



AEAMESP



**ANALISE DE DORMENTE POLIMÉRICO RECICLADO COMO SOLUÇÃO  
FINANCEIRA VIÁVEL PARA SUBSTITUIÇÃO DE DORMENTE DE MADEIRA DOS  
AMV's DA VIA PERMANENTE.**

**Autor: Eng<sup>o</sup> José Jurandi Lopes Campos**

## 21ª SEMANA DETECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

### 2º PREMIO DE TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIO

CATEGORIA: Tecnologias de implantação, operação e manutenção de sistemas de transporte.

TÍTULO DO TRABALHO: Análise de dormente polimérico reciclado como solução financeira viável para substituição de dormente de madeira dos AMV's da via permanente.

#### RESUMO

Os sistemas ferroviários de transporte de passageiros como sistema de alta densidade atendem aos usuários nos horários das 05:00h às 00:00h. Nestas condições as operadoras aumentam significativamente os custos de manutenção devido à reduzida grade horária disponível para as intervenções da manutenção além das perdas de tempo com deslocamentos no trecho para acessar os equipamentos/sistemas.

O presente trabalho visa apresentar o comportamento prático/operacional dos dormentes de plásticos reciclados aplicados em uma empresa de transporte ferroviário de alta densidade de passageiros como alternativa viável economicamente, socialmente e ecologicamente correto para substituição dos dormentes de madeiras utilizados nos AMV's da superestrutura ferroviária.

Com este estudo, verifica-se que o dormente polimérico tem hoje um valor de aquisição 25% menor que o de dormente de madeira e que aplicação do primeiro nos AMV's provoca uma sensível redução das necessidades de intervenção de manutenção em função do seu elevado ciclo de vida em relação ao segundo.

Por fim, concluem-se que o dormente de madeira começa a perder espaço devido ao avanço da legislação, pressões ambientais e da responsabilidade social das organizações e que o dormente polimérico nos últimos 10 anos com seu desenvolvimento tecnológico e principalmente pela redução de preço se apresenta como um produto viável para o mercado ferroviário.

## 1 - INTRODUÇÃO

O sistema de transporte de passageiros sobre trilhos tem o objetivo de atender às necessidades de deslocamento dos usuários com conforto, segurança e confiabilidade. A sua importância como transporte de massa, de alta capacidade ou densidade está diretamente relacionada com a sua importância como sistema estrutural, integrado a outros subsistemas de transporte urbano.

O sucesso de um sistema de transporte de passageiros sobre trilhos está diretamente relacionado com a eficiência da manutenção de seus equipamentos, principalmente a manutenção da Via Permanente (Infraestrutura e superestrutura ferroviária).

O dormente é um dos mais importantes elementos da superestrutura e seu desenvolvimento e aplicação desde a madeira e o concreto, são materiais consolidados no mercado, mas consumiram anos de evolução com acertos, erros e muita pesquisa.

Segundo Porto (2004) e Schramm (1977), os três tipos de dormentes (madeira, aço e concreto), quanto as suas avaliações técnicas não apresentam vantagens absolutas, por isto, ainda é o aspecto econômico o fator determinante na escolha do material a ser utilizado.

O dormente de plástico reciclado tem sua comprovação técnica (resistência e durabilidade), fundamentados apenas em ensaios e no Brasil a sua aplicação não passa de 10 anos.

Em laboratórios, os testes submetem os dormentes a condições mais severas do que ocorre na aplicação em campo, inclusive dinamicamente através de milhões de ciclos e ataques químicos simulando o tempo, envelhecimento e condições desejadas.

Pela falta de uma engenharia corporativa para aplicação e homologação do produto nas condições operacionais nas mais diversas condições de uso existem as desconfianças/incertezas dos técnicos das operadoras de transporte sobre trilhos.

O dormente de plástico reciclado se apresenta como uma solução inovadora da aplicação de novas tecnologias ferroviárias em função do respeito a preservação ambiental com a reutilização de um material descartado pela sociedade criando um novo produto para aplicação na superestrutura ferroviária.

Neste trabalho foram estudados os dormentes ferroviários (madeira, concreto, plásticos reciclados), com sua história e evolução por se tratar do elemento mais importante da superestrutura ferroviária. A aplicação de dormentes de plástico reciclados como solução viável econômica, social e ambiental para substituição de dormentes de madeiras aplicados nos AMV's de uma empresa de transportes de passageiros sobre trilhos.

O Dormente de concreto não foi explorado, mas apenas apresentado e detalhada a sua história e evolução. Foi referenciado por se tratar de um produto consolidado no



mercado ferroviário em função de sua durabilidade e resistência aos esforços e solicitações da via permanente, mas a área de Gestão de Ativos e Manutenção descartou os mesmo em função da filosofia local de trabalho e indisponibilidade de logística de transporte e aplicação, principalmente pelo seu elevado peso.

Neste sentido, foram analisados os resultados obtidos a partir da viabilidade principalmente econômica, mas também técnica e ambientalmente correta da substituição dos dormentes de madeira por dormentes de plásticos reciclados dos AMV's no sentido de aumentar a disponibilidade operacional do equipamento com consequente redução das intervenções de manutenção.

## **2 - JUSTIFICATIVA**

O campo da engenharia dos materiais tem apresentado um grande avanço tecnológico nos últimos 30 anos. Evidencia-se que o dormente de plástico reciclado se apresenta como uma evolução tecnológica, mas sem esquecer que o fator econômico ainda prevalece como determinante para a escolha do material/produto a ser empregado ou aplicado.

O estudo da substituição dos dormentes de madeiras por dormentes de plásticos reciclados nos AMV's visa atender às necessidades de aumentar a disponibilidade do equipamento, requerido pelo acréscimo da demanda no sistema via permanente garantindo a segurança e a confiabilidade dos sistemas, bem como a busca pela melhoria contínua na elevação do nível de qualidade dos serviços prestados pelas equipes de manutenção e qualidade de vida dos empregados.

Com o crescimento sistemático do número de usuários do Sistema de Transporte de passageiros sobre Trilhos da Região Metropolitana do Recife onde esta inserido como

Sistema Estruturador integrado a outros Modais de Transporte, verificou-se a necessidade do aumento da confiabilidade de Via Permanente durante o horário da operação comercial (05:00h às 00:00h), devido ao aumento do número de viagens dos Trens Unidades Elétricas (TUE) e consequente aumento das solicitações da Via Permanente.

O estudo da viabilidade econômica da substituição e utilização de um novo produto na manutenção visa atender às necessidades de aumentar a disponibilidade do Sistema de Transporte pelo acréscimo da demanda, assim como garantir a segurança e a disponibilidade da Via Permanente. Desta forma busca-se a elevação do nível de qualidade do serviço prestado e sua correspondente percepção pela sociedade.

### **3 – GESTÃO DE ATIVOS E MANUTENÇÃO DE VIA PERMANENTE**

Para Khaled (2013) a existência de uma eficiente gestão de ativos tem impactos positivos nas conquistas estratégicas das organizações e que tal sistema de gestão deve vir acompanhado de um excelente planejamento e controle das atividades relacionadas com a operação e manutenção, influenciando todos os aspectos de aquisição de um produto até o seu descarte.

Brina (1981) define que a manutenção e conservação de via permanente têm como objetivo manter o seu traçado em planta e perfil, sem defeitos que prejudiquem o tráfego, mantendo-se uma plataforma estável e bem drenada, um lastro limpo, um nivelamento e alinhamento perfeito com curvas bem puxadas e superelevação perfeita.

Segundo Slack (2009) são cinco os objetivos da função produção (operação-manutenção): Rapidez, confiabilidade, flexibilidade e custos. Onde cada objetivo traz consigo

cada benefício de uma boa Gestão. A Gestão de Ativos e Manutenção pode ser definida como um ciclo entre as estratégias mostradas na figura 1:

Figura 1 – Estratégias da Gestão de Ativos e Manutenção.



Fonte: Slack (2009)

Então com os temas da proteção ambiental tornou-se função da Gestão da Manutenção e Ativos a preocupação com as questões “verdes” sendo necessário considerar alguns fatores na tomada de decisão:

- As fontes de materiais para produção dos dormentes:

- Provocam danos ao meio ambiente?
- Exploração da mão de obra (trabalho escravo ou infantil)?
- Materiais de reuso e/ou reciclados?

