

# ESTUDO INICIAL DE UM PROJETO DE DUPLICAÇÃO PARA A BR-369 ENTRE O TRECHO DE BOM SUCESSO E JANDAIA DO SUL – PR

INITIAL STUDY OF A DUPLICATION PROJECT FOR BR-369 BETWEEN BOM SUCESSO AND JANDAIA DO SUL - PR

MATEUS NOVATO MARTINEZ<sup>1</sup>, HÉLIO DA SILVA JUNIOR<sup>1</sup>, RENAN RODRIGUES LEANDRO<sup>1</sup>, LUIZ ROBERTO TABONI JUNIOR<sup>2\*</sup>

1. Acadêmico do curso de pós-graduação em Engenharia de Infraestrutura Rodoviária da Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional – FEITEP; 2. Engenheiro Civil, Especialista em Engenharia de Infraestrutura Rodoviária, Mestre em Engenharia Urbana, Professor do curso de pós-graduação em Engenharia de Infraestrutura Rodoviária da Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional – FEITEP.

\*Avenida Paranavaí, 1164, Parque Industrial Bandeirantes, Maringá, Paraná, Brasil. CEP: 87070-130. [prof.luizjunior@feitep.edu.br](mailto:prof.luizjunior@feitep.edu.br)

Recebido em 21/10/2021. Aceito para publicação em 24/11/2021

## RESUMO

O presente artigo teve por objetivo, demonstrar e exemplificar a duplicação de um trecho da rodovia BR – 369 entre o trecho de Bom Sucesso e Jandaia do Sul – PR. Para isso, utilizou-se de metodologias e cálculos de dimensionamento baseados em livros e normas de projeto geométrico de rodovias. Em que, as principais normas utilizadas para embasar o presente estudo foram o Manual de Implantação de Estradas de Rodagem do DNIT (antigo DNER)(1975) e o Manual da Associação Norte-Americana de Especialistas Rodoviários e de Transportes (AASHTO); para propor uma autoestrada em que o trânsito flua com maior velocidade, sendo eficiente e de forma mais segura, readeguando em uma pista dupla para melhor atender principalmente o transporte de cargas agroindustriais e de pessoas que é frequente nessa região. Os parâmetros adotados para a melhoria da via foram satisfatórios trazendo maior comodidade e segurança aos usuários do trecho estudado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Maior velocidade, pista dupla, transporte.

## ABSTRACT

This article aims to demonstrate and exemplify the duplication of a section of the BR-369 highway between Bom Sucesso and Jandaia do Sul - PR. For this, we used methodologies and design calculations based on books and standards of geometric design of highways. The main standards used to support this study were the DNIT (former DNER) Highway Implementation Manual (1975) and the American Association of Highway and Transportation Specialists (AASHTO) Manual; to propose a highway in which traffic can flow faster, more efficiently and safely, readjusting it into a dual carriageway to better serve mainly the agro-industrial cargo and people transportation that is frequent in this region. The parameters adopted for the

improvement of the road were satisfactory, bringing greater convenience and safety to users of the stretch studied.

**KEYWORDS:** Double-track, greater velocity, transportation.

## 1. INTRODUÇÃO

A história do rodoviarismo no Brasil começou a ser escrita em 1861, quando foi inaugurada a estrada da União Indústria que ligava Minas Gerais ao Rio de Janeiro, permitindo, desta maneira, o desenvolvimento econômico daquela região, pois facilitava o escoamento de mercadorias e produtos<sup>1</sup>.

Porém, mesmo com a criação da estrada da União Indústria, a história rodoviária no Brasil não prosseguiu de imediato, vindo a ter continuidade somente no século seguinte<sup>1</sup>.

Os primeiros investimentos rodoviários se deram na década de 1920 e em 1926 foi construída a Rodovia que conectou a cidade do Rio de Janeiro a São Paulo, sendo a única pavimentada até 1940. Com a entrada de Juscelino Kubistchek no poder Federal e o incentivo da instalação de grandes fabricantes de automóveis no país, a construção de rodovias em território brasileiro passou por um grande avanço, proporcionando para a população a sensação que a rodovia era um fator de modernidade<sup>2</sup>.

Esta iniciativa favoreceu o desenvolvimento de centros urbanos intermediários que, a partir da centralidade regional proporcionada pelas rodovias e dos investimentos produtivos, passaram a receber também importante incremento populacional, sendo dotadas, a partir de então, uma série de equipamentos de abrangência regional<sup>2</sup>.

Hoje, o transporte rodoviário no Brasil é fundamental para o desenvolvimento logístico do país e conta com uma malha de 1.717.965,00 quilômetros de

rodovias nacionais, por onde passam 64,86% de todas as cargas movimentadas em território brasileiro<sup>3</sup>.

A malha rodoviária Federal é composta pelas rodovias conhecidas pelo prefixo BR e compreende as rodovias radiais (começam em Brasília e são numeradas de 1 a 100), as longitudinais (sentido Norte-Sul, numeradas de 101 a 200), as transversais (sentido Leste-Oeste, numeradas de 201 a 300), as diagonais (sentido diagonal, numeradas de 301 a 400) e as de ligação (unem as anteriores, numeradas de 401 a 500)<sup>4</sup>.

Segundo o Departamento de Estradas de Rodagem Paranaense<sup>5</sup>, a BR-369 (Rodovia dos Cereais) abrangia uma faixa de 20 municípios, além das regiões situadas na zona de influência, e servia para escoar a imensa produção agrícola, sendo entregues, em 1963, os trechos Maringá – Ourinhos e Uraí – Cornélio Procópio. Ainda em 1963, o DER anunciou a construção de uma estrada pioneira entre Cacatu, Tagaçaba, Serra Negra (PR-405), na diretriz da BR-6 com aproveitamento de diversos pontos daquela rodovia federal.

A importância da obra justificou-se pela fertilidade das terras situadas nos vales de Cacatu, Tagaçaba e Serra Negra, abrangendo várias áreas incultas e altamente produtivas para o cultivo de café, banana, milho, arroz, cana-de-açúcar, mandioca e variadas espécies de frutas tropicais, bem como pela cobertura da densa vegetação composta de grande variedade de madeiras de lei, próprias para a construção naval. Sua extensão é de cerca de 1220 km e abrange os estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná. No estado do Paraná, a rodovia começa em Jacarezinho e termina em Cascavel, sendo sua extensão cerca de 520 km, cruzando mais de 20 municípios<sup>5</sup>.

Atualmente, o sistema rodoviário e os veículos estão cada vez mais avançados tecnologicamente, e o fluxo de veículos está cada vez mais alto causando congestionamentos e a demora em percorrer pequenos trechos rodoviários. Dentre um dos destaques para essa demora é a velocidade de projeto que está sendo utilizada, onde a velocidade média está sendo bem menor que a programada. Dirigindo hoje um carro em uma rodovia que a velocidade permitida é de 80 km/h, você vê que essa velocidade pode ser aumentada facilmente pelo fato da tecnologia do seu carro e o condutor ter confiança em si mesmo para dirigir acima do limite, por isso o estudo que vamos abordar.

Essa pesquisa foi feita entre os municípios de Bom Sucesso e Jandaia do Sul, pelo fato do fluxo de veículos de caminhões de cana de açúcar, trabalhadores e alunos para faculdades ser grande, causando assim obstruções no trânsito tais como congestionamentos, lentidão e acidentes. Em relação a isso a finalidade desse estudo é de propor uma duplicação para o trecho em e questão e sugerir novos raios das curvas para os usuários executarem maiores velocidades nos seus veículos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende o trecho da BR-369 entre as cidades de Bom Sucesso e Jandaia do Sul, e nesse trecho foram observadas as características e

solicitações existentes. Na Figura 1 é possível visualizar a localização da área em análise.



**Figura 1.** Localização da área de estudo. **Fonte:** Google Earth Pro (2021)

Devido ao grande fluxo de caminhões, lentidão no fluxo da rodovia, má sinalização e não atender os requisitos mínimos de uma via, foi desenvolvido um estudo para propor a duplicação deste trecho com acostamentos seguros, raios das curvas maiores, melhoras na sinalização e etc. Na Figura 2, é possível visualizar a situação da área de estudo, com falta de manutenção, sinalização e segurança.



**Figura 2.** Situação da área de estudo. **Fonte:** Autores (2021)

Além do congestionamento, o excesso de tráfego em uma rodovia também reduz a vida útil da mesma, a Figura 02 mostra claramente as patologias na pista e que nas atuais condições ela já não suporta com eficiência as solicitações existentes.

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram utilizados softwares de geoprocessamento e desenho, tais como o Google Earth Pro e Autocad 2020.

### Criação do Greide

Primeiramente, para recriar o greide do trecho analisado, foi utilizado o Google Earth Pro marcando pontos no traçado para identificar as coordenadas, conforme pode ser observado na Figura 3.

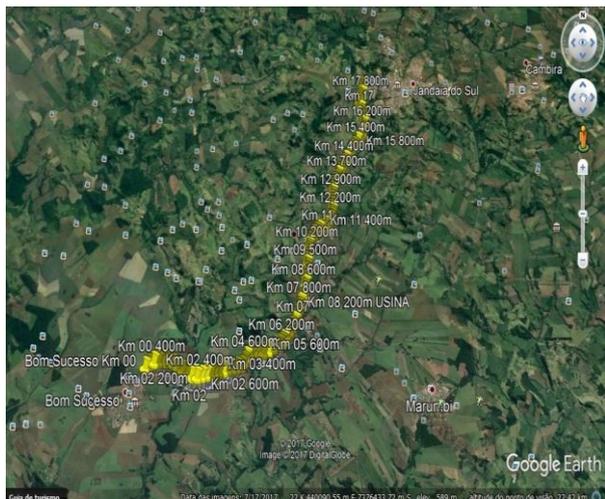


Figura 3. Pontos do greide. Fonte: Autores (2021)

As coordenadas encontradas na ilustração acima servem de suporte para a representação do espaço estudado, podendo assim estabelecer suas medidas lineares e angulares. Os dados obtidos foram apresentados no Quadro 1, os quais foram inseridos no software Autocad 2020 em forma de pontos.

**Pontos Notáveis**

Quadro 1. Pontos notáveis do greide proposto, utilizando como base as coordenadas do greide existente.

PONTO	X (m)	Y (m)
1	422388 m	7378512 m
2	423071,8362 m	7378873,7971 m
3	424478,0226 m	7378185,4915 m
4	426509,573 m	7378574,2807 m
5	426789,4487 m	7379031,7118 m
6	427433,5054 m	7379001,3636 m
7	428588,1274 m	7379590,293 m
8	429197,2847 m	7381300,438 m
9	429378,2365 m	7383213,3576 m
10	430406,9087 m	7383648,7213 m
11	430503,9631 m	7385192,6687 m
12	431295,8136 m	7386571,0007 m
13	432216,8158 m	7387642,7744 m
14	431834,9172 m	7388988,3886 m
15	432156,7314 m	738977,8054 m
16	432065 m	7389598 m

Fonte: Autores (2021)

A partir dos pontos notáveis encontrados nas interseções entre o início e fim da curva dos pontos, foi possível propor novos raios para o trecho analisado, a fim de melhorar a qualidade do tráfego na via e segurança dos usuários.

**Elementos Básicos**

Para compreender do que se trata o projeto apresentado e quais as características básicas de uma estrada, apresenta-se os elementos indispensáveis em sua constituição:

- Faixa de Tráfego e pista de Rolamento

- Acostamentos
- Espaços para Drenagem
- Separador Central

Segundo Pimenta e Oliveira (2004)<sup>6</sup>, faixa de tráfego é o espaço destinado ao fluxo de uma corrente de veículos e pista de rolamento é o conjunto de faixas de tráfego adjacentes. A largura de cada faixa de tráfego tem grande influência na segurança e no conforto dos veículos e é composta pela largura do veículo-padrão (U) acrescida dos espaços de segurança, conforme apresenta a Figura 4:

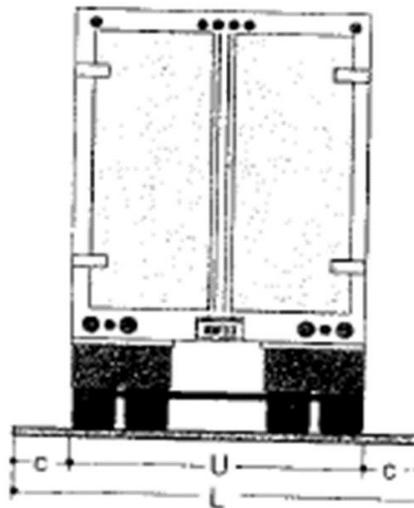


Figura 4. Veículo padrão e espaços de segurança. Fonte: Pimenta e Oliveira (2004)<sup>6</sup>

Faixas de tráfego com largura de 3,60 m são consideradas seguras e confortáveis, esse valor é obtido com o uso de veículo comercial padrão, com largura U= 2,60 m e espaços de segurança c= 0,50 m. De acordo com as Normas de Projetos de Estradas de Rodagem do DNER<sup>7</sup>, recomenda-se para as faixas de tráfego, os valores em metros, de acordo com o tipo da classe e topografia da região, conforme se apresenta no Quadro 2.

Quadro 2. Larguras mínimas da faixa de tráfego

Classe de Projeto	Largura da Faixa de Tráfego (m)		
	Topografia da Região		
	Plana	Ondulada	Montanhosa
Classe 0	3,75	3,75	3,60
Classe I	3,60	3,60	3,60
Classe II	3,60	3,60	3,50
Classe III	3,60	3,50	3,30
Classe IV*	3,50-3,30	3,50-3,30	3,30-3,00

\* No caso de rodovias não pavimentadas, a largura total desejável para a plataforma é de 9,20m para aterros e de 10,20m para cortes, incluindo dispositivos de drenagem. A largura mínima é 8,60m.

Fonte: Adaptado de DNER<sup>7</sup>

Conforme Pimenta e Oliveira (2004)<sup>6</sup>, acostamentos são espaços adjacentes à pista de rolamento, destinados a paradas de emergência. Segundo Normas de Projetos de Estradas De Rodagem do DNER<sup>7</sup>, recomenda-se para as larguras dos acostamentos, os valores em metros, conforme os quadros 3 e 4, ambos representados a

seguir.

De acordo com Pimenta e Oliveira (2004)<sup>6</sup>, a durabilidade do pavimento está intimamente ligada à existência de uma drenagem eficiente que escoe para fora da estrada a água superficial em razão das chuvas e impeça a eventual chegada de águas subterrâneas à base do pavimento. É necessário que haja espaços suficientes na plataforma para a implantação de dispositivos adequados de drenagem longitudinal.

**Quadro 3.** Largura do acostamento direito

Classe de Projeto	Largura do Acostamento Direito (m)		
	Topografia da Região		
	Plana	Ondulada	Montanhosa
Classe 0*	3,50	3,00	3,00
Classe I	3,50	2,50	2,50
Classe II	3,00	2,50	2,00
Classe III	2,50	2,00	2,00
Classe IV	2,00	2,00-1,50	1,50-1,20**

\* Adotar 3,50m onde for projetado um volume horário unidirecional de veículos comerciais superior a 250.  
\*\* Valor mínimo absoluto de 1,20 m.

Fonte: Adaptado de DNER<sup>7</sup>

**Quadro 4.** Largura do acostamento esquerdo

Pistas de mão única - classe 0 ou 1			
Largura do acostamento esquerdo (m)			
Número de faixas	Topografia da região		
	Plana	Ondulada	Montanhosa
2	0,60	0,60	0,5
3*	3,00-2,50	2,50-2,00	2,50-2,00
4	3,00	3,00	3,00-2,50

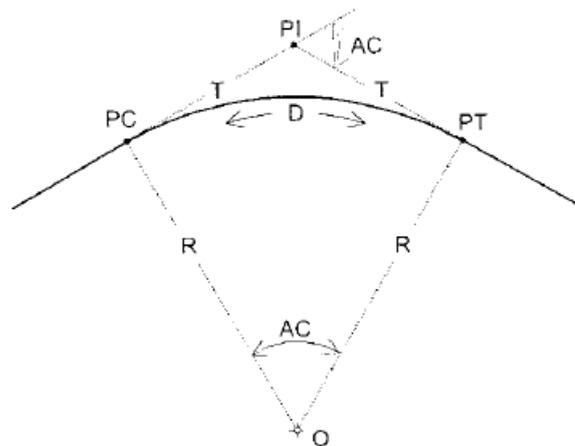
\*Valores desejáveis e mínimos, respectivamente.

Fonte: Adaptado de DNER<sup>7</sup>

Nas estradas de pista simples, é recomendado que sejam deixados espaços de 1,0 m adjacentes aos acostamentos, já nas de pista dupla, além dos espaços laterais, são colocados dispositivos de drenagem ao longo do canteiro central. Nas estradas de pista dupla, é o separador central que divide as pistas de rolamento e pode ser constituído por defensas metálicas ou de concreto, por calçadas com guias, ou por canteiros gramados que evitam erosão e compõem o paisagismo, além de ajudar na segurança e ser importante para drenagem<sup>6</sup>.

**Geometria das Curvas Horizontais Circulares**

Para Pimenta e Oliveira (2004)<sup>6</sup>, as rodovias são formadas por trechos retos, que são chamados de tangentes, e trechos curvos, chamados de curvas horizontais. As curvas horizontais circulares podem ser denominadas como arcos de circunferência que se ligam diretamente às tangentes. O raio adotado para cada curva circular deve ser aquele que melhor adapte o traçado ao terreno, respeitando valores mínimos que garantam a segurança dos veículos que percorrem a estrada na velocidade de projeto. Na figura 5, apresenta-se os elementos das curvas horizontais.



**Figura 5.** Elementos das curvas horizontais. Fonte: Pimenta e Oliveira (2004)<sup>6</sup>

Em que:

- PI: ponto de interseção das tangentes
- PC: ponto de curva (início da curva)
- PT: ponto de tangência (fim da curva)
- AC: deflexão entre as tangentes = Ângulo central da curva
- R: raio da curva
- T: tangente da curva
- D: desenvolvimento = comprimento do arco da curva
- O: ponto de centro da curva (origem da curva)
- Há uma relação entre os parâmetros no triângulo O-PC-PI, onde temos:

$$T = R \cdot \text{tg } AC/2 \dots\dots\dots(01)$$

$$D = (\pi \cdot R \cdot AC) / 180 \text{ para } AC \text{ em graus} \dots\dots\dots(02)$$

$$G = 1145,9156 / R \text{ para } AC \text{ em graus} \dots\dots\dots(03)$$

**Raios Mínimos de Curvatura Horizontal**

Segundo Normas de Projetos de Estradas De Rodagem do DNER<sup>7</sup>, recomenda-se para as velocidades diretrizes, os valores em km/h, conforme Quadro 5, e os raios mínimos de curvatura horizontal, com valores em metros dos eixos das estradas, conforme o Quadro 6, ambos representados abaixo:

**Quadro 5.** Velocidades diretrizes

REGIÕES	CLASSE ESPECIAL	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III
Planas	100	100	80	60
Onduladas	80	80	60	40
Montanhosas	60	60	40	30

Fonte: Adaptado de DNER<sup>7</sup>

**Quadro 6.** Raios mínimos de curvatura horizontal

REGIÕES	CLASSE ESPECIAL	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III
	(1)	(2)	(2)	(2)
Planas	430	340	200	110
Onduladas	280	200	110	50
Montanhosas	160	100	30	30

Fonte: Adaptado de DNER<sup>7</sup>

Valores (1) calculados com as seguintes hipóteses

principais:

- a) