

3. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E LOCACIONAIS

As alternativas locacionais foram avaliadas a partir de análises espaciais multicritérios em Sistema de Informação Geográfica (SIG), onde se considerou simultaneamente tanto as principais restrições de ordem legal (Terras Indígenas, Unidades de Conservação e Assentamentos Rurais) quanto as principais restrições de ordem física (Topografia).

As análises foram realizadas com base em dados espaciais existentes para a área de interesse do empreendimento, obtidos junto a instituições públicas da esfera Federal e Estadual e junto a agentes do setor privado. As restrições identificadas não esgotam todos os fatores que podem interferir no traçado da ferrovia, mas constituem pontos importantes a considerar para a evolução do estudo ambiental e para a definição do traçado.

Os fatores do meio biótico (Áreas de Preservação Permanente e Supressão de Vegetação), apesar de serem restrições ambientais, não foram considerados nesta análise, pois a área em questão apresenta uma densa drenagem e qualquer uma das alternativas confrontará esta limitante.

TRAÇADO DE REFERÊNCIA

Foram considerados como diretrizes de projeto para o traçado da Ferrovia EF 354 as informações e elementos dispostos no Edital de Concorrência nº 004/2008 e na Medida Provisória nº 427, de 9 de maio de 2008.

Diretrizes do Edital de Concorrência

O edital de concorrência considerou como área de influência da ferrovia, incluindo as variantes e alternativas de traçado os seguintes pontos:

1. **A região oeste-noroeste do Estado de Goiás**, tendo como limite leste a cidade de Uruaçu, sobre o eixo da BR-153;
2. **Atravessando de oeste a leste todo o Estado de Mato Grosso**, acompanhando grosseiramente o alinhamento definido pelas cidades de Cocalinho, sobre o rio Araguaia, Lucas do Rio Verde/MT, sobre a BR-163, até a cidade de Vilhena, em Rondônia.

3. Alternativas de macrolocalização de traçado existem a partir de Lucas de Rio Verde/MT para atingir Vilhena/RO:

- I. Partindo de Tapurah em direção a noroeste, atingindo Porto dos Gaúchos e Juína, infletindo para o sudoeste até Vilhena.
- II. Partindo de Tapurah em direção a noroeste, atingindo Brasnorte, infletindo para sudoeste até Comodoro e, a partir deste ponto, acompanhando a traçado da BR-364 em direção ao norte, até atingir Vilhena.

Diretrizes da MP nº 427/2008

A Medida Provisória nº 427/2008 estabeleceu como Pontos de Passagem para a Ferrovia EF-354 as cidades de:

- Uruaçu/GO
- Ribeirão Cascalheira/MT
- Lucas do Rio Verde/MT
- Vilhena/RO.

3.1. ALTERNATIVAS DE TRAÇADO

Para melhor apreciação da análise das alternativas de traçado, os resultados serão apresentados por trechos, onde se pode observar o traçado de referência (diretriz de projeto) e as alternativas propostas. Nas figuras representativas dos trechos, as áreas preenchidas em verde escuro representam unidades de conservação, as áreas preenchidas em verde claro representam terras indígenas, e as áreas em marrom representam assentamentos rurais. Além dessas figuras, que têm propósito ilustrativo, as alternativas de traçado e os interferentes podem ser também visualizados em maior detalhe nas cartas temáticas em escala 1:250.000 que acompanham o presente estudo ambiental.

Vale ressaltar que o traçado de referência (traçado projetado), deverá ainda sofrer pequenos ajustes com a elaboração do projeto básico de engenharia. Tais adequações não comprometerão o prognóstico do presente estudo.

3.1.1. Trecho 1 :Uruaçu – Campos Verdes

Nesta análise pode-se observar que as restrições físicas indicaram que o início da ferrovia poderia dar-se por uma conexão ao norte de Uruaçu com a Ferrovia Norte-Sul. Conforme observado na figura 3-1, o traçado alternativo 2, que começaria de um

entroncamento com a Ferrovia Norte-Sul e passa por Alto Horizonte mostra-se a melhor alternativa desde o ponto de vista topográfico. Entretanto deve-se considerar o traçado alternativo 1, saindo de Uruaçu, já que esta previsto a construção de um pátio (terminal) ferroviário nesta localidade.

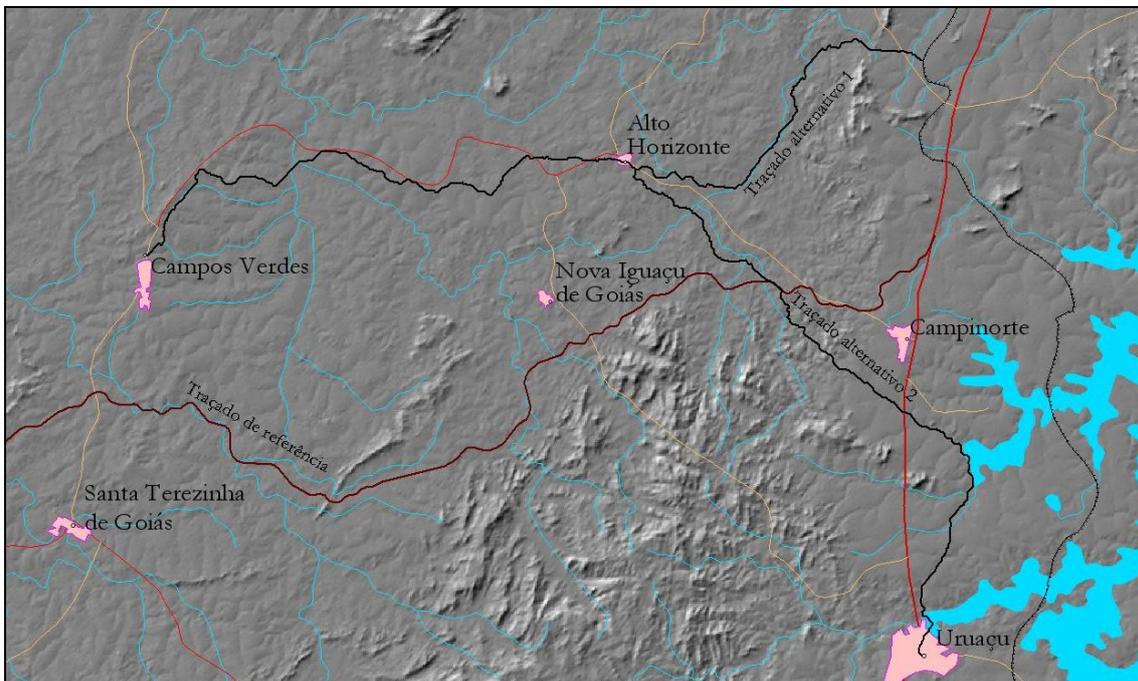


Figura 3-1 Trecho 1: Uruaçu - Campos Verdes.

Na figura 3-2 pode-se observar o perfil topográfico da diretriz de traçado (referência) e das alternativas de traçado.

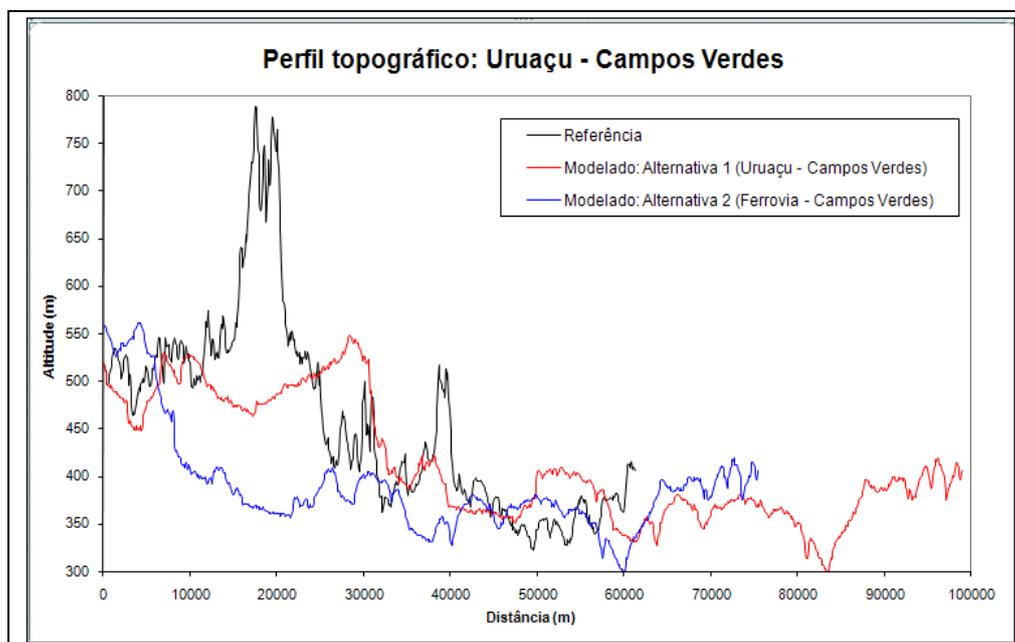


Figura 3-2- Perfil Topográfico do Trecho Uruaçu – Campos Verdes

3.1.2. Trecho 2 : Campos Verdes - Uirapuru

Nesta análise o traçado alternativo buscou melhor adaptação às restrições físicas.

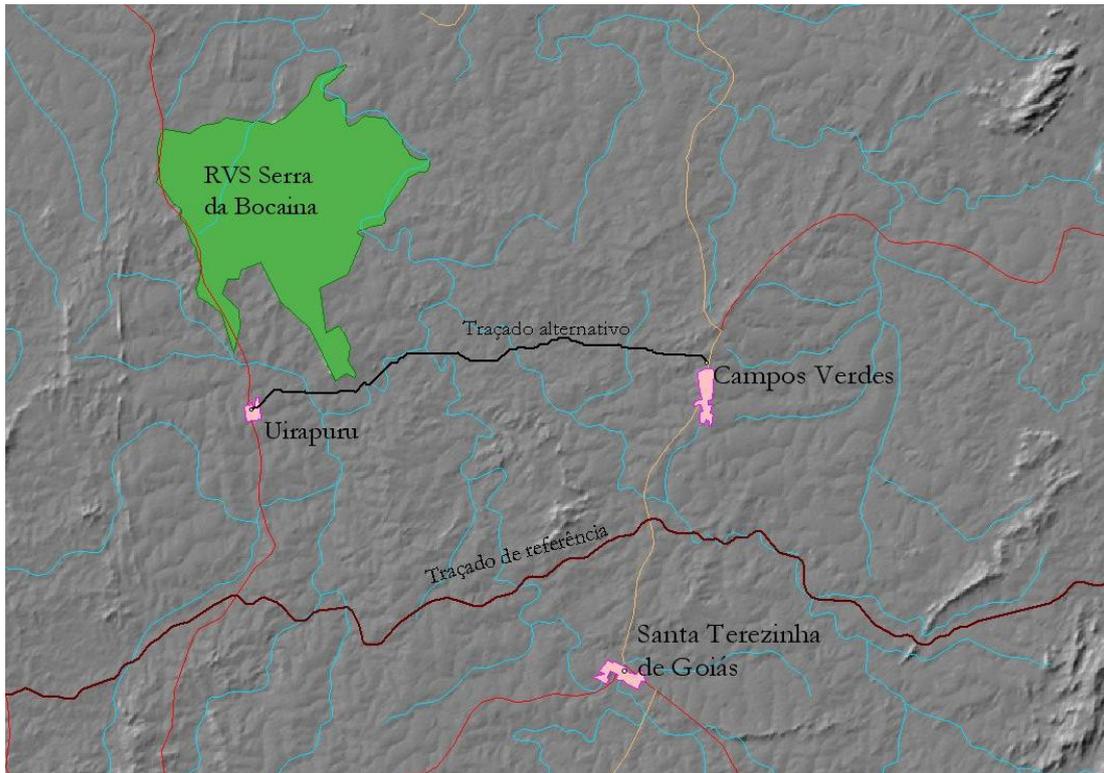


Figura 3-3– Trecho 2 : Campos Verdes – Uirapuru.

Na figura 3-4 pode-se observar o perfil topográfico da diretriz de traçado e da alternativa de traçado para o trecho 2.

