guia de Identificação de defeitos e fraturas em trilhos**. Engenharia de Via Permanente, 2016, p.46.

RUMO. **Conceitos Técnicos de Via Permanente**. Operação Sul, 2017, p.149.

RUMO. **Manual de Treinamento em Geometria e Trilho**. Operação Sul, 2017, p.26b.

SANTOS, S. dos. **Transporte Ferroviário: Histórias e Técnicas**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

SILVA, E. T. F. E. **Análise da Evolução dos Defeitos de Bitola na Via Permanente da MRS para Planejamento de Intervenções Preditivas de Manutenção**. 2006, 73 f. Monografia (Especialização em Transporte Ferroviário de Carga) – Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro – BR. 2006.

STEFFLER, F. **Via permanente aplicada: guia teórico e prático**. Rio de Janeiro: Ltc, 2013

SOUSA, C. A. I. **Patologias na Superestrutura da Ferrovia Balastrada**. 2015. 187 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia do Instituto Politécnico do Porto, Porto, 2015.

TM-5-628. DD. **Department of Defense, Departments of The Army, The Navy and The Air Force ARMY**. Field Identification of Rail Defects. Washington, DC, April, 1991.

VALE. **Manual Técnico Da Via Permanente**. [s.i]: Vale S.A, 2013

VALE. **Elementos de Vistoria de Via Permanente**. [s.i]: Vale S.A, 2012.

VALE. **Noções de Via Permanente**. [s.i]: Vale S.A, 2011.

VALE. **Manual Técnico da Via Permanente**. Revisão 2009, p.362.

WANDERLEY, H. G. F. **Cotidiano, cultura e lazer em Pombal: contradições do Progresso (1927-1958)**. 2009. 21f. Dissertação (Mestrado em História) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande/ PB, 2009.