CENTRO UNIVERSITÁRIO DO CERRADO
PATROCÍNIO
Graduação em Engenharia Civil

WASHINGTON LUIS PASSOS

GEOMETRIA DE VIA PERMANENTE: UM FATOR DETERMINANTE PARA A VELOCIDADE DE UMA COMPOSIÇÃO

PATROCÍNIO - MG
2018

WASHINGTON LUIS PASSOS

GEOMETRIA DE VIA PERMANENTE: UM FATOR DETERMINANTE PARA A VELOCIDADE DE UMA COMPOSIÇÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado como exigência parcial para obtenção do grau de Bacharelado em Engenharia Civil, pelo Centro Universitário do Cerrado Patrocínio.

Orientador: Prof^{o}. Dr. Gilberto Fernandes

PATROCÍNIO - MG
2018

ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 10 dias do mês de dezembro de 2018, às 20:40 horas, em sessão pública na sala 701-05 deste Campus Universitário, na presença da Banca Examinadora presidida pelo Professor Dr. Gilberto Fernandes e composta pelos examinadores:

1. Prof. Bruno Fernandes Assis
2. Prof.ª Ma. Mariana Milla Assunção de Araújo,

o aluno Washington Luis Passos apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: Geometria de via permanente: um fator determinante para a velocidade de uma composição como requisito curricular indispensável para a integralização do Curso de Engenharia Civil. Após reunião em sessão reservada, os professores decidiram da seguinte forma: O Avaliador 01 decidiu pela Aprovado e a Avaliadora 02 decidiu pela Aprovado, sendo resultado final da Banca Examinadora, a decisão final pela Aprovado. do referido trabalho, divulgando o resultado formalmente ao aluno e demais presentes e eu, na qualidade de Presidente da Banca, lavrei a presente ata que será assinada por mim, pelos demais examinadores e pelo aluno.

Prof. Dr. Gilberto Fernandes
Presidente da Banca Examinadora

Prof. Bruno Fernandes Assis
Examinador 01

Prof.ª Ma. Mariana Milla Assunção de Araújo
Examinadora 02

Washington Luis Passos
Aluno

DEDICO *este estudo aos meus pais/ avós (in memória) Antônio da Silva Passos e Ester das Neves Passos, que dedicaram 19anos de suas vidas à minha criação e educação, me possibilitando chegar ate aqui.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me conceder vida, saúde, sabedoria e forças nos momentos difíceis da minha vida, me possibilitando a realização deste sonho.

À minha mãe e meu pai, Antônio e Ester, que mesmo com todas as dificuldades se dedicaram a minha criação e educação.

À minha companheira Michele, por estar sempre ao meu lado nos momentos bons e difíceis da minha vida.

Aos meus familiares, colegas de trabalho, de faculdade e da minha vida pessoal, pelo companheirismo, compreensão e troca de experiências durante estes longos cinco anos.

À Ferrovia Centro Atlântica, que por intermédio de seus líderes, me concedeu todo apoio durante o curso e no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus professores, que durante este período dedicaram-se em transmitir seus conhecimentos.

Ao meu orientador Dr. Gilberto Fernandes, obrigado pelo direcionamento no desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Introdução: As ferrovias surgiram no cenário mundial no ano de 1804 idealizada pelo engenheiro inglês Richard Trevithick, chegando no Brasil em 1835 tendo como marco a inauguração da Estrada de Ferro Mauá, no Rio de Janeiro. A ferrovia é um sistema composto pelo material rodante, sendo vagões e locomotivas, e a via permanente que se subdivide entre a superestrutura que é formada basicamente pelos trilhos, dormentes e o lastro, e a infraestrutura, composta pela terraplanagem, obras de artes como viadutos e túneis, e os dispositivos de drenagem, que são os bueiros, canaletas, sarjetas, etc. A geometria da via permanente, é composta basicamente por dois elementos geométricos, sendo a altimetria, que se refere ao perfil do greide da via, e a planimetria, onde as curvas e as tangentes são analisadas em planta. A geometria possui seus parâmetros de monitoramento (bitola, nivelamento transversal, alinhamento e superelevação), que estão associados diretamente à VMA (velocidade máxima autorizada) da via. **Objetivo:** Estudo da geometria de um trecho ferroviário com extensão de 38 km, para VMA (velocidade máxima autorizada) de 70 km/h, com referência nos parâmetros estipulados pela ABNT NBR 16687:2016 Via Férrea – Classificação de Vias, hoje operado na VMA de 60 km/h. **Materiais e Métodos:** O trabalho foi desenvolvido através de estudo de caso em um trecho ferroviário de 38 km, sendo analisadas suas características geométricas atuais através da análise do relatório de inspeção gerado pelo equipamento denominado TMG (Troley de Medição Geométrica), e comparadas com os parâmetros estipulados pela ABNT NBR 16687:2016 Via Férrea – Classificação de Vias, considerando a VMA de 70 km/h. **Resultados:** Para bitola, nivelamento transversal e alinhamento os valores apresentados o relatório atendem aos parâmetros estipulados para a VMA de 70 km/h. A superelevação de 13% das curvas estão dentro dos limites estabelecidos, 20% apenas com alguns pontos fora dos limites e 67% são consideradas fora do limite, necessitando de correção geométrica em toda sua extensão. **Conclusão:** O estudo indicou que em 76% da extensão do trecho a geometria comporta a VMA de 70 km/h e 24% (9,24 km) necessita de correção geométrica para adequação a VMA de 70 km/h.

Palavras chave: Alinhamento; Bitola; Geometria, Nivelamento, Superelevação, Via Permanente.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 12
2. OBJETIVOS 14
2.1 Objetivo Geral 14
2.2. Objetivos Específicos 14
3. DESENVOLVIMENTO 15
3.1 INTRODUÇÃO 16
3.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 18
3.2.1 Conceitos Gerais de Via Permanente 18
3.2.1.1 Infraestrutura 19
3.2.1.2 Superestrutura 19
3.2.1.3 Trilho 20
3.2.1.4 Dormentes 20
3.2.1.5 Lastro 22
3.2.1.6 Sublastro 22
3.2.1.7 Acessórios de Fixação 22
3.2.1.8 Acessórios de Ligação 23
3.2.1.9 Aparelho de Mudança de Via 23
3.2.2 Geometria de Via Permanente 24
3.2.2.1 Bitola 24
3.2.2.2 Planimétrica - Curvas e Tangentes Horizontais 25
3.2.2.3 Altimetria Curvas e Tangentes Verticais 25
3.2.2.4 Nivelamento Transversal 26
3.2.3 Monitoramento da Geometria da Via Permanente 26
3.2.4 Parâmetros Limites de Monitoramento da Geometria 27
3.2.4.1 Bitola 27
3.2.4.2 Nivelamento Transversal 27

3.2.4.3 Alinhamento 28
3.2.4.4 Superelevação em Curvas 28
3.3 MATERIAIS E MÉTODOS 29
3.3.1 Dimensionamento da Superelevação (SE) 30
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 31
3.4.1 Parâmetros Limites, Segundo NBR 16387:2016 31
3.4.2 Correção Geométrica Necessária 33
3.5 CONCLUSÃO 34
3.6 REFERÊNCIAS 34
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS 35
5. CONCLUSÃO 35
6. REFERÊNCIAS 37
7. ANEXOS 38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Seção transversal da Via Permanente..... 19

Figura 2 - Bitola da via permanente..... 25

Figura 3 - Curvas e seus elementos..... 29

Figura 4 - Resultados x parâmetros NBR 16387:2016..... 31

Figura 5 - SE medida x SE dimensionada..... 32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros interpolados para VMA de 70 km/h..... 30

Tabela 2 - Extensão de correção geométrica necessária..... 33

LISTA DE ABREVIAÇÕES

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AMV – Aparelho de Mudança de Via

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres

FCA – Ferrovia Centro-Atlântica

Km – Quilômetro(s)

Km/h – Quilômetro(s) por hora

mm – Milímetro(s)

m – Metro(s)

NBR - Norma Brasileira

RFFSA - Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima

SE - Superelevação

TMG – Troley de Medição Geométrica

TR - Trilho

VMA – Velocidade Máxima Autorizada

1. INTRODUÇÃO

O surgimento das primeiras estradas de ferro no cenário mundial ocorreu em uma mina na Inglaterra, no ano de 1804, quando o engenheiro inglês Richard Trevithick idealizou o projeto de fazer com que uma máquina a vapor tracionasse uma pequena quantidade de vagões por meio de trilhos moldados através do ferro fundido **(NABAIS, 2014)**.

No Brasil as primeiras conversas sobre a implantação de uma ferrovia se iniciaram a partir de 1835, influenciadas pela vinculação existente entre Brasil e Inglaterra e também pelos reflexos da segunda revolução industrial, tendo como marco a inauguração da Estrada de Ferro Mauá, com extensão de 14,5km ligava Mauá, região central do Rio de Janeiro, à Fragoso, situada mais ao interior do estado **(NABAIS, 2014)**.

De 1835 á 1885, durante o período imperial, o desenvolvimento das ferrovias no Brasil tornou-se realidade, alavancado principalmente pela concessão de ferrovias a iniciativa privada, com uma pequena participação da união, alcançando 9356 km de ferrovia no final do império **(FERNANDES, 2005)**.

Já na república, a partir de 1885 o sistema ferroviário passou por algumas modificações, tendo controle alternado entre a iniciativa privada e a união, tendo como principal marco a nacionalização das ferrovias em 1957, quando foi criado a RFFSA (Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima), com implantação de um sistema integrado de gestão, alcançando no ano de 1992 a marca 98% das ferrovias brasileiras nacionalizadas e uma malha de 37.200 km de linha **(FERNANDES, 2005)**.

A partir de 1992, o então modelo de gestão adotado pela RFFSA tornou-se inviável economicamente para o governo, dando início ao processo de privatização de toda sua malha, que tornaria as ferrovias mais eficientes e lucrativas para a União, sendo efetivada em 1996 subdividindo a malha da RFFSA em 07 lotes **(FERNANDES, 2005)**.

A ferrovia é um sistema de transporte terrestre no qual os veículos se deslocam com suas rodas metálicas apoiadas e guiadas sobre duas vigas metálicas longitudinais denominadas trilho (Nabais, 2014). Composta basicamente por dois subsistemas, sendo o de material rodante, composto por vagões e locomotivas, e a via permanente, que se subdivide em infraestrutura e superestrutura ferroviária **(STEFFLER, 2013)**.

A infraestrutura ferroviária tem a finalidade de fornecer o suporte à superestrutura, ou seja, receber e suportar os esforços advindos do material rodante por intermédio dos componentes da superestrutura, composta pela terraplanagem, obras de artes como viadutos e túneis, e os dispositivos de drenagem, que são os bueiros, canaletas, sarjetas, etc. **(STEFFLER, 2013)**.

A superestrutura ferroviária é a parte situada e apoiada sobre a infraestrutura, que recebe diretamente os esforços transmitidos pelas rodas dos veículos ferroviários, formada pelos trilhos, dormentes, lastro, sublastro, sub-base, acessórios de ligação que são as talas de junção, parafusos, etc., e de fixação, sendo as placas de apoio, tirefonds, pregos, grampos, etc. **(FERNANDES, 2005)**.

A geometria da via permanente é um fator fundamental para o desempenho de uma ferrovia, é composta basicamente por dois elementos geométricos, sendo a altimetria, que se refere ao perfil do greide da via, e a planimetria, onde as curvas e as tangentes são analisadas em planta **(NABAIS, 2014)**.

Os parâmetros de monitoramento da geometria de uma via permanente (bitola, nivelamento transversal, alinhamento e superelevação), estão associados diretamente à VMA (Velocidade Máxima Autorizada) na via, que também se limita em função da bitola adotada e o raio de curva implantado **(STEFFLER, 2013)**.

Considerando que a VMA de um trecho ferroviário se correlacionam diretamente com os parâmetros de sua geometria, foi efetuado o estudo das condições geométricas atuais de um trecho ferroviário com 38 km de extensão, que atualmente opera a uma VMA de 60 km/h, simulando o comportamento destes parâmetros para uma VMA de 70 km/h, se referenciando na ABNT NBR 16387:2016 Via Férrea – Classificação de Vias, que estipula os parâmetros da geometria conforme a VMA do trecho.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral o estudo da geometria de um trecho ferroviário situado na região de Iraí de Minas – MG, com extensão de 38 km, sob concessão da FCA (Ferrovia Centro Atlântica S/A), para VMA de 70 km/h, com referência nos parâmetros estipulados pela ABNT NBR 16387:2016 Via Férrea – Classificação de Vias, hoje operado na VMA de 60 km/h, e comparando a superelevação real das curvas com a superelevação dimensionada.

2.2. Objetivos Específicos

Estudar os parâmetros geométricos da via permanente:

- Bitola mínima, máxima e suas variações;
- Variação do nivelamento transversal;
- Desalinhamento em curvas e tangentes;
- Superelevação.
- Determinar a correção geométrica necessária para comportar a VMA de 70 km/h, caso os parâmetros atuais não comportem esta demanda.

3. DESENVOLVIMENTO

GEOMETRIA DE VIA PERMANENTE: UM FATOR DETERMINANTE PARA A VELOCIDADE DE UMA COMPOSIÇÃO

WASHINGTON LUIS PASSOS[1]
GILBERTO FERNANDES[2]

RESUMO

Introdução: As ferrovias surgiram no cenário mundial no ano de 1804 idealizada pelo engenheiro inglês Richard Trevithick, chegando ao Brasil em 1835 tendo como marco a inauguração da Estrada de Ferro Mauá, no Rio de Janeiro. A ferrovia é um sistema composto pelo material rodante, sendo vagões e locomotivas, e a via permanente que se subdivide entre a superestrutura que é formada basicamente pelos trilhos, dormentes e o lastro, e a infraestrutura, composta pela terraplanagem, obras de artes como viadutos e túneis, e os dispositivos de drenagem, que são os bueiros, canaletas, sarjetas, etc. A geometria da via permanente, é composta basicamente por dois elementos geométricos, sendo a altimetria, que se refere ao perfil do greide da via, e a planimetria, onde as curvas e as tangentes são analisadas em planta. A geometria possui seus parâmetros de monitoramento (bitola, nivelamento transversal, alinhamento e superelevação), que estão associados diretamente à VMA (velocidade máxima autorizada) da via. **Objetivo:** Estudo da geometria de um trecho ferroviário com extensão de 38 km, para VMA (velocidade máxima autorizada) de 70 km/h, com referência nos parâmetros estipulados pela ABNT NBR 16687:2016 Via Férrea – Classificação de Vias, hoje operado na VMA de 60 km/h. **Materiais e Métodos:** O trabalho foi desenvolvido através de estudo de caso em um trecho ferroviário de 38 km, sendo analisadas suas características geométricas atuais através da análise do relatório de inspeção gerado pelo equipamento denominado TMG (Troley de Medição Geométrica), e comparadas com os parâmetros estipulados pela ABNT NBR 16687:2016 Via Férrea – Classificação de Vias, considerando a VMA de 70 km/h. **Resultados:** Para bitola, nivelamento transversal e alinhamento os valores apresentados o relatório atendem aos parâmetros estipulados para a VMA de 70 km/h. A superelevação de 13% das curvas estão dentro dos limites estabelecidos, 20% apenas com alguns pontos fora dos limites e 67% são consideradas fora do limite, necessitando de correção geométrica em toda sua extensão. **Conclusão:** O estudo indicou que em 76% da extensão do trecho a geometria comporta a VMA de 70 km/h e 24% (9,24 km) necessita de correção geométrica para adequação a VMA de 70 km/h.

---

[1]Autor, Graduando em Engenharia Civil pelo UNICERP.
[2]Professor Orientador, Doutor e Docente do Curso de Engenharia Civil do UNICERP.

Palavras chave: Alinhamento; Bitola; Geometria, Nivelamento, Superelevação, Via Permanente.

ABSTRACT

Introduction: As the railroads did not have a world scenario in the year 1804 designed by the British engineer Richard Trevithick, in Brazil in 1835 was marked by the inauguration of the Mauá Railroad in Rio de Janeiro. The railway is a system consisting of rolling stock, being wagons and locomotives, and a permanent track that is subdivided between a superstructure that is formed by rails, sleepers and ballast, and the infrastructure, by the earthwork, works of art like viaducts and tunnels, The geometry of the permanent path is made with two geometrical elements, being an altimetry, which refers to the profile of the path grey, and the planimetry, where curves and tangents are analyzed in plan. A geometry can have its monitoring parameters (gauge, transverse leveling, alignment and superelevation), which are associated with the MAS (maximum authorized speed) of the track. **Objective:** Study of the geometry of a railway section with a length of 38 km, for MAS (maximum authorized speed) of 70 km/h, with reference to the following parameters stipulated by ABNT NBR 16687: 2016 Via Férrea - Road Classification, now operated in MAS 60 km/h. **Materials and methods:** The work was developed through the case study of a 38 km rail section, and its geometric characteristics were analyzed through the report of the selection of elements called TMG (Geometric Measurement Troley), and compared with the parameters Stipulated by ABNT NBR 16687: 2016 Via Férrea - Classification of Roads, considering a MAS of 70 km / h. **Results:** For gauge, transverse leveling and alignment the values presented for the report to the parameters stipulated for a MAS of 70 km/h. The superelevation of 13% of the chains is within the established limits, 20% with some points for the limits and 67% are important for the limit, requiring geometric correction throughout its limits. **Conclusion:** The study indicated that 76% of the stretch of a geometry contained a MAS of 70 km/h and 24% (9.24km) of a geometric variation to suit MAS of 70 km/h.

Keywords: Alignment; Gauge; Geometry, Leveling, Superelevation, Permanent Way.

3.1 INTRODUÇÃO

O surgimento das primeiras estradas de ferro no cenário mundial ocorreu em uma mina na Inglaterra, no ano de 1804, quando o engenheiro inglês Richard Trevithick idealizou o projeto de fazer com que uma máquina a vapor tracionasse uma pequena quantidade de vagões por meio de trilhos moldados através do ferro fundido **(NABAIS, 2014)**.

No Brasil as primeiras conversas sobre a implantação de uma ferrovia se iniciaram a partir de 1835, influenciadas pela vinculação existente entre Brasil e Inglaterra e também

pelos reflexos da segunda revolução industrial, tendo como marco a inauguração da Estrada de Ferro Mauá, com extensão de 14,5km ligava Mauá, região central do Rio de Janeiro, à Fragoso, situada mais ao interior do estado **(NABAIS, 2014)**.

De 1835 á 1885, durante o período imperial, o desenvolvimento das ferrovias no Brasil tornou-se realidade, alavancado principalmente pela concessão de ferrovias a iniciativa privada, com uma pequena participação da união, alcançando 9356 km de ferrovia no final do império **(FERNANDES, 2005)**.

Já na república, a partir de 1885 o sistema ferroviário passou por algumas modificações, tendo controle alternado entre a iniciativa privada e a união, tendo como principal marco a nacionalização das ferrovias em 1957, quando foi criado a RFFSA (Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima), com implantação de um sistema integrado de gestão, alcançando no ano de 1992 a marca 98% das ferrovias brasileiras nacionalizadas e uma malha de 37.200 km de linha **(FERNANDES, 2005)**.

A partir de 1992, o então modelo de gestão adotado pela RFFSA tornou-se inviável economicamente para o governo, dando início ao processo de privatização de toda sua malha, que tornaria as ferrovias mais eficientes e lucrativas para a União, sendo efetivada em 1996 subdividindo a malha da RFFSA em 07 lotes **(FERNANDES, 2005)**.

De acordo com Nabais (2014), a ferrovia é um sistema de transporte terrestre no qual os veículos se deslocam com suas rodas metálicas apoiadas e guiadas sobre duas vigas metálicas longitudinais denominadas trilho, composta basicamente por dois subsistemas, sendo o de material rodante, composto por vagões e locomotivas, e a via permanente, que se subdivide em infraestrutura e superestrutura ferroviária.

A infraestrutura ferroviária tem a finalidade de fornecer o suporte à superestrutura, ou seja, receber e suportar os esforços advindos do material rodante por intermédio dos componentes da superestrutura, composta pela terraplanagem, obras de artes como viadutos e túneis, e os dispositivos de drenagem, que são os bueiros, canaletas, sarjetas, etc. **(STEFFLER, 2013)**.

A superestrutura ferroviária é a parte situada e apoiada sobre a infraestrutura, que recebe diretamente os esforços transmitidos pelas rodas dos veículos ferroviários, formada pelos trilhos, dormentes, lastro, sublastro, sub-base, acessórios de ligação que são as talas de junção, parafusos, etc., e de fixação, sendo as placas de apoio, tirefonds, pregos, grampos, etc. **(FERNANDES, 2005)**.

A geometria da via permanente é um elemento fundamental para determinação da velocidade máxima a ser desenvolvida em um trecho ferroviário, é composta basicamente por dois elementos geométricos, sendo a altimetria, que se refere ao perfil do greide da via, e a planimetria, onde as curvas e as tangentes são analisadas em planta **(NABAIS, 2014)**.

Os parâmetros de monitoramento da geometria de uma via permanente (bitola, nivelamento transversal, alinhamento e superelevação), estão associados diretamente à VMA (Velocidade Máxima Autorizada) na via, que também se limita em função da bitola adotada e o raio de curva implantado **(STEFFLER, 2013).**

Considerando que a VMA de um trecho ferroviário se correlacionam diretamente com os parâmetros de sua geometria, foi efetuado o estudo das condições geométricas atuais de um trecho ferroviário com 38 km de extensão, que atualmente opera a uma VMA de 60 km/h, simulando o comportamento destes parâmetros para uma VMA de 70 km/h, se referenciando na ABNT NBR 16387:2016 Via Férrea – Classificação de Vias, que estipula os parâmetros da geometria conforme a VMA do trecho.

3.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.2.1 Conceitos Gerais de Via Permanente

Via permanente consiste na estrutura projetada e implantada com a finalidade de receber, suportar e transmitir ao solo os esforços advindos do deslocamento de uma composição, transmitidos através do contato roda-trilho, solicitados predominantemente nas direções vertical e horizontal, sendo possível a sua divisão em dois subgrupos, sendo a infraestrutura e a superestrutura, conforme apresentado na **figura 01 (STEFFLER, 2013).**

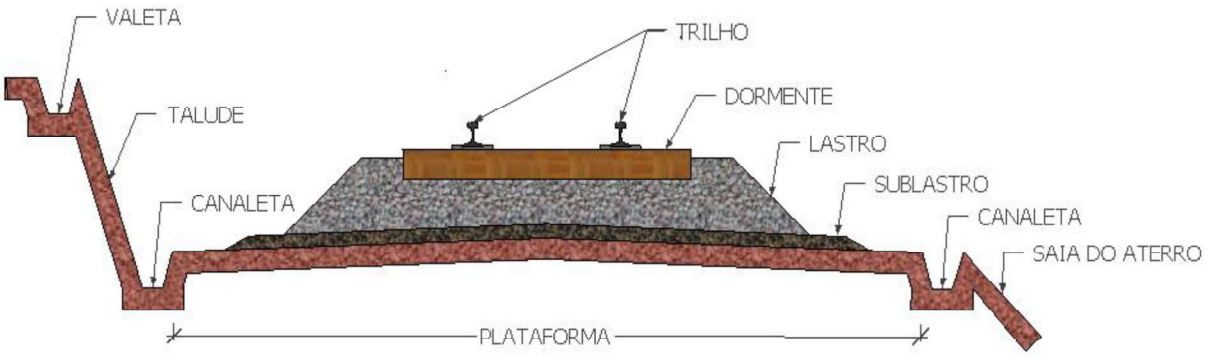


Figura 01: Seção transversal da plataforma ferroviária

Fonte: Adaptado de (FERNANDES, 2005)

3.2.1.1 Infraestrutura

Infraestrutura é a parte situada abaixo do greide de terraplenagem de uma estrada (Brina, 1988), com a função de oferecer suporte à superestrutura, resume-se ao conjunto de obras de terraplenagem (plataforma, cortes, aterros), onde é implantado todo o sistema de drenagem da plataforma, do qual fazem parte as obras de arte especiais (pontes, túneis e viadutos) e as obras de arte correntes (canaletas, valetas, drenos, bueiros, etc.).

3.2.1.2 Superestrutura

Segundo Brina (1988) a superestrutura é implantada imediatamente acima da infraestrutura, tendo como seus principais elementos o lastro, dormente e o trilho, formando a via permanente conforme **anexo I**. A via permanente é submetida ao contato direto com as rodas dos veículos ferroviários que descarregam suas tensões através do contato roda-trilho, a principal função da superestrutura é receber os esforços, suportar e transmiti-los a plataforma de forma dissipada através da função desempenhada por cada componente que a constitui, sendo o trilho, dormente, lastro, sublastro, aparelhos de mudança de via e os acessórios de ligação e fixação.

A superestrutura também pode ser classificada como rígida, ou elástica, sendo rígida quando a fixação dos trilhos ou dormentes é efetuada diretamente em lajes de concreto, ou

elástica, quando é utilizado o lastro para dissipar e distribuir convenientemente os esforços advindos do material rodante para a plataforma **(NABAIS, 2014)**.

3.2.1.3 Trilho

O trilho é um elemento constituinte da superestrutura ferroviária, que forma a superfície de rolamento da via permanente, sendo responsável por dar apoio e seguimento as rodas dos veículos ferroviários, quanto ao formato de sua secção transversal o perfil mais usual nas ferrovias de transporte de cargas é o perfil do tipo "Vignole", formado por boleto, alma e patim (Anexo II)**,** nome atribuído ao seu idealizador, o engenheiro inglês Vignole, em 1836 **(NABAIS, 2014)**.

Fabricado em aço e dimensionado conforme as características em que será submetido, principalmente a carga por eixo, o trilho é confeccionado sob padrões internacionais, sendo usualmente adotado no Brasil o padrão AREA (American Railway Engineering Association), que dentre outras características, define o perfil do trilho conforme o seu peso por metro sendo os mais usuais **(STEFFLER, 2013)**:

- TR37 – 37kg/m;
- TR45 – 45kg/m;
- TR50 – 50kg/m;
- TR57 – 57kg/m;
- TR68 – 68kg/m.

3.2.1.4 Dormentes

O dormente é um elemento que compõe a superestrutura da via permanente, com a função de receber os esforços gerados pelas cargas dos veículos ferroviários por intermédio do trilho, e transmiti-las ao lastro **(NABAIS, 2014)**.

Instalado estrategicamente transversalmente às filas de trilhos, o dormente também é responsável por manter a fixação do trilho estável, de forma que a distância entre os dois trilhos (bitola) se mantenha invariável **(NABAIS, 2014)**.

Steffler (2013) menciona que o tipo de dormente a ser utilizado em uma ferrovia depende de diversos fatores, como a carga por eixo, velocidade da via, volume de tráfego e o custo da manutenção baseado na visão estratégica da empresa, podendo ser produzidos de madeira, aço, concreto ou plástico (Anexo III).

- Dormente de madeira - a madeira foi um dos primeiros materiais utilizados para confecção de dormentes, e devido ao bom desempenho mecânico de suas fibras, apresenta elevada resistência à flexão e a fadiga, por possuir estas características, a madeira ainda é muito utilizada até os dias atuais na produção de dormentes **(STEFFLER, 2013)**:
- Dormente de aço - O dormente de aço consiste basicamente em uma chapa de aço laminada em forma de "U" com espessura entre 8 mm e 14 mm, com dobra nas suas extremidades formando garras, que se introduzem no lastro e dão resistência lateral para a grade **(NABAIS, 2014)**.
- Dormente de concreto - os dormentes de concreto se subdividem em dois grupos sendo o tipo "monobloco" e "bi-bloco" (Anexo IV), tem sido atualmente o tipo mais utilizado na construção de ferrovias com elevado carga por eixo e TBT (tonelada bruta transportada) anualmente, atualmente são construídos a partir da aplicação da tecnologia denominada "concreto protendido", uma tecnologia considerada de ponta com excelente desempenho, porém, durante muito tempo foram moldados com utilização do composto denominado "concreto armado", que até então representava uma das maiores evolução da engenharia **(STEFFLER, 2013)**:
- Dormente de plástico - frente aos demais tipos de dormentes já apresentados, o de plástico é que possui uma tecnologia mais recente para aplicação em via permanente, o fato de ser desenvolvido inicialmente a partir de resina virgem, possibilitou sua produção dentro das características físicas químicas necessárias para resistir à faixa de carga e tráfego que será submetido (Steffler, 2013), e se subdividem em dois grupos relacionados ao tipo do material utilizado em sua produção, sendo o do tipo "puro plástico", que não possui aditivos de reforço para alcançar a resistência satisfatória, e "mistos", produzidos a partir de plásticos menos nobres que sozinhos não conseguem apresentar resistência satisfatória, sendo necessária adição de fibras e materiais metálicos para o complemento de sua resistência.

3.2.1.5 Lastro

O lastro é um componente da via permanente, situado entre a grade ferroviária e o sublastro (Brina, 1988), na maioria das ferrovias é produzido a partir de rochas britadas e com uma granulometria específica definida por norma, que apesar de não ser um material 100% adequado para uso na maioria das ferrovias, apresenta muitos benefícios necessários para uma circulação de trens segura e eficiente **(STEFFLER, 2013)**.

Segundo Brina (1988), as principais funções do lastro são:

- Receber as cargas transmitidas pelos veículos ferroviários por intermédio dos dormentes, e distribuí-las a plataforma uniformemente;
- Oferecer suporte a grade ferroviária, performando até certo ponto em regime elástico, que irá dissipar parte das tensões descarregadas sobre ele;
- Oferecer resistência transversal e longitudinal a grade ferroviária;
- Promover a drenagem de toda água precipitada sobre a via permanente.

3.2.1.6 Sublastro

O sublastro é considerado um elemento da superestrutura ferroviária, situado imediatamente entre o greide de terraplanagem e o lastro, composto de material granular, com diâmetro das partículas bastante inferior às do lastro e superior ao das partículas da plataforma, o que lhe confere como principais funções impedir a penetração do lastro na plataforma, manter a elasticidade da via, e oferecer maior resistência à plataforma **(BRINA, 1988)**.

3.2.1.7 Acessórios de Fixação

Os acessórios de fixação têm a função de manter o trilho fielmente preso ao dormente, de forma a manter a bitola da via invariável, e também a estabilidade do trilho, se dividem basicamente em três tipos de fixação **(STEFFLER, 2013)**:

- Rígidas - foi o primeiro tipo de fixação utilizado, seus componentes são o prego de linha, tirefond e o retensor, que também é considerado acessório de fixação rígida;
- Semielásticas – possuem características tanto rígidas quanto elásticas, chegou-se a este tipo de fixação após tentativas de alcançar uma fixação totalmente elástica, seus exemplos são as fixações do tipo GEO e o prego de linha elástico;
- Elásticas – sua característica é manter uma pressão constante e equilibrada sobre o patim do trilho em toda extensão da barra através de um grampo elástico, restringindo sua movimentação transversal e longitudinal, mesmo depois da vibração causada pela passagem de um trem, os tipos mais usuais no Brasil são as fixações RN, deenik, pandrol (Anexo V) e fast clip.

3.2.1.8 Acessórios de Ligação

Dentre os inúmeros tipos de acessórios metálicos utilizados na via permanente, os acessórios de ligação têm suma importância, pois promovem a continuidade do trilho através da ligação entre os extremos das barras formando as juntas (Anexo VI), que também desempenham função de permitir compensarem a dilatação dos trilhos, se resumem basicamente nas talas de junção, parafusos e arruelas de pressão **(STEFFLER, 2013).**

3.2.1.9 Aparelho de Mudança de Via

Os AMVs (Aparelhos de Mudança de Via) são equipamentos instalados em pontos estratégicos da via permanente com a função de fazer com que a composição mude de uma linha para outra. Os AMVs geralmente são de maior complexidade que o restante dos componentes da via, e sua geometria em muitos casos restringem a velocidade do trem, tornando-o um gargalo operacional nas ferrovias (Steffler, 2013). O AMV é composto basicamente por 03 partes conforme demostrado no **anexo VII**, sendo a região da chave, onde ficam instaladas as agulhas, região do cruzamento, composto pelos jacarés e contratrilhos e região intermediária, que liga a chave ao cruzamento **(Brina, 1988)**.

Os tipos de AMVs mais usuais nas ferrovias brasileiras são os do tipo simples, mistos e híbridos, sendo que todos possuem algumas características em comum (Steffler, 2013) sendo:

- Abertura do AMV – proporção que as duas linhas vão se afastando após transpor o AMV, ex.: 1:10, 1:14, 1:20;
- Lado de derivação – podendo ser à direita, a esquerda, assimétricas e simétricas, com particularidade para os AMVs mistos, onde além da informação do lado em que o AMV está derivando, também é sinalizado o lado em que a bitola métrica está posicionada.

3.2.2 Geometria de Via Permanente

A geometria da via permanente é um fator fundamental para o desempenho de uma ferrovia, pois está correlacionada diretamente com a VMA (velocidade máxima autorizada) da via, nela os aspectos altimétricos são analisados em perfil, sendo o nivelamento longitudinal, e os aspectos planimétricos são analisados em planta, sendo resumido ao alinhamento, nivelamento transversal, bitola da via e superelevação **(NABAIS, 2014)**.

Segundo Nabais (2014), cada ferrovia deve estabelecer os critérios e tolerância para os defeitos de geometria de via seguindo as recomendações da norma técnica em vigor, que no Brasil é representada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 16387:2016 Via Férrea – Classificação de Vias.

3.2.2.1 Bitola

Bitola da via permanente é a distância entre as duas faces internas dos trilhos, medidas na transversal em relação às duas filas de trilhos a 16 mm abaixo da superfície de rolamento do trilho, conforme demostrada na **figura 02**, sendo as mais usuais **(STEFFLER, 2013)**:

- Bitola métrica – 1000 mm;
- Bitola standard – 1435 mm;
- Bitola larga – 1600 mm.

Figura 02: Bitola da via permanente
Fonte: Adaptado de (BRINA, 1988)

3.2.2.2 Planimétrica - Curvas e Tangentes Horizontais

No traçado de uma estrada, as curvas são caracterizadas como elementos geométricos implantados para concordância entre duas tangentes, compostas basicamente de curva circular, sendo a parte da curva em que o raio se mantém constante, e a parte da transição ou espiral, onde o raio varia do valor adotado na curva circular até o infinito, já na ligação com as tangentes, conforme o **anexo VIII**.

As tangentes na via permanente são caracterizadas como elementos de ligação entre duas curvas, consideradas elemento geométrico com grau de criticidade e complexidade inferior as das curvas, pois não possuem raio, sendo assim o seu nivelamento transversal de projeto é considerado zero, pois não estão sujeitas aos efeitos da força centrífuga **(STEFFLER, 2013)**.

3.2.2.3 Altimetria Curvas e Tangentes Verticais

Os elementos básicos da altimetria são as curvas e as tangentes vistas em um plano vertical, onde as curvas são os elementos de concordância que interligam duas tangentes, podendo ser do tipo “côncava” ou “convexa” e as tangentes representam o greide de terraplenagem, podendo ser posicionadas em nível, ou representando uma inclinação “i” caracterizadas na via permanente como rampas **(FCA, 2009)**.