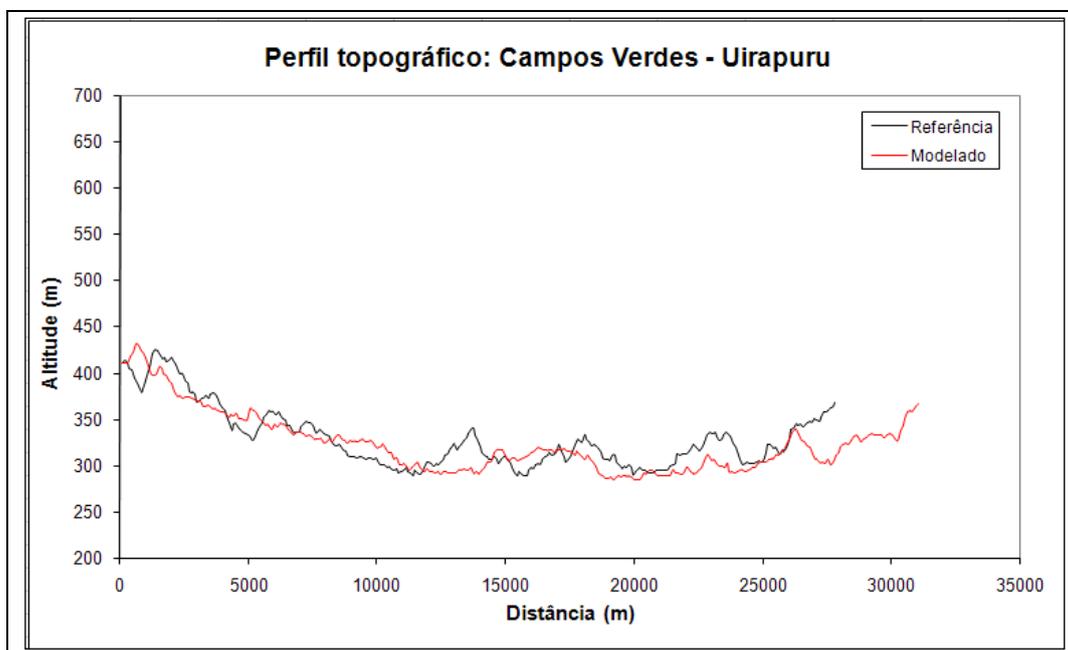


Figura 3-4- Perfil Topográfico do Trecho Campos Verdes – Uirapuru

3.1.3. Trecho 3 :Uirapuru - Cocalinho

Nesta análise o traçado alternativo buscou melhor adaptação às restrições físicas.

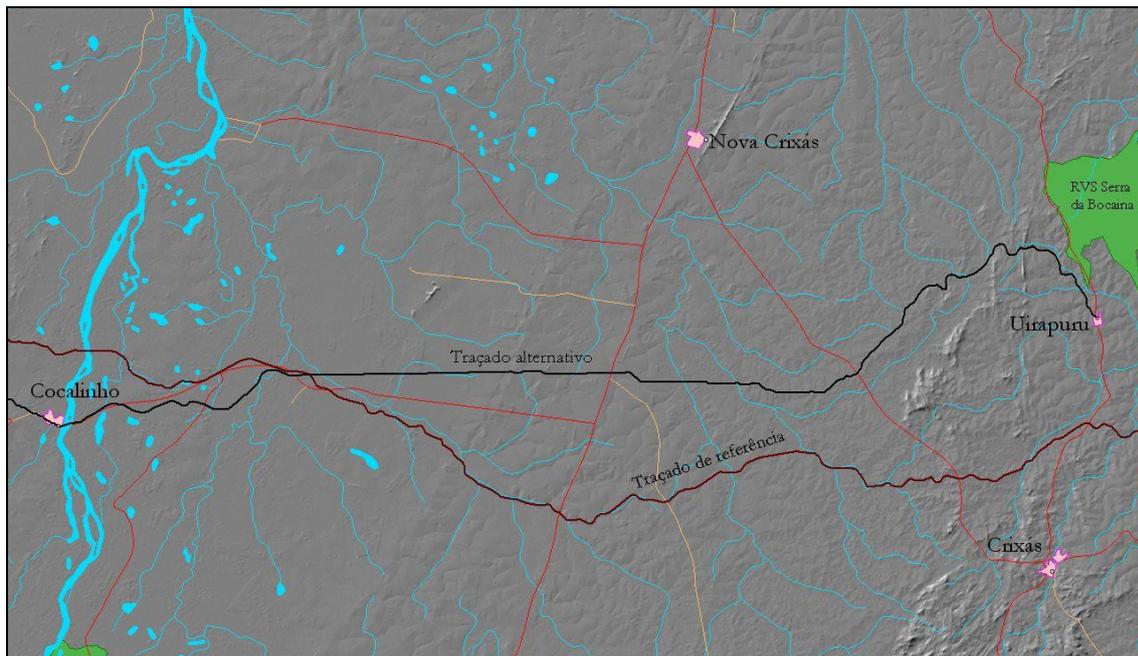


Figura 3-5– Trecho 3 : Uirapuru - Cocalinho.

Na figura 3-6 pode-se observar o perfil topográfico da diretriz de traçado e da alternativa de traçado para o trecho 3.

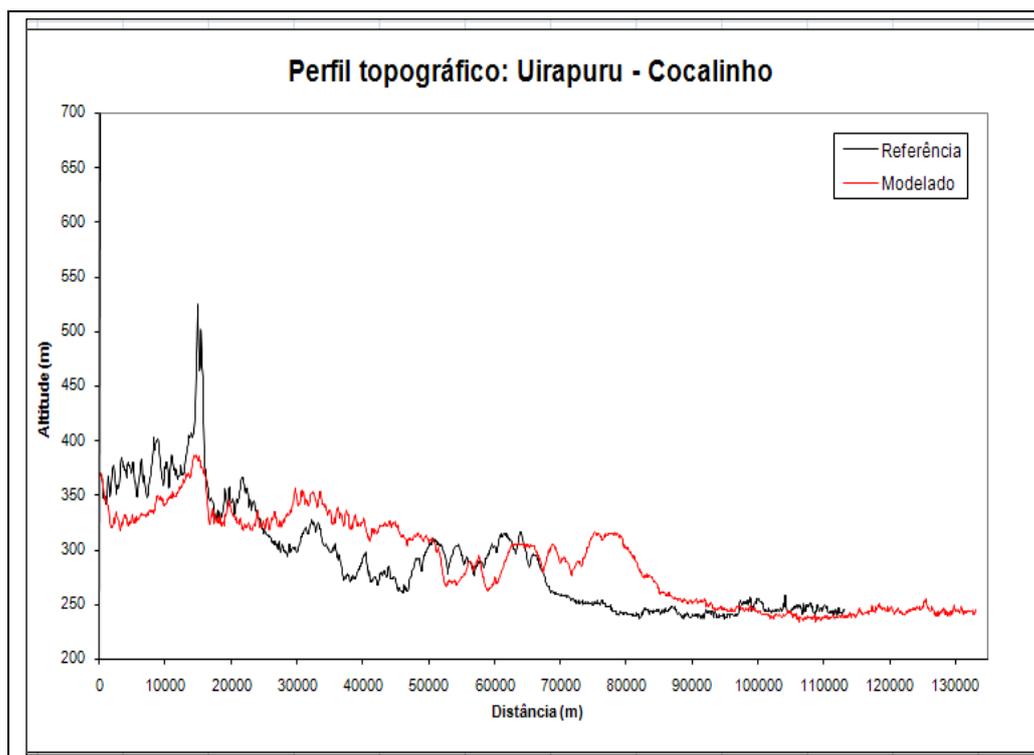


Figura 3-6- Perfil Topográfico do Trecho Uirapuru - Cocalinho

3.1.4 Trecho 4 :Cocalinho – Água Boa

Neste trecho a alternativa de traçado buscou melhor adaptação às restrições físicas e legais, evitando a interferência com terras indígenas e assentamentos rurais, Figura 3-7.

Vale destacar neste trecho que a localidade de Ribeirão Cascalheira, localizada ao norte de Água Boa foi considerada pela Medida Provisória nº 427/2008 como Ponto de Passagem. Entretanto devido à localização geográfica de Ribeirão Cascalheira, que se encontra a aproximadamente 130 km ao norte de Água Boa e a existência da rodovia BR -158 que liga ambas localidades, sugere-se que inicialmente o traçado continue seu direcionamento leste-oeste, com poucas variações latitudinais. Posteriormente Ribeirão Cascalheira poderá ser beneficiada com um ramal ferroviário.

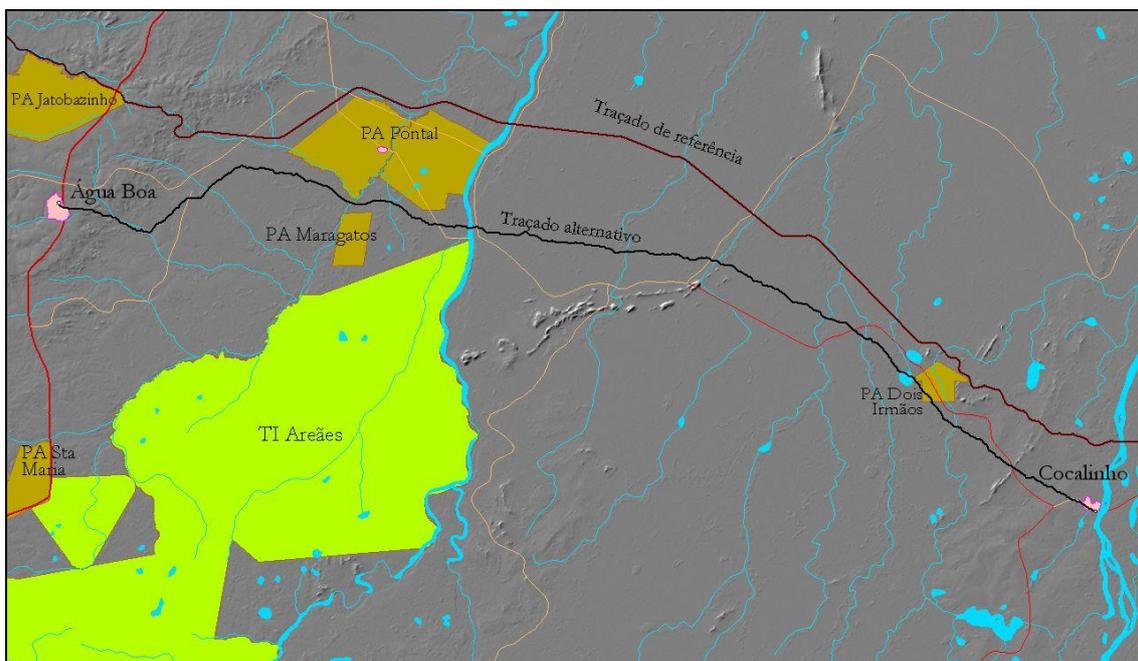


Figura 3-7– Trecho 4 : Cocalinho – Água Boa.

Na figura 3-8 pode-se observar o perfil topográfico da diretriz de traçado e da alternativa de traçado para o trecho 4.

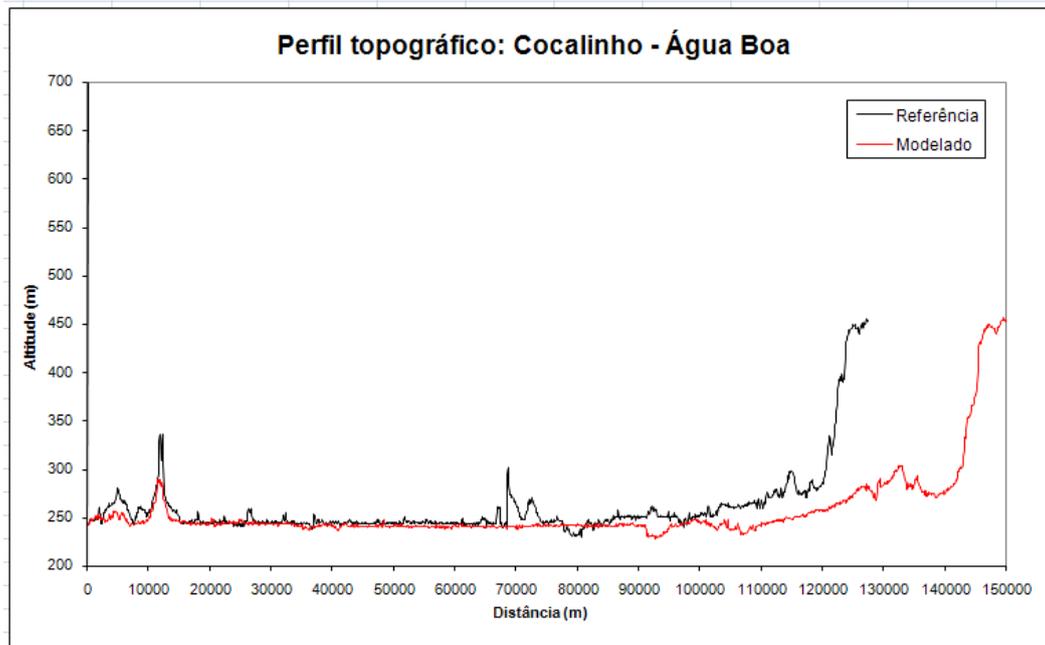


Figura 3-8- Perfil Topográfico do Trecho Cocalinho – Água Boa

3.1.5. Trecho 5 : Água Boa – Lucas do Rio Verde

Neste trecho as alternativas de traçado buscaram melhor adaptação às restrições físicas e legais, evitando a interferência com assentamentos rurais, figura 3-9.

