

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC

CENTRO DE ENGENHARIAS DA MOBILIDADE

MARIANA KOERICH LOURENÇO

**ELABORAÇÃO DE PROJETO PARA O DESENVOLVIMENTO DE
MATERIAL DIDÁTICO PARA O ENSINO DE ENGENHARIA FERROVIÁRIA E
METROVIÁRIA COM FOCO EM VIA PERMANENTE**

Joinville

2014

MARIANA KOERICH LOURENÇO

**ELABORAÇÃO DE PROJETO PARA O DESENVOLVIMENTO DE
MATERIAL DIDÁTICO PARA O ENSINO DE ENGENHARIA FERROVIÁRIA E
METROVIÁRIA COM FOCO EM VIA PERMANENTE**

Trabalho de conclusão de curso para obtenção do título de graduação em Engenharia Ferroviária e Metroviária apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Mikowski

Joinville, 2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Lourenço, Mariana

ELABORAÇÃO DE PROJETO PARA O DESENVOLVIMENTO DE
MATERIAL DIDÁTICO PARA O ENSINO DE ENGENHARIA FERROVIÁRIA
E METROVIÁRIA COM FOCO EM VIA PERMANENTE / Mariana Lourenço
; orientador, Alexandre Mikowski - Joinville, SC, 2014.
77 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Joinville.
Graduação em Engenharia Ferroviária e Metroviária.

Inclui referências

1. Engenharia Ferroviária e Metroviária. 2. Engenharia
Ferroviária e Metroviária. 3. Via Permanente. 4. Kits
Didáticos de Bancada. 5. Ferrovias. I. Mikowski,
Alexandre. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Engenharia Ferroviária e Metroviária. III.
Título.

MARIANA KOERICH LOURENÇO

**ELABORAÇÃO DE PROJETO PARA O DESENVOLVIMENTO DE
MATERIAL DIDÁTICO PARA O ENSINO DE ENGENHARIA FERROVIÁRIA E
METROVIÁRIA COM FOCO EM VIA PERMANENTE**

Esse Trabalho de Graduação foi julgado adequado para a obtenção do título de “Engenheira Ferroviária e Metroviária”, e aprovado em sua forma final pela Comissão examinadora e pelo Curso de Graduação em Engenharia Ferroviária e Metroviária da Universidade Federal de Santa Catarina.

Joinville, 01 de dezembro de 2014.

Prof. Eng. Yesid Ernesto Asaff Mendoza, Dr.

Coordenador do Curso

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Alexandre Mikowski, Dr.

Orientador

Prof. Evandro Cardozo da Silva, Dr.

Prof. Yader Alfonso Guerrero Pérez, Dr.

DEDICATÓRIA

À toda minha família em especial meu pai Tarcísio e minha mãe Adriana, por terem me apoiado e incentivado em diversas ocasiões que me fizeram chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter iluminado meu caminho e me dado forças para olhar sempre a frente.

Agradeço aos meus pais Tarcísio e Adriana por serem os grandes incentivadores dos meus estudos. Por me darem todo o apoio e suporte necessário para conquistar meus objetivos.

Agradeço ao meu namorado Demétrius pelo apoio e compreensão perante as dificuldades no decorrer do desenvolvimento do trabalho e também por toda ajuda que ofereceu para que eu fosse capaz de concluí-lo.

Agradeço ao professor Alexandre pela orientação, ajuda e paciência para a realização desse trabalho.

À UFSC e todos os professores do curso de Engenharia Ferroviária e Metroviária, por me auxiliarem no aprendizado e na obtenção do conhecimento.

Por fim, agradeço a todos os meus colegas de sala que me acompanharam nesta jornada de muito trabalho, dedicação e conquistas.

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso tratará da importância das ferrovias para o desenvolvimento do transporte de cargas e de passageiros, com enfoque na via permanente, sua superestrutura e infraestrutura, propondo o projeto de “kits” didáticos de bancada. Veremos, além das principais características do transporte ferroviário brasileiro, um pouco de sua história e desenvolvimento ao longo dos anos. Também será tratado dos componentes que integram a via permanente e suas principais funções, características e importância na via. Isso será abordado juntamente com a proposta de elaboração de “kits” didáticos de bancada que possam desenvolver e aprimorar o estudo da via permanente, possibilitando ao aluno compreender melhor seus elementos. Visto que a via permanente é o caminho que guia os trens, seu projeto e estrutura são fundamentais para que se evite acidentes e o transporte ocorra de forma adequada.

Palavras-chave: ferrovias, via permanente, “kits” didáticos.

ABSTRACT

This work will inform about the importance of railroads to the development of freight and passengers transportation, focusing on the railroad, its superstructure and infrastructure, come up with the idea of development of a educational kit. We'll see, besides the main characteristics of the Brazilian rail, a bit of its history and development over the years. Also be dealt with the components that set the railroad and its main functions, characteristics and significance in the pathway. This will be treated along with the proposal to develop educational kits that can develop and improve the study of the railroad, enabling students to understand better its elements. Since the railroad is the path that will guide the trains, its design and structure are critical in order to avoid accidents and transportation to occur properly.

Keywords: railway, railroad, educational kits.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Evolução da estrutura de ensino.....	16
Figura 2- Locomotiva The Rocket de Stephenson	20
Figura 3- Locomotiva "A Baroneza "	21
Figura 4- Estrada de Ferro Dona Tereza Cristina, ponte Cabeçudas	21
Figura 5- Mapa ferroviário brasileiro em 2011	25
Figura 6- Elementos da via permanente	26
Figura 7- Superestrutura da via permanente.....	27
Figura 8- Perfil do trilho TR-45	32
Figura 9- Dormente de concreto protendido.....	37
Figura 10- Dormente misto.....	38
Figura 11- Dormente de polibloco	38
Figura 12- Identidade visual da UFSC para confeccionar o banner	44
Figura 13- Montagem da chapa de policarbonato com as cantoneiras e o fundo	47
Figura 14- Estrutura de poliestireno expandido de alta densidade e reforços de madeira	48
Figura 15- Montagem da estrutura de policarbonato com o isopor	48
Figura 16- Vista superior da montagem da estrutura de policarbonato com o isopor	49
Figura 17- Lastro e sublastro.....	50
Figura 18- Adição do lastro e sublastro na estrutura.....	50
Figura 19- Dormente de madeira	51
Figura 20- Estrutura com adição dos dormentes.....	51
Figura 21- Trilho	52
Figura 22- Elementos de fixação trilho-dormente.....	52
Figura 23- Estrutura com todos os componentes.....	53
Figura 24- Vista superior da estrutura	53
Figura 25- Vista lateral da estrutura	54
Figura 26- Projeto final do Aquário da Via Permanente	54
Figura 27- Perfil do trilho TR-32	56
Figura 28- Perfil do trilho TR-45	56

Figura 29- Perfil do trilho TR-68	57
Figura 30- Banner dos perfis de trilho	58
Figura 31- Dormente de madeira	59
Figura 32- Dormente de aço.....	59
Figura 33- Perfil do dormente de aço	60
Figura 34- Dormente misto.....	60
Figura 35- Banner dos tipos de dormentes	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Principais materiais para lastro	30
Tabela 2- Referências para o dimensionamento da altura do lastro	31
Tabela 3- Dormentes de madeira aplicados na EFVM, FCA e EFC.....	36
Tabela 4- Dormentes de aço aplicados nas ferrovias EFMV e EFC	37
Tabela 5- Vantagens e desvantagens dos dormentes de aço	39
Tabela 6- Vantagens e desvantagens dos dormentes de madeira	40
Tabela 7- Vantagens e desvantagens dos dormentes de concreto protendido	41
Tabela 8- Vantagens e desvantagens das dormentes de concreto misto	41
Tabela 9- Vantagens e desvantagens dos dormentes alternativos	42
Tabela 10- Propriedades do aço carbono fundido.....	55

LISTA DE ABREVIACÕES

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ALL – América Latina Logística

ANTF – Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários

AREA – *American Railway Engineering Association*

CBR – Índice de suporte Califórnia

CNT – Confederação Nacional do Transporte

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes

EFC – Estrada de Ferro Carajás

EFVM – Estrada de Ferro Vitória Minas

FB – Franki-Bago

FCA – Ferrovia Centro-Atlântica

FEPASA – Ferrovia Paulista S.A

HBR – Highway Research Board

IFE – Inspetoria Federal de Estradas

IG – Índice de grupo

IP – Índice de plasticidade

LL – Limite de liquidez

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento

REUNI – Reestruturação e Expansão da Universidades Federais

RFFSA – Rede Ferroviária Federal S.A

RS – Roger Soneville

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Tema.....	14
1.2	Problemática	14
1.3	Motivação.....	15
1.4	Justificativa.....	17
1.5	Objetivos	18
1.6	Organização do TCC.....	18
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	20
2.1	Ferrovias	20
2.2	Via Permanente	26
2.2.1	Infraestrutura da Via Permanente.....	26
2.2.2	Superestrutura da via permanente	27
2.2.2.1	Sublastro	28
2.2.2.2	Lastro	29
2.2.2.3	Trilho	31
2.2.2.4	Dormentes.....	33
	Aplicação na via	34
	Tipos de dormentes.....	34
3	METODOLOGIA	43
3.1	Desenvolvimento do aquário da via permanente	43
3.2	Desenvolvimento de Poster (Banner).....	43
4	RESULTADOS	46
4.1	Aquário da via permanente	46
4.1.1	Estrutura	46
4.1.2	Lastro e sublastro	49

4.1.3	Dormentes	50
4.1.4	Trilho.....	51
4.1.5	Elemento de fixação	52
4.1.6	Estrutura final.....	52
4.2	Banners.....	55
4.2.1	Banner de comparação dimensional dos perfis de trilhos	55
4.2.2	Tipos de dormentes, vantagens e desvantagens	59
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
5.1	Conclusão	62
5.2	Sugestões para trabalhos futuros	62
	REFERÊNCIAS.....	64
	APÊNDICES.....	67

1 INTRODUÇÃO

Santos (2011, p. 3) afirma que “As ferrovias abriram as portas do mundo ao comércio e à colonização”. Além disso, segundo o DNIT (2014a), o sistema ferroviário “permitiu a integração das modalidades de transporte aquaviário e ferroviário, introduzindo a primeira operação intermodal do Brasil”.

A ferrovia tem vantagens sobre os outros transportes terrestres, devido a sua grande capacidade de carga, com um transporte seguro, além de possuir uma via exclusiva, não competindo com os outros modais. De acordo com Michel (2013) entre as desvantagens da utilização das ferrovias estão a limitação física, pois existem rampas e raios que não podem ser superados; ter as rotas e os horários limitados; na maioria das vezes depende de outros modais para chegar ao destino.

Para Borges Neto (2012, p.3), “a Via Férrea ou Ferrovia é apenas uma das partes que compõem o patrimônio de uma empresa prestadora de serviços de transporte ferroviário de cargas e passageiros”. Pois, segundo o autor, além da Via Férrea uma operadora ferroviária ainda é responsável por mais alguns itens que incluem o capital social, patrimônio imobiliário, patrimônio mobiliário físico e financeiro, material rodante e recursos humanos.

O modal ferroviário atua em dois tipos de transporte: cargas e passageiros.

O sistema ferroviário contribui no transporte de longas distâncias, embora no Brasil isso seja pouco visto, nos países europeus esse tipo de viagem é comum, concorrendo com o transporte aéreo. Em distâncias menores, atua dentro das cidades e inclui os trens urbanos e os metropolitanos que operam auxiliando o transporte público coletivo.

Borges Neto (2012, p.25) “No Brasil, a grande vocação das ferrovias, é o transporte de cargas com elevada concentração, principalmente, granéis, produtos siderúrgicos e cargas unitizadas (contêineres)”.

1.1 Tema

Elaboração de Projeto para o Desenvolvimento de Material Didático para o Ensino de Engenharia Ferroviária e Metroviária com Foco em Via Permanente.

1.2 Problemática

O desenvolvimento do setor ferroviário brasileiro sempre esteve ligado às políticas de governo, sendo separada em fases até chegar ao cenário que encontramos em 2014. De acordo com a cronologia histórica disponibilizada pela Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (ANTF), esse desenvolvimento pode ser separado em seis fases distintas. (ANTF, 2014)

Em 2007, o Governo Federal cria o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) que visa o planejamento e execução de grandes obras e infraestrutura social, urbana, logística e energética do país, contribuindo para seu desenvolvimento acelerado e sustentável. Em 2011, o PAC entra em sua segunda fase (PAC 2) e, nessa fase, inclui planos no setor ferroviário. A ideia com o PAC 2 é a expansão da malha ferroviária, segundo o Ministério do Planejamento (2014) “para isso, o governo quer a revisão do modelo regulatório, para criar um ambiente mais competitivo no transporte de cargas, incentivar a utilização da capacidade da infraestrutura ferroviária e estimular novos investimentos”. Esses planos de incentivo no setor ferroviário e metroviário, planejam a expansão da malha ferroviária brasileira em cerca de 8000 km para os próximos anos, incluindo obras para o transporte de carga e passageiros. Alguns projetos ainda estão no papel, mas alguns já estão com as obras em andamento. Isso reforça a necessidade de formação de profissionais que possam atuar na área nos próximos anos. (Revista Ferroviária, 2013)

Para tornar possível essa expansão, além de manter em adequado funcionamento as ferrovias e material rodante existentes, torna-se necessário profissionais específicos na área, já que a indústria ferroviária conta com engenheiros formados em diversos seguimentos, como mecânica, civil, elétrica

entre outras, que se especializam nesta área. O número de engenheiros atuantes no mercado está abaixo das outras profissões, mas desde 2000 a tendência é aumentar a curto e médio prazo com a graduação de novos profissionais. As vagas para engenheiros cresceram 85% em uma década. (Exame, 2013)

Em 2007 com o Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni), o governo federal adotou medidas para retomar o crescimento do ensino superior público. As Universidades Federais ganharam condições para fazer expansões físicas, acadêmicas e pedagógicas (REUNI, 2014). A Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC utilizou esse recurso para expandir-se e, no segundo semestre de 2009, começou a funcionar o Campus Joinville, com o Centro de Engenharias da Mobilidade, dando origem ao primeiro curso de graduação de Engenharia Ferroviária e Metroviária.

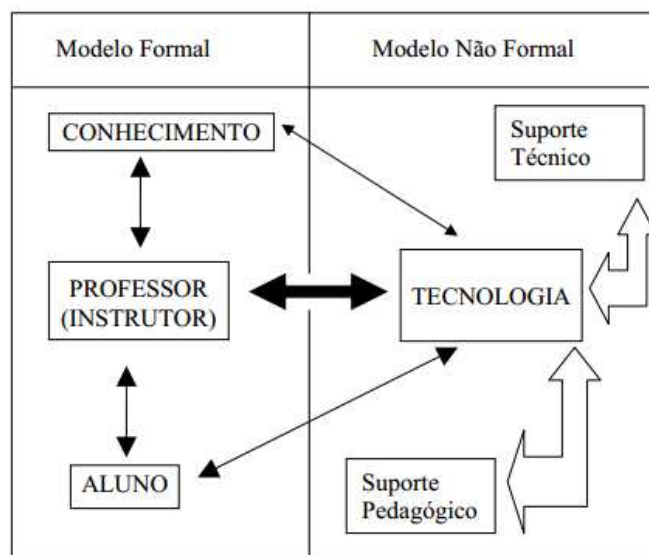
Acompanhando a necessidade de expandir a rede federal de ensino e dar suporte ao transporte ferroviário, o curso de Engenharia Ferroviária e Metroviária vem para auxiliar nesses dois seguimentos. A criação e desenvolvimento de um curso totalmente inovador não é uma tarefa fácil. Com isso vêm algumas dificuldades, como a falta de materiais didáticos, livros e laboratórios, que são essenciais para a qualidade do ensino e fixação do conteúdo.

1.3 Motivação

Sobre a educação e ensino, sempre há a necessidade de definir novos mecanismos que facilitem a aprendizagem. Primeiramente o professor detinha o conhecimento e repassava aos alunos, que recorriam a ele como principal fonte. Com o avanço da tecnologia e a facilidade de acesso às informações, uma mudança começa a ocorrer e o aluno pode buscar o conhecimento sem a ajuda direta do professor. Hoje as aulas já não podem mais ser ministradas como eram antigamente, é essencial que o professor e o aluno busquem o auxílio da tecnologia para complementar o conhecimento. Uma forma ilustrativa dessa

relação entre os professores, alunos e tecnologia pode ser visto na Figura 11. (BELHOT, 2005)

Figura 1- Evolução da estrutura de ensino



Fonte: Belhot (2005)

Uma das formas de elevar a qualidade do ensino é aprimorar os materiais utilizados, sendo chamados de materiais didáticos. Segundo Freitas (2007, p.13) existem duas maneiras:

A primeira, que situa a didática como uma das disciplinas da Pedagogia, estuda os componentes do processo: conteúdos, ensino e aprendizagem. Uma outra definição, que vai embasar nossos estudos, é a que considera a didática como o conjunto de princípios e técnicas que se aplicam ao ensino de qualquer componente curricular, estabelecendo normas gerais para o trabalho docente, a fim de conduzir a aprendizagem.

A didática pode utilizar recursos auditivos e/ou visuais com o objetivo na aprendizagem. A otimização do uso de equipamentos colabora com o processo informativo além de tornar as aulas mais atrativas e prazerosas para os alunos.

Segundo Freitas (2007, p.21), “Também conhecidos como “recursos” ou “tecnologias educacionais”, os materiais e equipamentos didáticos são todo e qualquer recurso utilizado em um procedimento de ensino, visando à estimulação do aluno e à sua aproximação do conteúdo”.

Esses materiais podem ser de diversas origens como exposições, gráficos, livros, objetos, quadros, filmes, softwares, computador e vários outros. Na tentativa de fazer o aluno absorver as informações o professor deve buscar ir além do quadro e da aula expositiva.