Quantidade e fontes de energias consumidas para produção dos dormentes?

O tempo de vida útil do dormente – madeira (12 anos), plástico reciclado (40 anos).

O dormente com mais tempo de vida útil consumirá menos recursos do que o com vida útil menor. Mesmo que o dormente de longa vida apresente a necessidade de investimentos maiores, o que pode ser invertido no futuro com escala de produção.

O descarte do dormente após sua vida útil – o dormente poderá ter outra aplicação (reuso, reciclado ou usado como fonte de energia).

Outro fator relevante na Gestão de Manutenção e Ativos tem sido o avanço na tecnologia de materiais nos últimos 30 anos, ou seja, avanços tecnológicos fizeram com que a forma como os materiais são processados melhore-se com o tempo, representando grande avanço na conformação dos materiais.

#### **4 - DORMENTES**

Os primeiros dormentes foram confeccionados de pedra, mas problemas causados devido à elevada rigidez e da dificuldade de manutenção da bitola fizeram com que a pedra fosse substituída pela madeira. A partir de 1820 se intensificaram o uso de dormentes de madeira que eram facilmente encontradas próximas e ao longo das ferrovias.

De acordo com Bastos (1999) a partir do início do século XX com o desenvolvimento do Material Rodante, intensificação das cargas, escassez da madeira, elevado preço das madeiras nobres, menor durabilidade e maior necessidade de manutenção surgiram às primeiras aplicações e desenvolvimento dos dormentes de concreto. Com o surgimento do concreto protendido a partir do final da segunda Guerra Mundial, especificamente a partir de 1947, se intensificaram na Europa a substituição dos dormentes de madeira por dormentes de concreto bi-bloco e monobloco.



O desenvolvimento do dormente de concreto foi longo e demorado, mas as ferrovias precisavam diminuir seus custos de manutenção e aumentar a estabilidade e confiabilidade das linhas em função do aumento da carga e elevação da velocidade. Mas os AMV's por apresentarem pequenas discontinuidades e serem submetidas a elevados impactos e vibrações continuaram usando o dormente de madeira cuja principal qualidade é a sua flexibilidade que lhe confere a grande capacidade de suportar vibrações das ações dinâmicas atuantes na via permanente, ou seja, o dormente de madeira possui um nível de elasticidade capaz de suportar altíssimos impactos.

Na década de 70 (BRINA, 1981), já fazia questionamentos quanto a escolha do dormente afirmando como professor de Engenharia Ferroviária quanto a superioridade de um tipo de dormente sobre outros, quando apenas se conheciam as aplicações de dormentes de madeira, concreto e aço.

No final dos anos 80 (STOPATTO, 1987), em seu ensaio enfatiza o problema do desmatamento de nossas florestas surgindo os primeiros protestos dos ecologistas quanto ao desmatamento desordenado de nossas florestas. É bastante enfático quanto aos problemas de aquisição dos dormentes de madeira já fazendo referência de que outras opções para dormentes deveriam ser consideradas.

A partir de 1998 começaram o desenvolvimento a aplicações dos primeiros dormentes poliméricos que aos poucos estão sendo aplicado em varias ferrovias nos Estados Unidos, Japão, Europa e mais recentemente no Brasil, sendo produzidos com plásticos reciclados e de material de primeira linha dependendo das condições técnicas de aplicação.

Por definição, segundo Brina (1981), dormente é o elemento da superestrutura ferroviária que tem por função receber e transmitir ao lastro os esforços produzidos pelas

cargas dos veículos servindo de suporte para os trilhos, permitindo a sua fixação e mantendo invariável a distância entre eles (bitola).

#### 4.1 – Dormente de madeira

O Dormente de madeira é largamente utilizado, mas para tanto deve ser utilizadas madeiras de alta densidade e elevadas propriedades mecânicas que só são conseguidas com madeiras nobres de matas nativas que em sua maioria já se encontram protegidas por legislação ambiental ou são conseguidas de empresas detentoras de autorização para manejo ambiental (STOPATTO, 1987).

Vale ressaltar que por questões de segurança de tráfego e mitigação dos impactos e proteção ambiental, as normas e procedimentos adotados pelas instituições que regula os requisitos e métodos para a produção e fornecimento de dormentes de madeira, estão cada vez mais rígidos tornando praticamente inviável economicamente a aquisição de dormente de primeira linha. Algumas empresas ferroviárias passaram a adquirir dormentes de madeira de madeiras de eucaliptos de áreas de reflorestamento, mas aí também paira a polémica desses hortos florestais causarem grandes impactos ambientais pela monocultura (desertos verdes), agressão ao solo em função do grande consumo dos recursos hídricos do subsolo, acidez da massa seca depositada no solo afetando a biodiversidade, etc.

Para a aquisição de dormentes de madeira, devem ser observados e obedecidos os requisitos legais:

- BRASIL, Lei 4797 de 29 de outubro de 1965. Torna obrigatório pelas empresas concessionárias de serviços públicos, o emprego de madeiras preservadas. Legislação Federal. Sítio eletrônico internet - [ibama.gov.br](http://ibama.gov.br).

- BRASIL, Instrução Normativa do IBAMA nº 05 de 20 de outubro de 1992. Disciplina os procedimentos a serem observados quando do cumprimento do estabelecido na Portaria Interministerial nº 292 de 28 de abril de 1989 que disciplina os procedimentos a serem adotados pelas Usinas de Preservação de Madeira. Sítio eletrônico internet - [ibama.gov.br](http://ibama.gov.br).
- BRASIL, Instrução Normativa do IBAMA nº 112 de 21 de agosto de 2006. Disciplina a utilização do Documento de Origem Florestal – DOF, instituído pela Portaria / MMA/ nº 253, de 18 de agosto de 2006 que regulamenta a licença obrigatória para o controle, transporte e armazenamento de produtos e subprodutos florestais de origem nativa contendo as informações sobre a procedência desses produtos e subprodutos. Sítio eletrônico internet – [ibama.gov.br](http://ibama.gov.br)
- Cadastro Técnico Federal de atividades potencialmente poluidoras de recursos ambientais obedecendo a legislação cuja finalidade é o monitoramento das atividades potencialmente poluidoras e/ou a extração, produção, transporte e comercialização de produtos potencialmente perigosos ao meio ambiente, assim como de produtos e subprodutos da fauna e flora. Ou seja, o Cadastro Técnico Federal é o registro físico e obrigatório de pessoas físicas e jurídicas que realizam atividades da tabela de atividades potencialmente poluidoras.

Em resumo, para a habilitação de fornecedor para dormente de madeira, deve ser exigido, conforme sítio eletrônico internet – [ibama.gov.br](http://ibama.gov.br).

- Contrato social com atividade econômica compatível com o objeto fornecimento de madeiras conforme orientação do IBAMA.

- Registro no IBAMA – Cadastro Técnico Federal (Do fornecedor, mesmo em caso de comercialização);
- Licença Ambiental Estadual – Licença de Operação concedida pela Secretaria de Meio Ambiente;
- Registro da Usina de Preservação de Madeiras no IBAMA - Cadastro Técnico Federal;
- Licença da Usina de Preservação de Madeiras na Secretaria de Meio Ambiente (Licença Ambiental Estadual e Licença de Operação);
- Registro da Usina de Preservação de Madeiras no Conselho Regional de Química, denominando o Eng. Químico responsável pela usina. Emissão do relatório sistemático do processo de tratamento preservativo detalhado.

Para uso da madeira como dormente devem ser obedecidos os requisitos da norma da ABNT quanto ao fornecimento e classificação (NBR 7511 e NBR 12083).

Com base nas normas e outros requisitos as operadoras de transporte de passageiros sobre trilhos possuem as suas especificações. Segundo uma dessas especificações desenvolvida com base nas NBR's, a mesma define que para a madeira se tornar dormente ferroviário deve atender aos seguintes índices físicos e mecânicos:

Tabela 01 – Índices físicos e mecânicos para madeira.