O traçado alternativo 1 apresenta menor extensão, entretanto o traçado alternativo 2 possui um perfil topográfico menos acidentado.

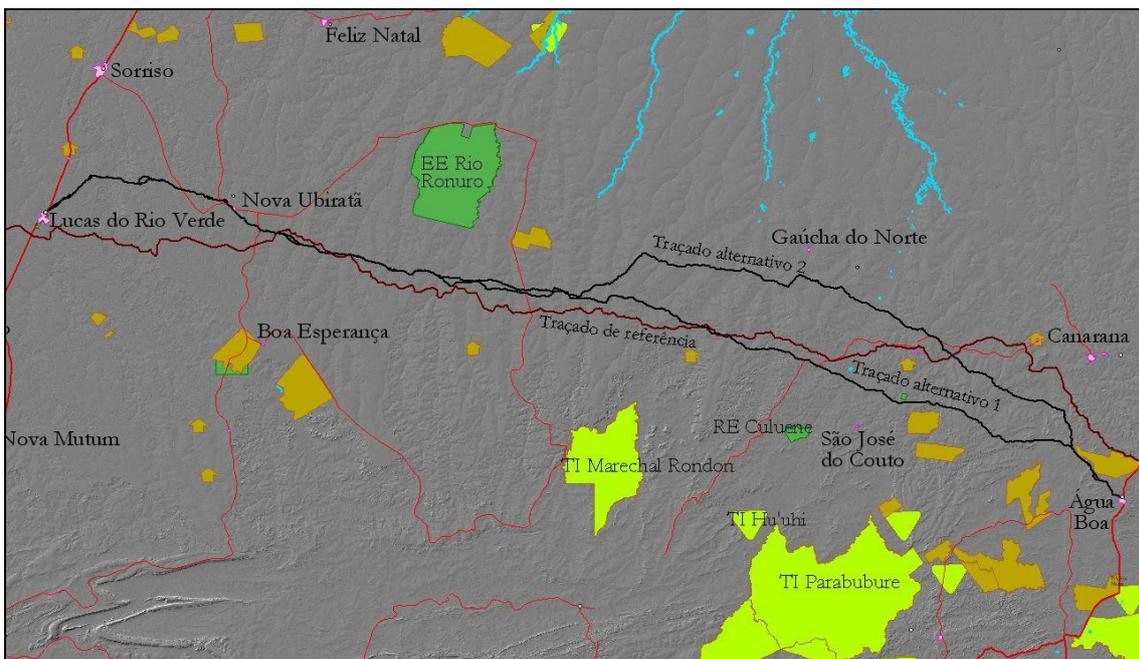


Figura 3-9– Trecho 5 : Água Boa – Lucas do Rio Verde.

Na figura 3-10 pode-se observar o perfil topográfico da diretriz de traçado e das alternativas de traçado para o trecho 5.

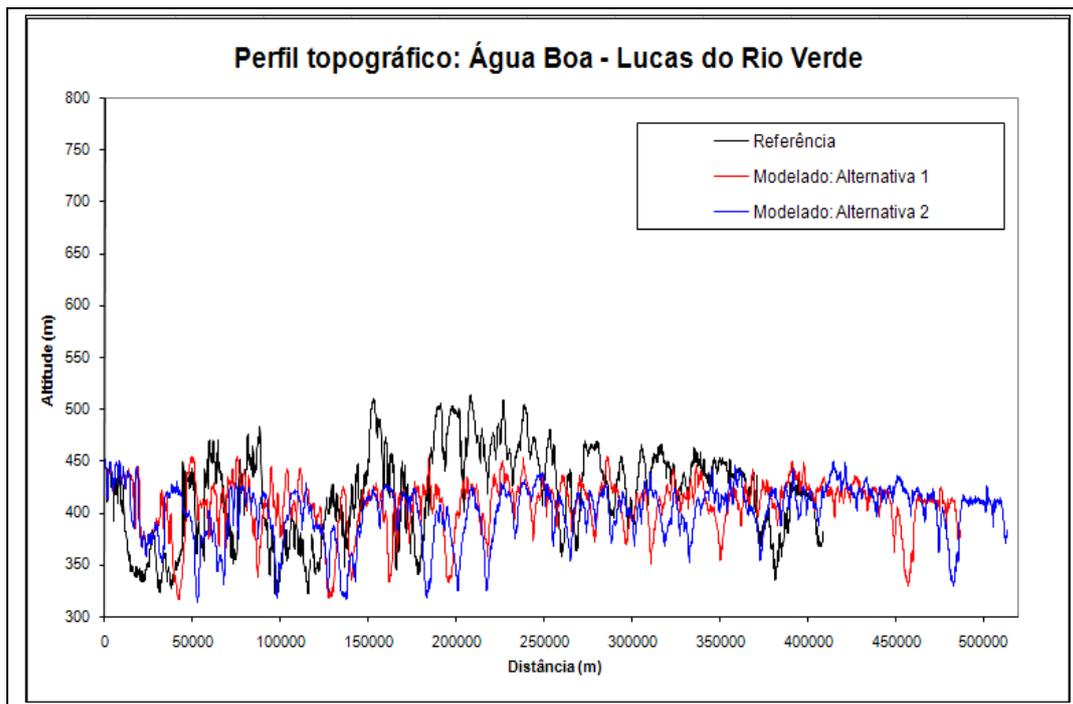


Figura 3-10- Perfil Topográfico do Trecho Água Boa – Lucas do Rio Verde

3.1.6 Trecho 6 : Lucas do Rio Verde - Sapezal

O edital de concorrência considerou como alternativas de macrolocalização de traçado a partir de Lucas de Rio Verde/MT para atingir Vilhena/RO as seguintes alternativas:

I. Partindo de Tapurah em direção à noroeste, atingindo Porto dos Gaúchos e Juína, infletindo para o sudoeste até Vilhena.

II. Partindo de Tapurah em direção à noroeste, atingindo Brasnorte, infletindo para sudoeste até Comodoro e, a partir deste ponto, acompanhando a traçado da BR-364 em direção ao norte, até atingir Vilhena.

Devido às restrições legais, tendo em vista a existência de várias terras indígenas para alcançar a Vilhena, observou-se que o melhor traçado seria por Comodoro ao sudoeste. Tomando em consideração a densa malha viária do estado do Mato Grosso, sugere-se que inicialmente o traçado continue seu direcionamento leste-oeste, com poucas variações latitudinais. Desta forma optou-se por um trecho de ligação direta entre Lucas de Rio Verde até Sapezal em direção à Comodoro.

Na figura 3-11 pode-se observar que os traçados alternativos buscaram evitar as interferências com as restrições legais (terras indígenas e assentamentos rurais). O

traçado alternativo 1 (ao norte) mostrou-se o mais curto, embora com maior variação topográfica que o traçado alternativo 2.

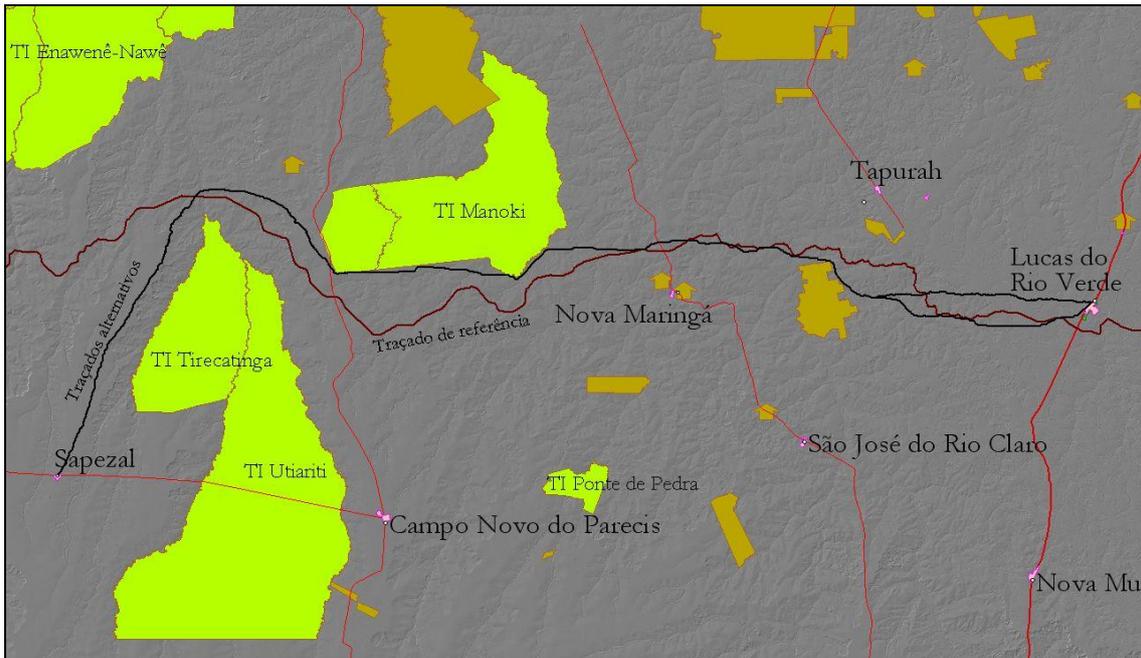


Figura 3-11– Trecho 6: Lucas do Rio Verde - Sapezal

Na figura 3-12 pode-se observar o perfil topográfico da diretriz de traçado e das alternativas de traçado para o trecho 6.

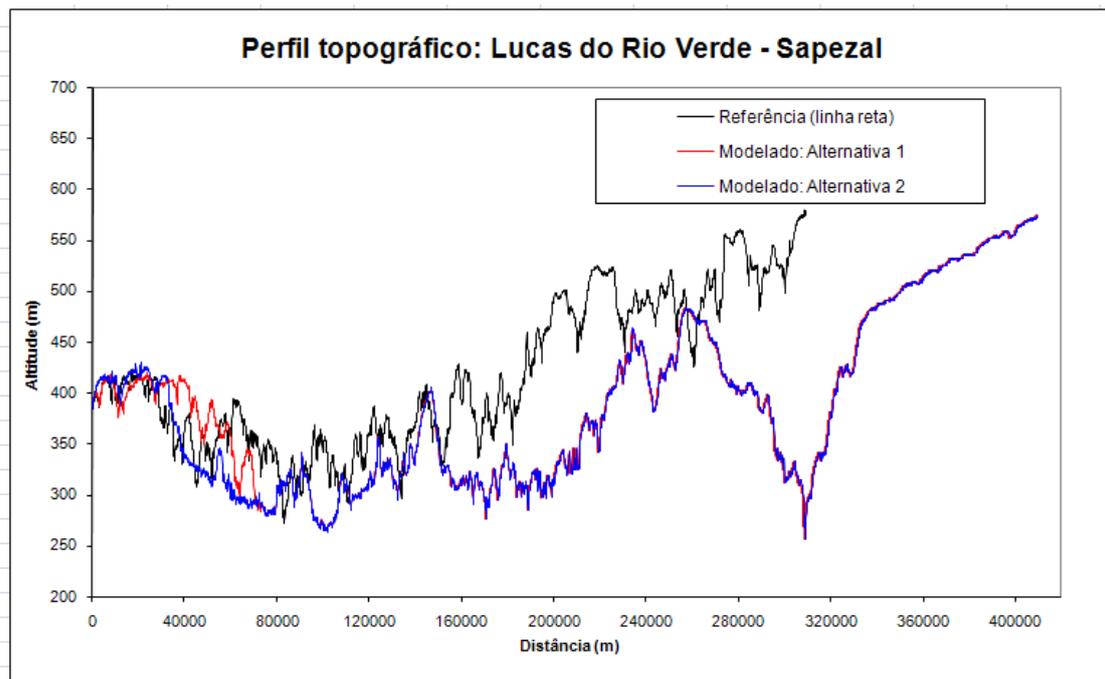


Figura 3-12- Perfil Topográfico do Trecho Lucas do Rio Verde - Sapezal

3.1.7. Trecho 7 : Sapezal - Comodoro

Neste trecho a alternativa de traçado buscou melhor adaptação às restrições físicas e legais, evitando a interferência com terras indígenas, figura 3-13.