1.4 Justificativa

A ausência de um laboratório no Campus da UFSC em Joinville, para a complementação de estudos na área ferroviária e metroviária, foi a principal motivação para o desenvolvimento desse projeto de trabalho de conclusão de curso (TCC), uma vez que se entende que o ensino e aprendizagem de conceitos relacionados com as disciplinas do curso de graduação podem ser dinamizados com a demonstração e aplicação de conceito por meio de materiais didáticos.

A criação de um laboratório com peças e equipamentos reais tem um custo elevado, pois estes elementos em tamanho real do setor ferroviário e metroviário têm grandes dimensões, dificultando ainda mais a criação de um espaço para seu estudo.

Por isso, a necessidade de criar materiais didáticos do tipo bancada. Como eles teriam tamanho reduzido, poderiam ser dispostos em uma sala de aula. Esses materiais didáticos seriam montados com materiais em escala reduzida para sistemas de maior porte ou quando possível em tamanho real. Outra solução é a utilização de programas computacionais de representação, para que a compreensão do assunto estudado seja de fácil visualização.

A via permanente é um elemento fundamental para o sistema ferroviário e metroviário, pois é sobre ela que o trem se desloca, é ela que forma a chamada malha ferroviária. Ela é essencial para a segurança de operação e prevenção de acidentes ferroviários, sendo necessário que esteja em boas condições de uso. A via permanente é formada por uma série de componentes, entre eles, os trilhos, talas de junção, elementos de fixação, retensores, aparelho de mudança de via, dormente, lastro, sublastro e leito. (Porto, 2004)

Nesse TCC, o projeto estará focado no desenvolvimento de materiais didáticos voltados para os elementos e constituintes da via permanente. Assim,

os alunos poderão conhecer um pouco mais sobre sua estrutura, sem precisar sair do campus universitário, sendo esta uma grande vantagem da bancada didática.

1.5 Objetivos

O objetivo geral do TCC é desenvolver o projeto de materiais didáticos, com foco em via permanente, que possam ser utilizados para facilitar o estudo e ensino de engenharia ferroviária e metroviária.

Os objetivos específicos do TCC são de o desenvolvimento dos projetos para desenvolvimento de materiais didáticos, sendo eles:

- Revisar o conteúdo de via permanente pertinente ao desenvolvimento do trabalho, formando um embasamento teórico.
- Elaborar o projeto de um “Aquário” estrutural da via permanente.
- Elaborar o projeto de um Banner para apresentar diferentes modelos de dormentes, informando as principais vantagens e desvantagens.
- Elaborar o projeto de um Banner para apresentar diferentes perfis de trilhos, informando propriedades de massa e dimensionais.

1.6 Organização do TCC

No primeiro capítulo será abordado o tema e a problemática. Assim como a motivação e justificativa do desenvolvimento do trabalho. Apresentando a importância e a necessidade do estudo. Os objetivos do trabalho também são apresentados nesse capítulo.

O segundo capítulo aborda forma um embasamento teórico, para que o leitor possa compreender conceitos básicos da ferrovia e via permanente. Primeiramente é apresentado um breve histórico das ferrovias, em seguida trata-se da via permanente e seus elementos.

No terceiro capítulo é apresentado a metodologia utilizada para elaborar os projetos.

O quarto capítulo trás os resultados e o procedimento de cada projeto elaborado, começando com o desenvolvimento do projeto do “Aquário” da via permanente e depois trabalhando-se no desenvolvimento do projeto do banner.

No quinto e último capítulo, serão abordadas as conclusões dos trabalhos realizados assim como sugestões para trabalhos futuros. Este capítulo representa o fechamento do trabalho desenvolvido.

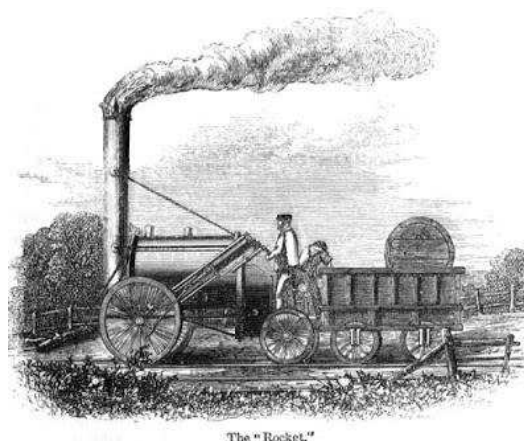
2 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura aborda um breve histórico das ferrovias, explica o que é a via permanente e sua importância e apresenta seus elementos.

2.1 Ferrovias

Segundo Brina (1983, p.1) “a origem das estradas de ferro está intimamente ligada ao trabalho das minas de carvão da Inglaterra”, onde era necessário um veículo para auxiliar no transporte do carvão. A ideia era utilizar o vapor d’água como força motriz, “assim, em julho de 1814 o inventor Jorge Stephenson conseguiu finalmente arrastar alguns vagões, com sua máquina utilizando o vapor d’água”. A primeira locomotiva de Stephenson pode ser vista na Figura 2.

Figura 2- Locomotiva The Rocket de Stephenson



The "Rocket."

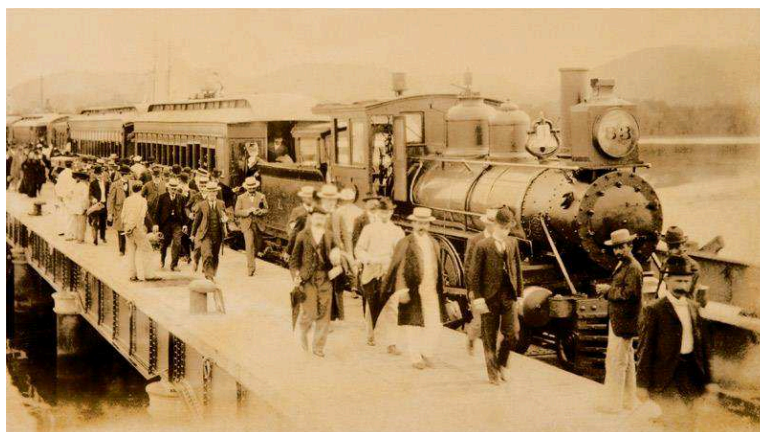
Fonte: <http://trilhosdoeste.blogspot.com.br/2010/04/locomotiva-vapor-aka-maria-fumaca-parte.html>

Segundo Santos (2011, p. 1)

Desde o início do século XVI, diversos países europeus já utilizavam transporte sobre trilhos. No entanto, esses caminhos de trilhos destinavam-se exclusivamente ao transporte de carvão e minério de ferro, extraído das minas subterrâneas. Esse meio de transporte consistia em dois trilhos de madeira que penetravam o interior das minas. Homens ou cavalos puxavam carroças munidas de rodas ao longo dos trilhos, onde elas se moviam com mais facilidade do que sobre a terra cheia de sulcos e enlameada ou sobre o chão das minas.

Segundo Borges Neto (2012, p.8) a primeira ferrovia foi construída por Barão de Mauá, “em 1854, foi inaugurada a primeira Estrada de Ferro do Brasil, com 14,5 km de extensão (em bitola de 1,63 m) que foram percorridos em 23 minutos, a uma velocidade média de 38 km/h, por uma composição tracionada pela locomotiva ‘A Baroneza’”, conforme a Figura 3. A partir desta, várias outras ferrovias começaram a ser construídas.

Figura 3- Locomotiva "A Baroneza "



Fonte: <http://www.brmaua.com.br/imagens-o-barao-da-ferrovia/>

Em Santa Catarina as estradas de ferro chegaram em 1884, 30 anos depois, com a inauguração da Estrada de Ferro Dona Tereza Cristina, construída para fazer o escoamento do carvão descoberto na região de Tubarão, levando para o Porto de Imbituba, ilustrado na Figura 4. Essa ferrovia ainda é responsável pelo transporte do carvão da região. (BORGES NETO, 2012, p.14)

Figura 4- Estrada de Ferro Dona Tereza Cristina, ponte Cabeçudas



Fonte: <https://portogente.com.br/colunistas/silvio-dos-santos/transporte-modal/portos-de-laguna-e-imituba-24157>

A Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários – ANTF (2014) separa as fases da evolução ferroviária de acordo com as políticas de governo de cada época.

Fase I (1835 - 1873): durante a Regência e o Segundo Reinado, sendo observado o início da implantação de ferrovias no Brasil e o desenvolvimento desse sistema de transporte de forma lenta, através de empresas essencialmente privadas;

Fase II (1873 - 1889): abrangendo o Segundo Reinado e caracterizada por uma expansão acelerada da malha ferroviária, através de empreendedores privados, estimulados pelo instituto da garantia de juros;

Fase III (1889 - 1930): englobando a República Velha, ainda sendo observada uma expansão acelerada da malha, porém com o estado sendo obrigado a assumir o controle de várias empresas em dificuldades financeiras;

Fase IV (1930 - 1960): compreendendo a era Vargas e o pós-guerra, com o ritmo de expansão diminuindo e um amplo controle estatal das empresas antes privadas;

Fase V (1960 - 1990): situada quase que inteiramente ao longo do período em que a nação foi governada por um regime militar, estando a malha consolidada em poucas empresas públicas, ocorrendo erradicação de ramais antieconômicos e implantação de projetos seletivos de caráter estratégico;

Fase VI (1990 - ?): período da Nova República, marcado pela privatização de todo o sistema ferroviário nacional. (BRANCO, 2008)

O autor Borges Neto (2012, p.15), por sua vez, separa a evolução da construção das ferrovias brasileiras em três fases

1ª Fase – Anterior à 2ª Grande Guerra, caracterizada por ter a maioria de suas linhas construídas e exploradas por concessões a empresas estrangeiras e também, por serem as construções feitas, manualmente e com utilização de “galeotas” tracionadas por tropas de muares, nos trabalhos de terraplenagem;

2ª Fase – Durante a 2ª Grande Guerra quando foram introduzidas as primeiras máquinas de terraplenagem, sendo que os movimentos de terra mecanizados permitiram a construção de linhas mais adequadas em termos geométricos;

3ª Fase – Após a 2ª Grande Guerra, caracterizada pelo uso generalizado de máquinas de terraplenagem, introdução da ciência da Mecânica dos Solos e dos levantamentos aerofotogramétricos, o que possibilitou a construção de linhas geometricamente mais adequadas e com plataformas de melhor capacidade de suporte, com melhor opção de traçado e custos mais otimizados.

Além das fases evolutivas históricas, podemos também observar o avanço da extensão da malha ferroviária e das ferrovias brasileiras. O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2014a) afirma que, em 1922 “existia no país um sistema ferroviário com, aproximadamente, 29.000 km de extensão, cerca de 2.000 locomotivas a vapor e 30.000 vagões

em tráfego”. A partir desse ano, o sistema ferroviário evoluiu em termos de tração das locomotivas, com a introdução da tração elétrica e das locomotivas diesel-elétricas. “Em 1942 foi criada a Companhia Vale do Rio Doce, que absorveu a Estrada de Ferro Vitória a Minas (construída a partir de 1903)”. No governo Vargas, mais um fato importante: “foram incorporadas ao patrimônio da União várias estradas de ferro, cuja administração ficou a cargo da Inspetoria Federal de Estradas – IFE, órgão do Ministério da Viação e Obras Públicas, encarregado de gerir as ferrovias e rodovias federais”.

Ainda segundo o DNIT (2014a),

No início da década de 1950, o Governo Federal, com base em amplos estudos decidiu pela unificação administrativa das 18 estradas de ferro pertencentes à União, que totalizavam 37.000 km de linhas espalhadas pelo país.

Em 16 de março de 1957 foi criada pela Lei n.º 3.115 a sociedade anônima Rede Ferroviária Federal S.A. - RFFSA, com a finalidade de 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.

Além da RFFSA, em 1971 foi criada a Ferrovia Paulista S.A – FEPASA: “o Governo do Estado de São Paulo, decidiu unificar em uma só empresa, as cinco estradas de ferro de sua propriedade. [...] Assim, em decorrência dessa junção, foi criada a FEPASA – Ferrovia Paulista S.A., para gerir, aproximadamente, 5.000 km de vias férreas”.

Em 1992 ocorreu o Plano Nacional de Desestatização, devido à crise da RFFSA, que viu seus investimentos serem reduzidos e não conseguindo gerar recursos suficientes, sofreu um desequilíbrio técnico operacional. A desestatização excluiu a RFFSA do programa e fez com que as ferrovias passassem a ser operadas por concessão. Essa transferência ocorreu entre os anos de 1996 e 1998. (DNIT, 2004a)

De acordo com um artigo da Confederação Nacional do Transporte – CNT (2013, p. 19)

O processo de concessão da malha ferroviária foi realizado com base na lei nº 8.987/9517. O modelo de desestatização estabeleceu: (i) a outorga, pela União, da concessão para a exploração

do serviço público de transporte ferroviário; e (ii) o arrendamento de bens operacionais e a venda de bens de pequeno valor pela RFFSA.

Atualmente (2014) as operadoras continuam atuando por concessão, sendo essa válida por 30 anos, podendo ser prorrogada por mais 30. Para a CNT (2013), o objetivo das concessões são a “exploração e desenvolvimento do serviço público de transporte ferroviário de carga”. Além disso, as concessionárias têm direitos e obrigações a cumprir, como estabelece a CNT (2013, p.20)

As obrigações:

1. Aumento da produção anual das ferrovias (metas quinquenais);
2. Redução do número de acidentes (metas quinquenais);
Prestação de serviço adequado sem discriminação dos usuários; e
3. Garantir tráfego mútuo ou, no caso de impossibilidade, permitir o direito de passagem a outros operadores de transporte ferroviário.

Os direitos:

1. Receber dos usuários o pagamento de todos os serviços que forem requisitados, obedecidas as tarifas teto;
2. Construir ramais, variantes, pátios, estações, oficinas e demais instalações, bem como proceder as retificações de traçados para a melhoria e/ou expansão dos serviços da malha;
3. Contratar terceiros para o desenvolvimento de atividades inerentes, acessórias ou complementares; e
4. Ter garantido o equilíbrio econômico-financeiro do contrato de concessão.

Figura 5- Mapa ferroviário brasileiro em 2011



Fonte: Disponível em: <http://www.antf.org.br/pdfs/mapa-ferroviario-brasileiro-2011.pdf>,
acessado em junho/2014

O mapa ferroviário brasileiro (2011) pode ser observado na Figura 5, onde as ferrovias são as linhas em destaque no mapa.

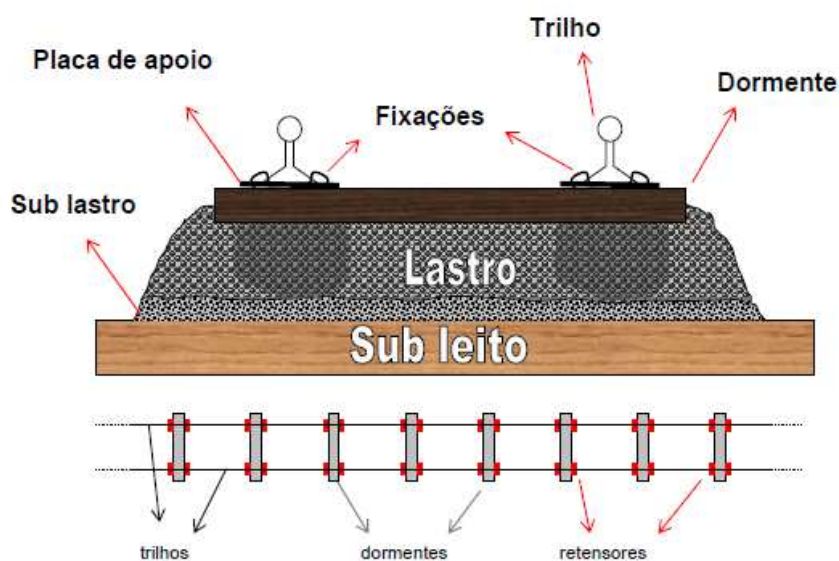
Pode-se observar no mapa, que existem grupos de concentração de ferrovias, sendo que um deles, e mais expressivo, está na região sudeste que inclui ferrovias nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo.

No Rio Grande do Sul também observa-se ferrovias cortando todo o estado, atravessando Santa Catarina e conectando-se com o Paraná. Outra região que se destaca é a área litorânea do nordeste em direção ao interior, e parte do Pará.

2.2 Via Permanente

A via permanente nada mais é do que a via por onde o trem circula. Santos (2011, p. 109) indica que “a via permanente é composta de trilhos, dormentes, lastro, sublastro e subleito, além das fixações e placas de apoio que unem os trilhos aos dormentes”. Esses elementos podem ser observados na Figura 6.

Figura 6- Elementos da via permanente



Fonte: Porto (2004, p.28)

2.2.1 Infraestrutura da Via Permanente

Borges Neto (2012, p.31) afirma que “A Infraestrutura Ferroviária é composta pelas Obras de Terraplenagem, Obras de Arte Corrente e Obras de Arte Especiais, situadas, normalmente, abaixo do greide de terraplenagem”.

Segundo Brina (1983, p.5) “a superfície final de terraplenagem chama-se leito ou plataforma de estrada”, ou seja, o leito é parte da infraestrutura da estrada de ferro, que serve como base para receber a superestrutura que é de fato a via permanente.

Esta deverá suportar a carga da superestrutura além das cargas geradas pelo material rodante, é necessária uma atenção especial na hora de seu projeto,

levando em consideração sua forma, constituição e as tensões às quais ela estará sujeita, que dependem da frequência do tráfego e da capacidade dos trens que passarão sobre ela.

De acordo com Borges Neto (2012, p.32):

Pela técnica moderna de construção das estradas de ferro, o corpo dos aterros, até 1,0 m abaixo do greide de terraplenagem, é compactado em camadas, devendo obter-se peso específico aparente correspondente a 95% de peso específico obtido no ensaio de laboratório e nas camadas finais, correspondentes ao último metro, 100% do peso específico, acima referido.

