

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR - MG
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
FELIPE TEIXEIRA CUNHA

ANÁLISE SOBRE A VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA MECANIZAÇÃO
DO PROCESSO DE SUBSTITUIÇÃO DE DORMENTES DE MADEIRA NA
MANUTENÇÃO DE LINHAS FÉRREAS

FORMIGA – MG
2017

FELIPE TEIXEIRA CUNHA

ANÁLISE SOBRE A VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA MECANIZAÇÃO
DO PROCESSO DE SUBSTITUIÇÃO DE DORMENTES DE MADEIRA NA
MANUTENÇÃO DE LINHAS FÉRREAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção do UNIFOR- MG, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: Me. Elifas Levi da Silva.

FORMIGA – MG

2017

Felipe Teixeira Cunha

ANÁLISE SOBRE A VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA MECANIZAÇÃO
DO PROCESSO DE SUBSTITUIÇÃO DE DORMENTES DE MADEIRA NA
MANUTENÇÃO DE LINHAS FÉRREAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao curso de Engenharia de Produção do
UNIFOR- MG, como requisito parcial para a
obtenção do título de Engenheiro de
Produção.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Elifas Levi da Silva

Orientador

Prof. Dr. Marcelo Carvalho Ramos

Examinador

Formiga, 08 de novembro de 2017.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que se fez presente durante esta jornada, me mantendo perseverante em almejar esta conquista.

A toda Família Prumo Engenharia que me proporcionou conhecimento e crescimento profissional.

Agradeço a toda minha Família, em especial aos meus pais, que são meus exemplos de honestidade, força, determinação e ética. Aos meus irmãos que me apoiaram e incentivaram sempre.

Agradeço a minha namorada pelo carinho, compreensão e incentivo.

Ao meu orientador Ms. Elifas Levi, pela presteza e atenção ao me direcionar nas etapas para conclusão deste trabalho.

Agradeço a todos os colegas e amigos que se fizeram presentes nos momentos de estresse, alegria, desafios e vitórias.

No final, esta conquista é nossa!

RESUMO

Nos últimos anos, os modais de transportes do Brasil têm necessitado cada vez mais de aprimoramentos e investimentos. O modal ferroviário vem se destacando por proporcionar o transporte de mercadorias de baixo valor agregado e grande volume, com preços baixos. Para que este modal se torne ainda mais atrativo, muitas empresas vêm investindo em equipamentos para manutenção e construção de ferrovias. O objetivo deste estudo foi analisar a viabilidade técnica e econômica para mecanização do processo de substituição de dormentes executado por uma empresa da cidade de Formiga/MG. As técnicas para análise de investimento utilizadas foram o Valor Presente Líquido, TMA, TIR. Executando os cálculos, obteve-se um VLP maior que zero, a Taxa Interna de Retorno foi de 20% e a Taxa Mínima de Atratividade que é a taxa no qual o investidor considera que estará obtendo o lucro foi de 15%. Diante do estudo, foi possível concluir que o investimento nos equipamentos para mecanização do processo será viável, proporcionando ganhos de produtividade e financeiros.

Palavras-chave: Ferrovias. Viabilidade. Mecanização.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Extensão do Sistema Ferroviário Brasileiro (Km)	20
Figura 2 - Mapa Ferroviário Brasileiro	21
Figura 3 - Seção transversal da via	22
Figura 4 - Dormente como viga	25
Figura 5 - Linha ferroviária com a utilização do dormente de madeira	27
Figura 6 - Seção do trilho de aço.....	28
Figura 7 - Placa de fixação tipo GEO	29
Figura 8 - Linha ferroviária utilizando do dormente de aço.....	29
Figura 9 - Linha ferroviária utilizando dormente de concreto protendido	31
Figura 10 - Dormente Misto	31
Figura 11 - Detalhe da fixação em dormentes mistos.....	32
Figura 12 - Esquemático do dormente polibloco.....	32
Figura 13 - Fixação do trilho em dormente polibloco	33
Figura 14 - Placa de apoio.....	33
Figura 15 - Esquemático de utilização da placa de apoio.....	34
Figura 16 - Pregos de linha	35
Figura 17 - Tirefond	35
Figura 18 - Perfil vignole	36
Figura 19 - Bitola	37
Figura 20 - Limpeza de lastro manual	44
Figura 21 - Extração manual do dormente	45
Figura 22 - Extração mecanizada do dormente	46
Figura 23 - Posicionamento do dormente.....	46
Figura 24 - Inserção do dormente.....	47
Figura 25 - Tie Remover/Insert.....	48
Figura 26 - Tie Crane.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ferrovias construídas no Brasil até a década de 1980	15
Tabela 2 - Cronologia das concessões da malha ferroviária.....	19
Tabela 3 - Dimensão dos dormentes de madeira de acordo com a bitola	27
Tabela 4 - Composição do custo de mão-de-obra	50
Tabela 5 - Custos manuais e mecanizados	51
Tabela 6 - Valor presente líquido	51
Tabela 7 - Resultados dos valores econômicos	52
Tabela 8 - Análise de sensibilidade.....	52

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Fórmula VPL	39
-------------------------------	----

LISTA DE SIGLAS

ALL	América Latina Logística
BNDS	Banco Nacional de Desenvolvimento
CNT	Confederação Nacional dos Transportes
DNEF	Departamento Nacional de Estradas de Ferro
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FEPASA	Ferrovias Paulista S.A.
IFE	Inspetoria Federal de Estradas
NBR	Norma Brasileira
PND	Programa Nacional de Desestatização
RFFSA	Rede Ferroviária Federal S.A.
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
VPL	Valor Presente Líquido
VLI	Valor da Logística Integrada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo Geral.....	12
2.2 Objetivo Específicos	12
3 JUSTIFICATIVA.....	12
4 PROBLEMA.....	13
5 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
5.1 História do surgimento da ferrovia no Brasil.....	14
5.2 Desenvolvimento das Ferrovias	15
5.3 A criação da Rede Ferroviária Federal S.A. – RFFSA	17
5.4 A criação da Ferrovia Paulista S.A. – FEPASA.....	17
5.5 A extinção da RFFSA e o começo da privatização ferroviária	18
5.6 A situação atual das ferrovias no país	19
5.7 Constituição da superestrutura das estradas de ferro	21
5.7.1 Sublastro.....	22
5.7.2 Lastro	23
5.7.3 Dormentes.....	24
5.7.4 Função dos dormentes	25
5.7.5 Dormente de madeira.....	26
5.7.6 Dormente de aço	28
5.7.7 Dormente de concreto	29
5.7.8 Placas de apoio	33
5.7.9 Acessórios de fixação.....	34
5.7.10 O prego de linha ou grampo de linha	34
5.7.11 O tirefond	35
5.7.12 Trilho	36
5.7.13 Perfil do trilho	36
5.7.14 Bitola	37
5.8 Indicadores de análise de viabilidade técnica e econômica para investimento em projetos	37

5.8.1 Taxa Mínima de Atratividade	38
5.8.2 Valor presente líquido.....	38
5.8.3 Taxa interna de retorno (TIR)	39
5.8.4 Tempo de retorno do investimento (PayBack)	40
6 MATERIAL E MÉTODOS	41
6.1 Local do Estudo	41
6.2 Escolha da Amostra	41
6.3 Método de Coleta de Dados	41
6.4 Método de Análise.....	42
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
7.1 Substituição de dormentes manual	44
7.2 Substituição de dormentes mecanizada	45
7.3 Especificações e custos dos equipamentos	47
7.4 Custos da mão de obra.....	50
7.5 Resultados das análises econômicas	50
8 CONCLUSÃO	54
REFERÊNCIAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que está em constante desenvolvimento social, econômico e ambiental, e para que este crescimento aconteça, é necessário um sistema de transportes mais ágil, produtivo e com maior qualidade.

Os modais existentes atualmente, rodoviário, aquaviário, ferroviário, dutoviário e aéreo, necessitam de investimentos para sua melhoria contínua e expansão.

O modal ferroviário vem sendo muito visado pelo empresariado nacional, quando se trata de cargas de baixo valor agregado, pois correspondem a um melhor custo benefício, se considerado o peso e volume dos bens transportados.

Diante do crescimento deste modal, as empresas responsáveis pela manutenção e construção de ferrovias, vem buscando fazer investimentos tecnológicos e em equipamentos, visando a redução de custos operacionais e aumento na produtividade.

Um dos processos de manutenção executados por estas empresas, é o de substituição de dormentes, no qual o método de substituição na maioria das vezes é executado de forma manual, onde o colaborador precisa fazer a retirada da fixação da placa de apoio que fixa o trilho ao dormente, fazer a escavação e limpeza do lastro, e assim fazer a extração do dormente, para logo após colocar um novo dormente.

Este procedimento, tem um custo muito elevado, pois demanda muitos colaboradores, ferramentas e tempo para execução.

Mediante o exposto, o estudo em questão busca analisar a viabilidade de investimento na aquisição de um equipamento que execute este trabalho de forma mecanizada, visando uma redução da mão de obra, riscos de acidentes e ganho operacional.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade de aquisição de um equipamento que faça a substituição de dormentes de madeira de forma mecanizada.

2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Reduzir os custos com mão de obra;
- ✓ Aumentar a produtividade da empresa;
- ✓ Tornar a empresa mais competitiva no mercado e
- ✓ Analisar a viabilidade técnica e econômica para aquisição do equipamento.

3 JUSTIFICATIVA

Sabe-se que as ferrovias do Brasil, tem se mostrado um grande potencial para o crescimento e desenvolvimento do país no transporte de cargas. Para isso são necessários investimentos constantes neste setor, para que se possa atender as necessidades das empresas detentoras de grandes partes da malha ferroviária do Brasil como VLI, MRS e Rumo Logística.

Sendo assim, o tema proposto tem como objetivo analisar o investimento de capital na aquisição de um equipamento, que possibilitará ganho de produtividade, aumento na segurança dos trabalhadores, e proporcionará que a empresa seja mais competitiva no mercado de manutenção e construção de ferrovias.

4 PROBLEMA

Mesmo com vários investimentos feitos no setor ferroviário, a malha ferroviária brasileira é muito pequena e precária se comparada a de outros países. Os processos de manutenção da via férrea são em sua grande parte manuais, sendo que na maioria das vezes os equipamentos disponíveis são de pequeno e médio porte, demandando volume considerável de mão de obra para operação. Diante deste cenário, seria viável o investimento de capital para aquisição de um equipamento de grande porte que possa otimizar os trabalhos de manutenção ferroviária?

5 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta uma revisão bibliográfica sobre as ferrovias, indicando seu surgimento no Brasil, sua dimensão atual, bem como os diferentes tipos de materiais que as compõem, além de especificar os indicadores de análise de viabilidade técnica e econômica de projetos.

5.1 História do surgimento da ferrovia no Brasil

O marco da ferrovia no Brasil deu-se em 30 de abril de 1854. A primeira ferrovia brasileira foi inaugurada neste dia, e foi chamada de Imperial Companhia de Navegação a Vapor – Estrada de Ferro de Petrópolis, que algum tempo depois ficou conhecida como Estrada de Ferro Mauá. Ela surgiu graças à iniciativa do empresário Irineu Evangelista de Souza, o Visconde de Mauá (SETTI, 2008).

A princípio, sua extensão era de 14,5 Km que iniciavam da praia da Estrela, no fundo da Baía de Guanabara, e tinha como destino, Fragoso, conhecido também com Raiz da Serra de Petrópolis. O porto de Mauá funcionava de forma integrada com a Baía de Guanabara, local onde eram recebidos as cargas e os passageiros que vinham de barco a vapor do Rio de Janeiro (SCHOPPA, 2004).

Segundo Setti (2008) a segunda ferrovia do Brasil foi inaugurada em Pernambuco, no dia 8 de fevereiro de 1858, quatro anos após a Estrada de Ferro de Mauá. A The Recife and São Francisco Railway Company, foi a primeira de muitas companhias ferroviárias inglesas a operar no país, seu trecho ligava as estações de Cinco Pontas à Cabo e serviu como parte do projeto dos engenheiros ingleses Edward e Alfred Mornay, que tinham como objetivo unir a cidade de Recife a um porto do Rio São Francisco e também aos povoados de Água Preta e Garanhuns.

Ainda em 1858, no dia 29 de março foi inaugurada a Companhia de Ferro Dom Pedro II, seu trecho fazia a ligação das estações do Campo que hoje é conhecida como Dom Pedro II até Queimados. As obras da ferrovia prosseguiram no decorrer dos anos, chegando a Belém (atual Japeri) e se transpondo até a Serra do Mar, para em 1864 alcançar Barra do Pirai-RJ. Em 1889 ela foi renomeada como Estrada de Ferro Central do Brasil e se tornou um dos principais eixos de desenvolvimento do país (SETTI, 2008).

Logo após esse avanço, as ferrovias se expandiram por todo o país (TAB. 1).

Tabela 1 - Ferrovias construídas no Brasil até a década de 1980

Ferrovia	Inauguração
E. F. BAHIA SÃO FRANCISCO	1860
E. F. RECIFE CAXANGÁ	1867
E. F. SANTOS JUNDIAÍ	1867
E. F. RECIFE OLINDA	1870
E. F. UNIÃO VALENCIANA	1871
E. F. PARANÁ	1872
E. F. PAULISTA	1872
E. F. ITUANA	1873
E. F. CAMPOS SÃO SEBASTIÃO	1873
E. F. LEOPOLDINA	1873
E. F. NITEROI MACAÉ	1874
E. F. MACAÉ CAMPOS	1875
E. F. MOGIANA	1875
E. F. SOROCABANA	1875
E. F. CENTRAL DA BAHIA	1875
E. F. NAZARÉ	1875
E. F. SÃO PAULO RIO	1875
E. F. OESTE DE MINAS	1880
E. F. SANTA ISABEL DO R. PRETO	1881
E. F. SANTANA	1883
E. F. TEREZA CRISTINA	1883
E. F. VASSOURENSE	1884
E. F. MINAS RIO	1884

Fonte: Adaptado de FURTADO (2005)

Segundo Furtado (2015) em 1889 o Brasil possuía 14.609 km de malha ferroviária, contudo se comparado com alguns países o número ainda era muito inferior. Na mesma época os Estados Unidos já contavam com uma malha de 296.986 km.

5.2 Desenvolvimento das Ferrovias

Entre os anos de 1922 e 1953, destacaram-se alguns fatos relevantes para o desenvolvimento do sistema ferroviário do país, como:

- Em 1922, o sistema ferroviário brasileiro estava com, aproximadamente, 29.000 km de extensão, cerca de 30.000 vagões e 2.000 locomotivas a vapor na sua composição de tráfego;
- Em 1930, foram substituídas em determinados trechos as locomotivas com tração a vapor pela tração elétrica;
- Em 1939, iniciou-se a substituição das locomotivas a vapor pela locomotiva diesel elétrica, porém ela foi intensificada apenas na década de 1950, devido a interrupção durante a Segunda Guerra Mundial;
- Foi criada a Companhia Vale do Rio Doce em 1942. Ela ficou responsável pela Estrada de Ferro Vitória a Minas (construída a partir de 1903), que recebeu uma modernização com o intuito de suportar o tráfego intenso e pesado dos trens que transportavam minério de ferro entre Itabira, Minas Gerais, e Porto de Vitória, no Espírito Santo.

No final da década de 1930, o Governo Vargas começou o processo de saneamento e reorganização das estradas de ferro e promoção de investimentos, este trabalho se deu pela tomada de posse de empresas estrangeiras, nacionais e estaduais, que se encontravam em péssimas situações financeiras. Devido a isto, várias estradas de ferro foram integradas ao patrimônio da União, sendo que a responsabilidade de administração ficou por conta da IFE - Inspeção Federal de Estradas, que é o órgão do Ministério da Viação e Obras Públicas, encarregado de gerir as ferrovias e rodovias federais (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT, 2017).

Esta Inspeção deu origem, posteriormente, ao Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER e Departamento Nacional de Estradas de Ferro - DNEF, sendo este último, criado pelo Decreto Lei n.º 3.155, de 28 de março de 1941. O DNEF foi extinto em dezembro de 1974 e suas funções foram transferidas para a Secretária geral do Ministério dos Transportes e parte para a Rede Ferroviária Federal S.A. – RFFSA (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT, 2017).

O propósito da União com a tomada de posse das estradas de ferro, surgiu baseado em alguns objetivos de melhorias que são evitar uma parada brusca do

tráfego, prevenir o desemprego e promover a recuperação de linhas e material rodante, objetivando a reorganização administrativa e melhoria operacional (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT, 2017).

5.3 A criação da Rede Ferroviária Federal S.A. – RFFSA

Com base em numerosos estudos, no início da década de 1950, o Governo Federal decidiu fazer a unificação administrativa das 18 estradas de ferro pertencentes à União, estas somavam 37.000 km de linhas disseminadas pelo país. O objetivo principal era administrar, explorar, conservar, reequipar, ampliar e melhorar o tráfego das estradas de ferro da União a ela incorporadas, cujos trilhos atravessavam o país, servindo as regiões Nordeste, Sudeste, Centro-Oeste e Sul, com isso, em 16 de março de 1957, foi criada pela Lei n.º 3.115 a sociedade anônima Rede Ferroviária Federal S.A. – RFFSA para fazer a gestão das ferrovias do Brasil (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT, 2017).

Para melhor provimento das ferrovias que compunham a RFFSA, em 1969 quatro sistemas regionais foram agrupadas (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT, 2017):

- Sistema Regional Nordeste, com sede em Recife;
- Sistema Regional Centro, com sede no Rio de Janeiro;
- Sistema Regional Centro-Sul, com sede em São Paulo;
- Sistema Regional Sul, com sede em Porto Alegre.

5.4 A criação da Ferrovia Paulista S.A. – FEPASA

Cabe mencionar que, em novembro de 1971, pela Lei n.º 10.410/SP, o Governo do Estado de São Paulo, decidiu unificar em uma só empresa, as cinco estradas de ferro de sua propriedade. Naquela época, pertenciam ao Estado a Companhia Paulista de Estradas de Ferro, Estrada de Ferro Sorocabana, Estradas de Ferro Araraquara, Companhia Mogiana de Estrada de Ferro e Estrada de Ferro São Paulo-Minas. Assim, em decorrência dessa junção, foi criada a FEPASA – Ferrovia Paulista S.A., para gerir, aproximadamente, 5.000 km de vias férreas (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT, 2017).

5.5 A extinção da RFFSA e o começo da privatização ferroviária

Após 23 anos do surgimento da RFFSA o sistema ferroviário pertencente a ela é afetado de forma dramática. Em 1984, a RFFSA, encontrava-se impossibilitada de gerar recursos suficientes à cobertura dos serviços da dívida contraída. Os motivos que levaram o desequilíbrio técnico-operacional foi decorrente da degradação da Infra e Superestrutura dos seus principais segmentos e o adiamento da manutenção dos materiais rodante, devido esse desequilíbrio o segmento ferroviário foi perdendo espaço para o mercado modal rodoviário (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT, 2017).

Com a decadência da RFFSA, o Governo Federal coloca em prática ações voltadas a concessões dos serviços públicos de transporte de carga iniciando à privatização das ferrovias no país. Essa medida foi tomada devido a impossibilidade da RFFSA gerar recursos necessários para dar continuidade no financiamento dos investimentos no setor. Por meio do Decreto nº 473, em 10 de março de 1992 a RFFSA é incluída no Programa Nacional de Desestatização – PND. As condições gerais para a concessão das malhas da RFFSA foram elaboradas pelo Banco Nacional de Desenvolvimento – BNDS (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT, 2017).

Com base na Lei nº 8.987/95 foi realizado o processo de desestatização. Ela estabeleceu os direitos e obrigações para as partes envolvidas no processo de concessão e definiu ainda, o princípio da manutenção do equilíbrio econômico e financeiro e os direitos dos usuários. Conforme TAB. 2 o processo obedeceu a seguinte cronologia (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT, 2017):

Tabela 2 - Cronologia das concessões da malha ferroviária

Malhas Regionais	Data do Leilão	Concessionárias	Início da Operação	Extensão (Km)
Oeste	05/03/1996	Ferrovias Novoeste S.A.	01/07/1996	1.621
Centro-Leste	14/06/1996	Ferrovias Centro-Atlântica S.A.	01/09/1996	7.080
Sudeste	20/09/1996	MRS Logística S.A.	01/12/1996	1.674
Tereza Cristina	22/11/1996	Ferrovias Tereza Cristina S.A.	01/02/1997	164
Nordeste	18/07/1997	Cia. Ferroviária do Nordeste	01/01/1998	4.534
Sul	13/12/1998	Ferrovias Sul-Atlântico S.A. – atualmente – ALL-América Latina Logística S/A	01/03/1997	6.586
Paulista	10/11/1998	Ferrovias Bandeirantes S.A.	01/01/1999	4.236
Total				25.895

Fonte: Adaptado de RFFSA e BNDES (2017)

Segundo o DNIT (2017) “o Governo Federal outorgou, em 28/06/97, à Companhia Vale do Rio Doce, no processo de sua privatização, a exploração da Estrada de Ferro Vitória a Minas e Estrada de Ferro Carajás”.

Com base na Resolução n.º 12, de 11 de novembro de 1999 do Conselho Nacional de Desestatização e por intermédio do Decreto n. 3.277, em 7 de dezembro de 1999, o Governo Federal, dissolve, liquida e extingue a Rede Ferroviária Federal S.A. – RFFSA (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT, 2017).

5.6 A situação atual das ferrovias no país

Atualmente o Sistema Ferroviário Brasileiro totaliza 30.576 km de extensão, abrangendo as regiões Sudeste, Sul e Nordeste, e atendendo parte do Norte e Centro-Oeste do país. As FIG.1 e FIG.2 representam as 13 malhas ferroviárias que totalizam 29.165 km e são destinadas ao transporte ferroviário de cargas, sendo 12 de iniciativa

privada e uma à empresa pública (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT, 2017).

Figura 1 - Extensão do Sistema Ferroviário Brasileiro (Km)

Operadoras reguladas pela ANTT	Origem	Bitola (m)			Total
		1,6	1	Mista	
América Latina Logística Malha Norte - ALLMN	-	735	-	-	735
América Latina Logística Malha Oeste - ALLMO	RFFSA	-	1.953	-	1.953
América Latina Logística Malha Paulista - ALLMP	RFFSA	1.533	305	269	2.107
América Latina Logística Malha Sul - ALLMS	RFFSA	-	7.223	-	7.223
EFC - Estrada de Ferro Carajás	-	997	-	-	997
Estrada de Ferro Vitória a Minas - EFVM	-	-	888	-	888
Ferrovias Centro Atlântica - FCA	RFFSA	-	7.085	130	7.215
Ferrovias Norte-Sul TRAMO NORTE (VALEC-Subconcessão) - FNS S/A	-	745	-	-	745
Estrada de Ferro Paraná Oeste - FERROESTE	-	-	248	-	248
Ferrovias Tereza Cristina - FTC	RFFSA	-	163	-	163
MRS Logística - MRS	RFFSA	1.708	-	91	1.799
Ferrovias Transnordestina Logística - FTL S/A	RFFSA	-	4.257	20	4.277
VALEC/ Subconcessão: Ferrovias Norte-Sul TRAMO CENTRAL	-	815	-	-	815
Subtotal	-	6.533	22.122	510	29.165
Demais operadoras	Origem	Bitola (m)			Total
		1,6	1	Mista	
Comp. Bras. de Trens Urbanos - CBTU - Passageiros	-	57	149	-	206
Supervia/CPTM/Trensurb/METRO-SP RJ - Passageiros	-	832	22	-	854
Trombetas/Jarí/Amapá - Carga	-	70	230	-	300
Corcovado/Campos do Jordão	-	-	51	-	51
Subtotal	-	959	452	-	1.411
Total	-	7.492	23.027	510	30.576

Fonte: Adaptado CNT (2017)

Nota: tabela correspondente no site www.anuariodotransporte.cnt.org.br: FER_2_3_1_1.

Figura 2 - Mapa Ferroviário Brasileiro



Fonte: CNT (2017).

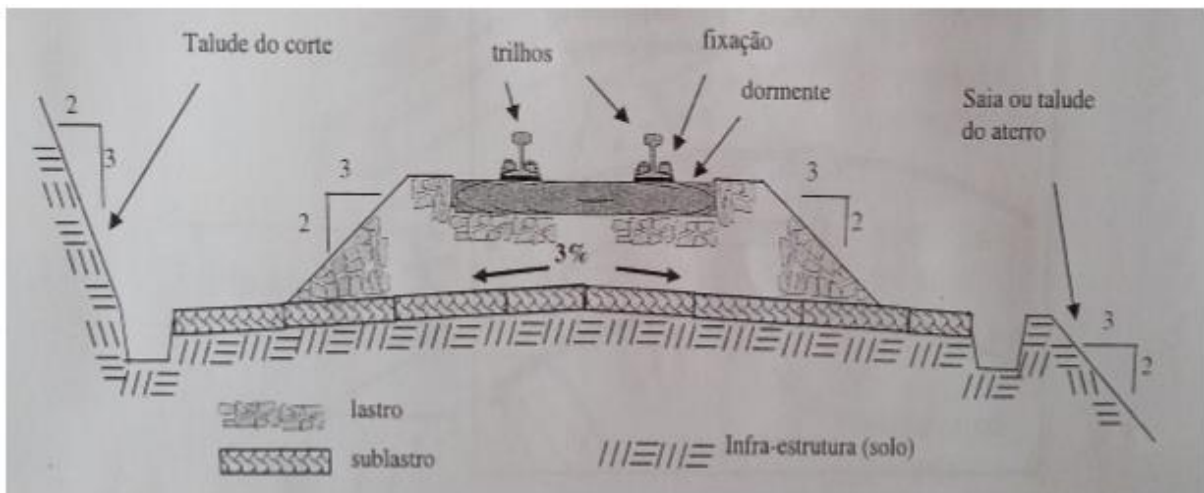
5.7 Constituição da superestrutura das estradas de ferro

Para se dar início a construção da superestrutura ferroviária é preciso primeiro que se tenha a infraestrutura finalizada. A infraestrutura das estradas é constituída pela terraplanagem e por todas as etapas constituídas abaixo do greide de terraplanagem.

A superfície final de terraplanagem chamada de leito ou plataforma. Após concluída a etapa de infraestrutura das estradas, pode-se dar início a construção da superestrutura (BRINA, 1983).

A superestrutura ferroviária é constituída pela via permanente (BRINA, 1983). A superestrutura é um conjunto de cinco elementos heterogêneos, que são: sublastro, lastro, dormentes, fixação e os trilhos (FIG. 3). Estes se interagem para suprir as condições adequadas de suporte, pista de rolamento e guia para o material rodante que por ela trafega (FILHO; MAGALHÃES, 2006).

Figura 3 - Seção transversal da via



Fonte: Engenharia de linha – Módulo Superestrutura III (2006).

5.7.1 Sublastro

O sublastro é um elemento ligado à infraestrutura e tem por finalidade compor as superfícies finais da terraplanagem, que é o leito ou plataforma.

Uma plataforma formada por solo natural tem normalmente uma tensão admissível relativamente baixa, insuficiente para resistir com eficiência às cargas que o lastro transmite sob a ação do carregamento dos trens. Para suprir essa deficiência adiciona-se à plataforma um material adequado a incrementar a resistência, o que chamamos de Sublastro. Os materiais utilizados podem ser industrializados como geotêxteis e argamassas ou elementos naturais como por exemplo, uma mistura de pedrisco e areia com pouca quantidade de argila (FILHO; MAGALHÃES, 2006).

Os materiais utilizados no sublastro devem obedecer aproximadamente às seguintes características:

- IG (Índice de grupo): igual a 0 (zero);
- LL (Limite de Liquidez): máximo 35;
- IP (Índice de Plasticidade): máximo 6;
- CBR (Índice de Suporte Califórnia): mínimo de 30;
- Material que se enquadre, de preferência, no grupo A1 de classificação dos solos HRB.

A espessura do sublastro torna-se suficiente geralmente com uma camada de 20 cm, porém ela deverá distribuir em sua plataforma uma pressão de acordo com a taxa de trabalho compatível com a capacidade de suporte dela (BRINA,1983).

A importância e as propriedades do sublastro são definidas da seguinte maneira:

- a) aumentar a capacidade de suporte da plataforma, permitindo o aumento da taxa de tensão admissível da superfície do leito, tornando-se possível o dimensionamento de uma menor altura de lastro para uma mesma solicitação de carregamento;
 - b) evitar a penetração do lastro na plataforma e a contaminação do lastro por materiais finos decorrentes da plataforma;
 - c) melhorar a impermeabilização e drenagem da via proporcionando resistência ao leito evitando assim erosão e penetração de água;
 - d) permitir relativa elasticidade ao apoio do lastro, para que a via permanente não seja rígida.
- (FILHO; MAGALHÃES, 2006).

5.7.2 Lastro

O lastro é o elemento da superestrutura ferroviária situado entre os dormentes e o sublastro. Suas principais funções são (BRINA,1983):

- a) distribuir convenientemente sobre o sublastro os esforços resultantes das cargas dos veículos, produzindo uma taxa de trabalho menor na plataforma
- b) formar uma base elástica, até certo limite, amortecendo as trepidações resultantes da passagem dos trens;

- c) sobrepor à plataforma, suprimir suas irregularidades, formando uma superfície contínua e uniforme para os dormentes e trilhos;
- d) impedir os deslocamentos dos dormentes tanto no sentido longitudinal quanto no transversal;
- e) facilitar a drenagem da superestrutura.

Segundo Brina (1983) para que o lastro desempenhe com eficiência as suas funções é preciso ter as seguintes qualidades:

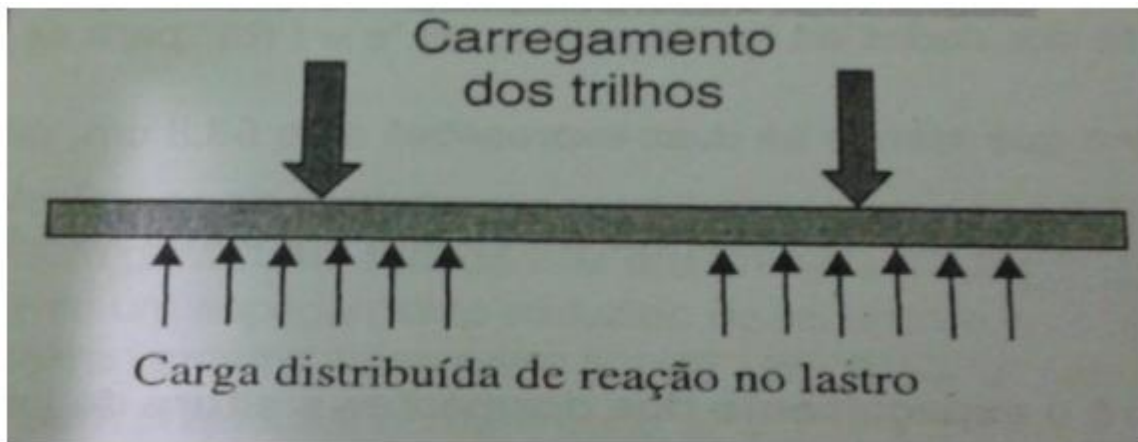
- a) suficiente resistência aos esforços transmitidos pelos dormentes;
- b) possuir elasticidade limitada, para suavizar os choques;
- c) ter dimensões que permitam sua interposição entre os dormentes e abaixo dos mesmos, preenchendo as depressões da plataforma e permitindo um perfeito nivelamento dos trilhos;
- d) ser resistente aos agentes atmosféricos;
- e) ser permeável para que possa permitir uma boa drenagem;
- f) não produzir pó, pois pode prejudicar o material rodante.

De acordo com Brina (1983) os materiais utilizados para o lastro são: terra, areia, cascalho, escórias e pedra britada. A terra e areia eram muito utilizados no passado, porém eles não preenchiam as características recomendadas para o lastro. Com isso ultimamente os mais usuais são: pedra britada, escória de aciaria e cascalho quebrado (FILHO; MAGALHÃES, 2006).

5.7.3 Dormentes

Os dormentes são elementos situados na direção transversal ao eixo principal da via, onde são posicionados entre o trilho e o lastro. Estruturalmente, eles são vigas que recebem duas cargas concentradas verticais transmitidas pelos trilhos e são distribuídas em duas áreas sobre o lastro. O lastro atua com duas seções de cargas distribuídas de reação à ação do carregamento exercido pelos trilhos (FIG 4) (FILHO; MAGALHÃES, 2006).

Figura 4 - Dormente como viga



Fonte: Engenharia de linha – Módulo Superestrutura III (2006).

Além de atuar como vigas, os dormentes são os principais componentes que servem de suporte para os trilhos, pois permitem a fixação e mantêm invariável a distâncias entre eles (bitolas), garantindo assim as funções de guia e de pista de rolamento. O material mais utilizado como dormente é a madeira, porém outros materiais estão ganhando espaço no mercado de ferrovia (FILHO; MAGALHÃES, 2006).

5.7.4 Função dos dormentes

Os dormentes devem desempenhar algumas funções importantes descritas abaixo:

- Servir de suporte aos trilhos, fixando e assegurando sua posição no que concerne ao nível, inclinação e separação relativa (Bitola da linha);
- Absorver as cargas verticais e horizontais dos trens, transmitidas pelos trilhos e distribuí-las sobre o lastro através de sua superfície de apoio;
- Manter a estabilidade da via nos planos vertical e horizontal (lateral e longitudinal), frente aos esforços dinâmicos imposto pelo movimento dos trens e aos esforços estáticos decorrentes do peso próprio da estrutura e daqueles gerados pela variação de temperatura;
- Manter o isolamento elétrico entre os trilhos.

(FILHO; MAGALHÃES, 2006).

Porém para cumprir as funções é preciso que os dormentes possuam alguns fatores básicos adequados, como: dimensões (três), forma, peso e material. Em decorrência, o momento de inércia.

- As dimensões, forma e material, irão definir o momento resistente da viga que suportará as cargas verticais impostas, além de garantir a estabilidade da via no plano;
- A forma e o peso são fatores básicos de influência do dormente no que concerne à estabilidade lateral da via;
- O peso tem relevada importância na elasticidade da linha. Quando em excesso o peso impõe alta rigidez à via, restringindo sua capacidade de absorção das ações dinâmicas e aumentando os custos de manutenção;
- O material tem relevada importância na manutenção da bitola, no que concerne à resistência aos esforços de arranchamento da fixação, bem como a deterioração da superfície de apoio dos trilhos. O material também é o fator fundamental no tocante ao isolamento elétrico.

(FILHO; MAGALHÃES, 2006).

5.7.5 Dormente de madeira

Desde o seu surgimento, o dormente de madeira é o principal e o mais utilizado em linhas ferroviárias, isso se dá devido a madeira reunir quase todas as qualidades exigidas nos dormentes. Entretanto, as madeiras de boa qualidade, utilizadas na fabricação dos dormentes vem se tornando onerosas devido a sua escassez e a deficiência dos reflorestamentos. Devido a estes fatores, madeiras mais comuns, que podem ser obtidas por menor preço, têm sido utilizadas com tratamento químico. Além de estudos para a utilização de outros materiais para a substituição desse tipo de dormente (BRINA, 1983).

A madeira, tradicionalmente, tem sido o material ideal para atender as funções de um dormente na via férrea. Isso se dá devido a vários fatores, como, resistência mecânica compatível com as necessidades, boa ancoragem à linha, peso relativamente leve, ótima trabalhabilidade e elasticidade ideal na linha. No entanto a vida útil do dormente de madeira vem sendo reduzida ao longo dos últimos anos (FILHO; MAGALHÃES, 2006).

As estradas de ferro estabelecem especificações a serem observadas nas aquisições de dormentes, fixando as qualidades da madeira, dimensões, tolerância e vários outros fatores. Quanto às dimensões, as “Normas” estabelecem (TAB. 3).

Tabela 3 - Dimensão dos dormentes de madeira de acordo com a bitola

Para bitola de 1,60m	Para bitola de 1,00m
2,80m de comprimento x 0,24m de largura x 0,17m de altura	2,00m de comprimento x 0,22m de largura x 0,16m de altura

Fonte: Brina (1983).

Quanto a durabilidade do dormente, vários fatores têm influência sobre ele, tais como a própria qualidade da madeira, o clima, a drenagem da via, o peso e a velocidade dos trens, a época do ano em que a madeira foi cortada, o grau de secagem, o tipo de fixação e da placa de apoio do trilho e o tipo de lastro usado. O ponto mais vulnerável do dormente é o local da fixação do trilho, onde se encontra a placa de apoio em conjunto com o grampo de fixação e o trilho ilustrado (FIG. 5) (BRINA, 1983).

Figura 5 - Linha ferroviária com a utilização do dormente de madeira



Fonte: o autor (2017).

De acordo com Brina (1983) o tratamento químico visa o aumento da vida útil do dormente, pois através dele, pode ser evitada a proliferação dos fungos e insetos. Para isso, é feita uma ação sobre o alimento dos mesmos, já que não se pode eliminar

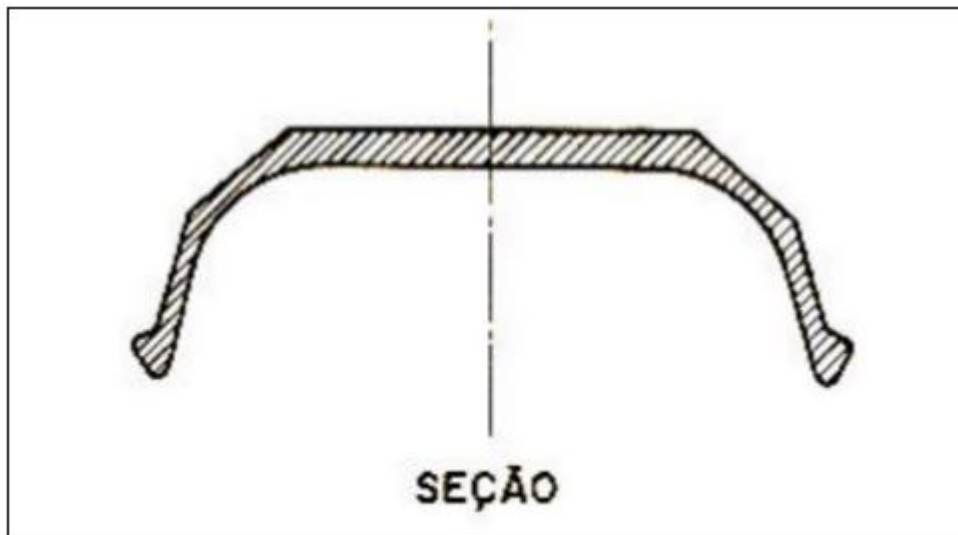
os outros fatores que favorecem a sua proliferação. Assim, o tratamento consiste em tornar tóxico aos fungos, os seus alimentos.

O dormente de madeira reduziu a sua vida útil ao longo dos últimos anos devido à escassez das essências de alta resistência. O motivo é que o tratamento químico que são aplicados neles vêm sendo combatidos pelos princípios do “meio ambiente” (FILHO; MAGALHÃES, 2006).

5.7.6 Dormente de aço

Diversos tipos de dormentes de aço foram desenvolvidos, porém o que oferece as melhores propriedades tem seção em U invertido curvado nas extremidades, para facilitar a fixação e se colocar ao deslocamento transversal da via conforme (FIG. 6). De acordo com a NBR 11824 e NBR 12477, o dormente de aço é relativamente leve e de fácil assentamento, mas esta característica o torna impróprio para o uso em linhas com tráfego pesado. É um dormente barulhento e tem como inconvenientes os fatos de ser bom condutor de eletricidade (BRINA, 1983).

Figura 6 - Seção do trilho de aço

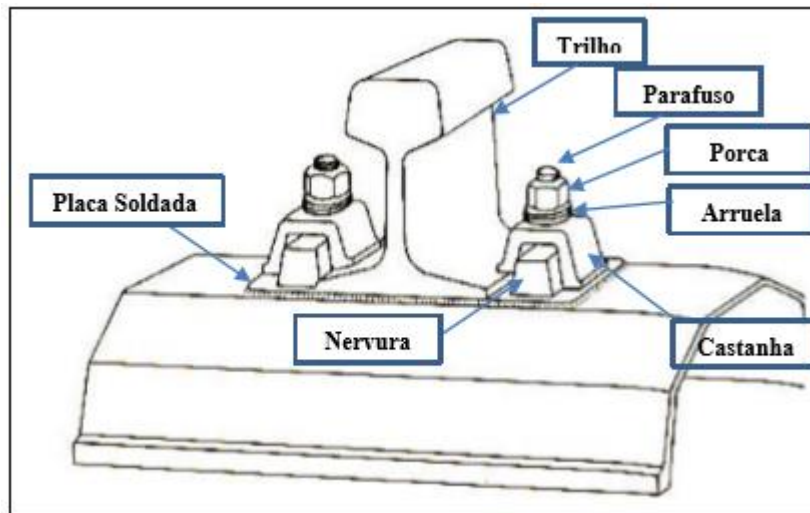


Fonte: Brina (1983).

A fixação, normalmente é feita por meio de parafusos e castanhas e necessita de manutenção permanente. A fixação feita por parafusos, normalmente enfraquece o dormente devido os furos. Para sanar estes inconvenientes, adotou-se o sistema de fixação com a soldagem de uma placa com nervuras (fixação GEO), este dormente

é relativamente mais moderno com boa qualidade e durabilidade, mas com preço mais elevado. Uma grande desvantagem deste sistema, é o fato de que uma possível substituição do perfil de trilho utilizado na via, pode demandar a necessidade da substituição do dormente, pois para cada perfil de trilho tem-se um tamanho e tipo de placa de fixação GEO (FIG 7 e FIG 8). (BRINA, 1983).

Figura 7 - Placa de fixação tipo GEO



Fonte: Brina (1983).

Figura 8 - Linha ferroviária utilizando do dormente de aço



Fonte: Hidremec (2017).

5.7.7 Dormente de concreto

Apesar dos primeiros dormentes de concreto terem sido produzidos no final do século XIX, até o início da década de 1940 as ferrovias utilizavam quase que exclusivamente os dormentes de madeira. A escassez de madeira de boa qualidade

em muitos países levou a uma intensificação do uso dos dormentes de concreto (DORBRÁS, 2017).