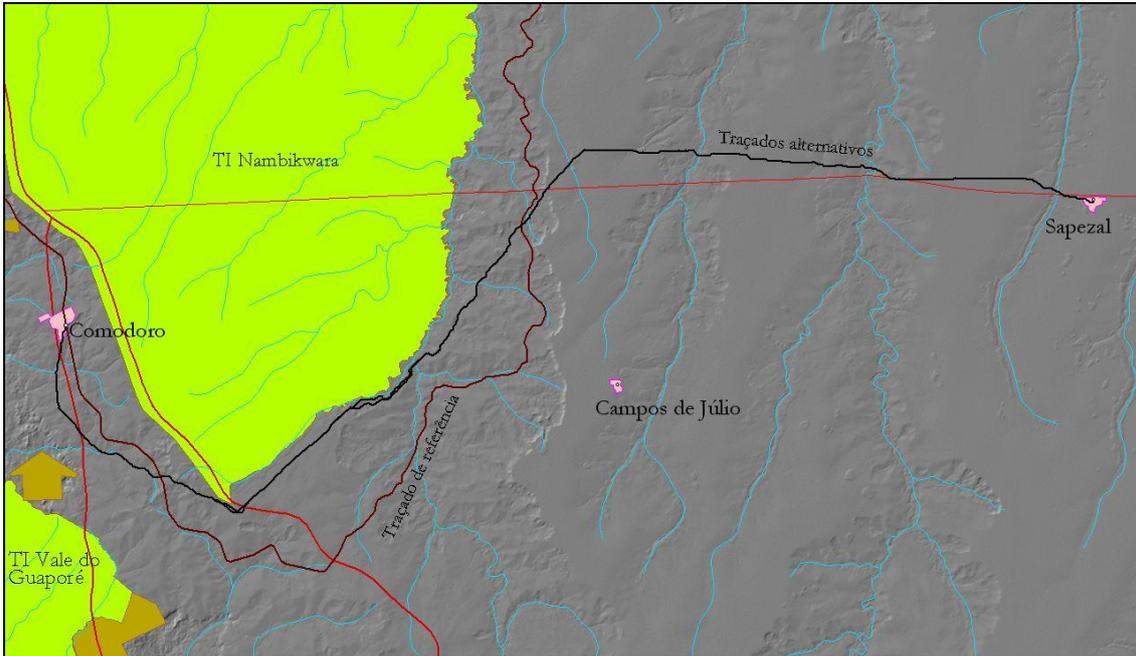


Figura 3-13– Trecho 7 : Sapezal – Comodoro

Os traçados alternativos 1 e 2 se sobrepõem e em comparação com o traçado de referência pode-se observar que o trecho apresenta grande variação topográfica em qualquer das alternativas (figura 3-14).

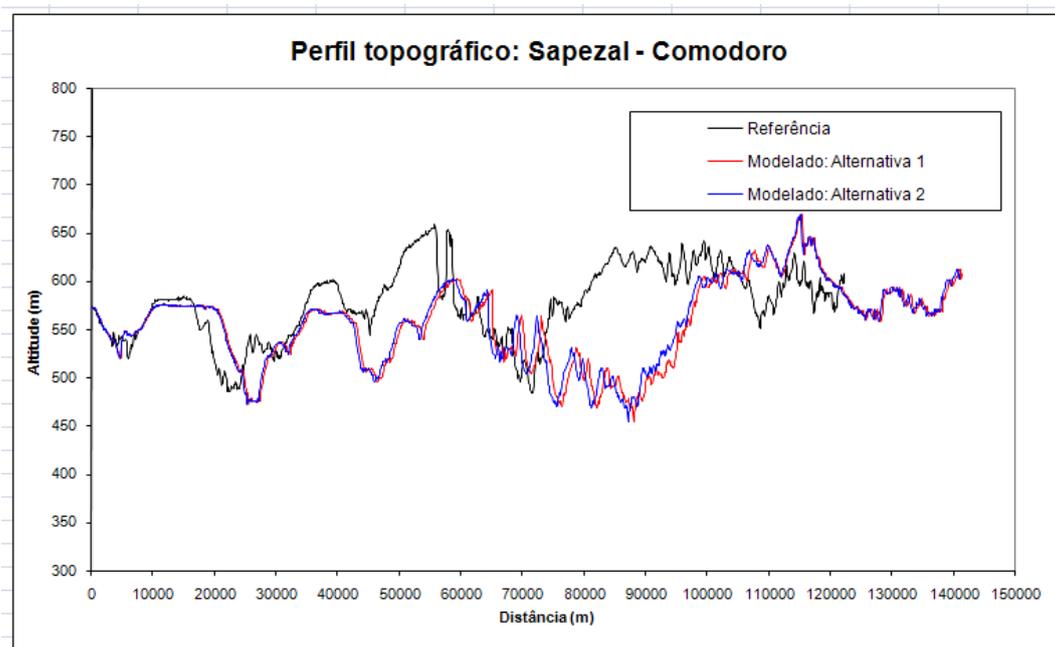


Figura 3-14- Perfil Topográfico do Trecho Sapezal - Comodoro

3.1.8 Trecho 8: Comodoro - Vilhena

Neste trecho as alternativas de traçado buscaram melhor adaptação às restrições físicas e legais, evitando a interferência com terras indígenas e assentamentos rurais.

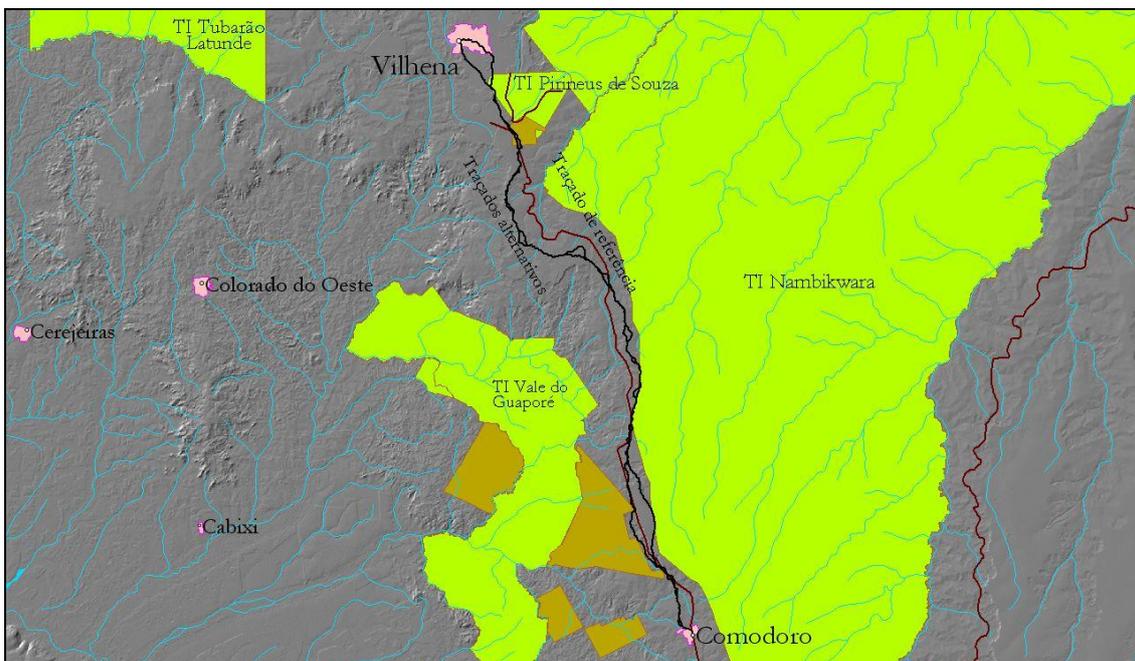


Figura 3-15– Trecho 8 : Comodoro - Vilhena

As alternativas de traçado 1 e 2 possuem pequenas diferenças, onde a alternativa 2 buscou a menor variação topográfica (figura 3-16).

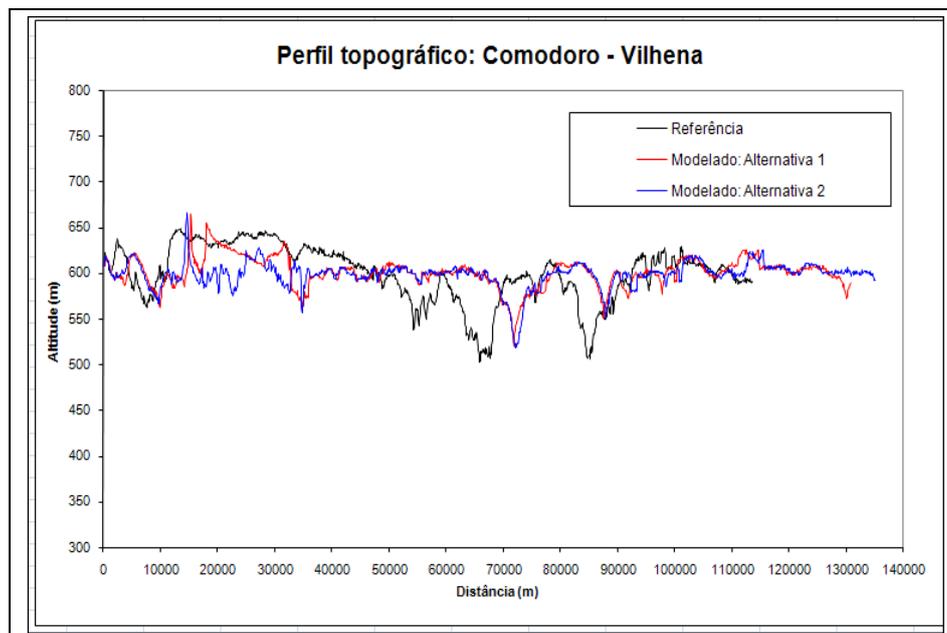
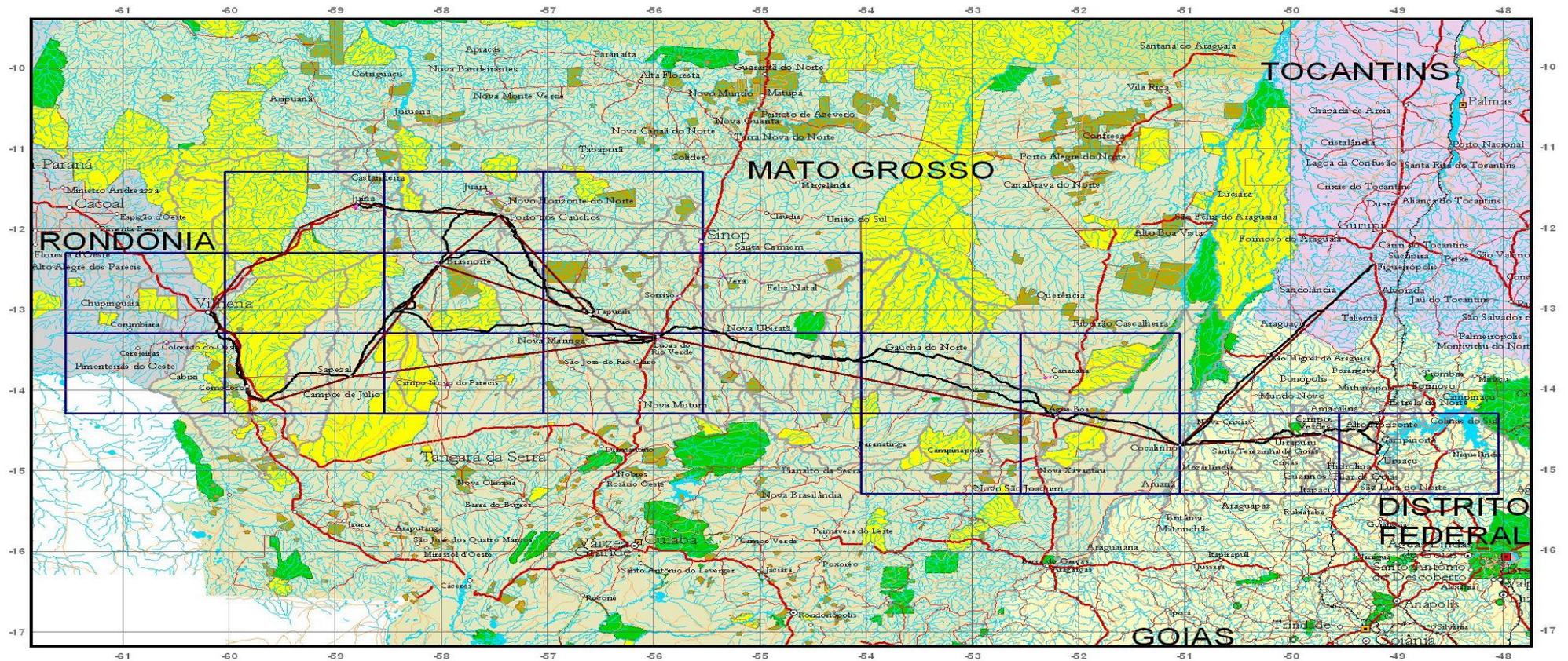


Figura 3-16- Perfil Topográfico do Trecho Comodoro - Vilhena

A seguir é apresentado um mapa com todo o traçado e as respectivas alternativas para a Ferrovia EF 354 Uruaçu/GO – Vilhena/RO.



Legenda

Limites	Restrições legais	Sistema viário	Projeto EF - 246
Municípios afetados	Assentamentos rurais	Rodovia federal	Traçado referência
Cartas 1:250.000	Terras indígenas	Rodovia estadual	Alternativas de traçado
	Unidades de conservação	Outras rodovias	
		Ferrovia	

3.1.9. Não realização do Empreendimento

A área de influência da EF 354, em estudo, encontra-se amplamente antropizada nos dias atuais. Predominam propriedades rurais, principalmente de grande porte e de produção especializada, onde se destacam a criação de gado de corte e a produção de cultivares de curto período, tais como soja em consórcio com o algodão.