De acordo com Steffler (2013), nas ferrovias de bitola métrica encontradas no Brasil possuem rampas muito inclinadas chegando até 3,5% de inclinação, o que influência

diretamente na eficiência das ferrovias, enquanto as de bitola larga, que são ferrovias mais novas como a Estrada de Ferro Carajás e a Ferrovia do Aço, possuem inclinação máxima de 1%.

3.2.2.4 Nivelamento Transversal

O nivelamento transversal é a diferença de altura entre dois trilhos medidos em um mesmo ponto da via permanente, ocorrendo nas tangentes, e quando em curvas é denominada superelevação **(STEFFLER, 2013)**.

A superelevação em tangentes não é necessária em qualquer via férrea que seja, pois em tangentes a força centrífuga é nula, portanto, o nivelamento em tangentes deve ser parametrizado, pois causa o efeito de sobrepressão no trilho mais baixo e subpressão no trilho mais alto, que pode acarretar em descarrilamento da roda **(STEFFLER, 2013).**

3.2.3 Monitoramento da Geometria da Via Permanente

O monitoramento da geometria da via permanente nas linhas da Ferrovia Centro-Atlântica é efetuado basicamente de três formas:

- Monitoramento mecanizado - executado com equipamento denominado carro controle (Anexo IX), podendo ser ferroviário ou rodoferroviário com capacidade para inspecionar uma extensão de aproximadamente 150 km de via em 08h de trabalho.
- Monitoramento semi-mecanizado – executado com equipamento denominado TMG (trolley de medição geométrica), equipamento de pequeno porte com precisão de medição, coleta e armazenamento de dados semelhante ao sistema utilizado no carro controle, porém, para seu deslocamento sobre a via necessita de um colaborador operando-o de forma manual, limitando sua capacidade produtiva na faixa de 15 km em 08hs de trabalho (Anexo X).
- O monitoramento do tipo manual – executado com utilização da régua de superelevação e bitola, geralmente utilizada em verificação de defeitos mais pontuais na via, ou seja, em pequenas extensões (Anexo XI).

3.2.4 Parâmetros Limites de Monitoramento da Geometria

Durante um longo período as ferrovias brasileiras estipulavam seus próprios parâmetros de monitoramento da geometria da via permanente, se referenciando principalmente em normas internacionais, como a FRA (Federal Railroad Admistration), portanto, essas normas são formuladas para os padrões das ferrovias americanas que são caracterizadas como bitola “standard” (1435 mm), e como as ferrovias brasileiras em sua grande maioria são de bitola “métrica” (1000 mm) e “larga” (1600 mm) as ferrovias adotavam parâmetros proporcionais.

Em 28 de abril de 2016, a ABNT lançou a primeira edição da **NBR 16387:2016 Via Férrea – Classificação de Vias**, que também se referencia na FRA (Federal Railroad Admistration), que estipula os parâmetros limite de monitoramento da geometria para ferrovias de bitola ”métrica” e bitola ”Larga”, portanto, estipula somente os valores limites para a classe que a ferrovia se enquadra, conforme **tabela 01** ficando sob responsabilidade das ferrovias dimensionar seus parâmetros de criticidade da amplitude dos defeitos conforme a aproximação dos limites estabelecidos.

3.2.4.1 Bitola

O parâmetro referente à bitola medido de três formas, sendo a bitola máxima e mínima que são medidas transversalmente as duas filas de trilhos à 16 mm abaixo da superfície de rolamento dos trilhos, e também a variação de bitola em 05 m, onde se faz uma medição em um determinado ponto e posteriormente 05 m a frente. A diferença do valor medido entre os dois pontos é o valor da variação da bitola.

3.2.4.2 Nivelamento Transversal

A variação do nivelamento transversal a cada 02 m em curvas e tangentes é a diferença de nivelamento entre as duas filas de trilhos entre dois pontos medidos transversalmente às filas de trilhos em intervalos de 02 m (Anexo XII).

A variação do nivelamento transversal a cada 10 m em curvas e tangentes é a diferença de nivelamento entre as duas filas de trilhos em dois pontos medidos transversalmente às filas de trilhos em intervalos de 10 m.

3.2.4.3 Alinhamento

O desalinhamento em curvas e tangentes é obtido através do posicionamento de uma corda com 10 m de comprimento paralelo a fila de trilhos o qual se deseja efetuar a medição, posteriormente é medido o valor do centro da corda ate a face do trilho com uso de trena ou régua graduada (Anexo XIII), após, reposicionar a corda 2,5 m a frente efetuando nova medição e assim sucessivamente. A diferença entre os dois valores medidos é o valor da variação do alinhamento naquele ponto.

3.2.4.4 Superelevação em Curvas

A superelevação em curvas é necessária para compensar os efeitos da força centrífuga, equilibrando a distribuição de cargas das rodas dos veículos ferroviários sobre os trilhos, sendo que nas curvas de transição elas variam de zero, no ponto de ligação com as tangentes, até o valor adotado na curva circular conforme **figura 03**, que deve ser dimensionada conforme as características da via permanente e dos veículos ferroviários **(STEFFLER, 2013)**.

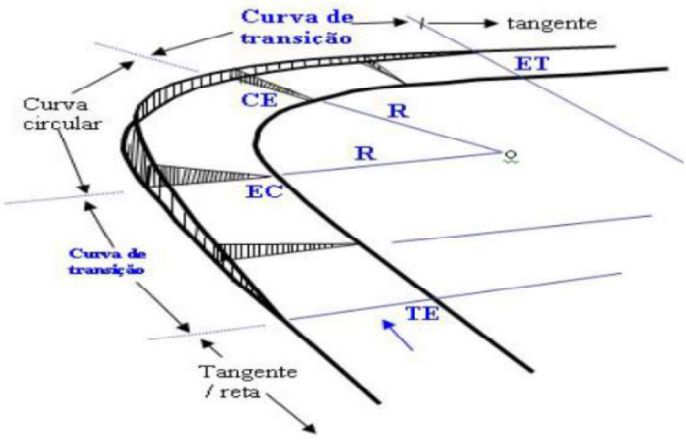


Figura 03: Curvas e seus elementos

Fonte: Fonte: (FCA, 2009)

A superelevação prática na curva varia em função do raio de curvatura, velocidade e bitola da via, utilizando o critério de dimensionamento adotado pela Ferrovia Centro-Atlântica de acordo com a **equação 01** disposta no Manual Técnico da Via Permanente.

$$SE = \frac{2}{3}\left(\frac{BV^2}{127R}\right) \quad (01)$$

Sendo:

B= Bitola entre eixo dos boletos em (mm)

V= Velocidade da via em (km/h)

R= Raio da curva em (M)

A superelevação mínima utilizada para o trecho em estudo, segundo a Ferrovia Centro-Atlântica, é de 09 mm obtida com aplicação da **equação 01** e considerando alguns fatores, como raio de curvatura e o fator de segurança utilizado. A superelevação mínima é necessária para evitar a ocorrência de superelevação negativa nas curvas principalmente devido aos recalques pós correção geométrica ou durante o período de operação do trecho, caso o valor aplicado seja menor que 09 mm.

3.3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho é referente ao trecho ferroviário entre pátio EYD (Batista Frazão) x EAY (Alvino Damião) situado no município de Iraí de Minas - MG, com extensão de 38 km, sendo 15 curvas e 15 tangentes conforme cadastro geométrico disponível no **anexo XIV**, baseado no relatório de inspeção de geometria de via gerado pelo equipamento TMG, utilizado para coleta da situação atual da geometria da via permanente no trecho estudado durante o mês de setembro de 2018, sendo bitola, nivelamento, alinhamento e superelevação do trecho, seguido da análise destes dados de forma analítica.

Posteriormente a amplitude dos defeitos detectados foi comparada com os parâmetros de bitola, nivelamento, alinhamento e superelevação estabelecida pela ABNT NBR 16387:2016 Via Férrea – Classificação de Vias, considerando os limites para velocidade de 70 km/h descritos na **tabela 01**.

Tabela 01: Parâmetros interpolados para VMA de 70 km/h

Descrição do Parâmetro de Geometria da Via			Bitola	Faixas de Velocidades Máximas Autorizadas					
				(0 - 15) Km/h	(16 - 40) Km/h	(41 - 64) Km/h	70 Km/h	(65 - 95) Km/h	(96 - 128) Km/h
BITOLA	1	Limite de bitola aberta (Bitola estática)	Métrica	1035 mm	1032 mm	1032 mm	**1030 mm**	1025 mm	1013 mm
		Limite de bitola fechada (Bitola estática)	Métrica	987 mm	987 mm	987 mm	**987 mm**	987 mm	987 mm
	2	Variação rápida de bitola em 5m (Bitola estática)	Métrica	34 mm	31 mm	23 mm	**22 mm**	18 mm	13 mm
NIVELAMENTO TRANSVRSAL	3	Variação do nivelamento transversal a cada 2m	Métrica (tangente)	47 mm	34 mm	21 mm	**18 mm**	7 mm	6 mm
			Métrica (curva)	18 mm	14 mm	11 mm	**9 mm**	5 mm	3 mm
	4	Variação do nivelamento transversal a cada 10m	Métrica	53 mm	37 mm	33 mm	**32 mm**	31 mm	30 mm
ALINHAMENTO	5	**Desalinhamento em CURVAS e TANGENTES em 10m** Variação máxima da flecha horizontal entre pontos adjacentes medida a cada 2,5m no centro da corda de 10m	Métrica	31mmm	24mmm	18 mm	**20 mm**	13 mm	8 mm
CURVATURA	6	Superelevação máxima em curva	Métrica	100 mm	100 mm	100 mm	**100 mm**	100 mm	100 mm

Fonte: Adaptado - ABNT NBR 16387:2016

Nota: Para velocidades intermediárias a ABNT NBR 16387:2016 permite que seja feita uma interpolação ou calculo proporcional à velocidade.

3.3.1 Dimensionamento da Superelevação (SE)

Baseando-se nas características do trecho em estudo (bitola, velocidade, perfil de trilho, coeficiente de segurança e raio das curvas) e aplicando a fórmula para cálculo da superelevação, temos o dimensionamento da superelevação proposta para as curvas do trecho no **anexo XV** e também detalhadas na **figura 05**, considerando a VMA de 70 km/h.

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1 Parâmetros Limites, Segundo NBR 16387:2016

A análise do relatório de inspeção da geometria do trecho estudado indicou que os parâmetros de: Bitola máxima; Bitola mínima; Variação rápida de bitola em 05 m; Variação do nivelamento transversal em curvas “base 02 m”; Variação do nivelamento transversal em tangentes “base 02 m”; Variação do nivelamento transversal em curvas e tangentes “base 10 m”; Variação do alinhamento em curvas e tangentes “base 10 m” não extrapolaram os limites estabelecidos para a VMA de 70 km/h conforme limites da **tabela 01** e demostrados na **figura 04**, portanto, atendem a exigência da NBR 16387:2016.

Figura 04: Resultados x Parâmetros NBR 16387:2016

Fonte: Dados da pesquisa

3.4.2 Superelevação Dimensionada “Máxima e Mínima”

Para o limite de superelevação máxima estipulada pela NBR 16387:2016, de 100 mm conforme **tabela 01**, todas as 15 curvas do trecho estudado atendem ao parâmetro, ou seja, o limite de 100 mm não foi medido em nenhuma curva, portanto, em análise da SE medida x SE dimensionada, obtivemos os resultados descritos abaixo, e representados na **figura 05**:

- A SE das curvas 03 e 08 estão dentro dos limites;
- A SE das curvas 02, 04, 05, 06, 07, 09, 10, 11, 14 e 15 estão fora dos limites;
- A SE das curvas 12, 13 e 16 apresentam apenas alguns pontos fora dos limites;

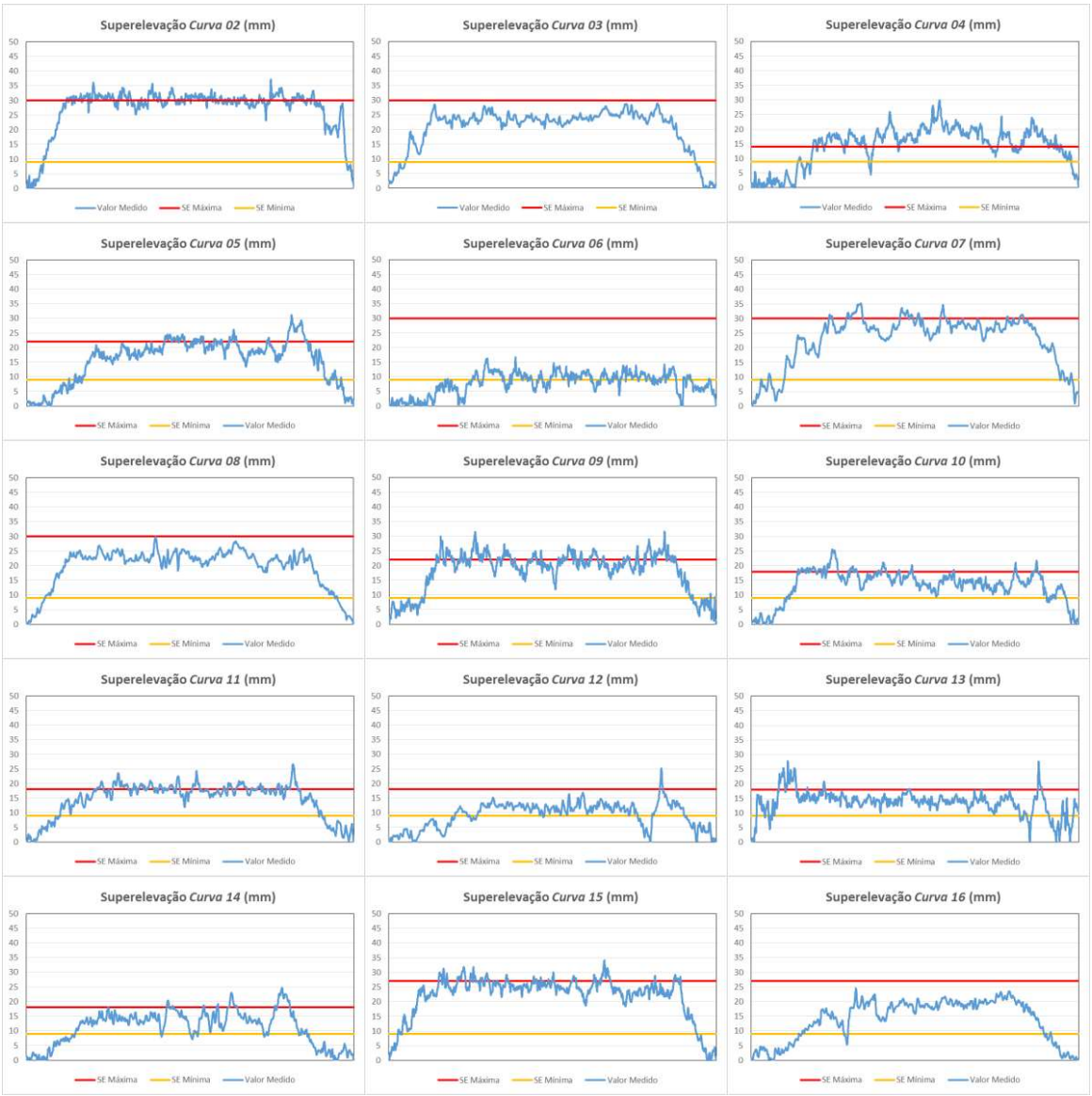


Figura 05: SE Medida x SE Dimensionada (Método FCA)

Fonte: Dados da Pesquisa

3.4.2 Correção Geométrica Necessária

Para as curvas que apresentaram parâmetros fora dos limites estabelecidos pelos critérios adotados, considera-se a necessidade de correção geométrica em toda sua extensão;

Para Curvas que apresentaram desvios pontuais em relação aos limites estabelecidos, considera-se a necessidade de correção geométrica apenas na região fora dos limites;

A extensão de correção geométrica total necessária para adequação do trecho esta expressa na **tabela 02**.

Tabela 02: Extensão de correção geométrica necessária

CORREÇÃO GEOMÉTRICA NECESSÁRIA					
Trecho	Nº da curva/ tangente	KM Inicial	KM Final	Ext. (m)	CG Necessária (m)
EYD-EAY	CV. 0002			1223	1223,0
EYD-EAY	CV. 0003			597	0,0
EYD-EAY	CV. 0004			1087	1087,0
EYD-EAY	CV. 0005			842	842,0
EYD-EAY	CV. 0006			1207	1207,0
EYD-EAY	CV. 0007			629	629,0
EYD-EAY	CV. 0008			656	0,0
EYD-EAY	CV. 0009			1320	1320,0
EYD-EAY	CV. 0010			908	908,0
EYD-EAY	CV. 0011			695	695,0
EYD-EAY	CV. 0012			584	31,5
EYD-EAY	CV. 0013			1448	123,5
EYD-EAY	CV. 0014			654	61,5
EYD-EAY	CV. 0015			1104	1104,0
EYD-EAY	CV. 0016			598	7,0
			Extensão Total (m)		9238,5

Fonte: Dados da Pesquisa

A perda das características geométricas da via permanente ocorre por diversos fatores, tendo como exemplos:

- Recalque na plataforma ocasionado por deficiência de drenagem da mesma;
- Colmatação ou contaminação do lastro;
- Deficiência no ciclo de correção geométrica definido para o trecho;
- Defeitos superficiais nos trilhos;
- Degradação dos dormentes.

A correção geométrica consiste em readequar a geometria da via para atendimento aos parâmetros estipulados, no caso da superelevação, readequar a elevação de um trilho em

relação ao outro, impondo valores que atendam a faixa de superelevação dimensionada. Existem 03 métodos de correção geométrica, manual, semi-mecanizado e mecanizado, sendo este último o mais eficiente.

3.5 CONCLUSÃO

O trecho estudado apresentou os parâmetros referentes à bitola máxima, mínima e suas variações dentro dos limites estabelecidos pela norma.

Para o nivelamento transversal nas curvas e tangentes “base de 02 m” e “base 10 m”, o parâmetro foi atendido, porém, em algumas curvas a variação do nivelamento transversal na “base 02 m” apresentaram valores próximos ao limite estabelecido pela NBR 16387:2016, mas não de forma generalizada.

Para alinhamento em curvas e tangentes o resultando foi satisfatório, com todas as variações apresentadas dentro do parâmetro estipulado, sendo registrados apenas 02 pontos com amplitude 18 mm para um limite de 20 mm na CV009, mais precisamente na altura do km 983,915.

No caso da superelevação medida nas curvas do trecho estudado, 13% das curvas apresentaram valores dentro da faixa parametrizada, 20% apenas com alguns pontos fora da faixa e 67% do total de curvas do trecho apresentaram dispersão considerada dos valores medidos em relação aos limites dimensionados, demandando correção geométrica em toda sua extensão para adequação.

De acordo com os parâmetros estudados, conclui-se que 76% de toda extensão do trecho estudado comporta a VMA de 70 km/h e 24%, respectivamente 9,24 km, necessitam de correção geométrica para atendimento aos parâmetros da VMA de 70 km/h.

3.6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.387: Via Férrea - Classificação de Vias:** Rio de Janeiro, 2016.

Brina, H. L., **Estradas de Ferro Vol. 1 e 2** . Belo Horizonte: UFMG, 1988.

CATÁLOGO DORBRÁS, disponível em: <http://dorbras.com.br/Catalogo_Dorbras.pdf>. Acesso em 01/06/2018.

Fernandes, G., **Comportamento de Estruturas de Pavimento Ferroviário com Utilização de Solos Finos e/ou Resíduosde Mineração de Ferro Associados a Geossintéticos**. Brasília: Tese de Doutorado, 2005.

Ferrovia Centro Atlântica, **Manual Técnico da Via Permanente**, 2009.

Nabais, R. J.S., **Manual Básico de Engenharia Ferroviária**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

PRODUTOS BR RAILPARTS, disponível em: <http://www.brrailparts.com.br/produtos.php>. Acesso em 01/06/2018.

Steffler, F., **Via Permanente Aplicada - Guia teórico e Prático**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2013.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo foi elaborado se referenciando nos parâmetros limites estabelecidos pela NBR 16387:2016 Classificação de Vias – Vias Férreas, portanto, fica a critério da ferrovia estabelecer seus critérios de manutenção conforme a evolução dos defeitos, e executar as intervenções necessárias antes do atingimento dos valores limites.

Evidentemente o aumento da VMA de 60 km/h para 70 km/h trará uma redução no tempo de deslocamento da composição por este trecho, que justifica um estudo do "custo x benefício" do investimento necessário para as adequações necessárias no que se refere à geometria da via permanente do trecho estudado.

5. CONCLUSÃO

O trecho estudado apresentou os parâmetros referentes à bitola máxima, mínima e suas variações dentro dos limites estabelecidos pela norma, sem grandes dispersões, justificadas até mesmo pelo tipo de dormente utilizado, o de concreto.

Para o nivelamento transversal nas curvas e tangentes "base de 02 m" e "base 10 m", o parâmetro foi atendido, porém, em algumas curvas a variação do nivelamento transversal na

“base 02 m” apresentaram valores próximos ao limite estabelecido pela NBR 16387:2016, mas não de forma generalizada.

Para alinhamento em curvas e tangentes o resultando foi satisfatório, com todas as variações apresentadas dentro do parâmetro estipulado, sendo registrados apenas 02 pontos com amplitude 18 mm para um limite de 20 mm na CV009, mais precisamente na altura do km 983,915.

No caso da superelevação medida nas curvas do trecho estudado, 13% das curvas apresentaram valores dentro da faixa parametrizada, 20% apenas com alguns pontos fora da faixa e 67% do total de curvas do trecho apresentaram dispersão considerada dos valores medidos em relação aos limites dimensionados, demandando correção geométrica em toda sua extensão para adequação.

De acordo com os parâmetros analisados, conclui-se que 76% de toda extensão do trecho estudado comporta a VMA de 70 km/h e 24%, respectivamente 9,24 km, necessitam de correção geométrica para atendimento aos parâmetros da VMA de 70 km/h.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.387: Via Férrea - Classificação de Vias:** Rio de Janeiro, 2016

Brina, H. L., **Estradas de Ferro Vol. 1 e 2** . Belo Horizonte: UFMG, 1988.

CATÁLOGO DORBRÁS, disponível em: <http://dorbras.com.br/Catalogo_Dorbras.pdf>. Acesso em 01/06/2018.

Fernandes, G., **Comportamento de Estruturas de Pavimento Ferroviário com Utilização de Solos Finos e/ou Resíduosde Mineração de Ferro Associados a Geossintéticos**. Brasília: Tese de Doutorado, 2005.

Ferrovia Centro Atlântica, **Manual Técnico da Via Permanente**, 2009.

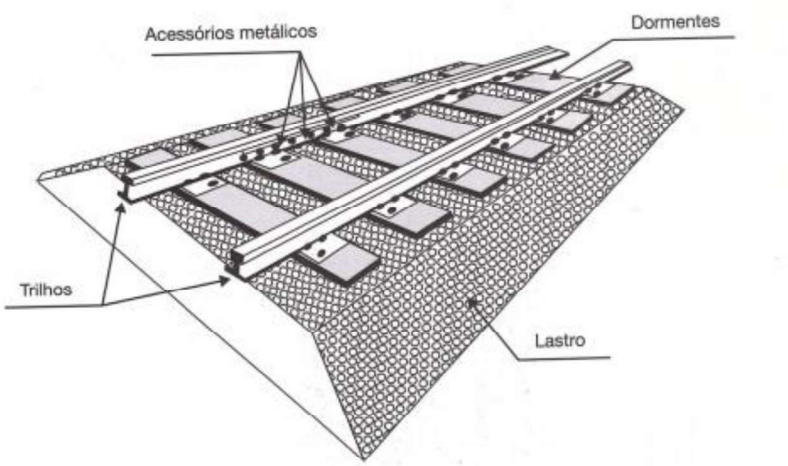
Nabais, R. J.S., **Manual Básico de Engenharia Ferroviária**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

PRODUTOS BR RAILPARTS, disponível em: <http://www.brrailparts.com.br/produtos.php>. Acesso em 01/06/2018.

Steffler, F., **Via Permanente Aplicada - Guia teórico e Prático**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2013.

7. ANEXOS

ANEXO I – SUPERESTRUTURA DA VIA PERMANENTE.



Fonte: (Steffler, 2013)

ANEXO II – PARTES CONSTITUINTES DO TRILHO – PERFIL "VIGNOLE"

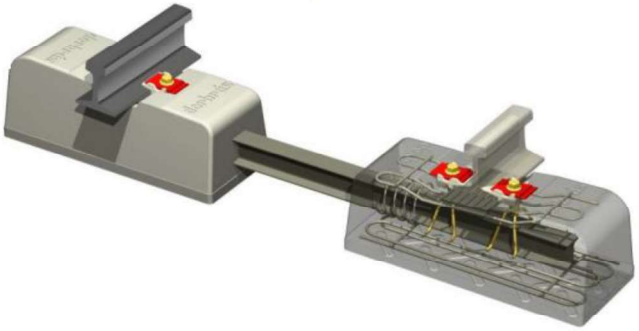
Região	Característica	Perfil
Boleto	Recebe a carga das rodas. Deve ter uma área de contato adequada para reduzir a pressão e permitir o desgaste.	
Alma	Liga o boleto ao patim e sua altura determina a inércia e, consequentemente, grande parte da resistência do perfil à carga máxima por eixo.	
Patim	Transfere as cargas para os dormentes. É achatada para reduzir a pressão de contato e facilitar o acesso às fixações.	

Fonte: (Steffler, 2013)

ANEXO III – DORMENTES DE MADEIRA, CONCRETO, AÇÕ E PLÁSTICO

Fonte: (FCA, 2009)

ANEXO IV – DORMENTE DE CONCRETO BI-BLOCO

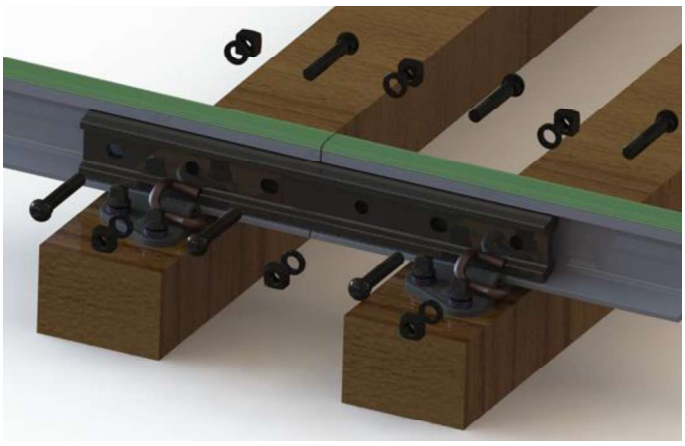


Fonte: Catálago Dorbrás

ANEXO V – FIXAÇAO ELÁSTICA RN, DEENIK E PANDROL

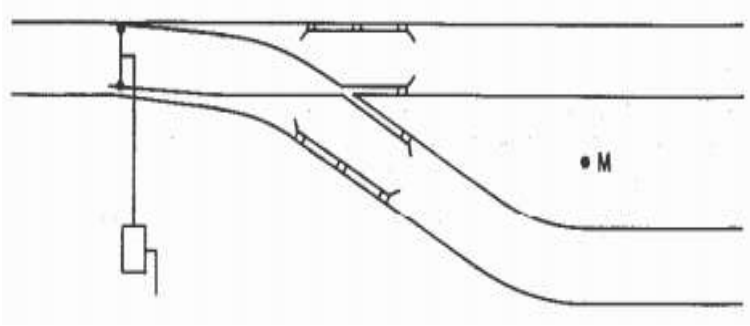
Fonte: Catálago Dorbrás

ANEXO VI – JUNTA E SEUS ACESSÓRIOS



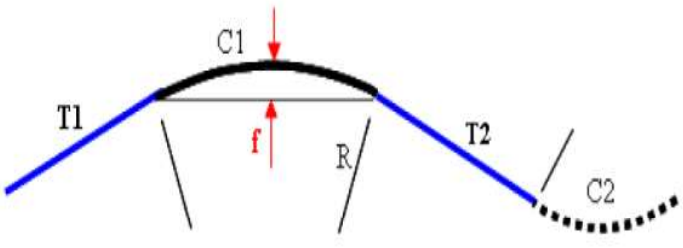
Fonte: Produtos BR Railparts

ANEXO VII – ESQUEMA BÁSICO DE UM AMV



Fonte: (Brina, 1988)

ANEXO VIII – REPRESENTAÇÃO PLANIMÉTRICA DE CURVAS E TANGENTES



Fonte: (FCA, 2009)

ANEXO IX – CARRO CONTROLE FERROVIÁRIO E RODOFERROVIÁRIO

Fonte: Autor

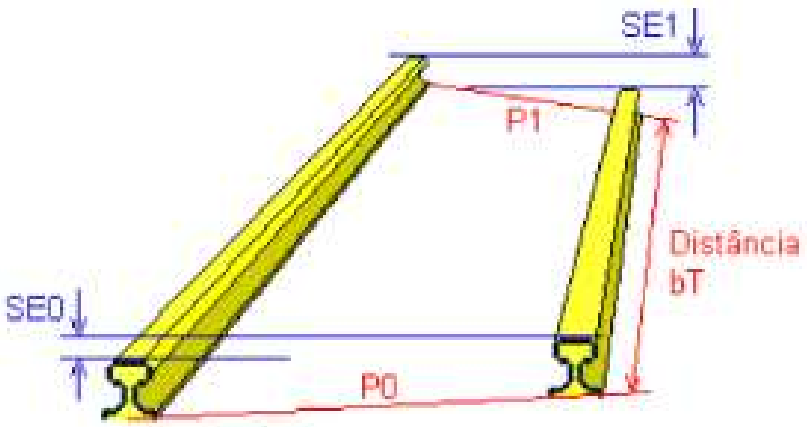
ANEXO X – (TMG) TROLEY DE MEDIÇÃO GEOMÉTRICA

Fonte: Autor

ANEXO XI – RÉGUA DE SUPERELEVAÇÃO E BITOLA

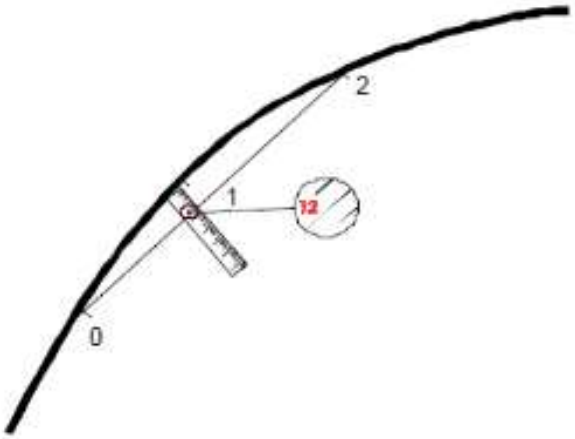
Fonte: Autor

ANEXO XII – NIVELAMENTO TRANSVERSAL



Fonte: (FCA, 2009)

ANEXO XIII – ESQUEMA DE MEDIÇÃO DO ALINHAMENTO



Fonte: (FCA, 2009)

ANEXO XIV – CADASTRO GEOMÉTRICO TRECHO EYD x EAY

Trecho	Nº da curva/ tangente	KM Inicial	KM Final	Ext. (m)	Rampa (%)	Raio (m)	Tipo de Trilho	Tipo de Dormente	Tipo de Fixação	VMA (km/h)
EYD-EAY	CV. 0002	959,427	960,650	1223	-1,000	904,6	TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	TG. 0002	960,650	962,612	1962	-1,000		TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	CV. 0003	962,612	963,209	597	-0,320	904,6	TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	TG. 0003	963,209	966,156	2947	-0,500		TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	CV. 0004	966,156	967,243	1087	0,200	2022,2	TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	TG. 0004	967,243	969,494	2251	0,600		TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	CV. 0005	969,494	970,336	842	-0,200	1273,2	TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	TG. 0005	970,336	973,763	3427	-0,700		TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	CV. 0006	973,763	974,970	1207	0,000	904,6	TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	TG. 0006	974,970	979,348	4378	0,600		TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	CV. 0007	979,348	979,977	629	0,000	904,6	TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	TG. 0007	979,977	980,330	353	-0,200		TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	CV. 0008	980,330	980,986	656	0,000	904,6	TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	TG. 0008	980,986	983,267	2281	-0,200		TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	CV. 0009	983,267	984,587	1320	-1,000	1273,2	TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	TG. 0009	984,587	985,092	505	-1,000		TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	CV. 0010	985,092	986,000	908	-1,000	1494,6	TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	TG. 0010	986,000	987,225	1225	-0,450		TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	CV. 0011	987,225	987,920	695	-1,000	1494,6	TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	TG. 0011	987,920	988,666	746	-1,000		TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	CV. 0012	988,666	989,250	584	-1,000	1494,6	TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	TG. 0012	989,250	990,732	1482	-1,000		TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	CV. 0013	990,732	991,850	1118	-1,000	1494,6	TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	TG. 0013	991,850	992,596	746	-1,000		TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	CV. 0014	992,596	993,250	654	1,000	1494,6	TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	TG. 0014	993,250	994,255	1005	1,000		TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	CV. 0015	994,255	995,359	1104	1,000	1011,1	TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	TG. 0015	995,359	996,050	691	1,000		TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	CV. 0016	996,050	996,640	590	1,000	1011,1	TR-57	Concreto	Deenik	70
EYD-EAY	TG. 0016	996,640	997,520	880	1,000		TR-57	Concreto	Deenik	70

Fonte: Adaptado de Ferrovia Centro-Atlântica

ANEXO XV – SUPERELEVAÇÃO DIMENSIONADA PARA AS CURVAS

CADASTRO GEOMÉTRICO							SUPERELEVAÇÃO (SE)	
Trecho	Nº da curva/ tangente	KM Inicial	KM Final	Ext. (m)	Raio (m)	VMA (km/h)	Mínima	Máxima
EYD-EAY	CV. 0002	959,427	960,650	1223			9	30
EYD-EAY	CV. 0003	962,612	963,209	597			9	30
EYD-EAY	CV. 0004	966,156	967,243	1087			9	14
EYD-EAY	CV. 0005	969,494	970,336	842			9	22
EYD-EAY	CV. 0006	973,763	974,970	1207			9	30
EYD-EAY	CV. 0007	979,348	979,977	629			9	30
EYD-EAY	CV. 0008	980,330	980,986	656			9	30
EYD-EAY	CV. 0009	983,267	984,587	1320			9	22
EYD-EAY	CV. 0010	985,092	986,000	908			9	18
EYD-EAY	CV. 0011	987,225	987,920	695			9	18
EYD-EAY	CV. 0012	988,666	989,250	584			9	18
EYD-EAY	CV. 0013	990,732	991,850	1118			9	18
EYD-EAY	CV. 0014	992,596	993,250	654			9	18
EYD-EAY	CV. 0015	994,255	995,359	1104			9	27
EYD-EAY	CV. 0016	996,050	996,640	590			9	27

Fonte: Adaptado de Ferrovia Centro-Atlântica