Na maior parte da Europa, Japão, e em alguns países da África, os dormentes de concreto já correspondem a aproximadamente 40% da demanda. Já nos EUA, Canadá, Austrália, América do Sul e demais países, os dormentes de concreto são bem menos utilizados, com participação da ordem de 10% do total de dormentes utilizados (MARZOLA, 2004).

Segundo Brina (1983) atualmente o dormente de concreto já se tornou um produto consagrado e amplamente testado, sendo que o seu uso vem se tornando cada vez mais frequente, sendo um dos motivos a durabilidade. Sua vida útil é aproximadamente 40 anos, enquanto os dormentes de madeira duram em torno de 15 anos.

No início de sua utilização esses dormentes tinham a mesma forma que o dormente de madeira, mas os resultados obtidos com o emprego destes, não foram satisfatórios. Apesar da armação metálica colocada para resistir aos esforços da tração, surgiram trincas que ocasionavam o rompimento do dormente. Isso geralmente ocorria na parte média do dormente, devido a um nivelamento irregular (BRINA, 1983).

Havendo recalque ou instalação defeituosa, o dormente passa a se apoiar no lastro pela parte média do referido, desta forma começam a agir sobre este, momentos fletores extremamente elevados (BRINA, 1983).

Segundo Bastos (1999) após experimentação em diversos países como Alemanha, Bélgica e França, surgiram os três principais tipos de dormentes de concreto, sendo estes:

Concreto protendido é submetido a um esforço normal de compressão, através de cabos tensionados no seu redor. São reforçados para resistir a fortes impactos e a elevados momentos fletores. Os dormentes de concreto protendido desenvolvidos principalmente na Alemanha são de alta qualidade e têm se portado satisfatoriamente nas linhas. A FIG. 9 traz um esquema deste tipo de dormente.

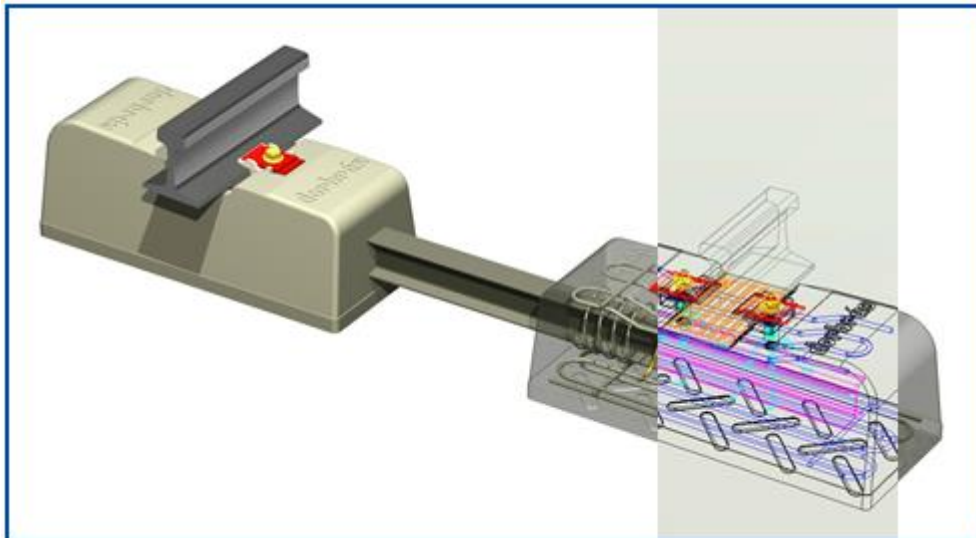
Figura 9 - Linha ferroviária utilizando dormente de concreto protendido



Fonte: Dorbrás (2017).

Dormentes mistos são constituídos de dois blocos ligados por uma barra metálica, desenvolvido na França. Conhecido também por dormente de concreto RS, projetado por Roger Soneville (BRINA, 1983). A FIG. 10 ilustra o principal dormente deste tipo.

Figura 10 - Dormente Misto

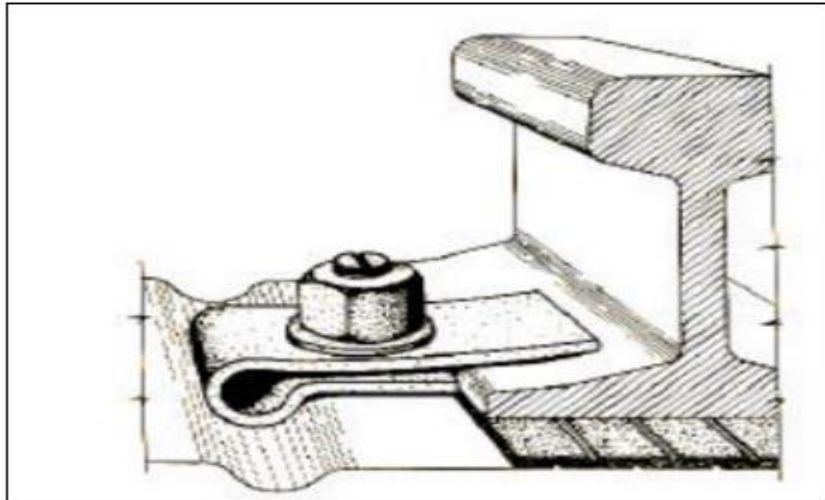


Fonte: Dorbrás (2017).

A FIG. 11 ilustra o detalhe da fixação do trilho. Entre a sapata do trilho e o dormente é colocada uma almofada de borracha como encaixe, com a finalidade de

aumentar a elasticidade utilizada como placa de apoio, e reduzir uma parcela das vibrações (BRINA, 1983).

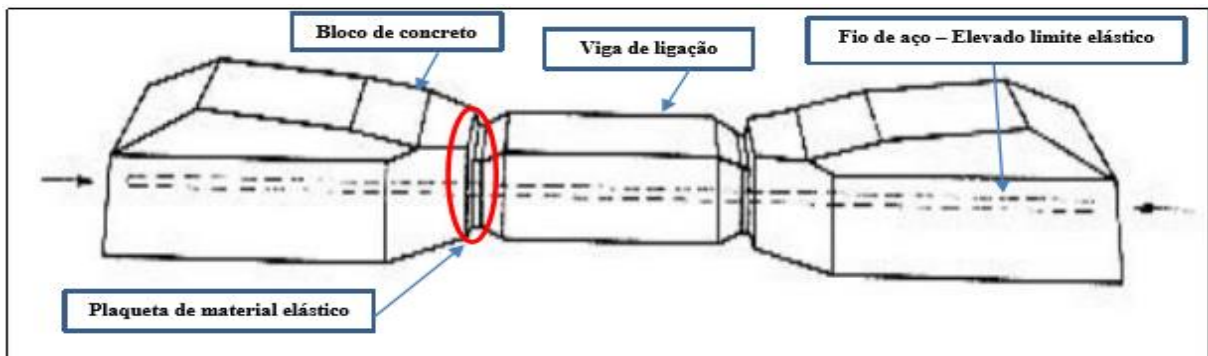
Figura 11 - Detalhe da fixação em dormentes mistos



Fonte: Brina (1983).

Dormente de Polibloco é constituído por dois blocos de concreto armado e uma peça intermediária também de concreto (viga), fazendo-se a união das três peças com fios de aço, com elevado limite elástico, desenvolvido na Bélgica, também conhecido por dormente FB, projetado por Franki- Bagon. A FIG. 12 ilustra o esquema deste dormente (BRINA, 1983).

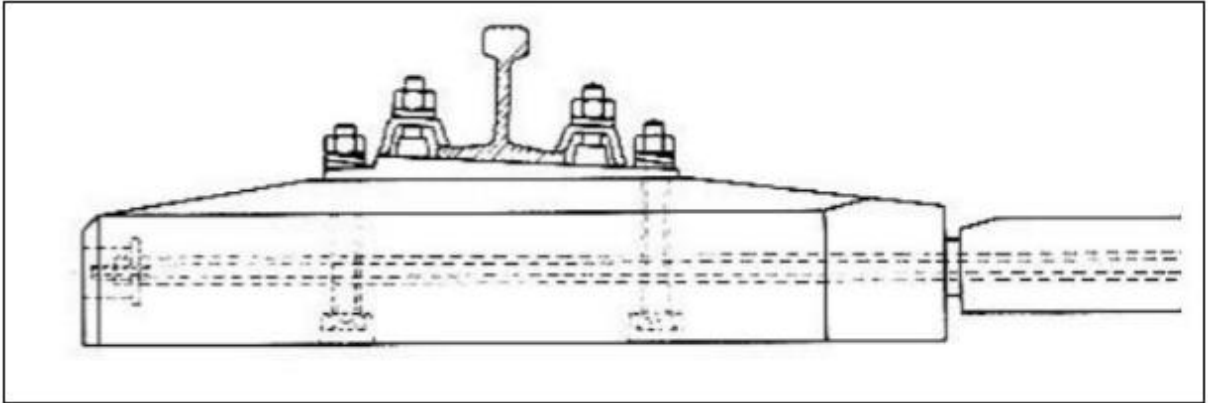
Figura 12 - Esquemático do dormente polibloco



Fonte: Brina (1983).

A fixação do trilho neste dormente pode ser por meio de parafusos fixados ao concreto e uma castanha que se aperta contra o patim do trilho, através de uma porca conforme (FIG. 13) (BRINA, 1983).

Figura 13 - Fixação do trilho em dormente polibloco



Fonte: Brina (1983).

5.7.8 Placas de apoio

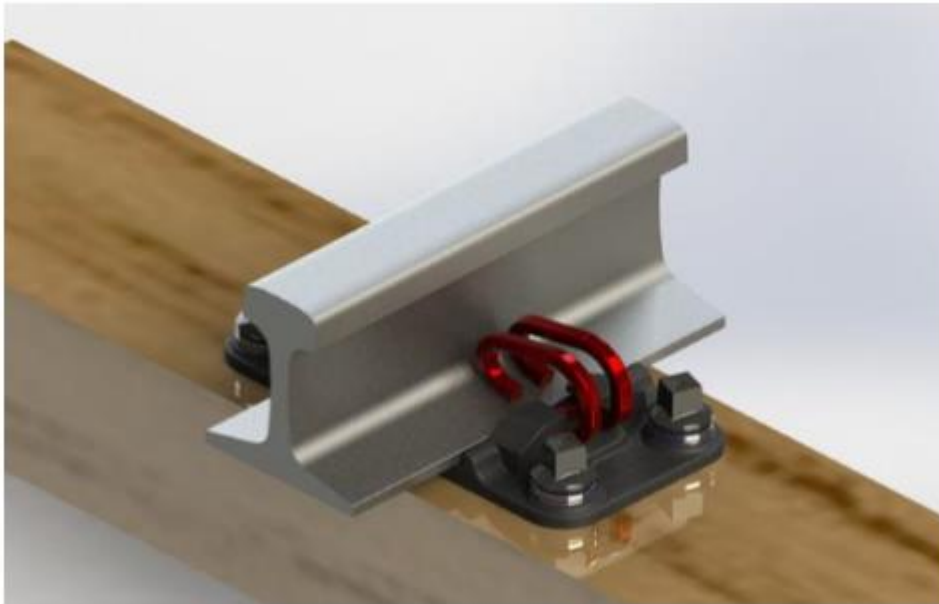
Situada entre o trilho e o dormente, as placas de apoio servem para aumentar a área de apoio do trilho no dormente, reduzindo a pressão e aumentando a vida útil do mesmo. As FIG.14 e FIG.15 ilustram uma placa de apoio (BRINA, 1983).

Figura 14 - Placa de apoio



Fonte: O autor (2017).

Figura 15 - Esquemático de utilização da placa de apoio



Fonte: Brrailparts (2017)

5.7.9 Acessórios de fixação

Os acessórios de fixação são elementos que têm como função manter o trilho na posição correta e garantir a bitola da via, oferecendo resistência ao deslocamento longitudinal e transversal horizontal do trilho, provocando por variações de temperatura ou frenagem dos veículos. Para tanto as cargas horizontais e verticais devem ser transferidas para os dormentes sem prejudicar o sistema de fixação (BRINA, 1983).

5.7.10 O prego de linha ou grampo de linha

Os pregos de linha possuem seção retangular, apresentam uma saliência que se apoia no patim do trilho e tem a mesma inclinação do patim na parte inferior e também saliência, tipo orelhas que servem para o arranchamento. São cravados a golpes de marreta ou batedeira de pregos, em furos previamente preparados e são considerados menos eficientes pois funcionam como “cunha” na madeira, cria a tendência de rachar o dormente. Os pregos de linha, da mesma forma que o tirefond, soltam com o tempo devido à vibração, perdendo a capacidade de resistir a esforços longitudinais (BRINA, 1983).

Na FIG. 16 pode-se ver um exemplo de prego de linha.

Figura 16 - Prego de linha



Fonte: O autor (2017).

5.7.11 O tirefond

Tirefond é um tipo de fixação superior ao prego, pois sendo aparafusado fica mais solidário com a madeira do dormente, sacrifica menos as fibras desta e oferece uma resistência ao arranchamento bem superior. A “cabeça” que é a parte superior do tirefond tem uma base alargada, em forma de aba de chapéu, que na face inferior tem a mesma inclinação do patim do trilho (BRINA, 1983) (FIG. 17).

Figura 17 - Tirefond



Fonte: O autor (2017).

5.7.12 Trilho

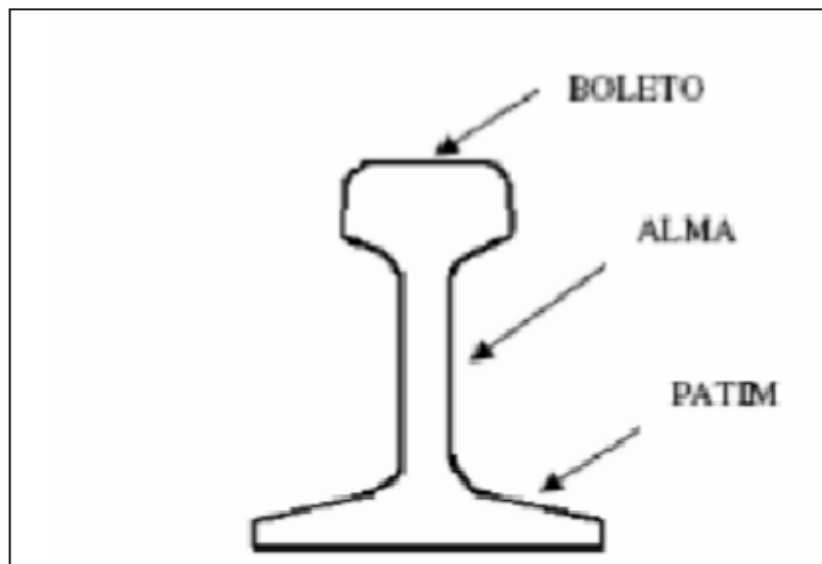
Atualmente o trilho de via férrea é o componente mais importante da superestrutura. É tecnicamente considerado o principal elemento de suporte e guia dos veículos ferroviários, e economicamente detém o maior custo dentre os elementos estruturais de via (DUVAL; MAGALHÃES, 2006).

No início do século XVIII, nas companhias de exploração da Inglaterra foram usadas as primeiras peças de madeira para o rolamento das carroças visando impedir que as rodas atolassem nos barreiros. Em meados do século XVIII, afim de tornar os trilhos de madeira mais duráveis, os trabalhadores começaram a revesti-los com tiras de ferro (DUVAL; MAGALHÃES, 2006).

5.7.13 Perfil do trilho

O perfil básico utilizado em trilhos ferroviários convencionais é o tipo Vignole, que é composto por boleto, alma e patim, definido pela NBR 7590 e ilustrado na (FIG. 18).

Figura 18 - Perfil vignole



Fonte: Semprebone (2005).

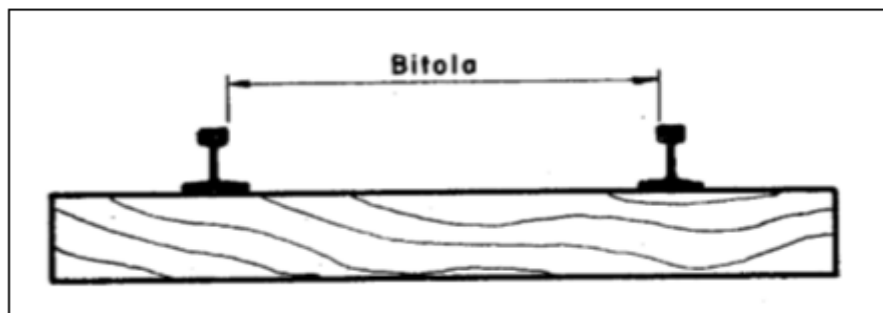
A NBR 7590 define boleto como parte do trilho destinada ao apoio e deslocamento da roda ferroviária, a altura do boleto deve ter proporção que permita uma ampla margem de desgastes vertical, tendo em vista a sua redução de área durante a vida útil do trilho.

A seção do boleto e a seção do patim devem ser de tal ordem que mantenham a linha neutra do trilho, tão próxima quanto possível, da metade da altura do trilho.

5.7.14 Bitola

Segundo Brina (1983) “ denomina-se bitola, à distância entre as faces internas das duas filas de trilhos, medida a 12 mm, abaixo do plano de rodagem (plano constituído pela face superior dos trilhos) ”. A FIG. 19 ilustra a bitola.

Figura 19 - Bitola



Fonte: Brina (1983).

5.8 Indicadores de análise de viabilidade técnica e econômica para investimento em projetos

Para alcançar o conhecimento sobre os recursos e competências necessárias para o desenvolvimento de projeto, é de suma importância que seja realizado o estudo da viabilidade técnica, pois assim podem ser evitados custos desnecessários caso o projeto não possa ser executado com as atuais limitações que possam surgir no seu decorrer (FARIA, 2014).

O objetivo de toda organização, além de atender as expectativas de seus clientes, fornecedores, acionistas e funcionários é principalmente a geração de lucros. O motivo pelo qual essas organizações trabalham, são para que as decisões de investimento da empresa gerem um saldo líquido de ganhos, onde elas são consideradas como uma entidade direcionada para a acumulação de capital, buscando sua valorização. Com isso, decidir sobre investir ou não em determinado projeto é fundamental e poderá garantir o sucesso ou o fracasso da empresa (SOUZA; CLEMENTE, 2009).

A análise econômico-financeira do investimento, deve ser analisada pelos gestores de acordo com o projeto, utilizando técnicas de valor de dinheiro no tempo, para reconhecimento de suas oportunidades de obtenção de resultados positivos quando avaliado as séries dos fluxos de caixa esperados, atrelados a alternativas e decisões.

A empresa que busca fazer um investimento se associa a pesquisas, avaliações de risco, oportunidades de ganhos, estudos, e retorno para a tomada de decisão.

Para análise de investimentos, existem alguns indicadores de viabilidade que podem auxiliar o gestor, como: o valor presente líquido, a taxa interna de retorno e o período de retorno do investimento (PayBack) (MACEDO; SIQUEIRA, 2006).

5.8.1 Taxa Mínima de Atratividade

Segundo Kunhen & Bauer (apud WERNKE, 2000) o conceito de Taxa Mínima de Atratividade é “a taxa mínima de retorno que o investidor pretende conseguir como rendimento, ao realizar algum investimento”.

A taxa mínima de atratividade é a taxa na qual o investidor considera que estará obtendo lucro. É uma taxa formada por baixos riscos, ou seja, na pior das hipóteses qualquer sobra de caixa pode ser aplicada (CASAROTTO; KOPITTKKE, 2000).

5.8.2 Valor presente líquido

O valor presente líquido é uma metodologia de análise de investimento muito conhecida e utilizada. Trata-se da concentração de todos os valores esperados de um fluxo de caixa na data zero (SOUZA; CLEMENTE, 2009).

Para análise dos ganhos e retornos do projeto, que podem ser representados através de entradas de caixa, como pela economia de custos obtida em função da implantação, é importante verificar o custo benefício do projeto de investimento (GITMAN, 2002).

O VPL é considerado uma técnica inovadora, pois facilita na tomada de decisões de novos investimentos, dado que considera o valor do dinheiro no tempo.

A partir da análise do VPL tem se a possibilidade de apontar se a empresa aceita ou não o projeto (GITMAN, 2004).

A VPL pode ser calculada conforme a equação 1:

Equação 1 - Fórmula VPL

$$VLP = -FCo + \sum_{j=1}^N \frac{FCj}{(1 + TMA)^j} \quad (1)$$

Onde:

FCo= Corresponde ao investimento inicial;

FCj= Corresponde ao fluxo de caixa líquido no tempo j;

Σ = Corresponde ao somatório da data "1" até a data "N".

Após resolvida a equação, se compara os resultados para o VPL (BONORA, 1996):

- VPL < 0: investimento inviável, não obtendo ganhos, pois sua taxa de renda é menor que a taxa de atratividade. Portanto, a renda do investimento não atingiu a taxa desejada, projeto deve ser recusado.
- VPL = 0: investimento possui a mesma taxa de atratividade com a renda esperada. O investimento não traz benefícios financeiros nem prejuízos.
- VPL > 0: O investimento é economicamente viável, superando a expectativa da empresa, trazendo lucros. Projeto deve ser aceito.

5.8.3 Taxa interna de retorno (TIR)

Taxa Interna de Retorno é a taxa de desconto que iguala o Valor Presente Líquido a zero. Para comparar investimentos dentro do mesmo ramo de atividade é um ótimo indicador. E quando se tem projetos diferentes, o melhor indicador é a grandeza do Valor Presente (BRITO, 2003),

Para obtenção do resultado deste indicador Schubert ressalta:

Neste método, o procedimento será encontrar a taxa de retorno, que fará com que o valor presente de caixa líquido esperado ou projetado, do projeto se iguale ao valor presente dos desembolsos de caixa aplicados no projeto. (SCHUBERT, 1989, p.50)

Os valores obtidos do cálculo da TIR servem para analisar a alternativa de risco e retorno. A probabilidade de retorno pode ser interpretada como um limite superior para a lucratividade de um projeto de investimento (SOUZA; CLEMENTE, 2009).

5.8.4 Tempo de retorno do investimento (PayBack)

É o método não exato, que tem como finalidade a medição do tempo necessário para que o montante das parcelas anuais seja igual aos valores do investimento inicial.

O payback deve ser utilizado como parâmetro, pois ele irá mensurar, com base na geração de caixa, qual o tempo que será gasto para que o dinheiro investido, retorne na forma de investimento (SCHUBERT, 1989).

Uma das vantagens deste método é que ele demonstra a liquidez do projeto e, portanto, o risco de não recuperar o capital investido. Expõe-se que quanto mais líquido o investimento, admita-se que menos será arriscado e vice-versa. Empresas de pequeno porte utilizam este indicador, devido ser de cálculo fácil e por demonstrar o prazo necessário para que o investimento retorne ao investidor (SCHUBERT, 1989).

6 MATERIAL E MÉTODOS

6.1 Local do Estudo

O estudo foi realizado em uma empresa que tem forte atuação no setor de manutenção e construção de ferrovias. Sua sede é na cidade de Formiga/MG, com escritórios regionais nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Goiás, Rio Grande do Sul e Minas Gerais.

A empresa atua no mercado desde 1978, com execução de projetos arquitetônicos estruturais, terraplanagem, pavimentação e infra e superestrutura ferroviária.

6.2 Escolha da Amostra

Mediante a alta competitividade do mercado atual, as empresas veem buscando alternativas para redução de despesas, objetivando o aumento da capacidade produtiva, qualidade e a melhoria contínua.

Visando os parâmetros citados e na busca de ser mais competitivo no mercado, estuda-se a aquisição de um equipamento para execução de serviços de substituição de dormentes de forma mecanizada, com objetivo do aumento da produtividade, redução dos gastos com mão de obra, entre outros.

6.3 Método de Coleta de Dados

Os dados utilizados são provenientes de informações de custos de produção dispostos na empresa em estudo e de catálogos de especificações técnicas do fabricante do equipamento.

Os custos foram compostos da seguinte forma:

Salário mensal, é igual ao salário nominal mais 70% do mesmo, que corresponde ao valor médio da produção;

Encargos sociais, é igual a todos os encargos (férias, 13º salário, fundo de garantia, dentre outros), que o funcionário tem direito, dividido por 12 meses, que corresponde a um ano.

Alimentação, é igual ao somatório do valor de café da manhã, almoço e janta, multiplicado o número de dias úteis no mês.

Transporte, é igual ao valor do aluguel do caminhão e van que acompanham a equipe, mais o consumo médio de combustível mensal, dividido pelo número de colaboradores da equipe.

Despesas admissionais, é igual ao valor dos exames admissionais, mais o valor dos dias que o funcionário está admitido sem trabalhar, devido estar fazendo exames e treinamentos, dividido pela periodicidade dos exames.

Assistência médica/seguro, é igual ao valor da mensalidade do plano de saúde, mais o valor da mensalidade do seguro de vida.

Epi e uniformes, é igual ao somatório de todos os epi's e uniformes que o funcionário necessita para executar as atividades, onde o valor de cada item é dividido pelo tempo médio de vida útil do mesmo, para encontrar o custo mensal do item.

Ferramentas, é igual ao somatório de todas as ferramentas utilizadas pelo funcionário, onde o valor de cada ferramenta é dividido pelo tempo médio de vida útil, para encontrar o custo mensal desta ferramenta.

Outros, é igual à soma do valor gasto com aluguel de imóveis para alojamento, mais o valor dos itens para mobilização do alojamento, dividido pelo número de funcionários que ficarão alojados.

6.4 Método de Análise

As informações obtidas nos catálogos e dados da empresa, foram analisadas através do uso de metodologias específicas para cálculo e comparação da viabilidade de aquisição do equipamento, estas ferramentas foram: Taxa Mínima de Atratividade de 15% (TMA), Payback, Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Presente Líquido (VPL).

As análises econômicas são para verificação da viabilidade da aquisição dos dois equipamentos para execução do processo de substituição de dormentes. Para possibilitar tal análise, foram utilizados os indicadores econômicos já citados anteriormente, embasados na quantificação dos ganhos e dos gastos que estes equipamentos irão gerar.

Foi considerado uma vida útil do projeto de 10 anos de investimento do fluxo de caixa.

A taxa mínima de atratividade (TMA), que é a taxa mínima de retorno exigida pelo empresário ao fazer o investimento, foi de 15% ao ano.

Foi acrescido por ano 5% de inflação nos custos manuais e mecanizados.

O valor residual do equipamento após 10 anos será dado pelo valor de compra multiplicado por 30%.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para analisar os resultados, foram apresentados os valores das análises técnicas e econômicas obtidas, para possíveis comparações e discussões.

7.1 Substituição de dormentes manual

O processo manual de substituição de dormentes de madeira, consiste em:

- 1 - Retirar os acessórios de fixação, que fixam o trilho junto a placa de apoio e ao dormente;
- 2 - Limpar o lastro (terra, areia, cascalho, escórias e pedra britada) que está entre os dormentes (FIG. 20);
- 3 - Extrair o dormente que precisa ser substituído (FIG. 21);
- 4 - Inserir o dormente novo;
- 5 - Refazer o lastro;
- 6 - Colocar os acessórios de fixação.

Figura 20 - Limpeza de lastro manual



Fonte: Acervo da empresa.

Figura 21 - Extração manual do dormente



Fonte: Acervo da empresa.

Com uma equipe de 25 colaboradores, diariamente são substituídos em média 250 dormentes de madeira. Estes funcionários estão expostos a riscos ergonômicos, intempéries, acidentes do trabalho, dentre outros.

7.2 Substituição de dormentes mecanizada

O processo mecanizado de substituição de dormentes de madeira, consiste em:

- 1 - Retirar os acessórios de fixação, que fixam o trilho junto a placa de apoio e ao dormente;
- 2 - Extrair o dormente que precisa ser substituído (FIG. 22);
- 3 - Posicionar o dormente novo (FIG. 23);
- 4 - Inserir o dormente (FIG. 24);
- 5 - Refazer o lastro;
- 6 - Colocar os acessórios de fixação.

Figura 22 - Extração mecanizada do dormente



Fonte: O autor (2017)

Figura 23 - Posicionamento do dormente



Fonte: O autor (2017)

Figura 24 - Inserção do dormente



Fonte: O autor (2017)

Implementando estes dois equipamentos na atividade de troca de dormentes, não é mais necessário fazer a limpeza de lastro, devido a força que o equipamento tem para extrair o dormente, a retirada é feita de forma mais rápida e segura, mediante isto, são necessários apenas 14 colaboradores, e a média de substituição é de 375 dormentes por dia.

7.3 Especificações e custos dos equipamentos

Para que o processo de substituição de dormentes seja mecanizado, é necessário a aquisição de dois equipamentos denominados em conjunto como Tie Gang (FIG. 25 e FIG.26).

Figura 25 - Tie Remover/Insert



Fonte: O autor (2017).

Este equipamento é fabricado pela empresa Nordco, que tem sede nos Estados Unidos.

O Tie Remover/Insert tem como função, retirar o dormente usado e colocar o novo, é um equipamento que tem muita força e rapidez, proporcionando um ganho na execução dos serviços e redução da mão de obra.

O custo para importação deste equipamento atualmente é de R\$ 2.437.500,00, considerando o dólar comercial a R\$ 3,25, o consumo mensal de óleo diesel é de 3.200 litros por mês e o custo mensal de manutenção é de R\$ 7.500,00.

Figura 26 - Tie Crane



Fonte: O autor (2017)

Este equipamento é fabricado no Brasil, trata-se de uma Escavadeira John Deere 130g. São feitas duas modificações no equipamento, que é a retirada da concha e instalação de um implemento para movimentação de dormentes, e remoção das esteiras para instalação do kit ferroviário, para que o equipamento possa movimentar na linha férrea.

O Tie Crane tem como função, fazer a remoção dos dormentes usados extraídos pela Tie Remover/Insert, que estão as margens da ferrovia, e posicionar os dormentes novos para que a Tie Remover/Insert possa fazer a inserção. Este equipamento proporciona mais agilidade e rapidez na execução dos serviços, pois movimentar dormentes manualmente, além de ser demorado, devido ao peso, tem grandes riscos de acidentes.

O custo para aquisição deste equipamento atualmente é de R\$ 1.000.000,00, o consumo mensal de óleo diesel é de 800 litros por mês, e o custo mensal de manutenção é de R\$ 1.300,00.

De acordo com o estudo realizado, foi possível verificar o ganho operacional disposto a partir da aquisição destes equipamentos, onde obteve-se maior agilidade e ganho de tempo na execução do processo, redução de 11 funcionários, que proporcionou diretamente a redução dos riscos com acidentes e da baixa qualidade do serviço e um aumento de produtividade de 66 % por mês.

7.4 Custos da mão de obra

A atividade de substituição de dormentes é executada pelo conservador de ferrovias, cada funcionário que exerce esta função, tem um custo médio mensal de R\$ 6.027,21 para a empresa, a TAB.4, apresenta a estratificação da composição deste custo.

Tabela 4 - Composição do custo de mão-de-obra

FUNÇÃO: CONSERVADOR DE FERROVIAS		
DISCRIMINAÇÃO	CUSTOS DIVERSOS	CUSTOS TOTAIS
A) SALÁRIO MENSAL		R\$ 1.843,12
B) ENCARGOS SOCIAIS		R\$ 1.190,47
C) CUSTOS DIVERSOS (SOMA C1+C2+C3+C4+C5+C6+C7)		R\$ 2.993,63
C1) ALIMENTAÇÃO	R\$ 728,00	
C2) TRANSPORTE	R\$ 1.187,67	
C3) DESPESAS ADMISSIONAIS	R\$ 145,99	
C4) ASSISTÊNCIA MÉDICA/SEGURO	R\$ 213,18	
C5) EPI E UNIFORMES	R\$ 218,84	
C6) FERRAMENTAS	R\$ 201,12	
C7) OUTROS	R\$ 298,83	
D) TOTAL DOS CUSTOS DE MÃO-DE-OBRA (A+B+C)		R\$ 6.027,21
E) Nº DE HORAS TRABALHADAS NO MÊS		176
CÁLCULO DO CUSTO DO HOMEM HORA		R\$ 34,25

Fonte: O autor (2017).

7.5 Resultados das análises econômicas

A TAB. 5 ilustra os custos de mão de obra de 25 funcionários no período de 10 anos. Já o custo mecanizado, contempla o valor de investimento para os dois equipamentos e os custos com combustível e manutenção mais os custos de mão de obra de 14 funcionários.

Tabela 5 - Custos manuais e mecanizados

Ano	Custo Manual	Custo Mecanizado	Ganho com Mecanização
0	R\$ -	-R\$ 3.437.500,00	-R\$ 3.437.500,00
1	R\$ 1.808.163,00	R\$ 1.130.251,28	R\$ 677.911,72
2	R\$ 1.898.571,15	R\$ 1.186.763,84	R\$ 711.807,31
3	R\$ 1.993.499,71	R\$ 1.246.102,04	R\$ 747.397,67
4	R\$ 2.093.174,69	R\$ 1.308.407,14	R\$ 784.767,55
5	R\$ 2.197.833,43	R\$ 1.373.827,49	R\$ 824.005,94
6	R\$ 2.307.725,10	R\$ 1.442.518,87	R\$ 865.206,23
7	R\$ 2.423.111,35	R\$ 1.514.644,81	R\$ 908.466,54
8	R\$ 2.544.266,92	R\$ 1.590.377,05	R\$ 953.889,87
9	R\$ 2.671.480,27	R\$ 1.669.895,91	R\$ 1.001.584,36
10	R\$ 2.805.054,28	R\$ 1.753.390,70	R\$ 1.051.663,58

Fonte: Dados do trabalho (2017).

A TAB.6 ilustra o VPL do projeto, baseando-se em 10 anos de projeção, apresentando o ganho com a mecanização, o valor residual do equipamento no período e o fluxo de caixa que se dá pelo ganho com mecanização somado ao valor residual do equipamento.

Tabela 6 - Valor presente líquido

Ano	Ganho com Mecanização	Valor Residual	Fluxo de Caixa
0			-R\$ 3.437.500,00
1	R\$ 677.911,72	0	R\$ 677.911,72
2	R\$ 711.807,31	0	R\$ 711.807,31
3	R\$ 747.397,67	0	R\$ 747.397,67
4	R\$ 784.767,55	0	R\$ 784.767,55
5	R\$ 824.005,94	0	R\$ 824.005,94
6	R\$ 865.206,23	0	R\$ 865.206,23
7	R\$ 908.466,54	0	R\$ 908.466,54
8	R\$ 953.889,87	0	R\$ 953.889,87
9	R\$ 1.001.584,36	0	R\$ 1.001.584,36
10	R\$ 1.051.663,58	R\$ 1.031.250,00	R\$ 2.082.913,58

Fonte: Dados do trabalho (2017).

Para que o Valor Presente Líquido do projeto seja calculado, é preciso trazer todos os valores do fluxo de caixa para o presente, descontados pela taxa mínima de

atratividade, subtrair o valor do investimento e somá-los. O valor encontrado foi de R\$ 866.997,32. Por se tratar de um valor positivo, o VPL confirma a viabilidade do projeto.

A TAB.7 apresenta os valores econômicos do final do projeto, afim de analisar a viabilidade econômica do mesmo, observando o VPL, TMA, TIR e o Payback.

Tabela 7 - Resultados dos valores econômicos

Valor Presente Líquido (VPL)	R\$ 866.997,32
Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	15%
Taxa Interna de retorno (TIR)	20%
Payback	4 anos e 8 meses

Fonte: Dados do trabalho (2017).

A taxa interna de retorno é a taxa de desconto que iguala o VPL a zero, seu cálculo na forma manual é complexo e chega-se num valor aproximado. Sendo assim, introduzindo o fluxo de caixa no Excel, obteve-se o resultado de 20%. A taxa de retorno encontrada está acima da taxa mínima de atratividade estipulada, que é de 15% a.a., o que torna o projeto viável.

O payback demonstra o ano em que o investimento volta para o investidor levando em consideração o fluxo de caixa livre descontado a uma taxa mínima de atratividade, que é de 15%. a.a, pode ser verificado na TAB. 7, que o investidor terá seu capital investido em 4 anos e 8 meses.

Dentre os dois equipamentos apresentados para investimento e otimização do processo, o Tie Remover/Insert é importado. Para verificação da viabilidade da importação deste equipamento, é apresentado na TAB.8 a análise de sensibilidade de investimento mediante a variação do dólar.

Tabela 8 - Análise de sensibilidade

Dólar Comercial	Investimento	VPL	TIR
R\$ 3,25	R\$ 3.437.500,00	R\$ 866.997,32	20%
R\$ 3,60	R\$ 3.700.000,00	R\$ 623.963,12	19%
R\$ 3,80	R\$ 3.850.000,00	R\$ 485.086,43	18%
R\$ 4,05	R\$ 4.037.500,00	R\$ 311.490,57	17%
R\$ 4,25	R\$ 4.187.500,00	R\$ 172.613,88	16%
R\$ 4,45	R\$ 4.337.500,00	R\$ 33.737,20	15%
R\$ 4,50	R\$ 4.375.000,00	-R\$ 981,98	15%

Fonte: Dados do trabalho (2017).

Com o valor do dólar comercial a R\$ 4,50, o valor do VPL será menor que zero, o que torna o projeto de mecanização economicamente inviável.

8 CONCLUSÃO

Diante do trabalho acadêmico desenvolvido com o objetivo de analisar a viabilidade técnica e econômica de mecanização do processo de substituição de dormentes, pode-se concluir que executar a atividade de forma mecanizada, é tão viável tecnicamente, quanto economicamente.

Com a mecanização foi possível reduzir a quantidade de funcionários nas frentes de serviços, o que diretamente proporcionará uma redução de acidentes e ociosidade, e também proporcionará um aumento da produtividade e qualidade do serviço.

Para análise da viabilidade econômica do projeto, os valores de custos e investimentos, foram fundamentados nos cálculos do VPL, que foi possível constatar que seu valor foi maior que zero, indicando que o projeto é viável. A TIR apresentou uma rentabilidade de 20% deste projeto. A TMA que é a taxa no qual o investidor considera que estará obtendo lucro foi de 15%, também conhecida como taxa de oportunidade e por fim o Payback, que é o retorno do investimento, que foi calculado em 4 anos e 8 meses.

Diante das informações dispostas no trabalho, foi possível concluir que é viável o investimento nos equipamentos para execução da atividade mecanizada.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7590**: trilho “Vignole”. Rio de Janeiro, 1991.

BASTOS, P.S.S. **Análise experimental de dormentes de concreto protendido reforçados com fibras de aço**. 1999. 270 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos.

BONORA, J. D. **Matemática financeira: análise de investimento, amortização de empréstimo, capitalização, utilização de calculadoras financeiras**. São Paulo: Editora Ícone, 1996.

BRINA, Helvécio Lapertosa, 1983. **Estradas de ferro**. LTC – Livros Técnicos e Científicos. Editora S.A.. 1ed. Rio de Janeiro.

BR RAILPARTS. Disponível em: <http://www.brrailparts.com.br/placas_apoio.php>.

BRITO, PAULO. **Análise e viabilidade de projetos de investimentos**. São Paulo: Atlas, 2003, 100p.

CASAROTTO, Nelson Filho & HARTMUT KOPITKE, Bruno. **Análise de investimentos**. São Paulo: Atlas, 2000.

COMPANHIA BRASILEIRA DE DORMENTES – DORBRÁS. Produtos. **Dormentes de concreto**. Disponível em: <<http://dorbras.com.br/?produtos/dormentes-de-concreto/>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

Confederação Nacional do Transporte – CNT. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Pesquisa/pesquisa-cnt-ferrovias>>. Acesso em: 15 de jul. 2017.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/Ferrovias/historico.asp>>. Acesso em 10 jun. 2017.

DUVAL, Ernani; MAGALHÃES, Paulo C. Barroso, 2006. **Programa para capacitação em superestrutura ferroviária**, Apostila, Belo Horizonte.

FARIA, A. F. Método para análise e avaliação de estudo de viabilidade técnica, econômica e comercial e do impacto ambiental e social (EVTECIAS). In: Seminário Nacional de Parques Tecnológicos e Incubadora de Empresas, 24, 2014. Belém. **Anais...** Belém: [S.I], 2014.

FILHO, Ernani Duval; MAGALHÃES, Paulo C. Barroso. **Engenharia de Linha: Módulo de Superestrutura III**. Companhia Vale do Rio Doce e Ferrovia Centro Atlântica S.A. 2006.

FURTADO, Márcio Ângelo Lima. **Caminhos de Ferro**. Lavras: 2º Edição Revista e Corrigida. 2005.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de Administração Financeira**. 7a ed. São Paulo: Harbra, 2002.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de Administração Financeira**. 10.ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004.

HIDREMEC – Indústria de Materiais Ferroviários. Disponível em: <<http://www.hidremec.com.br/>>. Acesso em 10 jun. 2017

MACEDO, M. A. S.; SIQUEIRA, J. R. M. **Custo e estrutura de capital – uma abordagem crítica**. In: MARQUES, J. A. V. C.; SIQUEIRA, J. R. M. *Finanças Corporativas: aspectos essenciais*. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2006.

MARZOLA, G. **Alternativas viáveis para substituição da madeira como dormente ferroviário**. 2004. 56 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo.

SCHUBERT, Pedro. **Análise de investimentos e taxa de retorno**. São Paulo: Ática, 1989, 99p. (Princípios; 167).

SEMPREBONE, Paula da Silva, 2005. **Desgastes em Trilhos Ferroviários – Um Estudo Teórico**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas – São Paulo.

SETTI, João Bosco. **Ferrovias no Brasil um século e meio de evolução**. Rio de Janeiro: Memória do Trem. 2008.

SHOPPA, R. F. (2004). **150 anos do trem no Brasil**. Rio de Janeiro, RJ: Ed. Autor, 2004, 196 p.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões Financeiras e Análise de Investimentos: Fundamentos, técnicas e aplicações**. 6 ed. 186 p. São Paulo: Atlas, 2009.

WERNKE, Rodney. Aplicações do conceito de valor presente na contabilidade gerencial. **Revista Brasileira de Contabilidade**. Conselho Federal de Contabilidade, n. 126. Brasília: novembro/dezembro 2.000.