Além destas, são observadas ao longo de todo o trecho outros aspectos relacionados à ocupação humana, tais como construções rurais, vilas e cidades.

Contudo, ainda hoje toda a produção agrícola é escoada por meio de rodovias, sendo a utilização de hidrovias ausente ou insignificante na região. A implementação da EF 354 terá como objetivo principal o escoamento da produção de grãos para outros modais, como portos, demais rodovias de interligação, ou para outras linhas férreas com diretrizes diferentes.

Assim, a não realização do empreendimento limitaria o desenvolvimento econômico e social da região influenciada, visto que o fortalecimento da infra-estrutura de transporte é elemento fundamental para o escoamento da produção dos municípios envolvidos.

3.2. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

3.2.1. CONCEITUAÇÃO BÁSICA DAS FERROVIAS

Primeiramente serão destacadas as principais características das ferrovias, visando melhor entendimento acerca da utilização deste modal e suas diversas alternativas de estruturas e materiais.

Conceitos Característicos

O Transporte Ferroviário se fundamenta nos seguintes conceitos: apoiado, guiado, unidireção, aderência e bitola.

Apoiado

Corresponde a todo tipo de transporte em que os esforços das forças de gravidade e vento são compensados em sua quase totalidade por reações entre sólidos, naturalmente geradas em função daquelas. No caso das ferrovias, a função de suporte ou apoio se contrapõe aos esforços provenientes dos trilhos.

Guiado

No caso das ferrovias, significa que os trilhos guiam o material rodante (veículo), condicionando seu movimento e obrigando-o a inscrever sua marcha dentro da geometria previamente estabelecida.

Unidirecional

Define que o veículo é obrigado a seguir, em sua marcha, o eixo geométrico do caminho fixado pelos trilhos, o que leva a aceitar o caráter unidirecional no sentido longitudinal indicado. Este aspecto afeta fundamentalmente a exploração do modal ferroviário.

Aderência

A aderência incide sobre a geometria do traçado de uma linha férrea. As retas e curvas nos aclives e declives são condicionadas através da aderência pelas características de tração e frenagem do material rodante que sobre as mesmas venha a circular.

Bitola da Via

Corresponde à separação praticamente constante entre os trilhos de uma via ferroviária. É possível afirmar que este é o parâmetro que mais fortemente caracteriza o caminho de circulação da ferrovia.

A escolha da bitola da via é uma das primeiras decisões a serem tomadas ao se projetar uma nova linha, sendo necessário levar em conta a possibilidade de conexão da linha nova com outras existentes, pois deverá ser adotada a mesma bitola para toda rede, sob pena de avaliação de aspectos econômicos derivados de maiores custos operacionais. Isso porque, por não possuir a flexibilidade do transporte rodoviário, seu rendimento é maior quando integrado com outros modais. No planejamento para sua implantação, deve ser considerada a complementaridade, e não a concorrência, entre outros modos de transporte.

Em 1907, a Conferência Internacional de Berna adotou a bitola de 1,435 m como bitola padrão internacional. Atualmente é adotada pela maioria dos países, e seu emprego progressivo é uma tendência mundial.

No Brasil, o Plano Nacional de Viação, adotou 1,60 m, como bitola padrão nacional, também chamada de bitola larga.

Estruturas das Estradas de Ferro

Os elementos básicos que constituem a estrutura de uma Estrada de Ferro são agrupados da seguinte forma:

- Unidade de Tráfego e Movimento, que coordena e controla a circulação dos trens;

- Material de Tração, constituído de locomotivas e carros motores que rebocam os veículos;
- Material de Rodante, constituído de vagões (carga) e carros (passageiros), que são os veículos rebocados;
- Sistemas de Manutenção, Sinalização e Telecomunicação; e
- Setor de Projetos e Obras Civis.
- Via Permanente, por onde circulam os veículos, composta de infra-estrutura e superestrutura;

A Infra-estrutura é constituída de Terraplenagem e Obras de Arte. A terraplenagem é formada de aterros e cortes. Já as Obras de Arte são divididas em Especiais (pontes, viadutos e túneis) e Correntes (pontilhões- com vão até 10 metros e bueiros-vãos menores que 10 metros). A superfície final de terraplenagem chama-se leito ou plataforma da estrada.

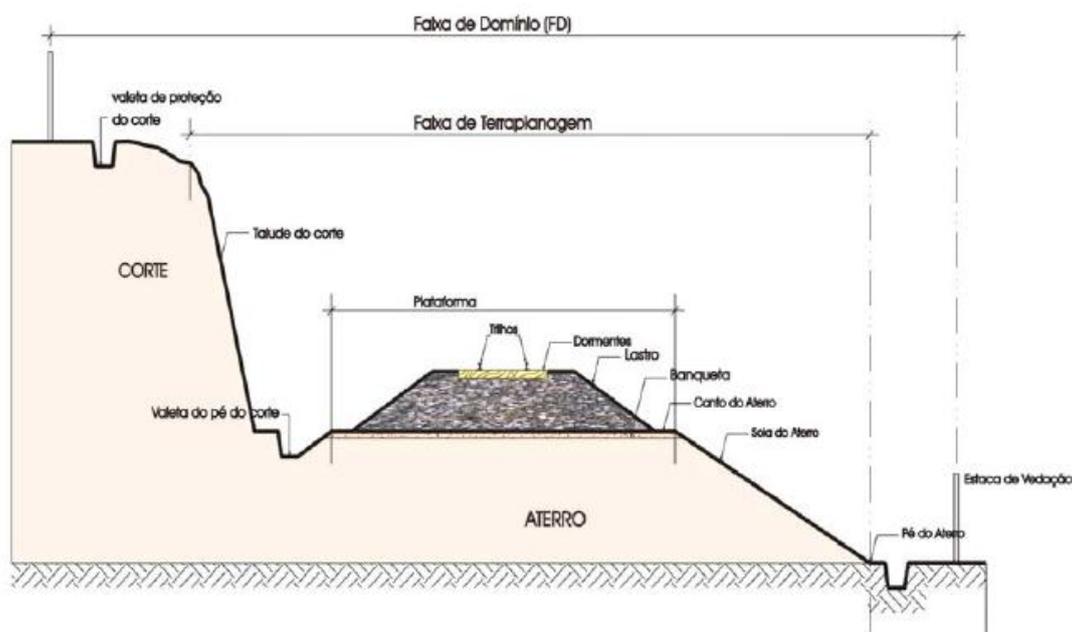


Figura 3-17- Estrutura de uma Estrada de Ferro

A superestrutura é constituída por três elementos principais: lastro, dormentes e trilhos, que constituem o apoio e a superfície de rolamento para os veículos ferroviários. Pode-se incluir também como elementos da superestrutura das Estradas de Ferro o sublastro, que embora ligado às camadas finais da infra-estrutura, tem características especiais, que justificam a sua inclusão como parte da superestrutura ferroviária.

Elementos da Superestrutura

Lastro

Lastro é camada situada entre os dormentes e o sub-leito ou sub lastro, que objetiva distribuir as pressões transmitidas pelos dormentes; formando um suporte quase elástico, de modo a atenuar as trepidações causadas pela passagem dos veículos. Além disso, impede o deslocamento transversal e longitudinal dos dormentes, e facilita a drenagem da superestrutura.

Para o bom desempenho de suas funções o lastro deve ter suficiente resistência aos esforços transmitidos pelos dormentes; elasticidade limitada para abrandar os choques; e dimensões que permitam sua interposição entre os dormentes e abaixo dos mesmos, preenchendo as depressões da plataforma e permitindo um perfeito nivelamento dos trilhos. É necessário também que o lastro seja resistente aos agentes atmosféricos; francamente permeável, para permitir uma boa drenagem; e não produza pó, caso contrário tornaria incômodo aos passageiros, além de prejudicar o material rodante.

Antigamente os principais materiais utilizados para lastro eram terra, areia, cascalho e escória, contudo o mais moderno e adequado atualmente é a pedra britada bitolada, por ser resistente e inalterável aos agentes atmosféricos. É também bastante permeável, o que permite um perfeito nivelamento do lastro através da socaria.

Dormentes

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

Para isso, é necessário que as dimensões, no comprimento e na largura, forneçam uma superfície de apoio suficiente para que a taxa de trabalho no lastro não ultrapasse certo limite; e que sua espessura lhe dê a necessária rigidez, permitindo entretanto alguma elasticidade. Deve ainda ter durabilidade; suficiente resistência aos esforços; permitir, com relativa facilidade, o nivelamento do lastro (socaria), na sua base; e se opor eficazmente aos deslocamentos longitudinais e transversais da via.

Os dormentes são colocados perpendicularmente aos trilhos, tanto nas tangentes como nas curvas. O espaçamento entre os dormentes depende das cargas dos veículos, da velocidade dos trens, densidade de tráfego, natureza da plataforma de via e raio das curvas. A quantidade de dormentes colocados por quilômetro de linha,

chama-se densidade da dormentação. No Brasil, onde a tendência é a formação de trens mais pesados, adotam-se de 1600 a 1850 dormentes por quilômetro.

Quanto ao material, os dormentes podem ser de: Madeira, Aço e Concreto Armado ou Protendido.

1 -Dormentes de Madeira

A madeira reúne todas as qualidades exigidas para um bom dormente: flexibilidade, resistência mecânica, facilidade de manuseio e reposição. Contudo, a escassez crescente das madeiras naturais e os reflorestamentos deficientes e inadequados desestimulam seu emprego. Além disso, seu emprego desordenado e sem controle tornou-se um motivo de agressão ao meio ambiente.

Quanto às suas dimensões, assim se caracterizam:

- Para bitola larga de 1.60 m: 2.80 m (comprimento); 0.24 m (largura) e 0.17 m (altura).
- Para bitola estreita de 1.00 m: 2.00 m (comprimento); 0.22 m (largura); e 0.16 m (altura).

Vale ressaltar que existem dormentes especiais, com dimensões adequadas ao seu emprego, em pontes e nos aparelhos de mudança de via.

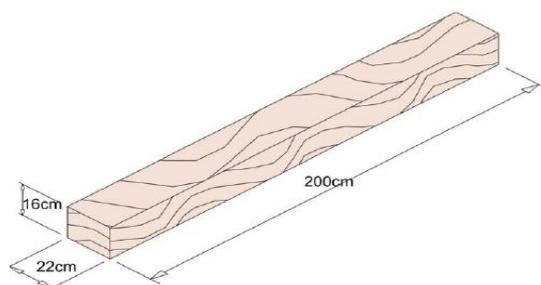


Figura 3-18– Dormente de Madeira

2 -Dormentes de Aço

O emprego dos dormentes de aço surgiu no pós-guerra da Europa, motivado pela escassez da madeira que estava sendo utilizada em grande escala na reconstrução dos países atingidos pelos bombardeios. Mas foi um uso ocasional e não se firmou como opção duradoura.

O dormente de aço consiste numa chapa laminada, em forma de U invertido, curvada em suas extremidades a fim de formar garras que se afundam no lastro e se opõem ao deslocamento transversal da via. É relativamente leve, pesando em torno de 70 Kg, e

fácil de ser assentado, mas por isso deve se evitar seu emprego em linhas de tráfego pesado. É barulhento, por ser bom condutor, dificulta o isolamento de uma fila de trilhos em relação à outra, o que é necessário para os circuitos de sinalização. Apresenta maior rigidez e fixação mais difícil do trilho, que é feita através de parafusos e castanhas. A socaria é mais difícil em virtude de sua forma irregular. Trata-se de um dormente de boa qualidade, mas de preço elevado.

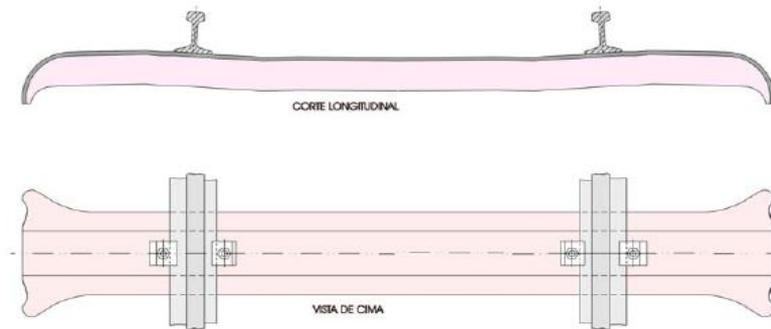


Figura 3-19– Dormente de aço

3 -Dormentes de Concreto

Os primeiros dormentes de concreto armado imitaram, na sua concepção, a forma dos dormentes de madeira, constituídos de um bloco de concreto, com seção constante. Os resultados não foram satisfatórios, pois os choques e vibrações produzidos pelas cargas dinâmicas dos veículos causavam trincas ou fissuras, apesar da armação metálica colocada para resistir aos esforços de tração. Essas trincas apareciam geralmente na parte média do dormente em consequência do apoio irregular sobre o lastro.

Após experimentação em diversas estradas de ferro da Europa, surgiram os principais dormentes de concreto, entre os quais citamos o Dormente de Concreto RS, o qual é constituído de dois blocos de concreto armado, ligados por uma viga metálica que tem o comprimento quase igual ao total do dormente e constitui a robusta armadura principal dos blocos de concreto. Pesa aproximadamente 180 kg.

As armaduras dos blocos têm por função solidificar estreitamente os blocos com a viga metálica e cintar o concreto em torno desta; contém 7 kg de aço, além da viga. Graças à elasticidade desta, o dormente de concreto RS não sente o esforço e os dois blocos de concreto, muito robustos, estão imunes à maioria dos esforços de flexão estática e flexão alternada, aos quais é muito difícil de resistir com os dormentes de concreto protendido.

A fixação do trilho é feita por meio de um parafuso ancorado na viga metálica, introduzidos em furos deixados nos blocos de concreto, e um grampo de aço doce, que aperta o patim do trilho, tornando a fixação elástica. Além disso, entre a sapata do trilho e o dormente, coloca-se uma almofada de borracha ranhurada, o que aumenta a elasticidade da via. Essa fixação, patenteada pela SNCF, é chamada “fixação duplamente elástica RN”. Os dormentes de concreto podem ser: monoblocos ou biblocos, conforme as ilustrações a seguir.

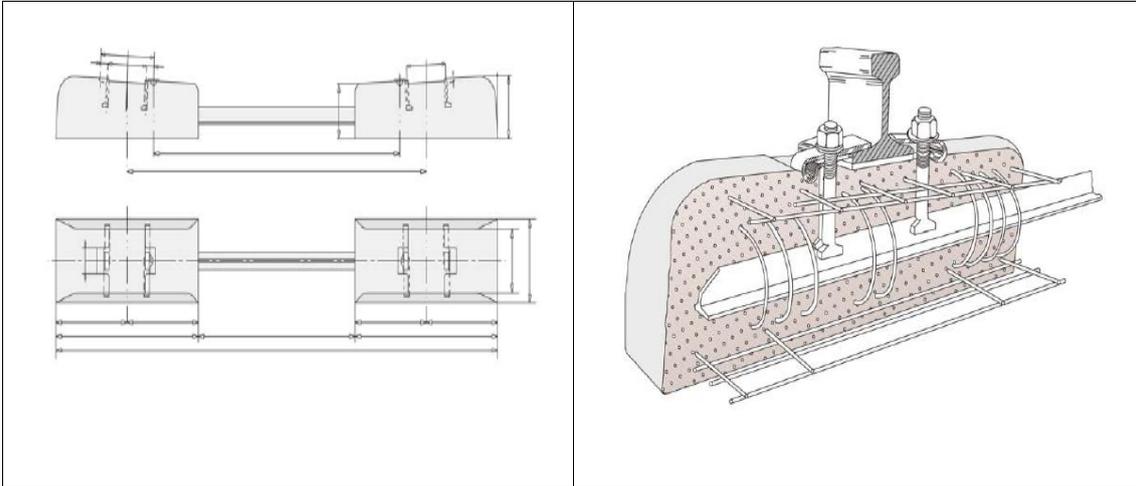


Figura 3-20- Dormente de Concreto

A Fixação dos Trilhos nos Dormentes de Concreto

A fixação do trilho ao dormente de concreto, é uma exigência fundamental para o bom desempenho do dormente de concreto. Essa fixação não pode ser rígida, a fim de não destruir o concreto nos seus pontos de contato. Atualmente é bastante comercializada a fixação elástica “Pandrol”, que vem apresentando bons resultados.

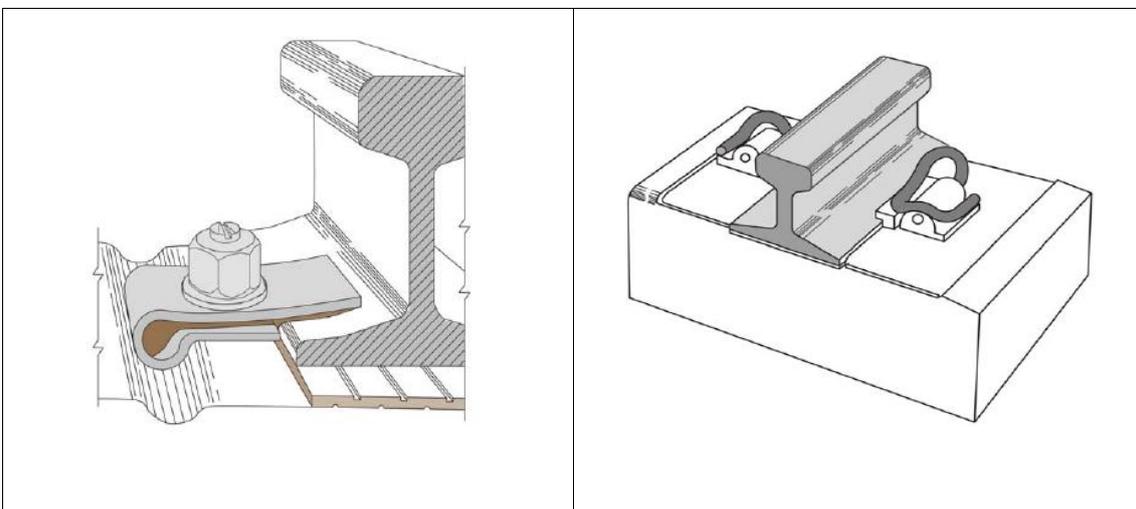


Figura 3-21- Fixação do trilho ao dormente de concreto

Vantagens e Desvantagens dos Dormentes de Concreto

As principais vantagens do dormente de concreto são: maior estabilidade a via, economia de lastro, pouca sensibilidade aos agentes atmosféricos e maior durabilidade. Suas desvantagens são: maior dificuldade no manejo, por ser mais pesado, propiciar maior rigidez à via que o dormente de madeira.

Ressalta-se que o peso é fator favorável, pois aumenta a resistência transversal da via, o que é altamente desejável, principalmente para as linhas com trilhos longos soldados. O emprego dos dormentes de concreto é recomendado para linhas de alto padrão, onde raramente acontecem descarrilamentos.

Trilhos

O trilho é o elemento da superestrutura que constitui a superfície de rolamento e suporte das cargas transportadas pelos veículos. É necessário que tenha dureza, tenacidade, elasticidade e resistência à flexão, sendo o aço, entre todos os materiais, o que oferece as melhores vantagens. Os principais elementos que formam a composição química do aço são: ferro, carbono, manganês, silício, fósforo e enxofre.

A forma do trilho atual foi definida pelo engenheiro inglês Vignole que deu nome ao referido tipo. É composto de três partes: boleto (cabeça), alma (parte central) e patim (parte que se assenta diretamente no dormente).

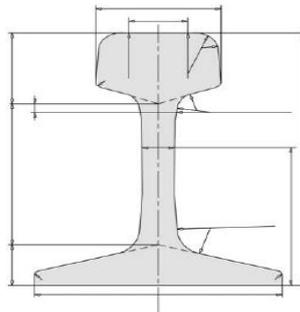


Figura 3-22– Forma do trilho

Os trilhos são fabricados nos comprimentos padrões de 12 ou 18 metros e são submetidos a diversos ensaios como prova de choque, tração, resiliência, dureza Brinell e ensaios micrográfico e macrográfico. A dilatação dos trilhos ocorre em função da temperatura. Eles são ligados através de juntas de dilatação e talas de junção. Podem ser soldados principalmente pelo processo alumino térmico, constituindo os chamados trilhos longos soldados.

Os principais tipos de trilhos são apresentados na tabela a seguir:

Tabela 3-1- Tipos de Trilhos

Tipo Nominal Brasileiro TR	37	45	50	57	68
Tipo correspondente americano	7540 ASCE	9020 AREA	10025 AREA	11525 AREA	13637 AREA
Peso calculado em kg/m	37,105	44,645	50,349	56,897	67,560
Peso calculado em lb/jardas	74,8	90,0	101,5	114,7	136,2

Acessórios dos Trilhos

Talas de Junção

Para estabelecer a continuidade dos trilhos, duas peças de aço, chamadas Talas de Junção, são colocadas nas pontas dos mesmos, posicionadas de um e outro lado do trilho e apertadas pelos parafusos, contra a parte inferior do boleto e a parte superior do patim do trilho. As figuras apresentadas a seguir mostram dois tipos de talas de junção: a nervurada e a em Cantoneira.

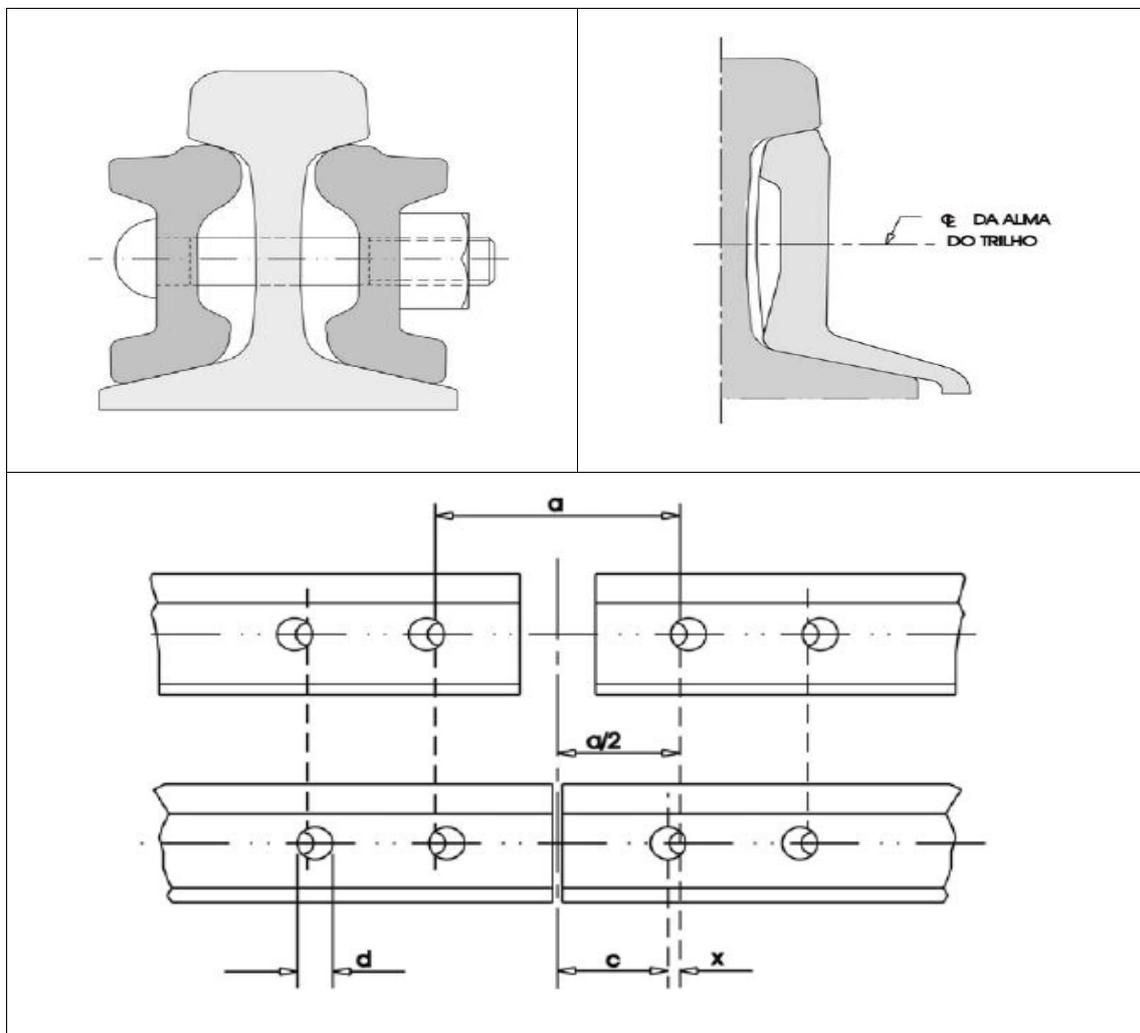


Figura 3-23- Talas de Junção

As talas em cantoneira ou a nervurada têm o objetivo de oferecer maior inércia, deformando-se com maior dificuldade. Existem talas com quatro furos e talas com seis furos. Estas últimas dão uma junta mais firme e adaptam-se melhor à curvatura nas curvas.

Parafusos e Arruelas

Os parafusos que apertam as talas de junção contra as pontas dos trilhos são parafusos comuns, com porcas, tendo próximo à cabeça uma gola oval, que se encaixa na tala e tem por objetivo evitar que o parafuso gire, ao ser apertado pela porca, sem ser necessário segurá-lo. O diâmetro do parafuso varia, conforme o tipo do trilho.

Para impedir que o parafuso se afrouxe com a trepidação na passagem dos trens, deve-se colocar entre a tala e a porca do parafuso uma arruela, que dará maior pressão à porca. A arruela absorve vibrações e mesmo quando se dá um ligeiro afrouxamento da porca, mantém o aperto desejado.

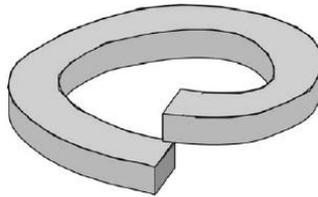


Figura 3-24- Arruela

Placas de Apoio

Para aumentar a área de apoio do trilho no dormente, introduz-se uma chapa de aço com os furos necessários à passagem dos elementos de fixação do trilho ao dormente. Esta placa de apoio prolonga a vida do dormente, pois além de proporcionar uma melhor distribuição de carga sobre o mesmo, evita a tendência do patim do trilho de cortar o dormente, nas arestas externas do patim.

Além disso, a placa tem nervuras onde se encosta o patim, de tal modo que o esforço transversal à via é transmitido a toda a pregação pela placa de apoio. No caso da ausência da placa, só a pregação externa suporta o esforço transversal.

A placa de apoio tem geralmente a inclinação de 1:20 ($tg = 0,05$) para o lado de dentro dos trilhos, sendo esta dispensada então, na entalhação do dormente. Essa inclinação faz-se necessária para que o trilho fique inclinado do mesmo modo que o aro das rodas, que tem conicidade de 1:20.

As dimensões das placas de apoio variam com a largura do patim do trilho e com o peso do material rodante.

Acessórios de Fixação

São os elementos necessários à fixação do trilho ao dormente ou à placa de apoio do trilho. Podem ser divididos em fixação rígida e fixação flexível ou elástica.

Os principais acessórios de fixação para os dormentes de madeira são:

Prego ou Grampo de Linha

O prego ou grampo de linha se constitui o mais comum elemento de fixação rígida. É geralmente de seção retangular, terminado em cunha e cravado a golpes de marreta, em furo previamente preparado, cujo diâmetro deve ser ligeiramente menor que o do círculo circunscrito à seca do prego, a fim de dar a necessária pressão no dormente. A cabeça do prego de linha apresenta uma saliência, que se apóia no patim do trilho e tem na parte inferior a mesma inclinação do patim. No sentido perpendicular à saliência acima mencionada, o prego dispõe de duas orelhas para permitir o seu arrancamento, por meio de alavanca pé de cabra.

É o menos eficiente dos tipos de fixação, pois funcionando como cunha na madeira cria a tendência de rachar o dormente. Além disso, oferece pouca resistência ao arrancamento (aproximadamente 2200 kg) e, em determinada madeira, com fibras lisas, o prego costuma subir, deixando uma folga entre ele e o patim do trilho.

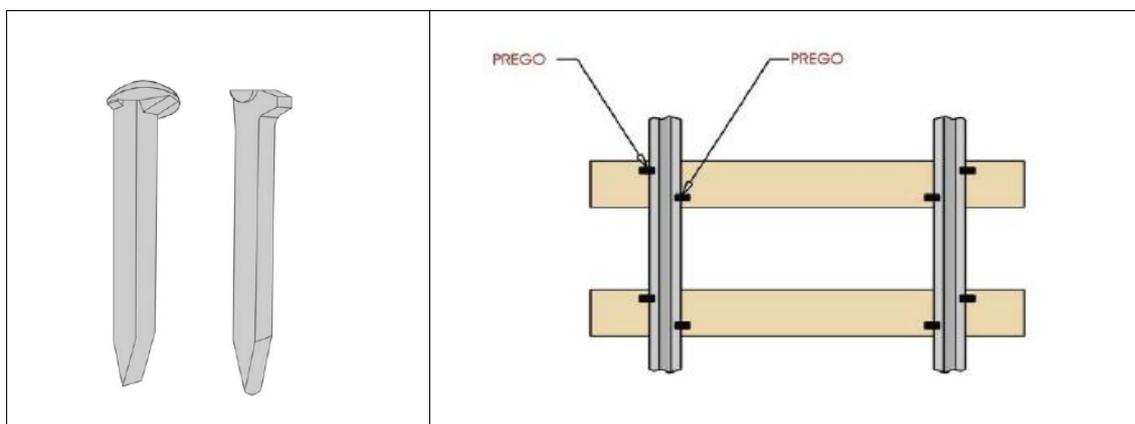


Figura 3-25 Prego ou Grampo de Linha

Tirefond

O tirefond é uma espécie de parafuso de rosca soberba, em cuja cabeça se pode adaptar uma chave especial ou o cabeçote da máquina “tirefonadeira”, por meio da qual se aparafusa o tirefond na madeira, no furo previamente preparado.

A cabeça do tirefond tem uma base alargada, em forma de aba de chapéu, que na face inferior tem a mesma inclinação do patim do trilho, de modo a adaptar-se ao mesmo. O tirefond é um tipo de fixação superior ao prego, pois sendo aparafusado, fica mais solidário com a madeira do dormente, sacrifica menos as fibras desta e oferece uma resistência ao arrancamento bem superior (aproximadamente 7000 kg). O furo do dormente fica hermeticamente fechado pelo tirefond, impedindo a entrada de água, o que nem sempre acontece com o prego.



Figura 3-26- Tirefond

Retensores de Trilho

Quando se utiliza a fixação rígida (prego ou gramo de linha e tirefond) há a possibilidade de ocorrer o deslocamento longitudinal dos trilhos, geralmente no sentido do maior fluxo de cargas. Para evitar este deslocamento, denominado “caminhamento do trilho” se utiliza o emprego dos chamados “retensores de trilhos”, que têm por finalidade transferir aos dormentes o esforço longitudinal que tende a deslocar o trilho. Para isso, o retensor, que é preso ao patim do trilho por pressão, fica encostado à face vertical do dormente, transmitindo a este os esforços longitudinais. Estando o dormente engastado no lastro, a sua movimentação fica impedida.

O tipo de retensor mais conhecido e bastante eficiente é o “Fair”, que é colocado sob pressão no patim do trilho, e apresenta-se sob duas formas semelhantes: o Fair T e o Fair V, diferentes apenas na forma da peça.

Fixações Elásticas

As fixações elásticas têm a propriedade de absorver choques e vibrações, por meio de um ou mais elementos flexíveis que constituem seu todo. Em função disto se comportam melhor que as fixações rígidas.

Atualmente, os principais tipos de fixação elástica utilizados são:

- a) Fixação Pandrol, fabricada na Inglaterra, que consiste em um grampo fabricado com aço de mola, temperado e revenido. Esse grampo se encaixa nos furos da placa de apoio, de tipo especial.

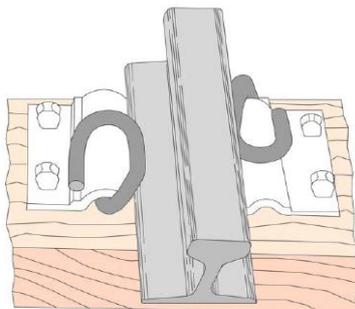


Figura 3-27- Fixação Pandrol

b) Fixação GEO ou tipo K, que consiste em placa de aço fixada ao dormente por meio de tirefond e composta de nervuras, nas quais se encaixam as cabeças dos parafusos, que apertam uma castanha contra o patim do trilho. Entre a castanha e a porca dos parafusos são colocados uma ou mais arruelas, o que torna a fixação elástica.

c) Fixação Fist, consiste de uma peça de aço curva que faz pressão no patim do trilho. Ela se deforma em função da atuação das forças das cargas sobre a linha férrea.

Juntas dos Trilhos

A posição relativa das juntas, de um e outro lado das duas filas de trilhos, pode variar conforme se situem segundo uma mesma normal aos trilhos ou não.

- Juntas concordantes ou paralelas: são assim chamadas, quando as juntas, dos dois lados, ficam sobre uma mesma normal à linha.
- Juntas alternadas: são assim chamadas quando as juntas, dos dois lados, não ficam sobre a mesma normal à linha. A tendência é o uso das juntas alternadas.

As juntas podem ser ainda classificadas como apoiadas ou em balanço. Nas juntas apoiadas as juntas ficam sobre um dormente, enquanto nas juntas em balanço, colocam-se dois dormentes mais próximos, deixando-se entretanto as extremidades dos trilhos em balanço

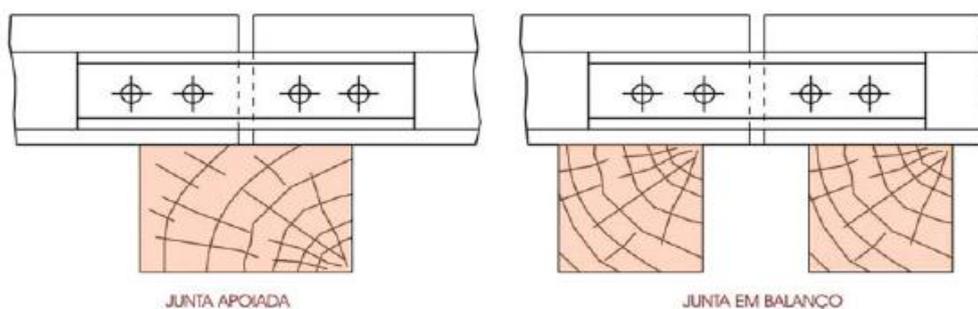


Figura 3-28- Juntas dos Trilhos

Trilhos Curtos, Longos e Contínuos

Trilhos Curtos

Os trilhos são considerados “curtos” quando as folgas nas juntas são suficientes para permitir a dilatação e contração dos mesmos, isto é, nos trilhos curtos os trilhos adjacentes não exercem, entre si, pressões através dos seus topos e nem através das talas de junção.

Trilhos Longos

São aqueles em que a folga nas juntas é insuficiente para permitir a dilatação, acarretando, em consequência, tensões internas de tração ou compressão nos mesmos. Na prática, raramente se cumprem estas condições.

Trilho Contínuo

É aquele em que, além da condição de trilho longo, tem um comprimento tal, que em sua parte central existe uma extensão fixa que não se dilata e em estado de tensão máxima. Atualmente a tendência é de se chamar trilho longo soldado aos trilhos que obedecem à condição especificada para os trilhos contínuos. As vias soldadas funcionam em geral como trilhos contínuos.

Soldagem dos Trilhos

A soldagem dos trilhos, permitindo o emprego de trilhos longos, oferece vantagens de ordem técnica e econômica. As juntas são os pontos fracos da via, de onde surgem os mais graves defeitos da linha e que ocasionam maior número de acidentes de tráfego. Assim o emprego de trilhos longos soldados acarreta economia de materiais das juntas e reduz os gastos da conservação da via. Além disso, o emprego de trilhos longos soldados, possibilita um movimento mais suave dos trens, maior conforto e também maior velocidade.

Força Centrífuga e Superelevação

Em uma via ferroviária estabelecida num plano horizontal, a força centrífuga deslocará o veículo no sentido do trilho externo, provocando neste um forte atrito através dos frisos da roda. Se a grandeza da força centrífuga exceder um certo limite, poderá ocorrer o tombamento do veículo.

Para contrabalançar o efeito da força centrífuga, inclina-se a via ferroviária de um ângulo tal, elevando o trilho externo da curva, através da inclinação do dormente, de modo a criar uma componente que equilibre a força centrífuga. A maior altura do trilho

externo em relação ao interno é o que se denomina de superelevação do trilho ou superelevação da via.

Bitola e Superlargura

Nos trechos em tangente, a via férrea mantém rigorosamente a bitola constante, isto é, a distância entre as faces internas dos trilhos. No entanto, nas curvas aumenta-se ligeiramente a bitola da via, aumento esse denominado superlargura. A superlargura é empregada para facilitar a inscrição dos veículos nas curvas; e facilitar a rotação em cone, impedindo ou atenuando o arrastamento da roda externa sobre o trilho e, por conseguinte, diminuindo os desgastes e as resistências da curva.

Na prática, o valor da superlargura varia de 1 a 2 centímetros, no entanto existem fórmulas de cálculo da superlargura em função do raio da curva.

Contratrilhos

São trilhos ou peças laminadas que se colocam na parte interna da via junto aos trilhos normais e que podem ter uma das duas finalidades:

- Impedir o descarrilamento das rodas dos veículos; e
- Conduzir as rodas, no caso de um descarrilamento, de modo a afastar o veículo do local, como no caso de obras de arte (pontes, túneis etc).

São colocados especialmente nas pontes, pontilhões e passagens de nível.

Aparelhos de Via

Os principais aparelhos de via são: os aparelhos de mudança de via e os triângulos de reversão.

Aparelhos de Mudança de Via

A sujeição do veículo ferroviário aos trilhos e a existência do friso nas rodas representa problemas quando se deseja passar os veículos de uma linha para outra ou para um desvio. Para que o friso da roda tenha passagem livre, torna-se necessário introduzir uma aparelhagem que permita a interrupção do trilho, formando canais por onde passam os frisos. Daí a necessidade do chamado aparelho de mudança de via.