2.2.2 Superestrutura da via permanente

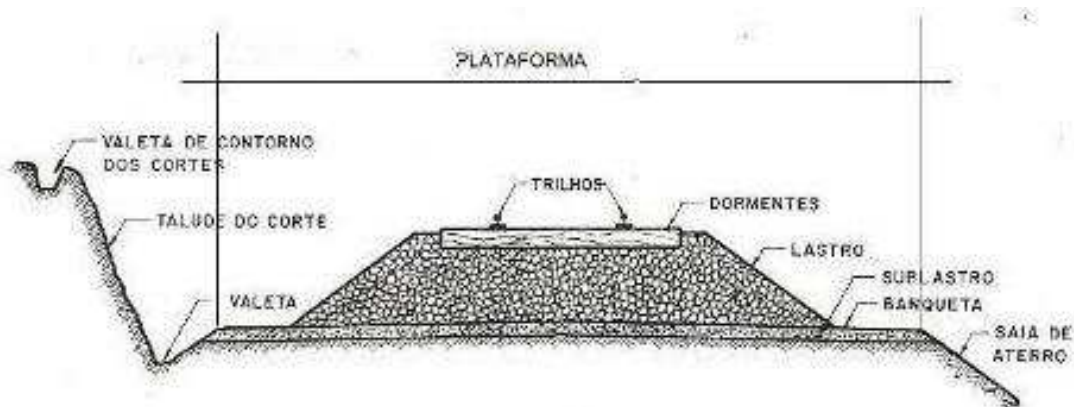
Brina (1983, p.5) afirma que “a superestrutura das estradas de ferro é constituída pela via permanente, que está sujeita à ação de desgaste das rodas dos veículos e do meio e é construída de modo a ser renovada, quando seu desgaste atingir o limite de tolerância exigido pela segurança ou comodidade...”.

Para delimitar as áreas de infraestrutura e superestrutura, está a plataforma ferroviária, também chamada de coroa do leito ferroviário. Borges Neto (2012, p.33) afirma

É considerada como suporte da estrutura da via, da qual recebe, através do lastro, as tensões devidas ao tráfego e também às cargas das demais instalações necessárias à operação ferroviária (posteamto, condutores, cabos, sinalização, etc.)

A superestrutura da via permanente pode ser observada na Figura 7, que apresenta os elementos que a constituem.

Figura 7- Superestrutura da via permanente



Fonte: Brina (1983, p.6)

2.2.2.1 Sublastro

O sublastro é o elemento que fica na parte limitante entre a infraestrutura e a superestrutura. De acordo com Brina (1983, p. 9) tem as seguintes finalidades:

- a) aumentar a capacidade de suporte da plataforma, permitindo elevar a taxa de trabalho no terreno, ao serem transmitidas as cargas através do lastro e, por conseguinte, permitir menor altura do lastro;
- b) evitar a penetração do lastro na plataforma;
- c) aumentar a resistência do leito à erosão e à penetração da água, concorrendo, pois, para uma boa drenagem da via;
- d) permitir relativa elasticidade ao apoio do lastro, para que a via permanente não seja rígida.

O sublastro, como é constituído de um material mais barato que o lastro, geralmente encontrado em locais próximos as ferrovias, ajuda, além de obter um padrão técnico bom da via permanente, a baratear o custo da construção da superestrutura. Não precisa ser um material específico, mas deve ter algumas características e para ser aceito. Segundo Brina (1983, p. 9), são elas:

- a) IG (índice de grupo) – igual a 0 (zero)
- b) LL (limite de liquidez) – máximo 35
- c) IP (índice de plasticidade) – máximo 6
- d) Material que se enquadre, de preferência, no grupo A1 de classificação dos solos HBR (highway research board)
- e) Expansão máxima de 1%
- f) CBR (índice de suporte Califórnia) – mínimo de 30

O sublastro deverá ser compactado de modo a obter-se peso específico aparente correspondente a 100% do obtido no ensaio de proctor.

O Índice de Grupo representa a capacidade de suporte do solo, vai de 0 (zero) a 20, sendo 0 um solo com ótima capacidade de suporte. O Limite de Liquidez representa o teor de água em que o solo adquire um comportamento líquido, sendo que valores menores que 50 representam solos com baixa compressibilidade, acima disso o solo tem alta compressibilidade (solo argiloso).

Índice de Plasticidade é a quantidade que o solo pode absorver de água mantendo sua consistência plástica, é obtido pela diferença entre o Limite de Liquidez e o Limite de Plasticidade. A classificação HBR seleciona grupos em função da granulometria e plasticidade, sendo que o grupo A1 representa os

solos granulares. O Índice de Suporte Califórnia é a relação em percentagem da pressão exercida por um pistão necessária para que haja penetração no solo.

O sublastro deve ter espessura suficiente para auxiliar o lastro no suporte da carga e na distribuição das pressões.

2.2.2.2 Lastro

Segundo a Vale (2009, p.95),

O lastro ferroviário é componente da superestrutura da via permanente constituindo-se em uma camada de material granular que se situa acima do sublastro e abaixo dos dormentes, preenchendo também os espaços entre eles e avançando além dos seus topos.

Brina (1983, p. 10) lista as principais funções do lastro

- a) distribuir convenientemente sobre a plataforma (sublastro) os esforços resultantes das cargas dos veículos, produzindo uma taxa de trabalho menor na plataforma;
- b) formar um suporte, até certo limite elástico, atenuando as trepidações resultantes da passagem dos veículos;
- c) sobrepondo-se à plataforma, suprimir suas irregularidades, formando uma superfície contínua e uniforme para os dormentes e trilhos;
- d) impedir os deslocamentos dos dormentes, quer no sentido longitudinal, quer no transversal;
- e) facilitar a drenagem da superestrutura.

O lastro, além disso, precisa ter algumas características específicas para que consiga desempenhar suas funções. Ainda segundo o autor, são elas:

- a) suficiente resistência aos esforços transmitidos pelos dormentes;
- b) possuir elasticidade limitada, para abrandar 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) deve ser francamente permeável, para permitir uma boa drenagem;
- f) não produzir pó, caso contrário tornaria incômodo aos passageiros, além de prejudicar o material rodante.

Para a Vale (2009, p. 96), “Os materiais que melhor atendem a estas exigências são as pedras britadas oriundas de rochas sãs, duras, compactas de estrutura não lamelar ou xistosa, de elevada resistência à compressão e elevada massa específica aparente”.

Brina (1983, p. 11) trata das especificações a serem seguidas para o material do lastro, no Brasil, as normas seguidas são da AREA (*American Railway Engineering Association*) e são elas:

- a) Peso específico mínimo: 2,7
- b) Resistência a ruptura: 700 kg/cm². Para esse ensaio, fazem-se cubos de 5 cm de aresta, que são levados a uma máquina de compressão.
- c) Solubilidade – toma-se 7 dm³ de pedra, que é triturada e lavada. Coloca-se em um vaso e a amostra é agitada no período de 48 horas, durante cinco minutos, a cada 12 horas de intervalo. Se houver descoloração, a pedra é considerada solúvel e imprópria.
- d) Absorção – colocando-se uma amostra com aproximadamente 230 gramas (1/2 libra) mergulhada em água, durante certo tempo, o aumento de peso não deverá ultrapassar a 8 gr/dm³.
- e) Substâncias nocivas – a quantidade de substâncias nocivas e torrões de argila, não deve ultrapassar 1% (determinação pelo método MB8 da ABNT).
- f) Granulometria – as pedras de lastro não devem ter grandes dimensões, pois nesse caso funcionariam como “cunhas” e o nivelamento seria pouco durável; por outro lado, dimensões muito pequenas acarretariam uma rápida “colmatagem” do lastro, perdendo este sua função drenante. As especificações modernas determinam que as pedras do lastro tenham dimensões entre 3/4” e 2”1/2 (2 – 6 cm). [...]
- g) Resistência à abrasão – Ensaio Los Angeles[...] esse coeficiente deverá ser no máximo de 35 %.

Os materiais mais utilizados para o lastro são listados na Tabela 1.

Tabela 1- Principais materiais para lastro

Material	Vantagens	Desvantagens
Terra	Baixo custo	Pior qualidade Saturado por água Permite desnivelamento da linha
Areia	Pouco compressível Permeável	Facilmente levada pela água Produz poeira
Cascalho	Boa qualidade Funciona bem quebrado Suporta maior tráfego	Necessita ser lavado Custo mais elevado
Escórias	Dureza adequada Resistência adequada	Usado somente próximo a usinas metalúrgicas
Pedra britada	Melhor qualidade Resistente Permeável Perfeito nivelamento Limitadamente elástico Não produz poeira	

Fonte: Brina (1983, p. 10-11)

Como visto, uma das funções do lastro é distribuir as pressões provenientes dos veículos. Por isso, um fato importante de sua característica é ter uma altura adequada para que consiga cumprir essa função.

“A espessura mínima de lastro ferroviário deve ser tal que a taxa de pressão transmitida pela base do dormente seja compatível com a capacidade de suporte da plataforma ferroviária”, afirma a Vale (2009, p.98).

Ainda segundo a Vale (2009, p. 84), “O dimensionamento da altura do lastro será baseado na tensão admissível da plataforma ferroviária, espaçamento e largura da base do dormente, perfil do trilho e carga por eixo”.

Apesar dessa altura ter que ser calculada para ser adequada, a Vale S.A. possui alguns tamanhos de referência para o lastro aplicado em suas ferrovias Estrada de Ferro Vitória Minas – EFVM, Estrada de Ferro Carajás – EFC e Ferrovia Centro-Atlântica – FCA, que são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2- Referências para o dimensionamento da altura do lastro

Dormente	Ferrovia	Altura do lastro (mm)
Aço	EFVM	400
Concreto	EFVM	350
Madeira/alternativos	EFVM	300
Aço	EFC	400
Concreto	EFC	400
Madeira/alternativos	EFC	400
Concreto	FCA	300
Madeira/alternativos	FCA	300

Fonte: Vale (2009, p.84)

2.2.2.3 Trilho

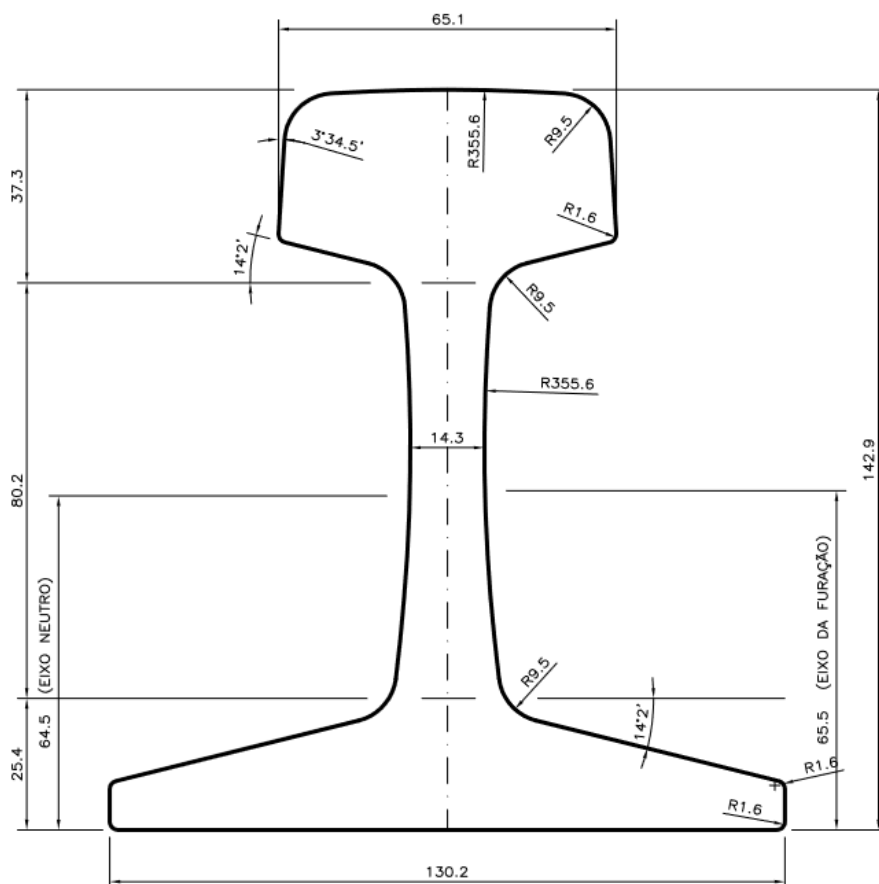
O trilho é a superfície de rolamento dos trens. Eles devem apoiar e suportar toda a carga dos veículos ferroviários, além de guia-los. É seu perfil

mais utilizado é o do tipo *Vignole* e é composto por três partes: boleto, alma e patim.

Segundo o DNIT (2014b, p.1) “é necessário que o trilho tenha dureza, tenacidade, elasticidade e resistência a flexão”. Essas são propriedades que os trilhos devem possuir para que cumpram suas funções. O material mais comum para a fabricação dos trilhos é aço carbono seguido de aços-liga. Alguns trilhos ainda podem passar por tratamentos térmicos para melhorar sua dureza. Os principais componentes do aço que compõem o trilho são 98% de ferro, carbono, manganês, silício e fósforo. (Macêdo, 2009, p.11)

Os trilhos de perfil *Vignole* são caracterizados por seu peso por metro, e sua nomenclatura é dada em função dessa característica. Por exemplo o trilho TR-45 tem 45kg a cada metro. Além disso, quanto maior seu peso por metro mais resistente ele será, o perfil do trilho pode ser observado na Figura 8.

Figura 8- Perfil do trilho TR-45



Fonte: América Latina Logística – ALL

Todo o trilho tem uma identificação que é feita por estampagem. Segundo a Vale (2009, p. 18) a seção e geometria “é o peso dos trilhos, por unidade de comprimento, que guarda relação com os esforços verticais que o trilho tem que suportar e com o desgaste admissível no boleto. A escolha do trilho dependerá das cargas, velocidade e tráfego da via”.

As informações técnicas mais relevantes dos trilhos é o peso teórico (kg/m), a área (cm²), o seu momento de inércia (cm⁴), o módulo de resistência do boleto (cm³) e o módulo de resistência do patim (cm³).

Para a VALE (2009, p.29 - 47), os principais defeitos que ocorrem nos trilhos são os defeitos internos que podem ser trincas ou bolhas e defeitos externos que são provenientes dos defeitos internos ou de defeitos de contato que são colapso ou fadiga do material, fraturas em soldas, desgaste.

2.2.2.4 Dormentes

Para Brina (1983, p. 21) os dormentes são

O elemento da superestrutura ferroviária que tem por função receber e transmitir ao lastro os esforços produzidos pelas cargas dos veículos, servindo de suporte dos trilhos, permitindo a sua fixação e mantendo invariável a distância entre eles (bitola).

Santos (2011, p. 118) indica as principais funções dos dormentes.

Amortecer as vibrações;
Assegurar o alinhamento e o nivelamento da via férrea;
Transmitir ao lastro colocado no intervalo entre dois dormentes consecutivos (caixa de lastro) as forças resultantes das ações térmicas, criando forças opostas à dilatação dos trilhos longos soldados ou continuamente soldados;
Permitir a fácil substituição dos componentes do sistema de fixação dos trilhos quando inoperantes ou avariados, com mínima perturbação do tráfego.

Além dessas, Brina (1983, p.21) ainda acrescenta algumas funções, como ser uma boa superfície de apoio, ter rigidez sem perder as propriedades elásticas, ser resistente aos esforços, ter uma boa durabilidade.

Aplicação na via

Os dormentes, ao serem instalados na via, devem ser distribuídos tomando alguns cuidados. Essa distribuição é chamada de taxa de dormentação e é a distância entre um dormente e outro. Borges Neto (2012, p.132) lista os principais fatores que influenciam na hora de fazer a distribuição dos dormentes:

- Cargas dos veículos;
- Velocidade dos trens;
- Densidade do tráfego;
- Natureza da plataforma da via (qualidade);
- Raio das curvas.

Além desses, o tipo de dormente utilizado na via também vai influenciar.

Tipos de dormentes

Os tipos de dormentes aplicados nas ferrovias são classificados de acordo com o material que são fabricados. Existem quatro materiais sendo utilizados e cada um tem características e aplicações específicas.

a) Dormentes de madeira

Este é o tipo de dormente com maior utilização. Os dormentes de madeira, para aplicação em ferrovias, seguem algumas normas para garantir que propriedades estejam dentro de um padrão de qualidade, dimensionamento, durabilidade, tolerâncias, entre outros.

Conforme Brina (1983, p. 22), “o melhor dormente de madeira é o de sucupira, que dá ótima fixação do trilho, possui dureza e peso específicos elevados e grande resistência ao apodrecimento, podendo durar mais de 30 anos na linha”. Brina (1983, p.22) ainda classifica os dormentes por categorias dependendo da espécie da madeira sendo como 1ª e 2ª classe as madeiras de melhores qualidades e a 3ª classe, que são as madeiras das classes anteriores mas que possuem defeitos toleráveis.

O dormente deve ter uma durabilidade adequada, para evitar gastos desnecessários com sua troca e garantir a segurança da via. De acordo com

Brina (1983, p.22), alguns fatores são determinantes na durabilidade dos dormentes

Além da qualidade da madeira, outros fatores têm influência na durabilidade, tais como clima, drenagem da via, peso e velocidade dos trens, época do ano em que a madeira foi cortada, grau de secagem, tipo de fixação do trilho usado, tipo de lastro, tipo da placa de apoio do trilho no dormente etc.

A resistência mecânica da madeira varia com sua microestrutura, sua densidade também é fator determinante, Brina (1983, p.23) afirma que “a resistência da madeira é dada pela substância lenhosa que a compõe; se aumenta o teor de água, haverá uma série de mudança na estrutura das células e por conseguinte alteração das características de resistência”.

Para Brina (1983, p. 25-29) para que a madeira mantenha suas propriedades mecânicas e tenha uma durabilidade adequada, é necessário fazer o tratamento químico da madeira que vai evitar o seu apodrecimento. Esse tratamento vai evitar a proliferação de fungos e insetos que são os principais agentes biológicos que causam a destruição da madeira.