Características específicas	Umidade	Índices mínimos	
		Grupo I	Grupo II
Peso específico	g/cm <sup>3</sup>	0,75	0,6
Dureza (D)	Kg/cm <sup>2</sup>	500	400
Cisalhamento (C)	Kg/cm <sup>2</sup>	100	80
Tração Normal (T)	Kg/cm <sup>2</sup>	75	50
Fendilhamento (F)	Kg/cm <sup>2</sup>	9	7
Grau de coesão	-	3	2
D + C + T + F	-	850	650

Fonte: EMVP – 15 (Companhia Brasileira de Trens Urbanos), 2015

Conforme especificações os dormentes do grupo I, tem durabilidade maior sendo classificados como dormentes especiais devendo ser utilizados como dormentes para AMV's ou dormentes para obras d'artes (pontes e pontilhões). Os dormentes do grupo II poderão ser utilizados em qualquer finalidade.

Ainda conforme a mesma especificação define as dimensões para os dormentes de madeira seguem as informações na tabela 02.

Tabela 02 – Dimensões dos dormentes de madeira

Tipo de dormente	Bitola (m)	Comprimento (m)	Largura (m)	Altura (m)
Dormente comum	1,60	2,60	0,24	0,17
Dormente comum	1,00	2,00	0,22	0,16
Dormente p/AMV	1,60	*	0,24	0,17
Dormente p/ AMV	1,00	*	0,22	0,16
Dormente p/ pontilhões		*	*	*

Fonte: EMVP – 15 (Companhia Brasileira de Trens Urbanos), 2015

\*Dimensões variáveis de acordo com projeto e bitola

Vários outros fatores influenciam na durabilidade da madeira, tais como drenagem da via, peso e velocidade do MRO, grau de secagem, tipo de fixação, tipo de lastro, tipo de placa de apoio ao trilho, além do que conforme a legislação determina o tratamento químico com preservativos de madeiras para que retardem os efeitos aos efeitos climáticos e ataques biológicos (fungos e insetos).

Como pode ser observado, conforme a legislação e os requisitos para a aquisição e fornecimento do dormente de puro cerne se tornam quase inviável economicamente.

Figura 2 – Dormente de madeira, trecho Satuba, km 328, CBTU/STU-Maceió.



Fonte: Autor (2010).

Dormente de madeira montado na linha de bitola métrica do Sistema Diesel da CBTU/STU-Maceió, bitola métrica, trecho de Satuba, figura 2.

#### **4.2 - Dormente de concreto**

O dormente de concreto é um produto atualmente consolidado e sua exaustiva pesquisa e desenvolvimento os tornou preferidos pelos engenheiros ferroviários em função de suas características, superioridades técnicas e vida útil acima de 50 anos, aumento dos ciclos e da redução dos custos de manutenção.

Bastos (1999) relata que a história mostra que o desenvolvimento do dormente de concreto foi longa e difícil, sendo dividida em duas fases: A primeira eu vai de 1940 ate 1947 com sucessivos fracassos com os primeiros dormentes sendo submetidas em suas aplicações na via, aos choques, vibrações e as ações dinâmicas do MRO onde apareceram fissuras que evoluíram em rupturas devido a grande rigidez desses dormentes. A segunda fase se inicia em 1947 e segue até os dias atuais com o desenvolvimento dos dormentes de concreto protendido.

A experiência, técnica e pratica operacional, tem evidenciado que a aplicação do dormente de concreto implica em ferrovias de qualidade estrutural superior, de melhor estabilidade e reduzida manutenção (PORTO, 2004).

Entretanto é pouco conhecida, discutida e/ou avaliada que a indústria do cimento é responsável por 5% das emissões mundiais de CO<sub>2</sub>, ou seja, para a produção de uma tonelada de cimento, são gerados 0,55 toneladas de CO<sub>2</sub> de origem química (descarbonização do calcário para a produção do clínquer e aproximadamente 0,4 tonelada de CO<sub>2</sub> devido ao uso de combustíveis fosseis para a produção do cimento). Segundo o Greenhouse Gas R&D Programme, da International Energy Agency (IEA), a média mundial de emissão na produção de cimento é de 810KgCO<sub>2</sub>/ton e de aproximadamente 255Kg CO<sub>2</sub>/ton de concreto o que equivale a produção de 6 dormente e adicionamos mais 45KgCO<sub>2</sub>/ton levando se em conta o transporte,carga, descarga e aplicação desses dormentes em uma via permanente. A taxa de 1667 dormente de concreto por quilometro a ferrovia contribui com aproximadamente 83,35tonCO<sub>2</sub>/Km.

Os dormentes de concreto podem ser do tipo monobloco ou bi-bloco. O dormente bi-bloco é constituído por dois blocos rígidos de concreto armado sob cada trilho, unidos por

uma barra flexível de aço. O dormente monobloco é constituído por somente uma peça rígida e contínua de uma extremidade a outra e são submetidos a grandes momentos fletores que aparecem em diferentes seções do dormente, são exclusivamente protendido para resistir à distribuição dos momentos fletores provenientes das ações dinâmicas (PORTO, 2004).

A fabricação de dormente de concreto também obedece às especificações das operadoras com base nas normas da ABNT e especificações técnicas, figuras 3 e 4.

O dormente de concreto apresenta como desvantagem o seu peso em massa que é de aproximadamente 250 kg, o que dificulta bastante o seu manuseio, carga, descarga e instalação.

Figura 3: Dormente de concreto monobloco bitola métrica para trilho TR-45 da ENPAC



Linha sul Diesel da CBTU/STU-Recife

Fonte: Autor (2015).

Dormente monobloco de concreto protendido, montados na linha de bitola métrica do VLT da CBTU/STU-Recife, trecho de Cajueiro Seco, figura 3.



Figura 4: Dormente de concreto bi-bloco bitola métrica para trilho TR-45 da DORBRAS



Linha Sul Diesel da CBTU/STU-Recife

Fonte: Autor (2015)

Dormente bi-bloco de concreto, montados na Linha de bitola métrica do VLT da CBTU/STU-Recife, bitola métrica, trecho de Pontezinha, figura 4.

#### 4.3 – Dormentes poliméricos

No final dos anos 90 do século XX começou o desenvolvimento dos dormentes de plástico reciclados pelo Corpo de Engenharia Civil do exército Americano como forma alternativa o dormente polimérico em função da escassez da madeira e visando a preservação ambiental.

O dormente de plástico reciclado tem como sua grande vantagem a sua previsão de vida útil próximo dos 50 anos, e são recicláveis após o final do seu ciclo de vida. Em função do seu módulo de elasticidade podem ser instalados em linhas juntos com os dormentes de madeira, suportam grande tensões e apresenta maior flexibilidade do que os dormentes de madeira são impermeáveis à água e aos efeitos biológicos, suas instalações são adequadas para locais com muitas variações climáticas e umidade.

Em 2003 a *American Railway Engineering and maintenance-of-Way association* (AREMA) publica a seção 5 dedicada às especificações com orientações quanto ao projeto, fabricação, aplicação e os requisitos mínimos de desempenho dos dormentes de compósitos poliméricos para ferrovias.

Várias empresas americanas desenvolveram seus dormentes poliméricos utilizando diversas tecnologias e aplicação de diversos materiais (compósitos) iniciando a produção em escala sendo aplicados em diversas ferrovias.

Figura 5: AMV 1:10 em bitola métrica, totalmente montado com Dormentes Poliméricos  
Linha Sul Diesel, outubro/2014.



Fonte: Autor, CBTU/STU- Recife (2015).

Em outubro de 2014 a Gestão de Ativos e Manutenção da Via Permanente, executa a instalação e montagem do primeiro AMV com toda dormentação totalmente de polímero na Linha Sul Diesel, Figura 40. Este AMV esta sendo monitorado pelas equipes de inspeção e manutenção da área para garantir a integridade e se observar o comportamento prático/operacional do equipamento, Figura 5.

## 5 – MÉTODO PARA ESTUDOS ECONÔMICOS COMPARATIVOS

Para atualização dos preços dos dormentes de Madeira e poliméricos, viabilidade econômica e análise de custos foram utilizadas as seguintes fórmulas de capitalização (manual AREMA "comparação econômica de ciclo de vida", ASSAD, 2007).

$$C + C' = \frac{C (I + R)^n}{(1 + R)^n - 1} \quad (1)$$

Onde: C = Custo de aquisição do Dormente

C' = Montante de dinheiro a juros compostos, que produzirá interesse igualando o primeiro custo do dormente durante sua vida útil.