Os aparelhos de mudança de via compõem-se das seguintes partes principais:

- Agulhas;
- Contra-agulha ou encosto da agulha;
- Aparelho de manobra;

- Trilhos de enlace ou de ligação;
- Coração ou jacaré;
- Calços;
- Coxins e contratrilhos.

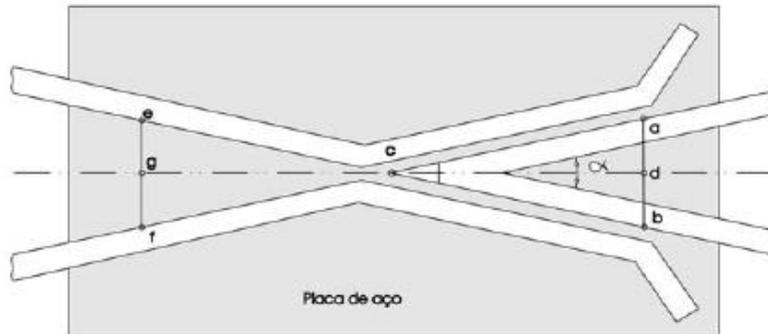


Figura 3-29- Aparelhos de Mudança de Via

Triângulos de Reversão

O triângulo de reversão é utilizado para mudar o sentido de marcha dos veículos ferroviários. Consta de três desvios interligados, em forma de triângulo, tendo um prolongamento em um dos vértices, que se chama chicote do triângulo.

Trata-se de um sistema simples, que requer três aparelhos de mudança de via e uma área de terreno que permita a colocação das três linhas.

Na figura é possível verificar que um veículo, entrando pelo vértice A do triângulo, indo até o chicote CD e voltando de ré, ao atingir o ponto B, fica com a sua posição de marcha invertida. Os desvios CB e CA são simétricos e devem ser previamente dimensionados

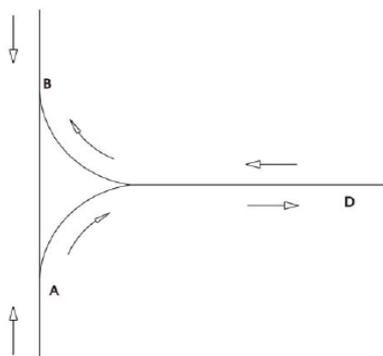


Figura 3-30 - Triângulos de Reversão

Desvios Ferroviários - Nomenclatura dos elementos de um desvio

Entrevia e Entrelinha

A entrevia e a entrelinha são elementos que devem ser previamente fixados, quando se vai projetar desvios de pátios ferroviários. A Norma Brasileira define estes elementos da seguinte forma:

- entrevia é a distância de segurança entre os centros de duas linhas ferroviárias paralelas;
- entrelinha é a distância de segurança entre os dois trilhos mais próximos, de duas linhas paralelas.

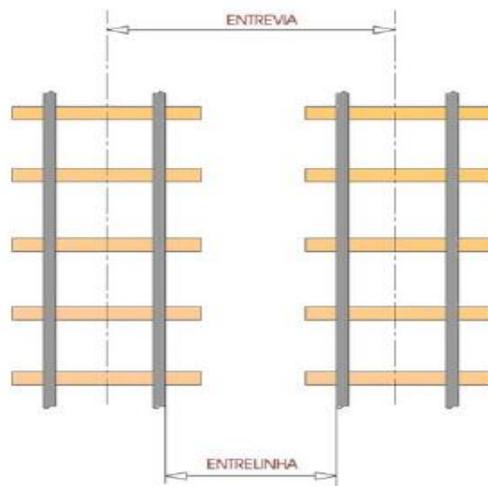


Figura 3-31- Entrevia e Entrelinha

Comprimento útil de um desvio

É a parte do desvio onde poderão estacionar os veículos, sem perigo de abalroamento com os trens que circulam na linha mais próxima. Ele é materializado no campo, colocando-se pedaços de trilhos cravados no solo, chamados “marcos do desvio” e que caracterizam a posição de início do paralelismo entre duas linhas e é determinado em função do número de veículos a desviar.

Desvio vivo – é assim chamado quando dá saída para os dois lados.

Desvio morto – é assim chamado quando só tem saída para um lado, ficando uma das pontas com um pára choque de desvio.

O comprimento total de pátio dotado de desvios paralelos, será dado pela fórmula:

$$L = 2 (m + l + l') + lu, \text{ onde:}$$

L - é o comprimento total do pátio;

m – é projeção das agulhas na direção horizontal;

l – é a distância do talão da agulha à ponta do coração;

l' – é a distância da ponta do coração ao marco do desvio;

lu – é o comprimento útil do desvio

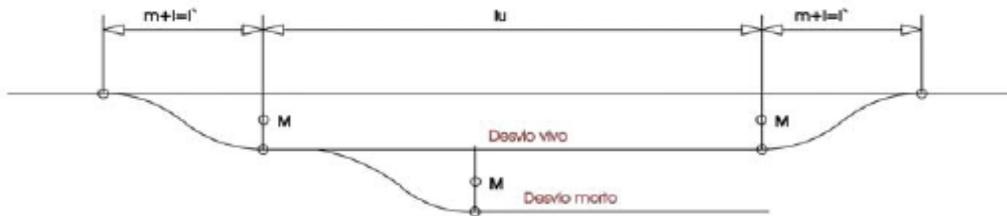


Figura 3-32- Comprimento útil de um desvio

Feixe de desvios em que todos os desvios são paralelos à linha direta (principal) e cada desvio saindo do anterior.

Observa-se que o comprimento dos desvios vai sucessivamente diminuindo, bem como, o comprimento útil de cada desvio. As pontas das agulhas de cada desvio devem ficar próximas ao marco do desvio anterior e assim as agulhas ficarão em reta.

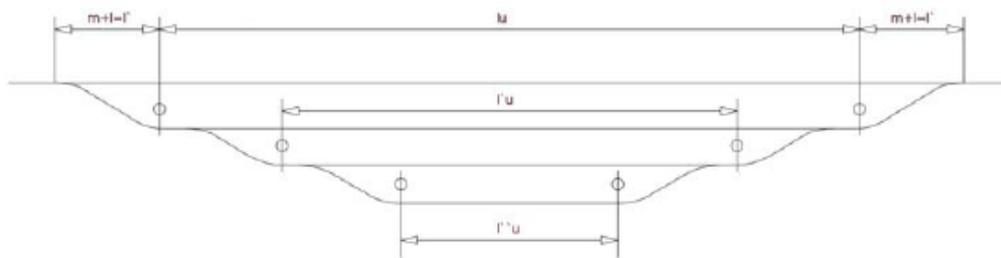


Figura 3-33- Comprimento dos desvios

Feixes de desvios em que todos os desvios são paralelos à linha direta, e saindo dessa mesma linha.

Pátios Ferroviários

De um modo geral são três as categorias dos pátios ferroviários: pátios de cruzamento; pátios de triagem; e pátios terminais.

Pátios de Cruzamento

São destinados apenas ao cruzamento dos trens. São os mais simples, nos quais a única preocupação é ter o desvio com comprimento suficiente para conter o trem de maior comprimento que circula no trecho. Poderá, conforme a intensidade do tráfego, ter um ou dois desvios, e se necessário, mais um para estacionamento de vagões avariados.



Figura 3-34 - Pátios de Cruzamento

Pátios de Triagem

São assim denominados os pátios caracterizados por duas situações principais: entroncamento de duas ou mais linhas ou ramais da ferrovia; e pontos de quebra de tração, em virtude de mudança de perfil da linha (por exemplo, ponto final de serra e início de planalto).

Pátios Terminais

Se caracteriza por ter maior movimento de carga ou descarga de mercadorias ou, ainda, de ambas as operações. Sua posição não é necessariamente num ponto final de linha ou ramal. A expressão terminal tem sentido de predominância de chegada ou saída de carga naquele pátio.

Os pátios terminais e os pátios de triagem devem ter os seguintes feixes de desvios:

- feixe de recepção;
- feixe de separação (triagem)
- feixe de classificação ou de formação; e
- feixe de partida.

O trem, ao chegar à estação, entra no feixe de recepção, onde sua locomotiva é desligada, seguindo para a linha de revisão ou reparação. Daí por diante a composição é fracionada por locomotiva de manobra.

Do feixe de recepção o trem é levado para o feixe de triagem, onde os vagões são separados por destino geográfico. No terceiro feixe, o de classificação ou formação, completa-se a seleção dos vagões, colocando-os por ordem de estação de destino, a fim de evitar manobras nos outros pátios de cruzamento.

Uma vez formado o trem, este é levado para o feixe de partida, onde aguarda o momento de ser ligado à locomotiva que o levará ao destino.

Uma disposição para um pátio completo com todos os feixes de desvios seria:

R = Recepção

T = Triagem

C = Classificação ou formação.

P = Partida.

Além dos feixes acima descritos, o pátio pode ter linhas independentes de acesso ao parque de estacionamento ou manutenção de locomotivas.

Tração

Existem dois tipos de tração utilizados em ferrovias: a tração elétrica e a tração diesel.

Tração Elétrica

É o sistema de tração em que o veículo trator (locomotiva, carro motor ou tróleibus) obtém o esforço mecânico necessário ao deslocamento dos trens por intermédio de motores elétricos instalados no seu interior e alimentados por fontes externas. As locomotivas constituem os principais tratores ferroviários, rebocando trens de carga e passageiros.

Classificação dos Sistemas de Tração Elétrica

- Sistema de Corrente Contínua que pode ser de baixa tensão até 1500 V e de alta tensão de 1500 a 4000 V .
- Sistema de Corrente alternada, que pode ser monofásica ou trifásica, sendo esta última já superada.

No momento a tendência é a utilização de corrente alternada monofásica na frequência das redes de distribuição industrial e com voltagens elevadas.

Tração a Motor de Combustão Interna Diesel

É aquela feita através de motor térmico, no caso o motor diesel. As locomotivas que rebocam os trens são movidas a motor diesel de alta compressão nos cilindros e que utiliza como combustível o óleo diesel derivado de petróleo. O principal veículo trator deste sistema é a locomotiva “diesel elétrica”, que tem motor diesel e transmissão movida a motor elétrico.

Veículos Ferroviários

Entre o material móvel das estradas de ferro, distinguimos os veículos que tracionam os trens e os que são rebocados. Os que tracionam os trens são as locomotivas e carros motores; os veículos rebocados são os carros (de passageiros) e os vagões (de carga). As locomotivas são também denominadas material de tração, enquanto que os

carros e vagões são chamados de material rodante. As locomotivas são o principal veículo trator da estrada de ferro e podem ser classificadas segundo diversos critérios.

Comparação entre Tração Elétrica e Diesel Elétrica

A tração elétrica é constituída de uma maior estrutura, já que necessita de sub estações, rede aérea e outros complementos, enquanto a tração diesel elétrica tem concentrado na locomotiva toda sua estrutura.

Vantagens da Tração Elétrica:

- melhor rendimento energético;
- maior facilidade de manutenção;
- menor despesa de manutenção;
- melhor aderência;
- maior vida útil;
- não depende de combustível derivado de petróleo; e
- mais limpo com relação a poluição ambiental.

Desvantagens da Tração Elétrica:

- elevado investimento inicial;
- maior tempo para implantação;
- paralisação de todo sistema de tração, no caso de defeitos de alimentação; e
- menor flexibilidade operacional.

Vantagens e Desvantagens da Tração Diesel Elétrica

A tração diesel elétrica tem a grande vantagem de exigir apenas o investimento com a aquisição de locomotivas e de ser mais versátil, não ficando restrita aos trechos eletrificados. Entretanto, o combustível utilizado depende do petróleo, cada vez mais caro e difícil.

Por outro lado, a despesa de manutenção da locomotiva diesel é bem superior à da locomotiva elétrica em virtude principalmente do motor diesel. As immobilizações são maiores por falta de peças que em sua maioria são importadas. A vida do motor diesel limita a vida da locomotiva diesel elétrica.

3.2.2. ALTERNATIVA SUGERIDA

Via Permanente

Um modelo de super estrutura de via permanente, pode ser apresentado como alternativa, para ser detalhada posteriormente com mais profundidade.

- Tipo de linha: singela.
- Bitola: métrica (1.60 m).
- Trilhos: TR 57 (12 ou 24 m)
- Fixações: elásticas (tipo RN da Dobrás, Fist, Pandrol ou similar.
- Dormentes: de concreto tipo monobloco.
- Espaçamento entre os dormentes: 1750 und/km
- Dormentes para os pátios: de madeira tratada (1.500 unidades por quilômetro.)
- Sublastro: altura de 20,00cm.
- Lastro: de pedra britada bitolada com espessura de 20.00cm
- Aparelhos de mudança de via:
 - Via Principal: abertura de 1:14.
 - Via secundária: abertura de 1:10

No caso presente deste projeto é indicada a tração diesel tendo em vista a densidade de tráfego prevista para as linhas que serão operadas.