Entre as causas que afetam a durabilidade da madeira e que podem diminuir a vida útil da madeira, a Vale (2009, p.86) lista alguns itens que merecem cuidado.

Os dormentes de madeira são passíveis de apodrecimento, principalmente do alburno, perda da capacidade de retenção da fixação por degradação ou por furações em excesso, trincas ou rachaduras, empeno principalmente em dormentes de AMV's, ou por armazenamento inadequado, danos causados por acidentes, penetração ou deslizamento da placa de apoio.

Nas ferrovias da Vale S.A são utilizados dormentes de madeira com dimensões que variam dependendo da bitola da ferrovia, ver Tabela 3. Além disso, segundo a Vale (2009, p.73)

São considerados dormentes especiais aqueles cujas dimensões são diferenciadas dos dormentes comuns, em razão de sua aplicação em locais específicos, tais como em AMV, pontes não lastreadas,

aparelhos centralizadores de bitola, entre outras situações que exigirão dormentes de dimensões específicas.

Tabela 3- Dormentes de madeira aplicados na EFVM, FCA e EFC

Ferrovia	Bitola (mm)	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)
EFMV	1000 e 1600	2800	240	180
EFVM	1000	2300	240	180
FCA	1000	2000	220	160
FCA	1000 e 1600	2800	220	160
EFC	1000 e 1600	2800	240	170

Fonte: Vale (2009, p.72)

b) Dormentes de aço

Segundo Brina (1983, p.33)

Em essência, consiste numa chapa laminada, em forma de U invertido, curvada e, suas extremidades a fim de formar garras que se afundam no lastro e se opõem ao deslocamento transversal da via. O dormente metálico é relativamente leve (70 kg) e fácil de ser assentado.

Essa sua leveza leva a desvantagem de esse tipo de dormente não ser recomendado para linhas de tráfego pesado. Além disso, dificulta a sinalização da via por ser um bom condutor de eletricidade e ainda faz mais barulho que os dormentes de madeira durante a passagem dos trens.

De acordo com a Vale (2009, p.86) os defeitos comuns nesse tipo de dormente é a possibilidade de fratura ou ruptura da seção transversal, ainda pode ocorrer deformação que compromete a retenção e aplicação das fixações ou compromete a bitola da via.

Para os dormentes de aço, a Vale S.A. aplica em alguns trechos da Estrada de Ferro Vitória Minas – EFVM e na Estrada de Ferro Carajás – EFC, e as seguintes dimensões são observadas para cada uma delas na Tabela 4. Quando necessário dormentes especiais de concreto, é utilizado o projeto do fabricante.

Tabela 4- Dormentes de aço aplicados nas ferrovias EFMV e EFC

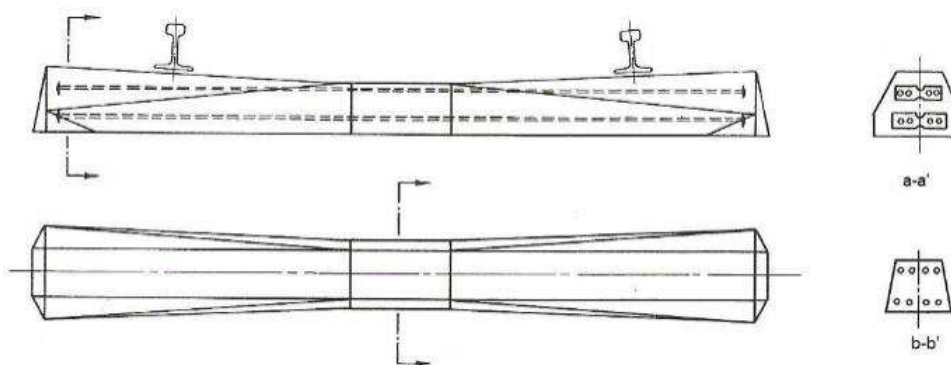
Ferrovia	Bitola (mm)	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)
EFVM	1000	2200	260	200
EFC	1600	2800	260	200

Fonte: Vale (2009, p. 75)

c) Dormente de concreto protendido

Para Brina (1983, p.36) “trata-se de dormente reforçado, capaz de resistir a fortes impactos”. Embora os dormentes de concreto tenham tido muitos problemas no início de sua utilização devido a fissuras geradas pelo apoio no lastro, o avanço da tecnologia permitiu corrigir esses problemas, tornando-o adequado. Esse dormente pode ser visto na Figura 9.

Figura 9- Dormente de concreto protendido



Fonte: Brina (1983, p.36)

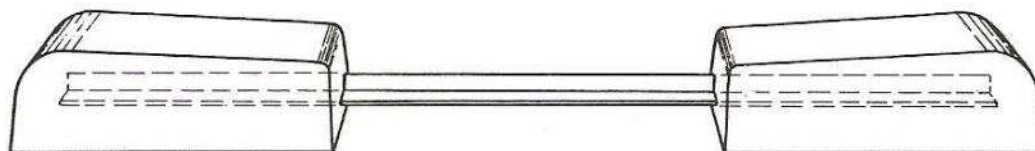
Segundo a Vale (2009, p.76 e 86), esse tipo de dormente pode ser visto na Estrada de Ferro Carajás, e sua dimensão é usada conforme o projeto do fabricante. Suas falhas mais comuns são trincas, fraturas e até rupturas, ocorre também desgaste.

d) Dormentes de concreto misto

Os dormentes mistos, visto na Figura 10, também são chamados de dormentes RS por terem sido projetados por Roger Soneville, na França. De acordo com Brina (1983, p.37), “é constituído de dois blocos de concreto armado, ligados por uma viga metálica; esta viga desempenha um papel preponderante,

porque tem um comprimento quase igual ao do dormente e constitui a robusta armadura principal dos blocos de concreto”.

Figura 10- Dormente misto



Fonte: Brina (1983, p.37)

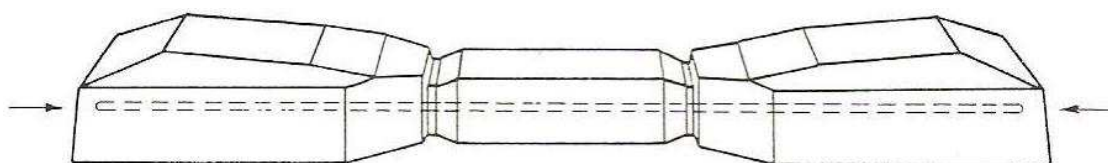
O diferencial desse tipo de dormente é que, segundo Brina (1983, P.38-39), ele é capaz de suportar um tráfego elevado, em situações de mau estado de conservação, sem sofrer fissura nem fadiga. Sua resistência transversal é superior as encontradas nos dormentes de madeira sem perder a elasticidade.

A Vale (2009, p.76) informa esses dormentes são encontrados na Ferrovia Centro-Atlântica – FCA.

e) Dormente de concreto polibloco

Assim como o dormente misto, este dormente também é conhecido pelas iniciais de que o projetou, no caso é FB, iniciais de Franki-Bagon. Brina (1983, p.39) afirma “é constituído por dois blocos de extremidade de concreto armado e uma peça intermediária, de concreto (viga). Fazendo-se a união das três peças com fios de aço, com elevado limite elástico, tendido e ancorado nas extremidades”. O dormente polibloco é visto na Figura 11.

Figura 11- Dormente de polibloco



Fonte: Brina (1983, p.39)

Esse dormente é intercalado com plaquetas de material elástico para evitar a destruição do concreto e para ter certa flexibilidade.

f) Dormentes alternativos

Surgem da necessidade de busca de alternativas melhores para o meio ambiente para suprir a necessidade de dormentes, substituindo os de madeira sem ter um custo tão elevado quanto os de aço e concreto. Segundo a Vale (2009, p. 77), “As alternativas em teste tem sido a utilização de materiais recicláveis tais como a borracha, o plástico ou até mesmo a mistura de vários componentes.”

Nas ferrovias da Vale S.A., são testados dormentes de plástico e de borracha na EFVM e EFC. Dentre os dormentes alternativos, o de plástico está com seu desenvolvimento mais avançado e já é utilizado em algumas ferrovias.

Nas tabelas abaixo serão apresentados as principais vantagens e desvantagens dos dormentes vistos nos itens anteriores. Sendo as tabelas: Tabela 5, Tabela 6, Tabela 7, Tabela 8 e Tabela 9, dos dormentes de aço, dormentes de madeira, dormentes de concreto protendido, dormentes de concreto misto e dormentes alternativos, respectivamente.

Tabela 5- Vantagens e desvantagens dos dormentes de aço

Tipo	Vantagens	Desvantagens
Dormentes de aço	Vida útil elevada	Grande propagador de ruídos
	Maior estabilidade lateral da via	Dificuldade de isolamento elétrico
	Possibilidade de emprego de diversos tipos de fixação	Alto custo inicial
	Manutenção rígida da bitola, mesmo em curvas com raios menores	Possibilidade de corrosão química e galvânica
	Permite utilização em qualquer traçado	Pouca tradição de uso acarreta desconhecimento prático
	Facilidade de manuseio devido ao pequeno peso	
	Permite reutilização, após acidente na linha	

Fonte: Borges Neto (2012, p. 75-77), Rosa (2011)

Tabela 6- Vantagens e desvantagens dos dormentes de madeira

Tipo	Vantagens	Desvantagens
Dormentes de madeira	Menor custo inicial	Necessita de tratamento
	Resistem a grandes cargas por eixo	É inflamável
	Grande flexibilidade	Necessita de grandes áreas e de capital para a secagem e tratamento
	Rolamento suave	Necessita de uma política de reflorestamento
	Elasticidade	Perda gradativa de resistência ao deslocamento das fixações rígidas
	Fácil manuseio	Maior interferência com manutenção da via
	Bom isolamento elétrico	Vida útil decrescente
	Permite instalação nas juntas	Crescente escassez da matéria prima
	Aceita trilho longo soldado	
	Aceita trilho contínuo soldado	
	Absorve melhor as consequências de um descarrilamento	
	Permite o uso de bitola mista	
	Aceita reutilização em outras bitolas diferentes	
Permite o uso de todos os tipos de fixação		
Possibilita a mudança do perfil do trilho sem troca de dormente		

Fonte: Borges Neto (2012, p. 75-77), Rosa (2011)

Tabela 7- Vantagens e desvantagens dos dormentes de concreto protendido

Tipo	Vantagens	Desvantagens
Dormente de concreto protendido	Vida útil elevada	Alto custo inicial
	Possibilidade de fabricação próximo ao local de uso	Maior destruição, em caso de descarrilamento
	Possibilidade de produção ilimitada	Insuficiência de dados sobre vida útil
	Manutenção rígida da bitola	Não pode ser aplicada em juntas de trilhos
	Facilidade de controle de qualidade de fabricação	Exige maior cuidado na distribuição do lastro
	Facilidade de inspeção	Exige boa infraestrutura
	Menor taxa de aplicação por km	Não permite aproveitamento com cargas acima das projetadas
	Admite diversas opções de fixações elásticas de trilhos	Necessita maior volume de lastro

Fonte: Borges Neto (2012, p. 75-77), Rosa (2011)

Tabela 8- Vantagens e desvantagens das dormentes de concreto misto

Tipo	Vantagens	Desvantagens
Dormente de concreto misto	Vida útil elevada	Alto custo inicial
	Grande estabilidade da via	Não resistem bem a esforços laterais elevados
	Possibilidade de fabricação próximo ao local de uso	Não suporta impacto nas juntas
	Possibilidade de produção ilimitada	Insuficiência de dados sobre vida útil
	Manutenção rígida de bitola	Não pode ser aplicada em juntas de trilhos
	Facilidade de inspeção	Não permite utilização em AMVs, cruzamentos e pontes
	Facilidade de manuseio, por ter menor peso	Exige boa infraestrutura
	Possibilidade de reaproveitamento após acidente na via	Maior vulnerabilidade em caso de acidentes
		Necessita maior volume de lastro
	Não permite aproveitamento com cargas acima das projetadas	

Fonte: Borges Neto (2012, p. 75-77), Rosa (2011)

Tabela 9- Vantagens e desvantagens dos dormentes alternativos

Tipo	Vantagens	Desvantagens
Dormentes alternativos	Vida útil estimada em 50 anos	Destruído pela ação do fogo
	Mais leve que o dormente de madeira	Sofre concorrência direta com dormentes de madeira onde há madeira em abundância
	Não racha, nem trinca	Material feito a partir do petróleo, fonte não renovável
	Eletricamente não condutivo	Preço sujeito a elevações no mercado internacional
	Mantém suas propriedades físicas sem deterioração	Tecnologia em desenvolvimento e consolidação no mercado
	Utiliza tipos comuns de fixação	
	Absorve vibrações preservando o material rodante e a geometria da via	
	Impermeável a água e a efeitos biológicos	
	Livre de produtos químicos tóxicos	
	100% reciclável	

Fonte: Borges Neto (2012, p. 75-77), Rosa (2011)

3 METODOLOGIA

Esta seção aborda a metodologia utilizada para o desenvolvimento de materiais didáticos para a via permanente.

3.1 Desenvolvimento do aquário da via permanente

Esse projeto consiste na criação de um conjunto de elementos da via permanente, possibilitando visualizar sua infraestrutura e superestrutura com todos os seus elementos.

O projeto consiste na elaboração dos elementos, de forma que o tamanho, peso e dimensões fossem adequados para o estudo, sem perder a relação com a realidade. Alguns elementos foram redimensionados para tornar possível a elaboração do modelo.

O recurso utilizado foi o software de projeto mecânico SolidWorks®, que permitiu a modelagem da via de forma representativa sólida 3D. Os materiais utilizados na simulação foram pensados para que o projeto pudesse ser reproduzido futuramente.

A modelagem iniciou com a elaboração e amadurecimento da ideia. Foi escolhido o SolidWorks®, devido a possibilidade que ele oferece em modelagem dos componentes, além de permitir a representação de perspectiva isométrica das peças criadas.

Após a escolha do programa, foi criado cada elemento da via permanente separadamente, pensando sempre em melhores materiais que poderiam ser utilizados para representar a estrutura. Com todos os elementos prontos, foi possível fazer a montagem, resultando na modelagem do projeto.

3.2 Desenvolvimento de Poster (Banner)

O poster (banner) é um recurso visual de grande visibilidade e de baixo custo. Tem a possibilidade de ser transportado facilmente e tem boa durabilidade se for feito de um material resistente.

O banner será impresso em lona branca com dimensões padrão de 120 X 80 cm, e o modelo utilizado como referência de layout será o sugerido como

Os projetos de dois banners foram desenvolvidos para trazer informações que dão suporte ao projeto do “Aquário” da via permanente. Por meio deles é possível aprender que além da estrutura representada no “Aquário”, ainda é possível alterar os elementos compondo outras configurações de via.

O banner comparativo dos perfis de trilho apresenta 3 tipos de trilho de perfil *Vignole*, a fim de que seja possível perceber as diferenças dimensionais de cada um deles, além das principais características. Nele serão retratados os perfis dos trilhos e suas características de massa, área e volume em forma de tabela comparativa.

Os perfis escolhidos foram o TR-32, TR-45 e TR-68. O motivo da escolha desses trilhos foi para que tenham dimensões bem distintas, possibilitando uma comparação. Os perfis de trilho foram modelados no SolidWorks®.

O banner com os dormentes foi elaborado de modo a apresentar de forma simples e visual 3 diferentes modelos de dormentes, assim como apresentar algumas de suas vantagens e desvantagem em relação aos outros dormentes.

Os dormentes serão modelados no SolidWorks®, sendo que os dormentes escolhidos para serem representados foram de madeira, de concreto misto e de aço.

4 RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos no trabalho, sendo o Aquário da Via Permanente e os Banners. Os desenhos técnicos dos elementos estão apresentados no apêndice.

4.1 Aquário da via permanente

O aquário foi montado em etapas, a serem descritas.

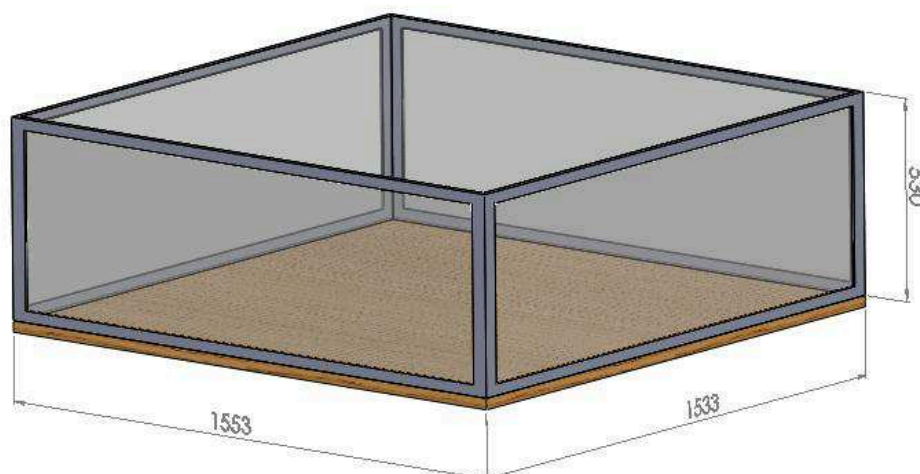
4.1.1 Estrutura

A estrutura foi pensada para resistir a todas as cargas que vão atuar sobre ela, além de permitir a visualização de seu interior. Para isso, foi utilizado policarbonato, devido sua alta resistência, transparência e leveza, de 10 mm de espessura, formando as quatro paredes laterais. O vidro comercial alcalino também poderia ser utilizado.

Para fixar e aumentar a resistência da estrutura, foi utilizada uma cantoneira de aço laminado, com 1 ¼” de largura e 3/16” de espessura, onde a chapa de policarbonato será encaixada, nas laterais e no fundo. Na parte da borda superior foi utilizada uma barra chata também de aço laminado com as mesmas dimensões.

A caixa possui dimensões de 1553 x 1532 x 530 mm e seu fundo é composto de uma tábua de madeira de 30 mm de espessura, que também é fixada e suportada pela cantoneira. A estrutura pode ser vista na Figura 13.

Figura 13- Montagem da chapa de policarbonato com as cantoneiras e o fundo

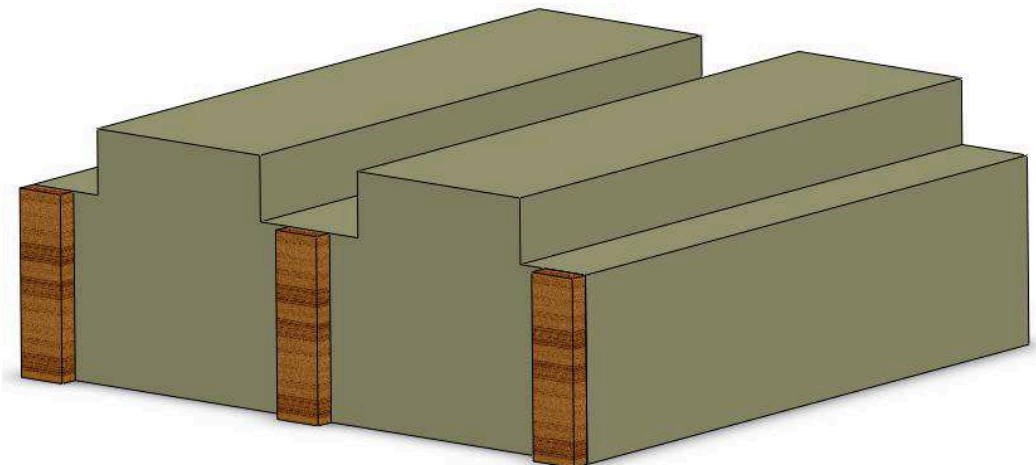


Fonte: Autor

Visto que o objetivo da modelagem é possibilitar a visualização em corte da via permanente, somente uma fina camada na superfície lateral do policarbonato com lastro e sublastro já é suficiente para fazer essa representação, já que somente o que estiver em contato com a estrutura poderá ser vista, no caso a camada preenchida com o material será de 85 mm. Não é necessário que seu interior também seja preenchido, o que aumentaria muito o peso e a carga que a estrutura teria que suportar. Pensando nessa capacidade da estrutura um elemento foi criado com a intenção de diminuir o peso e servir como um elemento de sustentação.

Esse elemento seria um bloco modelado feito de poliestireno expandido de alta densidade, devido seu baixo peso, onde serão encaixados os trilhos, e colocado o lastro e sublastro. Para ajudar o poliestireno expandido na sustentação dos trilhos e dormentes, reforços de madeira com dimensão de 100 x 370 x 40 mm foram utilizados. Esses elementos de sustentação podem ser vistos na Figura 14.

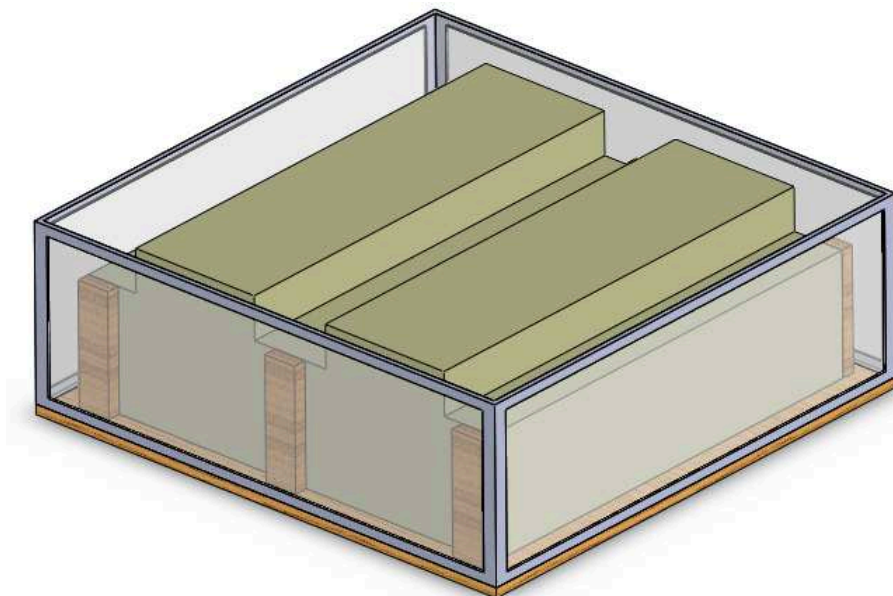
Figura 14- Estrutura de poliestireno expandido de alta densidade e reforços de madeira



Fonte: Autor

Depois de modelados, como mostra a Figura 15, a estrutura de poliestireno expandido com os reforços de madeira é encaixada sobre a estrutura constituída de policarbonato e cantoneira de aço.

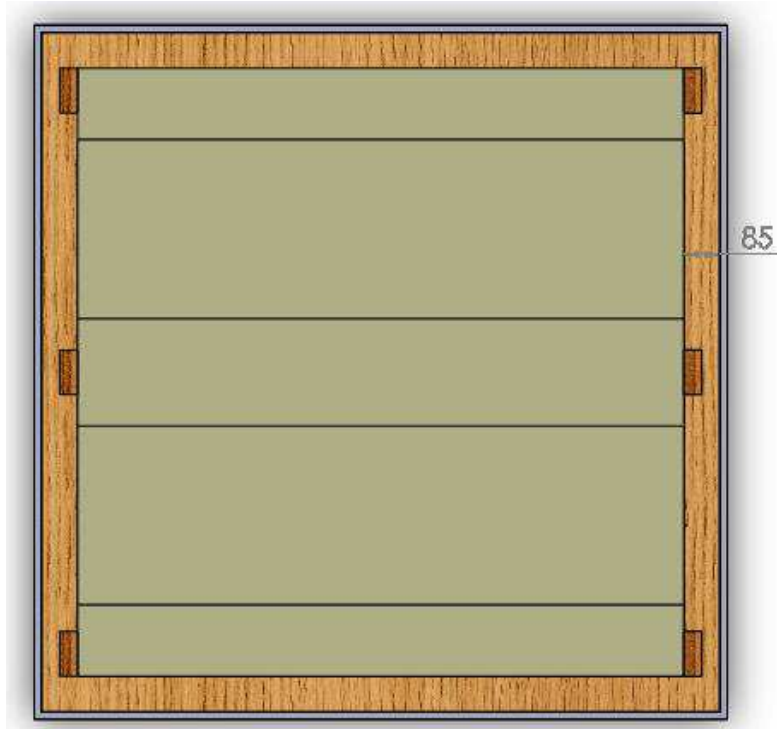
Figura 15- Montagem da estrutura de policarbonato com o isopor



Fonte: Autor

Observando a vista superior dessa estrutura (Figura 16), pode-se observar que há um espaço de 85 mm onde posteriormente serão encaixados o material do lastro e sublastro.

Figura 16- Vista superior da montagem da estrutura de policarbonato com o isopor

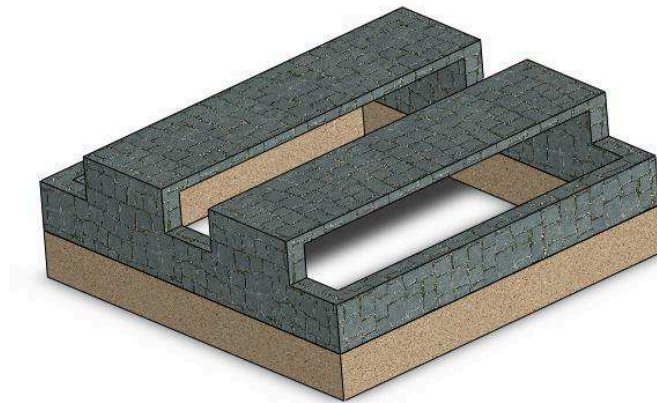


Fonte: Autor

4.1.2 Lastro e sublastro

No espaço deixado entre a estrutura de policarbonato e o isopor será preenchido com o lastro e o sublastro (Figura 17). O material escolhido para o projeto no sublastro é a areia e o material do lastro é a brita. O motivo da escolha é a facilidade em se obter esses materiais.

Figura 17- Lastro e sublastro

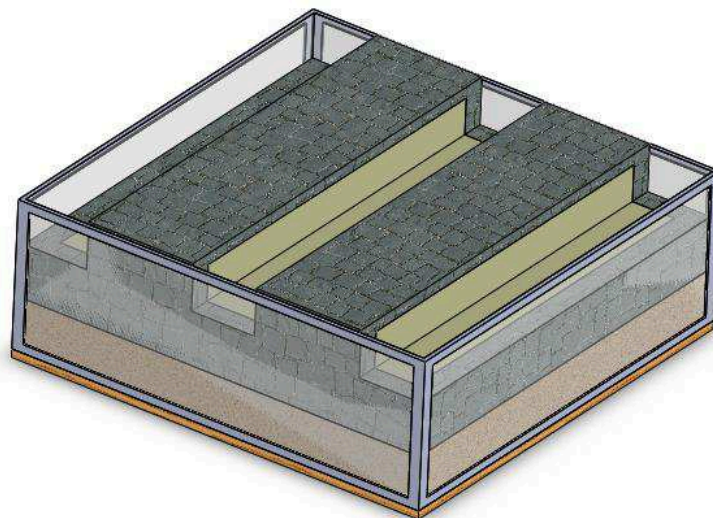


Fonte: Autor

Para facilitar o desenho e a modelagem, o lastro e o sublastro foram desenhados como um bloco, representando o que seria na verdade areia e brita, preenchendo o espaço a eles designados.

A montagem dos componentes pode ser observada na Figura 18.

Figura 18- Adição do lastro e sublastro na estrutura



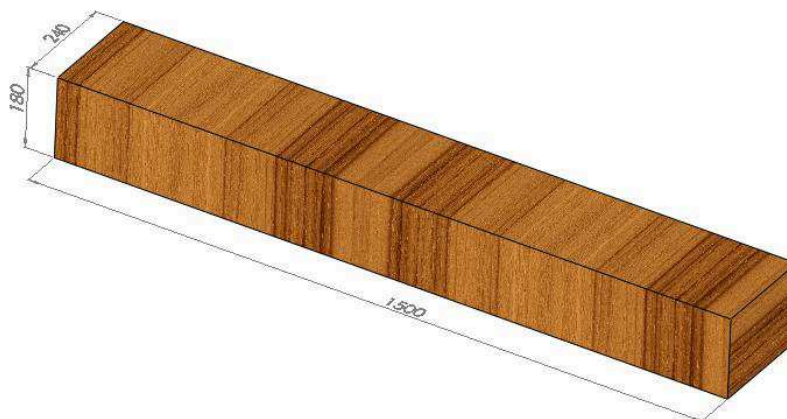
Fonte: Autor

4.1.3 Dormentes

Os dormentes escolhidos para o modelo foram os dormentes de madeira (Figura 19), por serem os mais utilizados no Brasil. Suas dimensões são 180 x 240 x 1500 mm. Na estrutura será utilizado três dormentes, com 400 mm entre eles. Os dormentes do projeto terão comprimento menor que seu comprimento real de aplicação na ferrovia devido a melhor adequação no modelo criado. A

madeira utilizada no projeto será o carvalho, o que classificaria esse dormente como sendo de segunda classe, como visto na seção 2.2.2.4 do embasamento teórico.

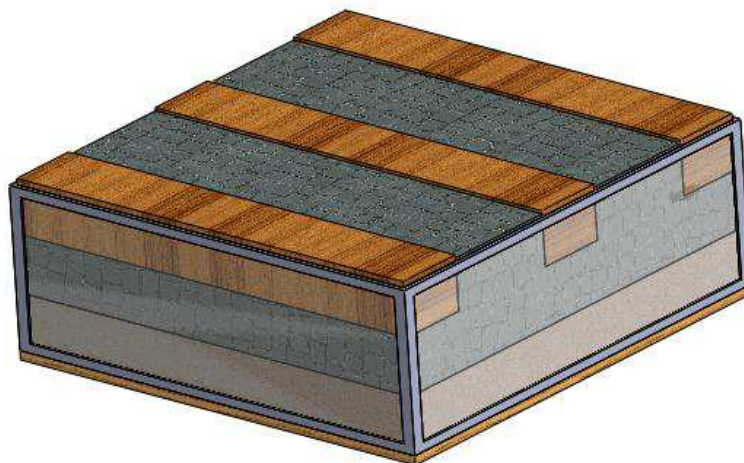
Figura 19- Dormente de madeira



Fonte: Autor

Com os dormentes projetados, eles foram adicionados à estrutura, como pode ser visto na Figura 20.

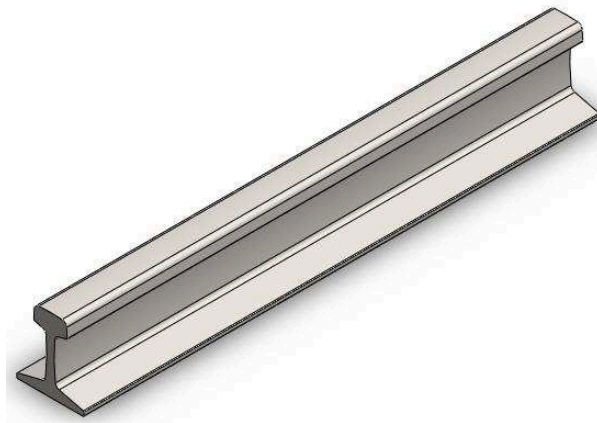
Figura 20- Estrutura com adição dos dormentes



Fonte: Autor

4.1.4 Trilho

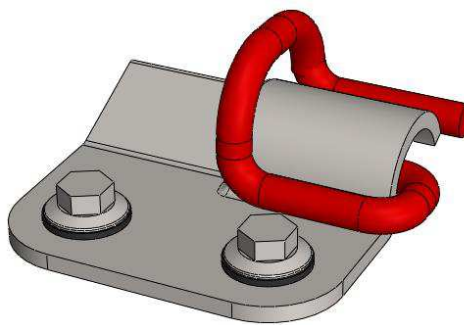
O trilho TR-45 (Figura 21) foi escolhido para ser representado no projeto. Esta escolha se deve ao seu peso e sua qualidade. O perfil do trilho de aço carbono foi modelado em escala real com comprimento de 1500 mm, o material do trilho é de aço carbono.

Figura 21- Trilho

Fonte: Autor

4.1.5 Elemento de fixação

O elemento escolhido para fixar o dormente ao trilho, foi o Pandrol com seu suporte (Figura 22). Essa fixação consiste num grampo de aço que se encaixa na placa de apoio. Fazendo com que trilho e dormente fiquem fixos um ao outro. Esses elementos foram modelados com dimensões obtidas apenas por observação, sem relação de escala com o objeto real.

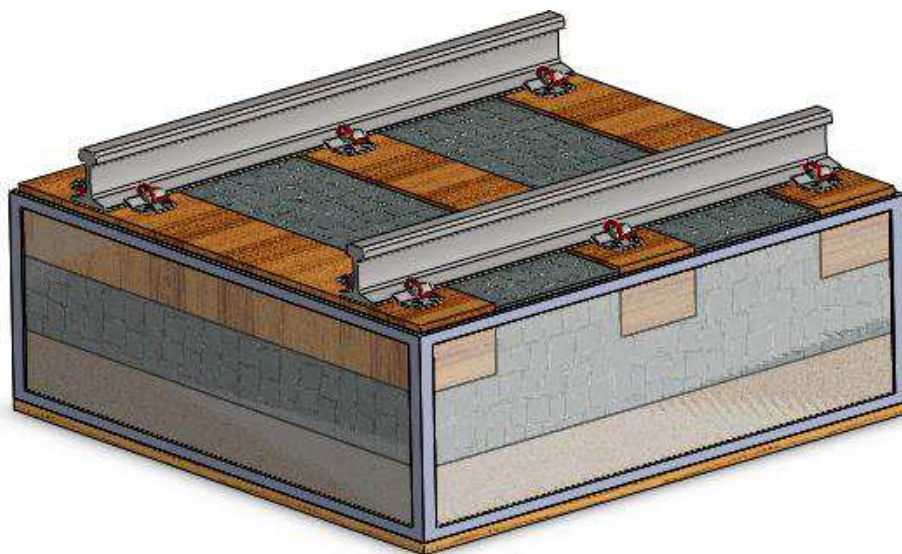
Figura 22- Elementos de fixação trilho-dormente

Fonte: Autor

4.1.6 Estrutura final

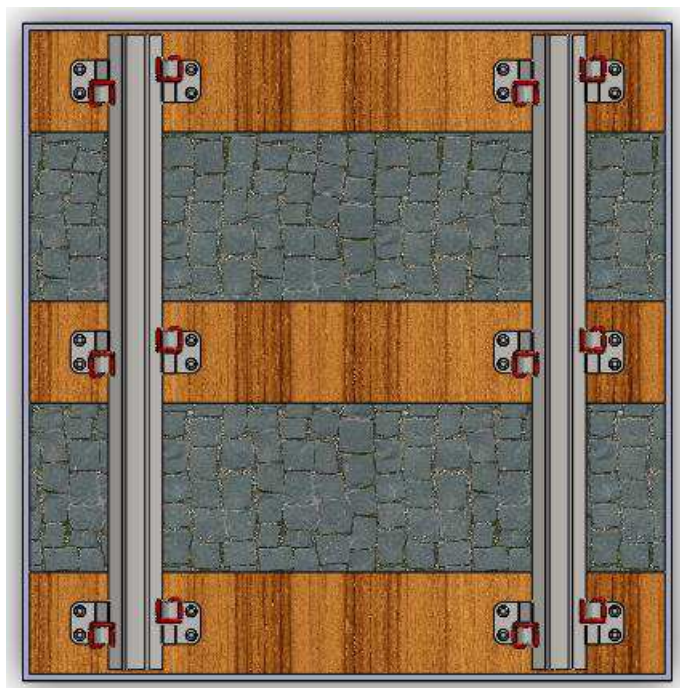
A estrutura completa do Aquário da Via Permanente com todos os seus componentes estruturais pode ser observada na Figura 23. A bitola utilizada no projeto é a métrica, ou seja, a distância entre os trilhos é de 1 m. As Figura 24 e 25, representam a vista superior e lateral de montagem, respectivamente.

Figura 23- Estrutura com todos os componentes



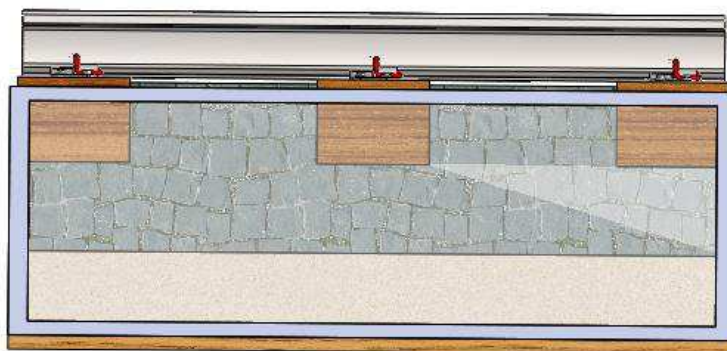
Fonte: Autor

Figura 24- Vista superior da estrutura



Fonte: Autor

Figura 25- Vista lateral da estrutura

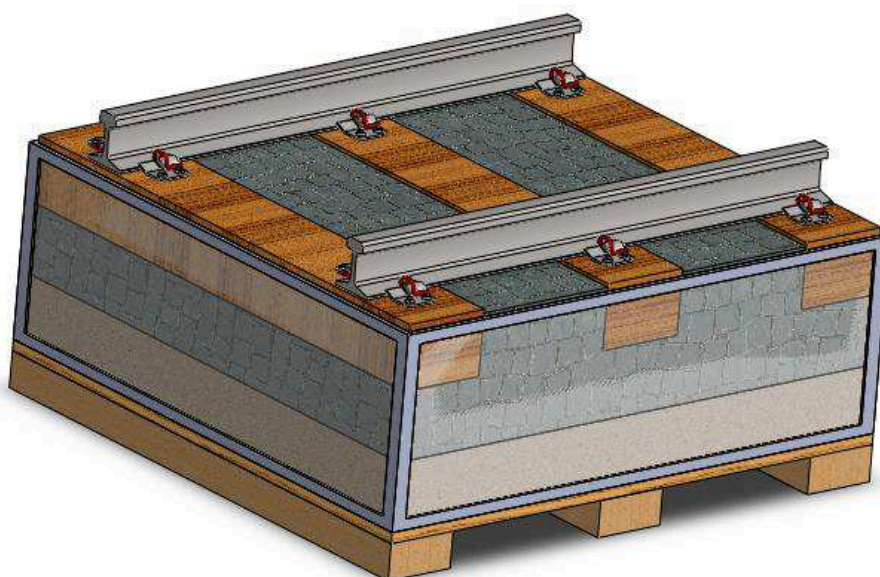


Fonte: Autor

O projeto final, utilizando as propriedades de massa fornecidas pelo software para os materiais utilizados, ficaria com uma massa aproximada de 680 kg. Essa massa bastante elevada, dificulta a mobilidade do “Aquário”, sendo necessário montar a estrutura no local onde ela vai permanecer.

Outra solução no caso de necessidade de locomoção é transportá-la utilizando empilhadeira, o que faz com que seja preciso o uso de pés de suporte onde a empilhadeira possa encaixar. Esses pés serão feitos de madeira ou aço com altura de 100 mm, altura suficiente para que uma empilhadeira possa movê-lo. O projeto final, pensando em todas as possibilidades pode ser observada na Figura 26 abaixo.

Figura 26- Projeto final do Aquário da Via Permanente



Fonte: Autor

4.2 Banners

A seguir serão apresentados os banners desenvolvidos neste trabalho.

4.2.1 Banner de comparação dimensional dos perfis de trilhos

Os perfis dos trilhos de *Vignole*, possuem diferenças de resistência a carga aplicada, estando diretamente ligados as suas dimensões. A nomenclatura TR está ligada ao valor de seu peso por metro. Quando variamos as dimensões do boleto, alma e patim, mudamos a seu peso, momento de inércia e seu módulo de resistência. Observa-se também que quando maior o peso, maior será sua capacidade de carga.

O banner será estruturado para que represente as dimensões de três tipos de trilho, o TR-32, Figura 27, escolhido por ser um dos menores utilizados, já o TR-68, Figura 29, foi escolhido justamente por ser o oposto, com uma estrutura mais robusta e mais resistente. O TR-45, Figura 28, é um trilho intermediário. A Unidade de medida representada nas figuras é o mm.

Para avaliar as propriedades de cada trilho, foi utilizado o material aço carbono fundido com as propriedades disponibilizadas na biblioteca de materiais do SolidWorks®, como pode ser visto na Tabela 10, com as dimensões utilizadas nos trilhos da América Latina Logística. Um trilho de 1 (um) metro de comprimento foi escolhido para a simulação.

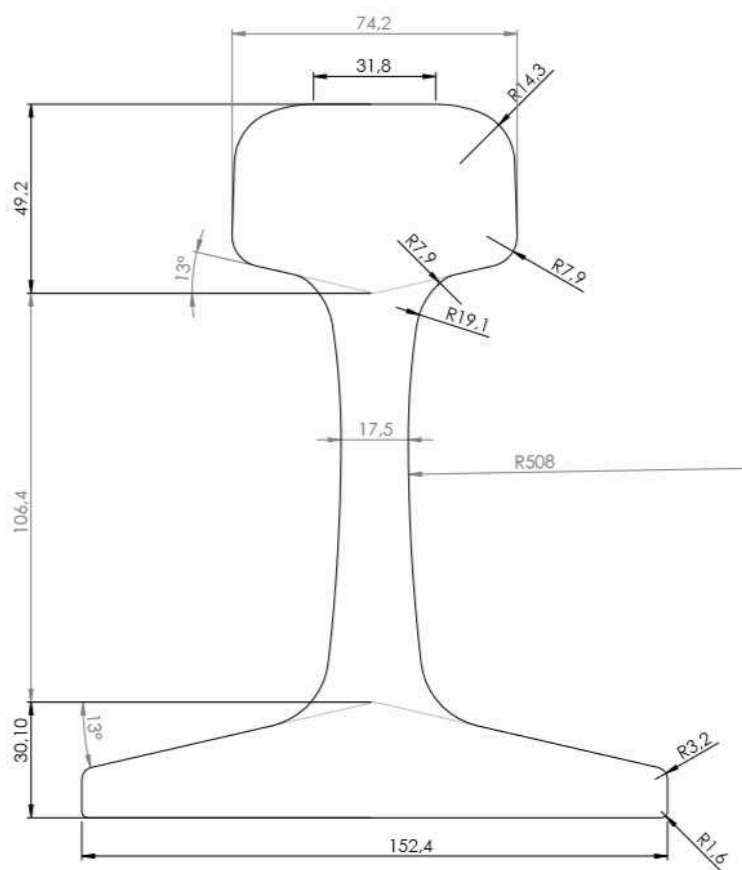
Tabela 10- Propriedades do aço carbono fundido

Propriedades do aço carbono fundido para todos os tamanhos de trilho	
Propriedade	Valor
Densidade	7800 kg/m ³
Módulo de elasticidade	200 Gpa
Módulo de cisalhamento	76 Gpa
Resistência a tração	482,549 Mpa

Fonte: Biblioteca de materiais do SolidWorks®

Para o banner, os dados foram obtidos através da simulação da análise de massa disponível no SolidWorks®.

Figura 29- Perfil do trilho TR-68



Fonte: Autor

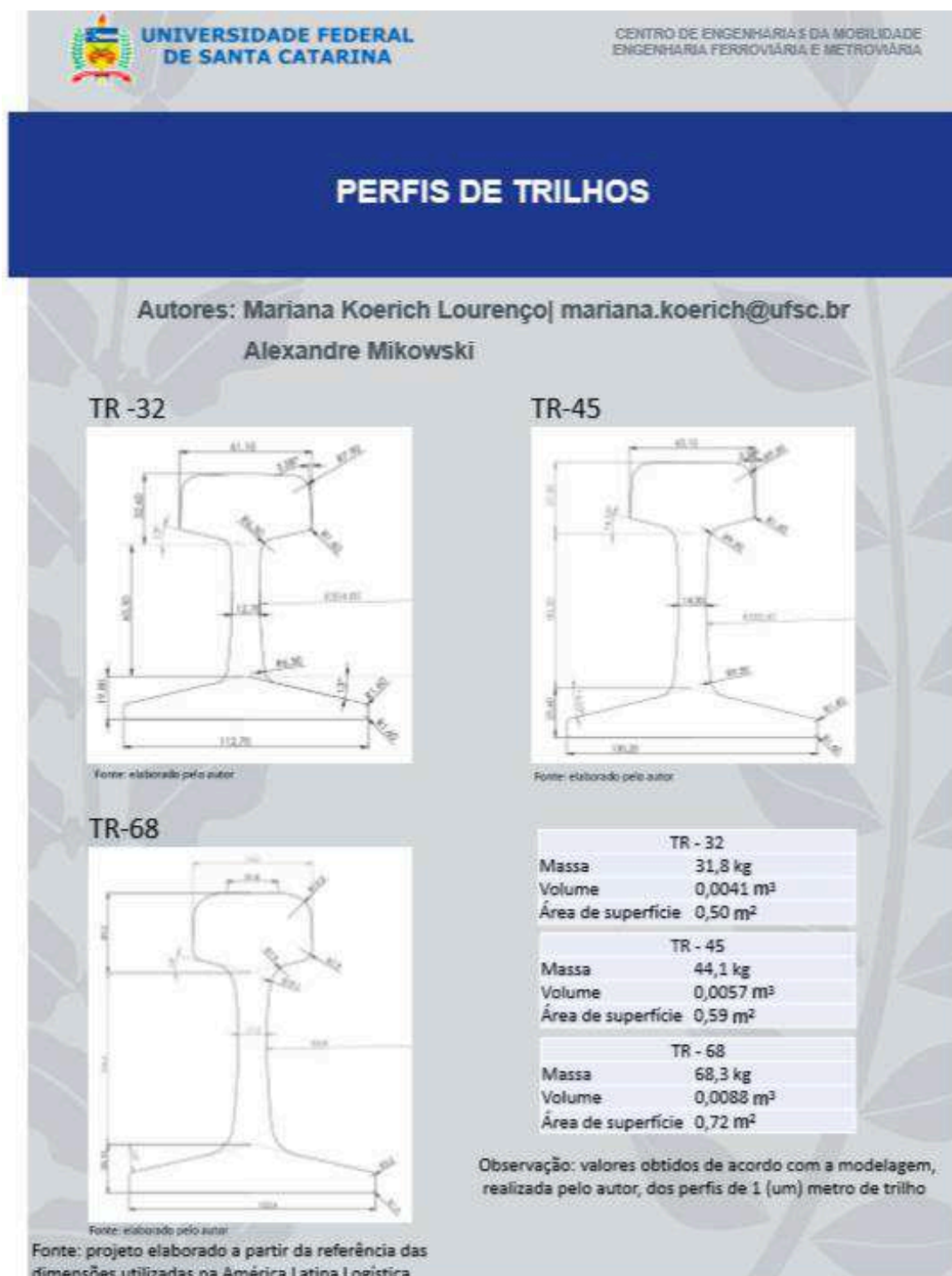
É possível de observar a partir dos dados gerados pelo SolidWorks®, para um trilho de 1 (um) metro, é que sua numeração vem de uma aproximação da massa que ele possui. Desta maneira, o trilho TR-32 terá em 1 (um) metro e uma massa aproximada de 32 kg.

Podemos também observar é que cada perfil terá características dimensionais distintas. A área da seção transversal aumenta à medida que a numeração aumenta. Quanto maior o valor do TR do trilho, mais robusto ele será e maior vai ser sua capacidade de carga.

Comparando, por exemplo os trilhos TR-32 com o TR-45, podemos observar que a maior diferença dimensional sofrida foi no tamanho do patim, que é a base do trilho que será fixado ao dormente.

O banner foi elaborado com os perfis de trilho observando suas propriedades de massa, obtidos no SolidWorks®. O banner do perfil dos trilhos pode ser observado na Figura 30.

Figura 30- Banner dos perfis de trilho



Fonte: Autor

4.2.2 Tipos de dormentes, vantagens e desvantagens

O dormente escolhido para ilustrar os dormentes de madeira foi o dormente de dimensões 240 x 180 x 2300 mm utilizados na Estrada de Ferro Vitória a Minas da Vale. Esses dormentes têm como madeira de referência em qualidade a Sucupira. O dormente pode ser visto na Figura 31.

Figura 31- Dormente de madeira



Fonte: Autor

Os dormentes de aço (Figura 32), são diferentes estruturalmente dos dormentes de madeira, primeiramente, ele não forma um bloco único, possui um formato de “U” invertido e é bem mais fino e leve que os de madeira.

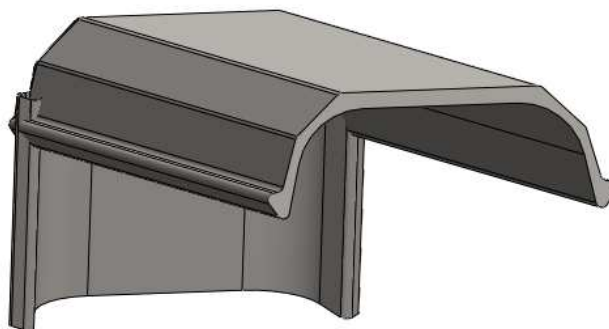
Figura 32- Dormente de aço



Fonte: Autor

O perfil desse tipo de dormente pode ser observado na Figura 33. O dormente foi modelado com o objetivo ilustrativo e possui dimensões semelhantes aos aplicados na via, porém as angulações e algumas dimensões foram adaptadas pelo autor devido à falta de dados exatos para referência.

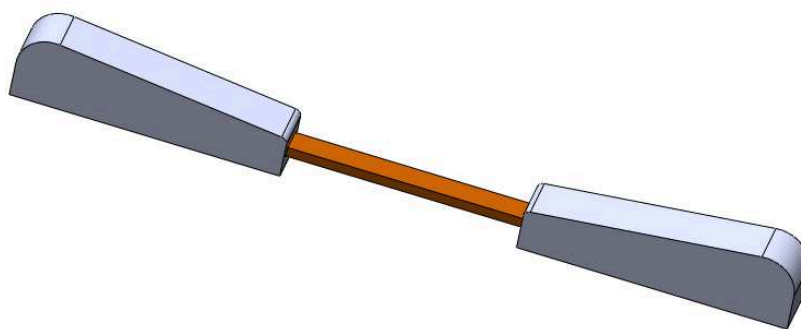
Figura 33- Perfil do dormente de aço



Fonte: Autor

Os dormentes de concreto são fabricados de diversos formatos e dimensões. Para o trabalho usaremos como referência um dormente no formato concreto misto, também chamado de bi bloco (Figura 34).

Figura 34- Dormente misto



Fonte: Autor

Devido à ausência de informações sobre o dimensionamento desse tipo de dormente, ainda pouco utilizado, o dimensionamento utilizado foi a livre interpretação do autor, baseado em observação de imagens.

Uma vez concluída a modelagem dos dormentes, é possível fazer a montagem do banner, que pode ser visto na Figura 35. As imagens utilizadas foram elaboradas pelo autor, já as informações de vantagens e desvantagens utilizadas foram as citadas anteriormente na Tabela 5.

O banner foi montado no PowerPoint 2003, seguindo os padrões de identidade visual sugeridos pela UFSC. Sua estrutura foi montada para que fosse visualmente simples de compreender e auto explicativo, uma vez que um leigo possa analisar e observar os tipos de dormente, bem como sua configuração.

Figura 35- Banner dos tipos de dormentes

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CENTRO DE ENGENHARIAS DA MOBILIDADE
ENGENHARIA FERROVIÁRIA E METROVIÁRIA

TRÊS MODELOS DE DORMENTES

Vantagens e Desvantagens

**Autores: Mariana Koerich Lourenço | mariana.koerich@ufsc.br
Alexandre Mikowski**

Madeira

Figura 1 Dormente de madeira



Fonte: elaborado pelo autor

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Menor custo inicial	Necessita de tratamento
Resistem a grandes cargas por eixo	É inflamável
Grande flexibilidade e elasticidade	Necessita de áreas e capital para a secagem e tratamento
Rolamento suave	Necessita reflorestamento
fácil manuseio	Perda gradativa de resistência ao deslocamento das fixações rígidas
Bom isolamento elétrico	Maior interferência com manutenção da via
Permite instalação nas juntas e aceita todos os tipos de fixação	Vida útil decrescente
Absorve consequências de descarrilamento	Crescente escassez da matéria prima
Permite o uso de bitola mista	

Aço

Figura 2 Dormente de aço



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 3 Dormente de aço vista em corte



Fonte: elaborado pelo autor

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Vida útil elevada	Grande propagador de ruídos
Maior estabilidade lateral da via	Dificuldade de isolamento elétrico
Possibilidade de emprego de diversos tipos de fixação	Alto custo inicial
Manutenção rígida da bitola, mesmo em curvas	Possibilidade de corrosão química e galvânica
Permite utilização em qualquer traçado	Pouca tradição de uso acarreta desconhecimento prático
Facilidade de manuseio devido ao pequeno peso	
Permite reutilização, após acidente na linha	

Concreto Misto

Figura 4 Dormente de concreto misto



Fonte: elaborado pelo autor

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Vida útil elevada	Alto custo inicial
Grande estabilidade da via	Não resistem bem a esforços laterais
Possibilidade de fabricação próxima ao local de uso	Não suporta impacto nas juntas
Possibilidade de produção ilimitada	Não pode ser aplicada em juntas de trilhos
Manutenção rígida de bitola	Não permite utilização em AMVs, cruzamentos e pontes
Facilidade de inspeção	Exige boa infraestrutura
Facilidade de manuseio, ser mais leve	Maior vulnerabilidade em caso de acidentes
Possibilidade de reaproveitamento	Necessita maior volume de lastro

Fonte: BORGES NETO (2012, p. 75-77), ROSA (2011)

LOURENÇO, Mariana Koerich. Três modelos de dormentes: vantagens e desvantagens. Joinville/SC, 2014.

Fonte: Autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As conclusões e sugestões para trabalhos futuros serão apresentados.

5.1 Conclusão

O ensino em Engenharia Ferroviária e Metroviária é de grande importância para o crescimento e bom funcionamento das ferrovias. O desenvolvimento de “kits” didáticos colabora com o entendimento sobre o assunto.

A revisão da literatura permitiu compreender a importância da ferrovia e sua história. Também foi possível apresentar os elementos que compõe a via permanente, suas funções e características, mostrando que a via permanente é um elemento fundamental para o desenvolvimento e segurança do setor ferroviário.

O Aquário da Via Permanente projetado em SolidWorks® permitiu dimensionar e verificar a disposição dos elementos do conjunto. O projeto desenvolvido de banners são recursos visuais de fácil compreensão, que complementam o aquário.

Durante as atividades do trabalho as propostas de projeto se mostraram viáveis e de fácil implementação, de modo a não necessitar de grandes investimentos em instalações e equipamentos, sendo até possível sua elaboração por meio de doação de materiais. As propostas foram desenvolvidas com base no tempo disponível e na viabilidade de montar um laboratório dentro da universidade.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

Para o futuro sugiro a elaboração dos cálculos estruturais para confirmar a resistência da estrutura. A partir daí é possível a fabricação desses modelos para a utilização em um laboratório de ensino. Caso a estrutura proposta seja inviável devido suas dimensões e peso elevado, o projeto pode ser facilmente

reduzido, utilizando dois dormentes, o que traria como consequência, redução das dimensões gerais do projeto, além do peso.

É possível utilizar o software pra calcular os esforços que seriam gerados por uma carga que passa sobre a estrutura, e observar o comportamento dos materiais a partir dessa força.

Ainda com foco na via permanente, poderia ser pensado uma simulação mostrando o aparelho de mudança de via, e sua simulação do movimento.

Os elementos de fixação também poderiam ser tratados em forma de banner, mostrando os diferentes tipos e as aplicações de cada um.

REFERÊNCIAS

ANTF, Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários. **Cronologia Histórica Ferroviária**. Disponível em: <<http://www.antf.org.br/index.php/informacoes-do-setor/cronologia-historica-ferroviaria>>. Acesso em: 29 abr. 2014.

ANTT, Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Evolução Do Transporte Ferroviário 2013**. Brasília: Antt, 2014. 12 p. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/15884/Evolucao_do_Transporte_Ferroviario.html>. Acesso em: 26 abr. 2014.

BELHOT, Renato Vairo. **A didática no ensino de engenharia**. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2005, Campina Grande - Paraíba. p. 1 - 12. Disponível em: <http://www2.eesc.usp.br/aprende/images/arquivos/A_Didatica_no_Ensino_de_Engenharia.pdf>. Acesso em: 29 out. 2014.

BORGES NETO, Camilo. **A ferrovia e sua inserção no moderno sistema de transportes do Brasil: A ferrovia no Brasil**. In: BORGES NETO, Camilo. Manual didático das ferrovias. Paraná: Universidade Federal do Paraná, 2012. p. 4-30. Disponível em: <http://www.dtt.ufpr.br/Ferrovias/arquivo/MANUAL_DIDATICO_DE_FERROVIAS_2012_P01P90_PRIMEIRA_PARTE-2s.pdf>. Acesso em: 27 maio 2014.

BRINA, Helvécio Lapertosa. **Estradas de Ferro: 1**. Rio de Janeiro: Ltc - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1983.

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

<[http://www.cnt.org.br/Imagens CNT/PDFs CNT/Transporte_e_economia_-_o_sistema_ferrovuario_brasileiro_.pdf](http://www.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Transporte_e_economia_-_o_sistema_ferrovuario_brasileiro_.pdf)>. Acesso em: 28 abr. 2014.

DNIT (a), Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes - **Ferroviário: histórico**. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/ferrovias/historico.asp>>. Acesso em: 28 maio 2014.

DNIT (b), Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - **IFS 213: projeto de superestrutura da via permanente: conjunto trilho dormente**. [s.i]: Dnit, 2014. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/sala-de-imprensa/isf-213-projeto-de-superestrutura-da-via-permanente-trilhos-e-dormentes.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2014.

EXAME. **Brasil não corre risco de falta de engenheiros, diz Ipea**. 2013. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/brasil/noticias/brasil-nao-corre-risco-de-falta-de-engenheiros-diz-ipea>>. Acesso em: 29 abr. 2014

FREITAS, Olga. **Equipamentos e materiais didáticos**. Brasília: Universidade de Brasília, 2007. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/profunc/equip_mat_dit.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2014.

MACÊDO, Fernanda Bittencourt. **Estudo do Desgaste de Trilhos Ferroviários**. 2009. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2009_1_Fernanda-Bittencourt.pdf>. Acesso em: 03 out. 2014.

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

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. **Transportes: Ferrovias**. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/transportes/ferrovias>>. Acesso em: 29 abr. 2014

PORTO, Telmo Giolito. **PTR 2501- Ferrovias**. São Paulo, Escola Politécnica de São Paulo, 2004. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCUQFjAA&url=http://www.stt.eesc.usp.br/index.php/material-didatico/category/33-stt0605-transporte-ferroviario?download=118:profportotg-epptrferroviasapostilanova&ei=GdOUU8PUF6O-sQTE1IKQCA&usg=AFQjCNEMxc8siGNYJNZNGUy4i7vfH8J46A&sig2=BuqkC1JU5j_zufacVzCaA&bvm=bv.68445247,d.b2U&cad=rja>. Acesso em: 08 jun. 2014.

REUNI. **Reestruturação e expansão das universidades federais**. Disponível em: <<http://reuni.mec.gov.br/o-que-e-o-reuni>>. Acesso em: 28 abr. 2014

REVISTA FERROVIÁRIA. São Paulo: **Revista Ferroviária**, 2013. Disponível em: <<http://www.revistaferroviaria.com.br/>>. Acesso em: 29 abr. 2014

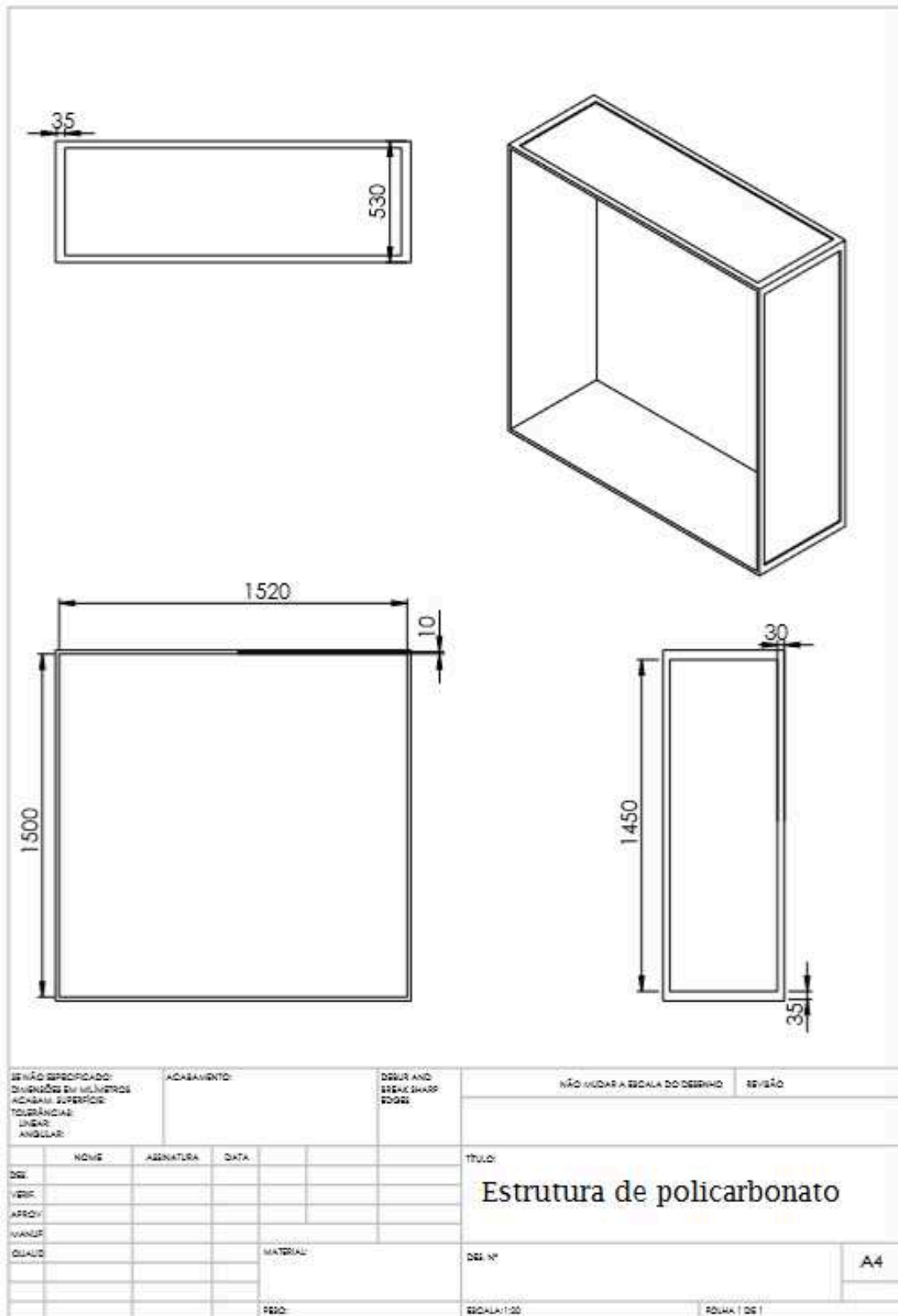
ROSA, Rodrigo de Alvarenga. **Estradas de Ferro: Via Permanente – Superestrutura** (notas de aula). Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2011. Disponível em: <<http://ecivilufes.files.wordpress.com/2012/11/02-via-permanente-superestrutura.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2014.

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

VALE. **Manual Técnico Da Via Permanente**. [s.i]: Vale S.A, 2009.

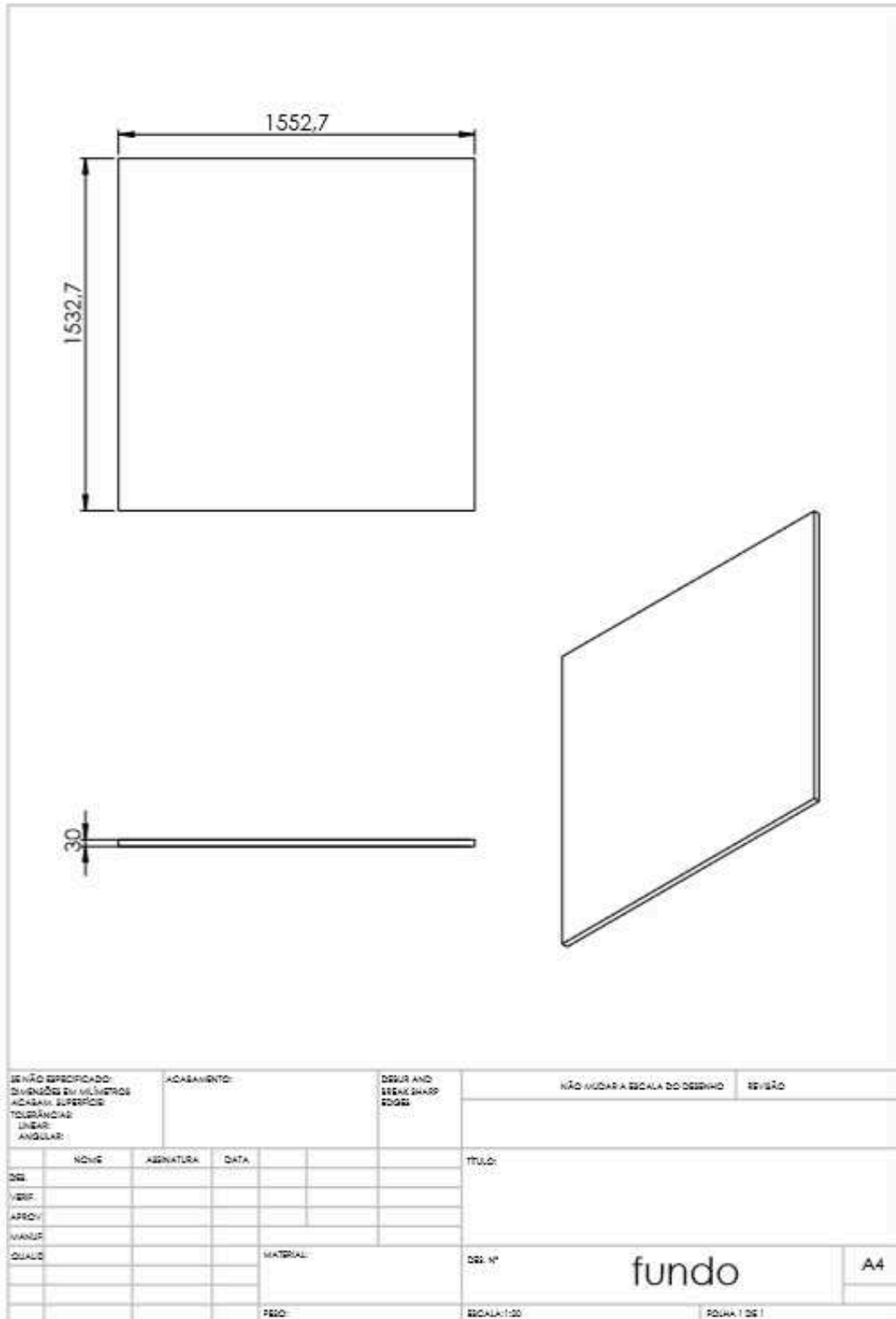
APÊNDICES

APÊNDICE A – Estrutura de policarbonato com as cantoneiras



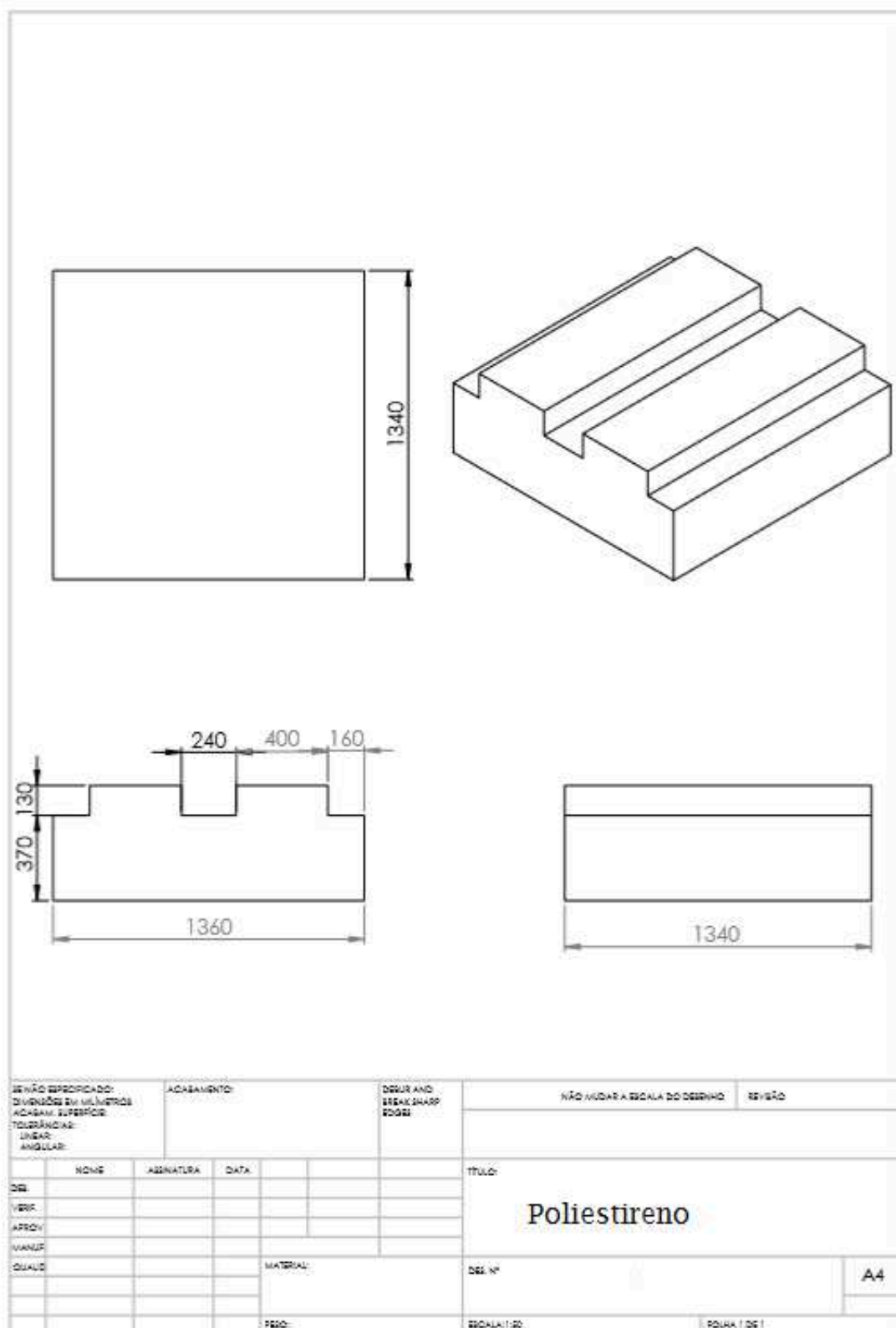
Fonte: Autor

APÊNDICE B – Fundo de madeira



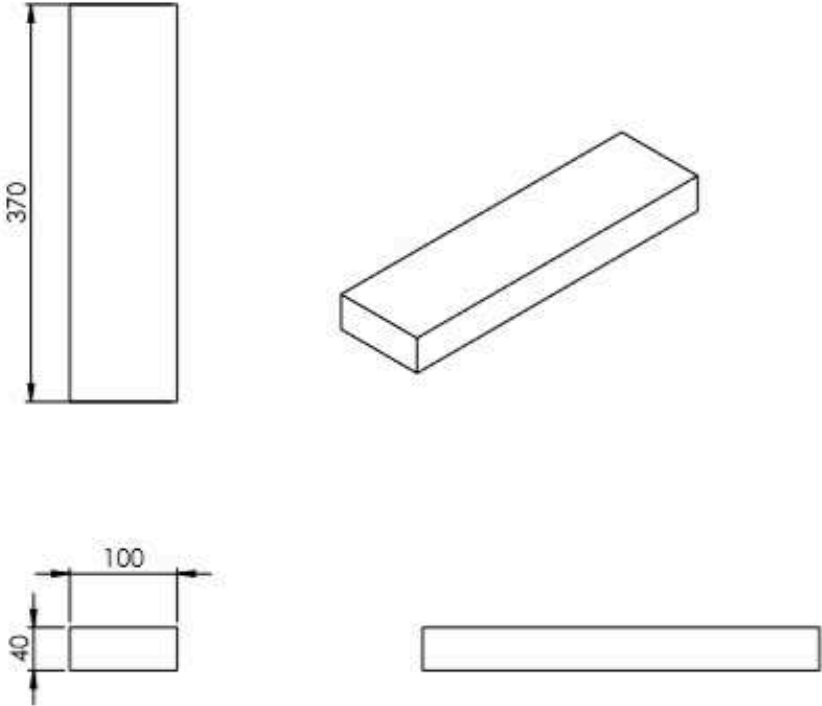
Fonte: Autor

APÊNDICE C – Estrutura de poliestireno expandido



Fonte: Autor

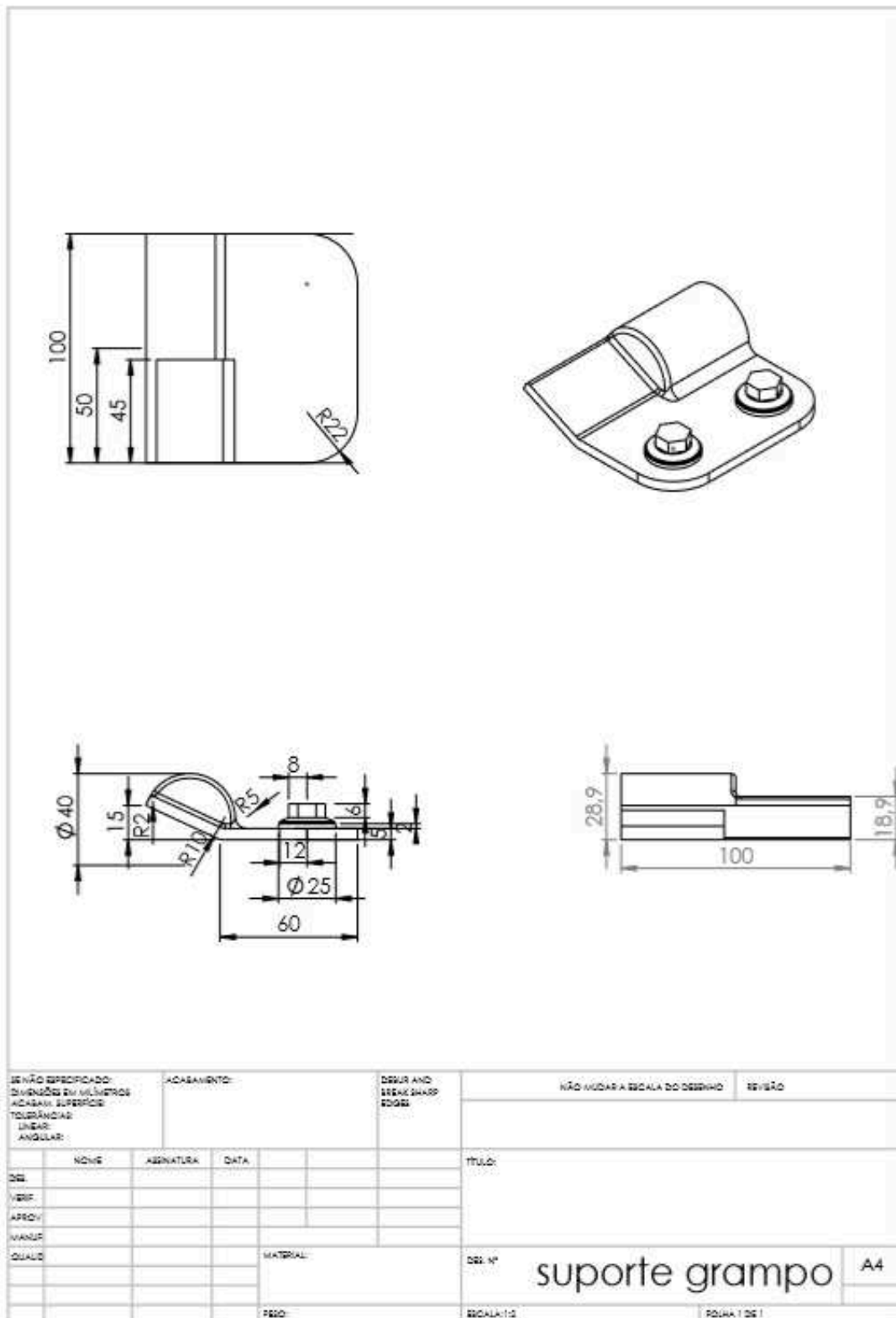
APÊNDICE D – Reforço de madeira



SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAM: SUPERFÍCIE TOLERÂNCIAS: LINEAR ANGULAR		ACABAMENTO:		DESLIZ AND SEAL SHARP EDGE		NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO		REVERSO	
NOME		ASSINATURA		DATA		TÍTULO:			
DES.						REFORÇO			
VERIF.									
APROV.									
MANUF.									
QUALID.									
				MATERIAL:		DES. Nº		A4	
				ESCALA:		SICALATIS		FOLHA 1 DE 1	

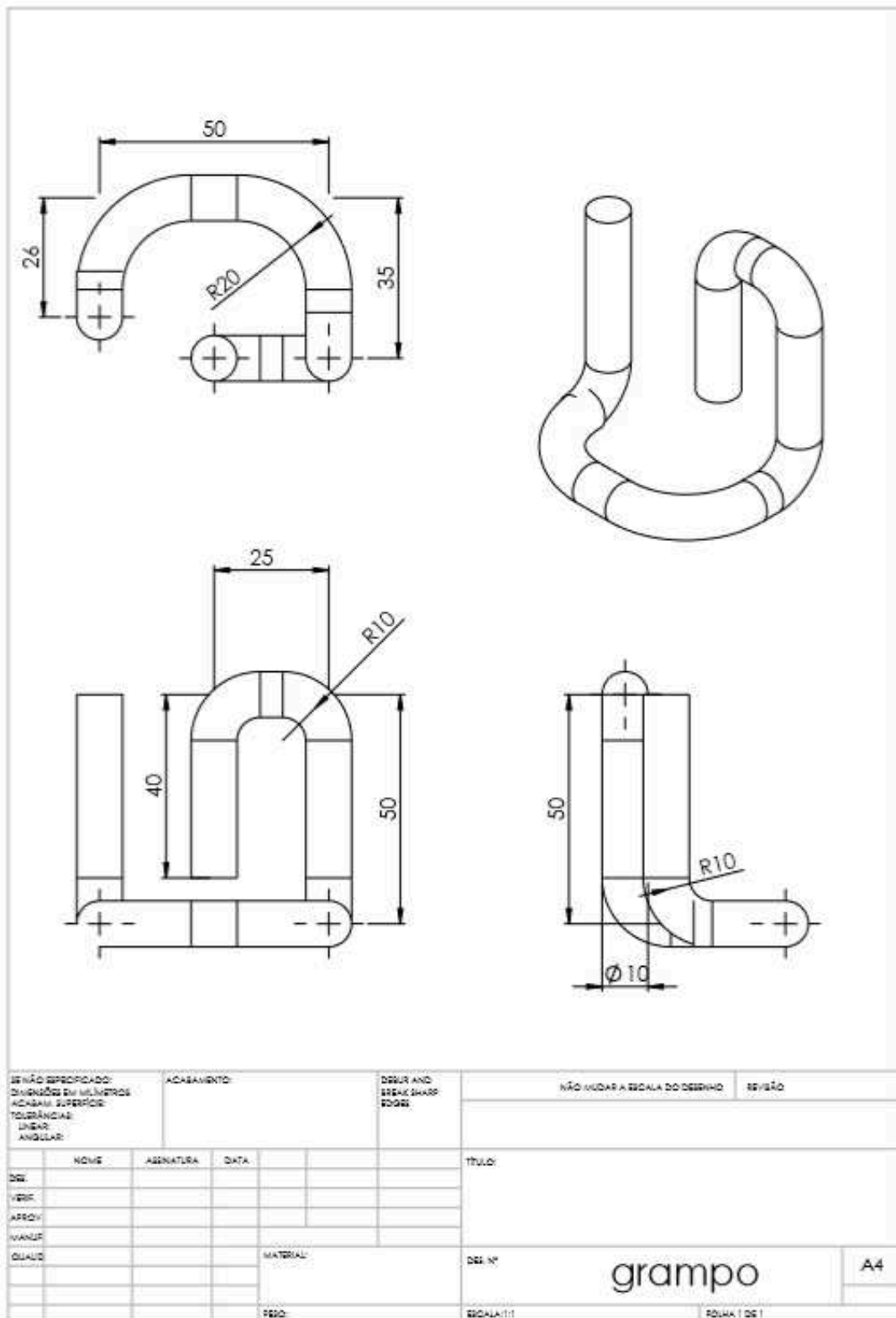
Fonte: Autor

APÊNDICE F – Elemento de fixação, suporte do grampo



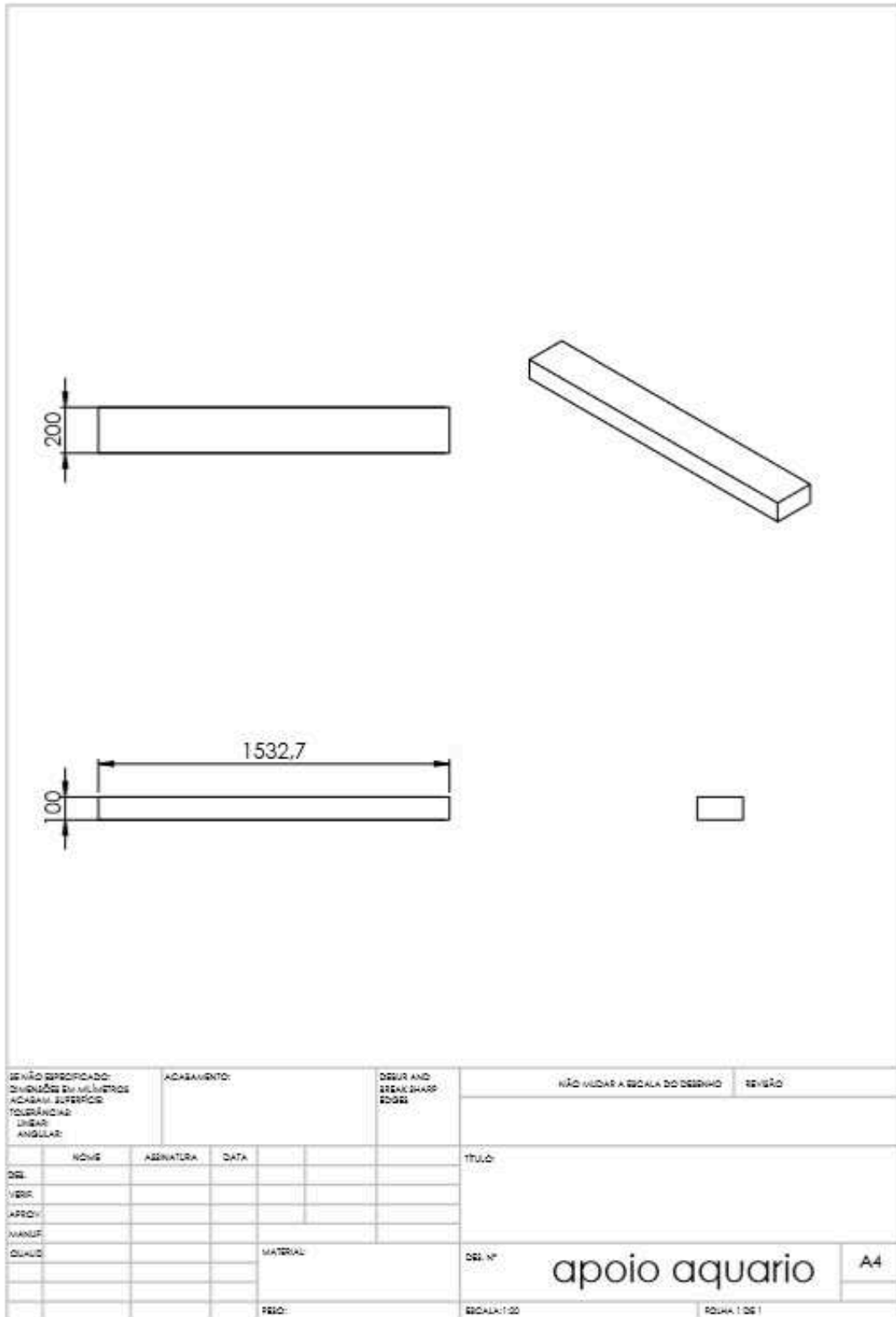
Fonte: Autor

APÊNDICE G – Elemento de fixação, grampo



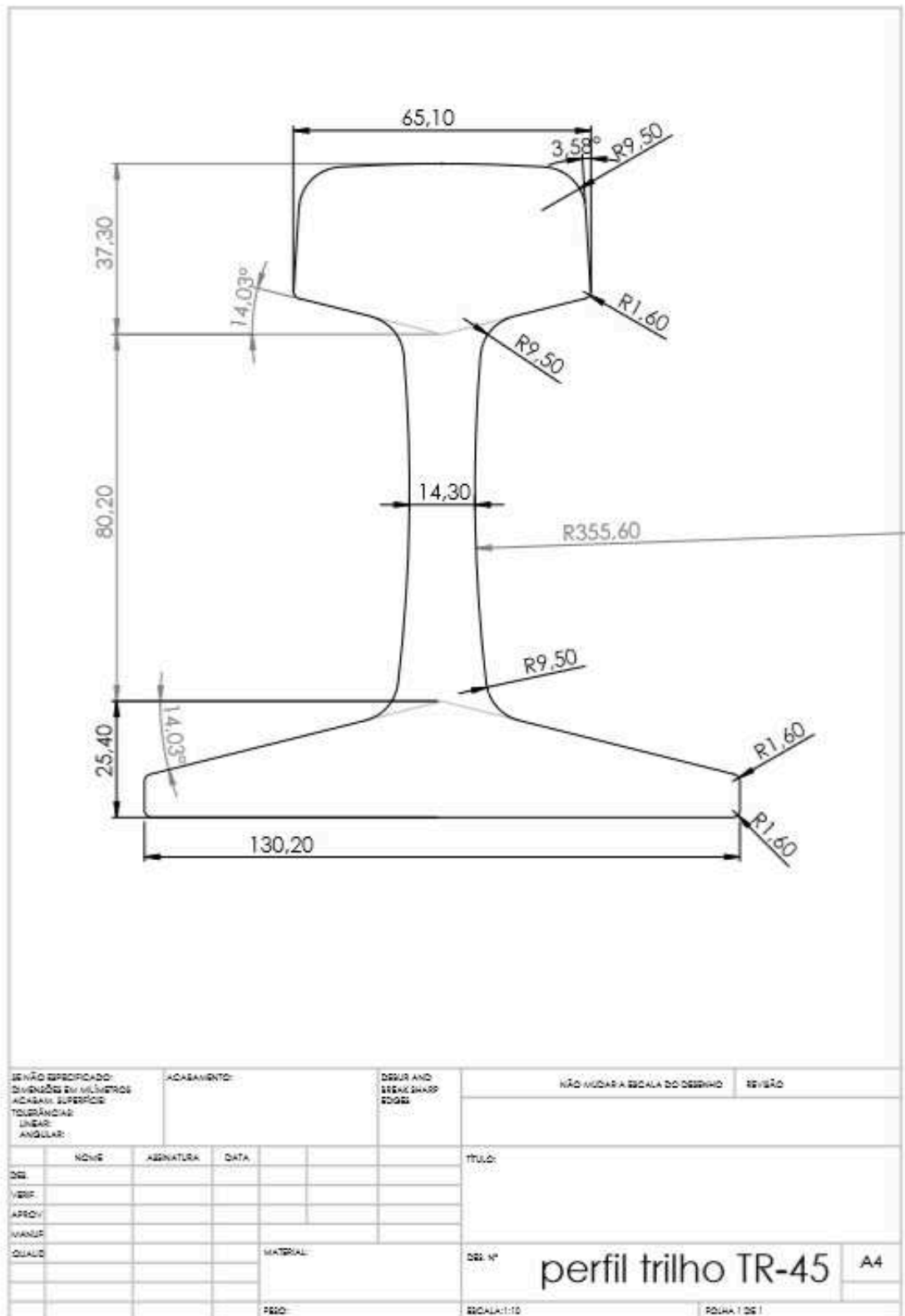
Fonte: Autor

APÊNDICE H – Suporte de madeira do Aquário da Via Permanente



Fonte: Autor

APÊNDICE I – Perfil do trilho TR-45



Fonte: Autor