R = Taxa de juros

N = vida útil do dormente em anos.

Requisitos para custo total anual:

$$I = CR \quad A = \frac{CR}{(I + R)^n - 1} \quad (2)$$

Custo total anual:

$$I + A = \frac{CR (1 + R)^n}{(I + R)^n - 1} \quad (3)$$

onde: C = Custo de aquisição do dormente

R = taxa de juros

I = Diferença do custo de aquisição do dormente atualizado monetariamente.

A = Custo do capital durante o ciclo de vida do dormente.

N = vida útil do dormente em anos.

Os custos do dormente são equivalentes quando os custos de capitalização ou anuais são iguais, ou,

$$C^2 = \frac{C(1+R)^n}{(1+R)^n - 1} \times \frac{(1+R)^{nl} - 1}{(1+R)^{nl}} \quad (4)$$

Onde: R = taxa de juros

C = Custo de aquisição do dormente

$C^2$  = Custo do dormente em  $n$  anos de vida

## 6 - RESUMOS COMPARATIVOS (DORMENTE DE MADEIRA X DORMENTE POLIMÉRICO)

O estudo comparativo das vantagens e desvantagens de cada opção de dormente com critérios de avaliação e atribuição de notas com das habilidades de cada material é realizado de acordo com MARZOLA (2004), em tabela da CPTM.

Tais critérios de avaliação podem variar de acordo com valores e sentimentos vividos por cada profissional em suas operadoras e filosofia de manutenção a ser aplicada. Mesmo assim ratificam-se os mesmos requisitos com as notas no intervalo de 1,0 a 5,0 de acordo com a tabela 03.

- Confiabilidade: garantia que durante a utilização da via permanente, a viagem não será interrompida por falha de dormentes;
- Segurança: menor risco de ocasionar um acidente ou falha de qualquer natureza, tornando as condições de operação mais seguras;
- Reutilização: capacidade de ser reutilizado ou totalmente reciclado;
- Vida útil: duração estimada do componente no exercício de sua função;

- Manutenção da Via: facilidade de instalação e manutenção do componente na via, ainda se necessita de equipamentos específicos para a manutenção no elemento, sem gerar falhas nos mesmos;
- Toxicidade: será atribuída nota quanto à capacidade de não agredir ao meio ambiente quando do seu uso, em condições normais e adversas;
- Impermeabilização: quanto a capacidade de não absorção de água e líquidos, bem como sua proteção contra agentes biológicos;
- Resistência lateral: capacidade de resistir a efeitos laterais;
- Preço: será atribuída nota quanto ao preço de aquisição do dormente no mercado e quanto ao custo da manutenção durante um período.

Tabela 03: Nota para os requisitos de escolha do dormente a partir do material

Requisitos	Madeira	Plástico
Confiabilidade/Segurança	4,0	4,0
Reutilização	1,0	5,0
Vida útil	1,0	5,0
Manutenibilidade	5,0	5,0
Isolação	4,0	5,0
Toxidade / Meio ambiente	1,0	5,0
Impermeabilidade	1,0	5,0
Resistência lateral	4,0	4,0
Custo cíclico	1,0	4,0
TOTAL	22,0	42,0
<b>Classificação técnica (%)</b>	<b>34,38%</b>	<b>65,62%</b>

Fonte: adaptado de CPTM, 2015.

Principais diferenciais para utilização dos dormentes poliméricos:

- Estimativa de vida útil superior a 40 anos e conseqüente baixa manutenção;
- Utilização do mesmo ferramental utilizado com dormentes de madeira;

- Permite utilização do mesmo lastro, intercalando ou não com os dormentes de madeira;
- Resistência a compressão mecânica superior a 100 toneladas sem afundamento de placa;
- Previsibilidade de entrega e homogeneidade produto;
- Pode ser desenvolvido e confeccionado conforme as necessidades dimensionais e de resistência de cada operadora conforme locais de aplicação;
- Excelente retenção da fixação de todos acessórios da via;
- Isolante elétrico evitando curto-circuito entre os trilhos;
- Não têm lado, podendo ser utilizado de ambos os lados, bem como permite tarugar furos como os dormentes de madeira;
- Baixo nível de ruído;
- Resistentes ao apodrecimento, intempéries e ação de insetos, não sendo necessário o uso de agentes químicos para tratamento;
- Sustentabilidade, pois ao final do ciclo de vida útil ou quando danificados permitem a reutilização do mesmo (ciclo de vida fechado); Evita o desmatamento de florestas com a derrubada de árvores nativa; Reutilização do plástico (reciclagem); Economia de fontes de energias não renováveis; Benefício sócio ambiental gerando empregos diretos e indiretos em toda cadeia produtiva;

Mesmo com o dormente de matriz polimérica consolidada o seu uso na América do Norte, Europa e Japão. No Brasil apesar de um mercado promissor, observa-se certa reserva por parte dos técnicos ferroviários por ser um produto novo que apesar de cumprir os requisitos da norma conforme testes nas Universidades e Institutos de Pesquisas não têm

avanzado no mercado e não possui histórico de aplicação prática operacional que o consolide como produto reconhecido e homologado, bem como os riscos em função dos custos de aquisição envolvidos.

O dormente confeccionado com plástico reciclado apresenta resistência às adversidades climáticas resistindo bem ao frio, calor e áreas de micro clima extremamente agressivo, é impermeável a água e a ação de agentes biológicos, fácil manuseio pela densidade próxima a da madeira, facilmente moldável o que permite inserir formatos com reentrâncias e encaixes aumentando a sua aderência e estabilidade da grade ferroviária e estima-se um ciclo de vida útil acima de 50 anos (ASSAD, 2007).

No Brasil, os materiais plásticos são descartados e lançados em aterros sanitários gerando graves problemas ecológicos. Todo esse material poderia ser reaproveitado através da reciclagem através de um processo de Gestão minimizando os impactos ambientais causados pelo descarte como lixo. O Brasil recicla apenas 20% de todo descarte de resíduo plástico, sendo o restante lançados em aterros sanitários e lixões (PLASTIVIDA, 2008).

Os plásticos descartados como lixo causam sérios problemas ambientais não só na contaminação dos solos como nas áreas marinhas e como ação mitigadora a proposta de coleta e reciclagem além de garantir a proteção ambiental pela conservação, preservação e proteção das arvores nativa também garantiria a inclusão de pessoas em risco social com a geração de emprego e renda em comunidades carentes.

Vale ressaltar que uma das empresas mais importante no desenvolvimento e na fabricação de dormentes de plásticos reciclado e a TieTek Composite Cross ties, sendo sua produção iniciada em 1997 com mais de 2,0 milhões de dormentes aplicados em diversas

ferrovias americanas (*Union Pacific Railroad, Chicago Transit Authority e outras*) (Tietek, 2012).

O Japão desenvolveu e vem aplicando em suas linhas de alta velocidade (*Shinkansen – trem bala*), um dormente para suas condições especiais (Pontes, viadutos, pontilhões, AMV's e em áreas próximas ao mar). Este material é o Poliuretano de Alta Densidade, material este de primeira linha (*Bayer Material Science* em parceria com a sua subsidiária no Japão),

Poucas empresas brasileiras entraram no desafio de pesquisar, desenvolver e conquistar mercado para os dormentes de matriz polimérica (plástico reciclado). Desde 2005 os mesmos vêm sendo testados e aplicados em diversas ferrovias de carga e operadoras de passageiros.

Os principais Fabricantes dormentes de plástico no Brasil tiveram seus produtos testados por diversas Universidades e Institutos de pesquisa (UNICAMP, IPT, PUC-Rio, Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos), de acordo com as especificações e procedimentos conforme a American Railway Engineering and Maintenance-of-way association (AREMA – Parte 5, *Engineered Composite Ties*).

Figura 6: Dormente polimérico aplicado em AMV na ZM 5 de Cavaleiro - CBTU/STU- Recife, 2010.



Fonte: Autor, 2010.



Dormente polimérico aplicado em AMV na região de Agulhagem da ZM-5 de Cavaleiro na Companhia Brasileira de Trens Urbanos do Recife no ano de 2010, Figura 6.

Figura 7: Dormente polimérico aplicado em AMV, Região da Grade do Jacaré na na ZM – 5 de Cavaleiro, CBTU/STU- Recife, 2006.



Fonte: Autor, (2011).

Dormente polimérico aplicado em AMV na região da grade do jacaré da ZM-5 de Cavaleiro na Companhia Brasileira de Trens Urbanos do Recife no ano de 2006, Figura 7.

Fig. 8: Dormente polimérico estruturado com vergalhão de aço e vergalhão de teflon

\*No detalhe, falha com vazio indesejável.



Fonte: Autor, (2011).

Dormente polimérico estruturado submetido a ensaio de inspeção nas Oficinas de Cavaleiro na Companhia Brasileira de Trens Urbanos do Recife no ano de 2011. Foram realizados varias seções com cortes de 10 em 10 cm para conferir integridade do material, Figura 8.

## **7 - A GESTÃO DE ATIVOS E MANUTENÇÃO DA VIA PERMANENTE**

A via permanente e uma estrada, e como tal, a sua conservação se processa ao longo dessa estrada com apoios logísticos específicos e deslocamento das equipes ao longo do trecho.

Estes deslocamentos afetam diretamente a produtividade das equipes de manutenção com perdas significativas de tempo. E em vias segregadas em trechos urbanos torna-se quase impossível acessar os equipamentos do sistema por rodovias.

O sucesso de um sistema de transporte de passageiros sobre trilhos está diretamente relacionado com a eficiência da manutenção de seus equipamentos, principalmente a manutenção da Via Permanente (Infraestrutura e superestrutura ferroviária).

Em função da operação comercial do sistema, a maior parte dos serviços de manutenção na via permanente é executada no período noturno (das 22 h às 05 h). A ênfase dos trabalhos é na manutenção preventiva e os casos urgentes são resolvidos na manutenção emergencial.

Para a manutenção ou substituição dos dormentes de AMV's especificamente é utilizado o critério da medição da vida útil em anos, porém, é padrão essencial o acompanhamento dos equipamentos com inspeções visuais das condições e

comportamento dos dormentes em função da solicitação dos equipamentos com a passagem do MRO (densidade de tráfego que é medida em MTBT – Milhões de toneladas brutas transportadas).

Diante do exposto, cabe aos técnicos de manutenção buscar alternativas para otimizar a aplicação dos recursos financeiros da empresa. No caso da aplicação de dormentes de plástico reciclado como solução viável para substituição de dormentes de madeira dos AMV's da via permanente. Para tal, a área de Gestão de Ativos e manutenção, partiu com o argumento ambiental e na indignação de que em pleno século XXI as empresas insistam em usar madeira quando existe uma dificuldade muito grande de fiscalização e controle quanto à origem dos dormentes de madeira que eram adquiridos através de licitação criando sérios problemas entre os técnicos da empresa e as empresas fornecedoras do produto.

Diante do apresentado, e com o endurecimento da legislação ambiental, tem-se o cenário perfeito para a aquisição por parte de agentes inescrupulosos de produtos frutos da ilegalidade alimentando o desmatamento predatório e outro fator aviltante é que se observa atualmente que os dormentes aplicados nas vias permanentes tem apresentado vida útil entre 5 e 7 anos e que continuam sendo adquiridos pelas empresas ferroviárias única e exclusivamente levando se em consideração apenas o preço sem as considerações técnicas e ambientais.

Buscando práticas sustentáveis, sempre tendo como referencia a preocupação com o meio ambiente, foi apresentado pela área de Gestão de Ativos e Manutenção como alternativa a aplicação de dormentes de plásticos reciclados como uma solução inovadora da aplicação de novas tecnologias ferroviárias, enfatizando o respeito a preservação ambiental

com a reutilização de um material descartado pela sociedade criando um novo produto para aplicação na superestrutura ferroviária

Em 2006, os dormentes de plásticos reciclados cotados pelas empresas fornecedores giravam em torno de três vezes o preço do dormente de madeira e a Gestão da área de Via Permanente justificou a sua aquisição com argumentos técnicos e o pioneirismo das boas práticas ambientais que mesmo não sendo viável economicamente a curto prazo, era socialmente justo, ecologicamente correto e culturalmente justificado onde a sustentabilidade passa a ser o principal desafio para o desenvolvimento sustentável.

A nova economia verde prega o aumento da vida útil dos produtos e a sua reutilização ou reciclagem e no atual estágio de desenvolvimento sustentável os resíduos (lixo), passam a ter valor econômico crescente. Conforme estudos do IPEA – Instituto de pesquisas Econômicas Aplicadas, o Brasil enterra mais de R\$ 10 bilhões por ano ao não reciclar resíduos encaminhados aos aterros e lixões.

Coube aos técnicos da área de Gestão de Ativos e Manutenção o convencimento de que apesar de um investimento um pouco mais elevado na época que sustentabilidade traz resultados permanentes e irreversíveis à médio e longo prazo.

Para uma análise de desempenho e inspeção, principalmente quanto à integridade da fixação do tirefão em janeiro de 2015 foi retirado do trecho um dormente aplicado em AMV's no período 2006. O tirefão foi retirado e recolocado por cinco vezes e executado torque com 340N.m conforme especificações da norma AREMA, e o mesmo resistindo e mantendo as condições de atendimento a norma.

Figura 9: Dormente polimérico aplicado em AMV, Região da Grade do Jacaré, 2006. Retirado do trecho em 2015, para ensaio de torque da fixação conforme norma AREMA.



Fonte: Autor, CBTU/STU- Recife 2015.

Gradativamente foi se aumentando o torque de 10 em 10 N.m até quando foi atingida a medição de 400 N.m com o rompimento da integridade da fixação (explanação dos fios de rosca), Figura 39.

## 5.2 Resultados e discussões

Tabela 04. Quantitativos de dormentes por AMV.

AMV	2,60	2,80	3,00	3,20	3,40	3,60	3,80	4,00	4,20	4,40	4,60	4,80	5,00	5,20	5,40	5,60	Total
1:08	X	11	11	8	5	4	4	4	5	3	3	3	3	3	3	X	70
1:10	X	11	14	10	7	6	5	4	6	4	4	4	4	4	4	X	87
1:14	X	11	22	14	9	7	7	6	8	6	3	6	5	6	8	X	118

Trav.	2,60	2,80	3,00	3,20	3,40	3,60	3,80	4,00	4,20	4,40	4,60	4,80	5,00	5,20	5,40	5,60	Total
1:08	14	6	22	16	19	17	8	8	10	14	X	X	X	X	X	X	134
1:10	12	14	28	20	23	21	10	8	20	12	X	X	X	X	X	X	168
1:14	26	6	44	28	30	26	14	12	16	26	X	X	X	X	X	X	228

A tabela 04 destaca a quantidade de dormentes necessárias para instalação e montagem de um AMV.

Tabela 05. Preço do dormente de madeira e polimérico (2015).

Dimensões (m)	Dormente de Madeira Valor Unitário (R\$)	Dormente Polimérico Valor Unitário (R\$)	Relação %
2,60 x 0,17 x 0,24	420,00	405,17	96,47
2,80 x 0,17 x 0,24	504,00	433,26	85,96
3,00 x 0,17 x 0,24	600,00	461,35	76,89
3,20 x 0,17 x 0,24	640,00	489,44	76,48
3,40 x 0,17 x 0,24	680,00	517,33	76,08
3,60 x 0,17 x 0,24	720,00	545,62	75,78
3,80 x 0,17 x 0,24	760,00	573,71	75,49
4,00 x 0,17 x 0,24	800,00	601,80	75,23
4,20 x 0,17 x 0,24	840,00	629,89	74,99
4,40 x 0,17 x 0,24	880,00	657,98	74,77
4,60 x 0,17 x 0,24	920,00	686,27	74,59
4,80 x 0,17 x 0,24	960,00	714,16	74,39
5,00 x 0,17 x 0,24	1000,00	742,25	74,23
5,20 x 0,17 x 0,24	1100,00	758,43	68,95
5,40 x 0,17 x 0,24	1200,00	770,34	64,20
Fonte: Autor, 2015		<b>Média</b>	<b>76,30</b>

Na tabela 05 estão lançados os preços médios de cotação dos dormentes de madeira e dormentes poliméricos cotados com os fornecedores em janeiro de 2015. É possível observar que o preço médio de aquisição do dormente polimérico se apresenta 25% menor que o custo médio de aquisição do dormente de madeira.

Tabela 06. Relação de preço do dormente de madeira em 2010, com atualização monetária 2015.

Dimensões	Dormente de Madeira Valor Unitário (R\$) 2010	Dormente de Madeira Valor Futuro (R\$)	Dormente de Madeira Valor Unitário (R\$) 2015	Relação %
2,60 x 0,17 x 0,24	333,82	513,62	420,00	81,77
2,80 x 0,17 x 0,24	357,19	549,57	504,00	91,71
3,00 x 0,17 x 0,24	390,67	601,08	600,00	99,82
3,20 x 0,17 x 0,24	416,71	641,15	640,00	99,82
3,40 x 0,17 x 0,24	424,61	653,30	680,00	104,09
3,60 x 0,17 x 0,24	432,14	664,89	720,00	108,29
3,80 x 0,17 x 0,24	453,42	697,63	760,00	108,94
4,00 x 0,17 x 0,24	484,70	745,76	800,00	107,27
4,20 x 0,17 x 0,24	515,98	793,89	840,00	105,81
4,40 x 0,17 x 0,24	547,26	842,01	880,00	104,51
4,60 x 0,17 x 0,24	578,54	890,14	920,00	103,35
4,80 x 0,17 x 0,24	609,82	938,27	960,00	102,32
5,00 x 0,17 x 0,24	651,11	1001,80	1000,00	99,82
5,20 x 0,17 x 0,24	687,60	1057,94	1100,00	103,98
5,40 x 0,17 x 0,24	724,10	1114,10	1200,00	107,71
<b>Fonte: Autor, 2015</b>			<b>Média</b>	<b>101,95</b>

A tabela 06 compara a evolução do preço médio do dormente de madeira adquiridos em 2006 com atualização monetária de 10% ao ano em relação ao preço médio de aquisição dos dormentes de madeira cotados em janeiro de 2015 com fornecedores.

Observa-se através da aplicação da fórmula de atualização monetária ao se comparar com o preço médio atual manteve-se uma equivalência.

Tabela 07. Relação de preço do dormente polimérico em 2010 com atualização monetária 2015

Dimensões	Dormente Polimérico Valor Unitário (R\$) 2010	Dormente Polimérico Valor Futuro (R\$)	Dormente Polimérico Valor Unitário (R\$) 2015	Relação %
2,60 x 0,17 x 0,24	451,89	695,28	405,17	58,27
2,80 x 0,17 x 0,24	486,66	748,78	433,26	57,86
3,00 x 0,17 x 0,24	521,42	802,26	461,35	57,51
3,20 x 0,17 x 0,24	611,85	941,39	489,44	51,99
3,40 x 0,17 x 0,24	650,11	1000,26	517,33	51,72
3,60 x 0,17 x 0,24	688,35	1059,10	545,62	51,52
3,80 x 0,17 x 0,24	726,59	1117,93	573,71	51,32
4,00 x 0,17 x 0,24	764,83	1176,77	601,80	51,14
4,20 x 0,17 x 0,24	810,72	1247,37	629,89	50,50
4,40 x 0,17 x 0,24	859,36	1322,21	657,98	49,76
4,60 x 0,17 x 0,24	910,92	1401,54	686,27	48,97
4,80 x 0,17 x 0,24	965,58	1485,64	714,16	48,07
5,00 x 0,17 x 0,24	1023,51	1574,77	742,25	47,13
5,20 x 0,17 x 0,24	1084,93	1669,27	758,43	45,43
5,40 x 0,17 x 0,24	1150,00	1769,39	770,34	43,54
<b>Fonte: Autor, 2015</b>			<b>Média</b>	<b>50,98</b>

A tabela 07 compara a evolução dos preços médio dos dormentes polimérico adquiridos em 2006 com atualização monetária de 10% ao ano em relação ao preço médio de aquisição dos dormentes polimérico cotados em janeiro de 2015 com fornecedores.

Observa-se através da aplicação da formula de atualização monetária que em comparação com o preço médio atual houve uma redução de 100% em relação ao preço médio dos dormentes adquiridos em 2010.

## 8 – RESULTADOS ECONÔMICOS COMPARATIVOS

Como se pode observar com os resultados apresentados na tabela 04, verifica-se que o balanço econômico atualmente já é favorável ao dormente polimérico, pois independente



do custo do capital/custo anual. Em 2015 o dormente de plástico reciclado já é encontrado no mercado com preços de aquisição em torno de 25% menor do que o do dormente de madeira.

Aplicando-se o método do custo do capital com o dormente de madeira com preço médio de R\$ 768,68 e vida útil de 12 anos com taxas de 10% e o dormente de plástico reciclado com preço médio de R\$ 573,10 e vida útil de 40 anos, temos:

Custo do capital para dormente de madeira = R\$ 1.128,14

Custo do capital para dormente de plástico = R\$ 586,05

Logo, o capital que deve ser disponibilizado a juros compostos que determinara juros iguais ao valor do custo, inicial do dormente durante sua vida útil.

Para dormente de madeira:  $C' = R\$ 1.128,14 - R\$ 768,68 = R\$ 359,46/\text{ano}$

Para dormente de plástico:  $C' = R\$ 586,05 - R\$ 573,10 = R\$ 12,95/\text{ano}$

Com isso, é bem mais lógico disponibilizar R\$ 12,95/ ano a cada 40 anos pelo preço médio do dormente para montagem do AMV a fim de atender o montante ou valor acumulado que é a soma do capital inicial com os juros produzidos em determinado tempo.

### 8.1 - Cálculo da amortização do capital

Abaixo se pode observar o cálculo do custo da quantidade de dormente de madeira e de plástico utilizado com vida útil de 12 e 40 anos.

AMV 1:14 (R\$ 768,68 x 118 unid.) ÷ 12 anos = R\$ 7.558,69 por AMV/ano

AMV 1:10 (R\$ 768,68 x 87 unid.) ÷ 12 anos = R\$ 5.572,93 por AMV/ano

AMV 1:8 (R\$ 768,68 x 70 unid.) ÷ 12 anos = R\$ 4.483,97 por AMV/ano

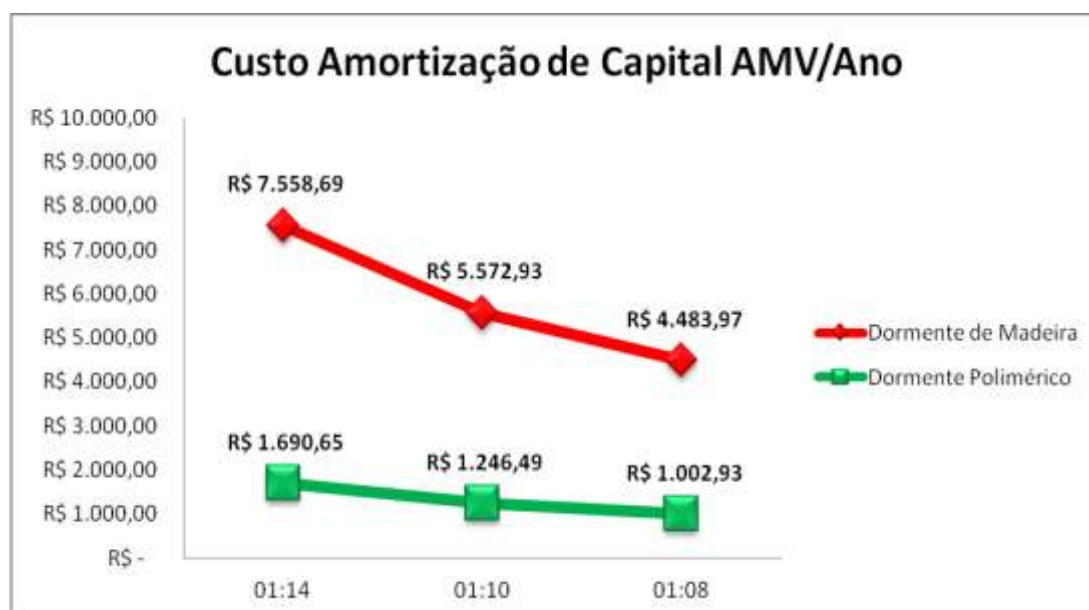
Dormente de plástico reciclado com vida útil de 40 anos.

AMV 1:14 (R\$ 573,10 x 118 unid.) ÷ 40 anos = R\$ 1.690,65 por AMV/ano

AMV 1:10 (R\$ 573,10 x 87 unid.) ÷ 40 anos = R\$ 1.246,50 por AMV/ano

AMV 1:8 (R\$ 573,10 x 70 unid.) ÷ 40 anos = R\$ 1.002,93 por AMV/ano

Fig. 10: Custo de amortização de capital AMV/ano.



Fonte – Autor 2015

O cálculo acima pode ser representado pela figura 41, que representa o gráfico de cálculo da amortização do capital para os dormentes de madeira com projeção de vida útil de 12 anos e para os dormentes poliméricos com projeção de vida útil de 40 anos por AMV/ano.

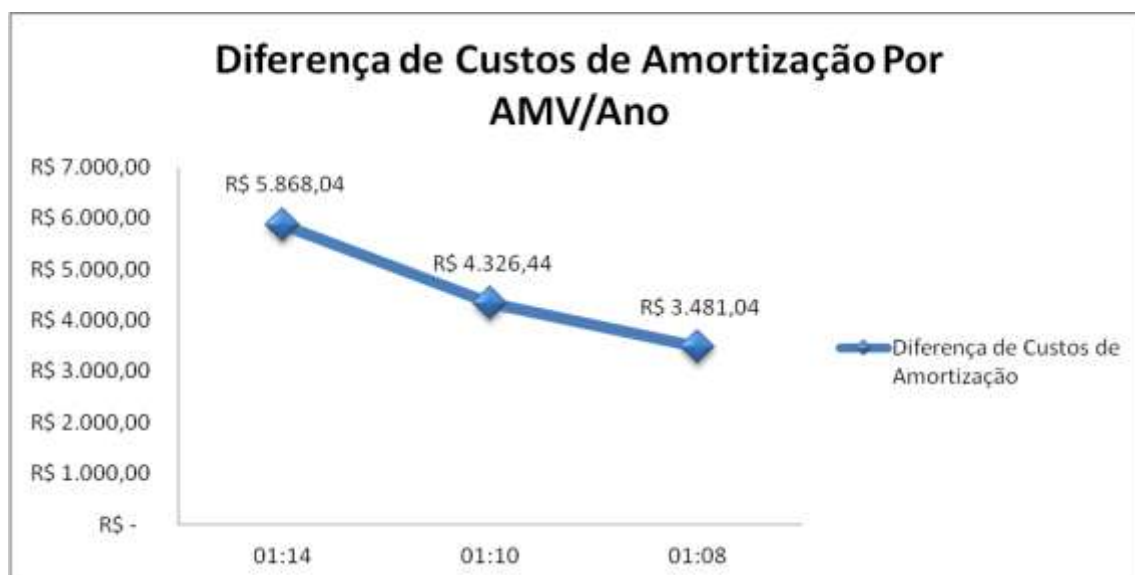
A diferença entre os dois valores é de:

AMV 1:14 R\$ 7.758,69 – R\$ 1.690,65= R\$ 5.860,05 por AMV/ano

AMV 1:10 R\$ 5.572,93 – R\$1.246,50 = R\$ 4.326,43 por AMV/ano

AMV 1:8 R\$ 4.483,97 – R\$ 1.002,93= R\$ 3.481,04 por AMV/ano

Figura 11: Diferença de custos de amortização por AMV/Ano.



Fonte – Autor 2015

Através da figura 11, fica evidente que com a utilização do dormente polimérico temos uma redução de desembolso financeiro com uma economia de R\$ 5.860,05 (cinco mil oitocentos e sessenta reais e cinco centavos) por ano para o AMV 1:14; R\$ 4.326,43 (quatro mil, trezentos e vinte seis reais e quarenta e três centavos) para o AMV 1:10; R\$ 3.481,04 (três mil quatrocentos e oitenta e um reais e quatro centavos), por ano para o AMV 1:8.

Abaixo tem-se os cálculos de amortização do capital para os AMV's do Sistema da CBTU/STU- Recife onde,

AMV 1:14 31 unidades x R\$ 5.860,05= R\$ 181.661,55/ano

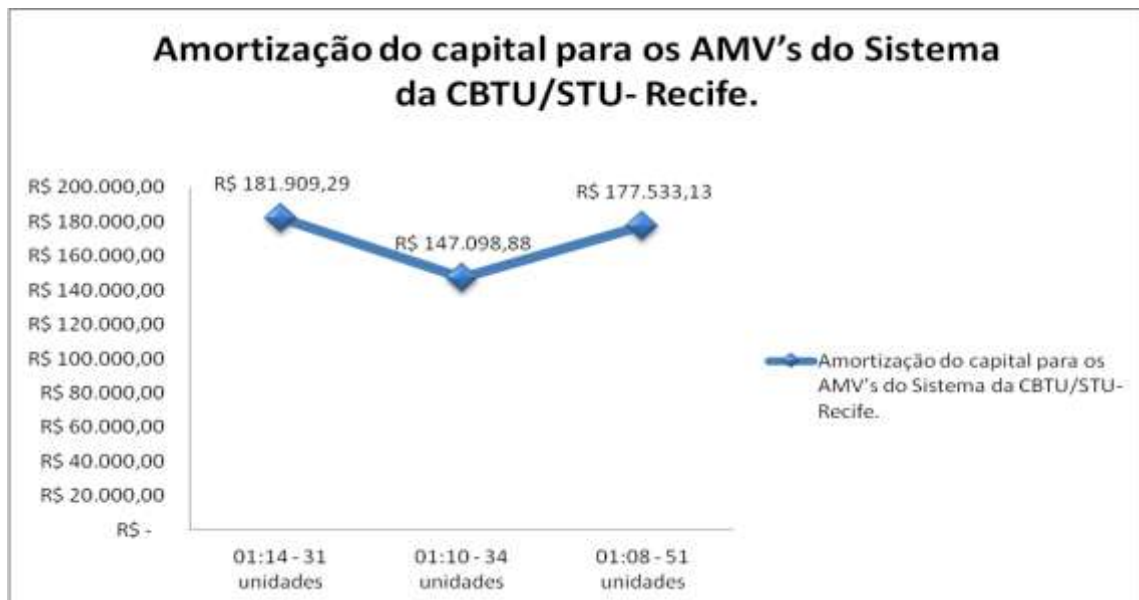
AMV 1:10 34 unidades x R\$ 4.326,43= R\$ 147.098,62/ano

AMV 1:8 51 unidades x R\$ 3.481,04= R\$ 177.533,04/ano

Com uma redução da disponibilização de capital para o sistema/ano de R\$ 506.292,21/ano

Com os valores acima exposto, podemos observar uma economia de aproximadamente R\$500.000,00 (quinhentos mil reais por ano), para o Sistema da CBTU/STU - Recife, caso todos os AMV'S fossem montados com Dormentes Poliméricos conforme ilustrado na figura 12.

Figura 12. Amortização do capital para os AMV's do sistema da CBTU/STU - Recife



Fonte – Autor 2015

Tabela 08. Preço Médio de Aquisição dos Dormentes (Valor Presente em R\$)

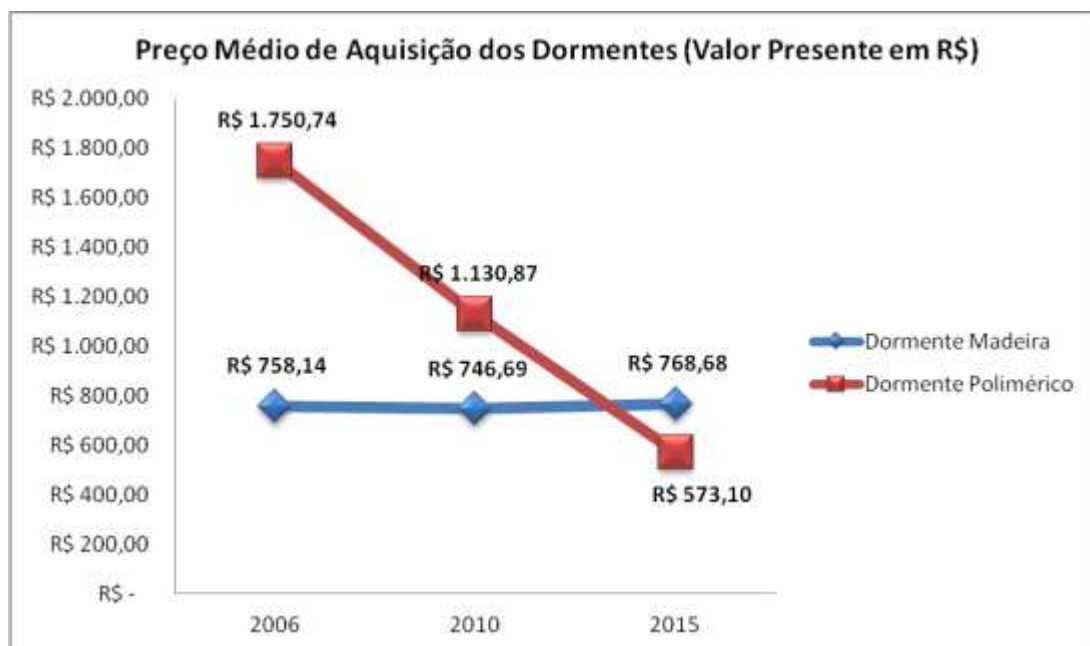
Ano	Dormente de madeira R\$	Dormente Polimérico R\$
2006	758,14	1750,74
2010	746,69	1.130,87
2015	768,68	573,10

Fonte – Autor 2015

Através de ferramentas de matemática financeira projetamos a média do valor futuro para os dormentes adquiridos em 2006 e 2010 com uma taxa correção de 10%.

A média do valor dos dormentes (madeira e polimérico), lançados em 2015 foi conseguida através de cotações de fornecedores no mercado. As informações estão contidas/lançadas nas tabelas 05, 06 e 07 e condensadas na tabela 08. Estes dados estão graficamente representados na figura 13.

Figura 13. Preço médio de aquisição dos dormentes



Fonte – Autor 2015

Observa-se conforme a figura 13, uma redução significativa nos últimos 10 anos, no custo de aquisição do dormente polimérico (avanços tecnológicos de processo e economia de escala) onde em 2015 o mesmo se encontra com um custo 25% menor que o do dormente de madeira.

## 6 CONSIDERAÇÕES

Foi possível evidenciar neste estudo que o dormente de madeira começa a perder espaço devido ao avanço da legislação, pressões ambientais e da responsabilidade social das organizações. Nos últimos 10 anos o dormente de madeira vem mantendo estabilizado o custo de aquisição enquanto o dormente polimérico apresenta redução significativa nos custos de aquisição.

Cada sistema ferroviário apresenta suas particularidades, entretanto o dormente polimérico apesar de ser um produto normatizado não existe uma Especificação de Material de Via Permanente (EMVP), elaborada pelas operadoras com fundamentação e atendimento as referencias da norma AREMA.

O dormente polimérico após sua evolução tecnológica já ao longo dos anos e principalmente pela redução do preço de aquisição no atual estágio de desenvolvimento já se apresenta como um produto economicamente viável para o mercado ferroviário, mas ainda carece de homologação por parte das operadoras quanto a sua aplicação pratica operacional até se esgotar exaustivamente todas as possibilidades de aplicação e desenvolvimento do produto.

O Grupo Permanente de Auto-ajuda na Área de Manutenção Metro-ferroviária que reúne todas as operadoras de transporte de passageiros sobre trilhos do País poderia

provocar ampla discussão sobre o problema e comandar um grupo de técnicos para desenvolvimento e elaboração de uma Especificação de Material de Via Permanente (EMVP).

Ressalta-se que as organizações ferroviárias não são eficientes em suas estratégias de marketing, precisa-se conjuntamente promover ações de equilíbrio entre a sociedade e as relações sociais das empresas com suas interfaces entre os sistemas econômico, social, ambiental em suas estratégias, políticas e práticas. O grande desafio das organizações ferroviárias, passa pelo desenvolvimento sustentável e crescimento responsável, com ações para ganhos de visibilidade e imagem com adoção de uma política de compras sustentáveis fundamentando seu papel na promoção da sustentabilidade.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AREMA – American Railway Engineering and maintenance-of-Way Association, Parte 5, **Engineered Composite Ties**, 2003.

ASSAD, N. M. J.; **Dormentes de Plástico Reciclado**. Niterói. Gráfica UNICOP Ltda.2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7511: 2003: Dormente de madeira – Requisitos e métodos de ensaio – Disponível em [www.target.com.br](http://www.target.com.br). Acessado em janeiro de 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12803: 2005: Dormente de madeira preservada – Requisitos para tratamento de dormente de madeira sob pressão em usina de preservação de dormente para via férrea – Disponível em [www.target.com.br](http://www.target.com.br). Acessado em janeiro de 2015.

BASTOS, P. S. S. Análise experimental de dormentes de concreto protendido reforçados com fibras de aço. Tese de doutorado, **USP**, Escola de engenharia de São Carlos, São Paulo, 1999

BRINA, H. L. Estradas de Ferro. **Livros Técnicos e Científicos**. Editora S/A. Rio de Janeiro, v. 1 e 2, 1981.

CARVALHO, P. E. R. Espécies Florestais Brasileiras: Recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira, **EMBRAPA**, Brasília, 1994.

CBTU, **Companhia Brasileira de Trens Urbanos**. EMVP-15 (Especificação de Material de Via Permanente); Disponível em: [www.cbtu.gov.br](http://www.cbtu.gov.br), acessado em: 10/01/2015.

CPTM, **Companhia Paulista de Trens Metropolitanos**. Disponível em: [www.cptm.gov.br](http://www.cptm.gov.br), acessado em: 15/02/2015.

IBAMA, Instrução Normativa nº 112 de 21 de agosto de 2006, MMA Ministério do Meio Ambiente, **IBAMA** – Instituto Brasileiro do Meio ambiente e dos Recursos Renováveis. 2006.

IBAMA, Instrução normativa nº 5 de 20 de outubro de 1992, MMA Ministério do Meio Ambiente, **IBAMA** – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis. 1992.

IBAMA, Portaria Interministerial nº 292 de 28 de abril de 1989, MMA Ministério do Meio Ambiente, **IBAMA** – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis. 1989.

KHALED, EL-AKRUTI. The Estrategic Role Engeneering Asset Management – **International Journal of Pruduction Economics**: University of Wollongong. 2013.

MARZOLA, G; Alternativas viáveis para substituição da madeira como dormente ferroviário. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. **Universidade Anhembí**. Morumbi, 2004.



PINTO, A. K. XAVIER, J. N. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2002.

PLASTIVIDA, **Instituto Socioambiental dos Plásticos** – Disponível em: [www.plastivida.org.br](http://www.plastivida.org.br) acessado em: fevereiro de 2015.

PORTO, T. G. Apostila da disciplina PTR2501: ferrovias. Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – **POLI/USP**. São Paulo, 2004.

SHREMM, G. Técnicas e Economia na Via Permanente, Ed. **DARMSTARD**, Rio de Janeiro.1977.

SLACK, NIGEL. **Administração da Produção**. Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

STAMFORD, A. **Engenharia da Confiabilidade**. Apostila do programa de Pós Graduação em Gestão da Manutenção. UPE. Recife. 2005.

STOPATTO, S.; **Via Permanente Ferroviária: Conceitos e Aplicações**. São Paulo. Ed. Universidade de São Paulo. CBTU, 1987.

SUCENA, M. P. **Engenharia de Manutenção**. Curso de Especialização em Transporte Ferroviário de Cargas. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro. 2007

TIETEK. **Tie Tek Composite CrossTies**,. Disponível em: [www.tietek.com](http://www.tietek.com), acessado em: 10/01/2015.

XAVIER, J. N.; DORICO, L. C.; **Manutenção Orientada para Resultados**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.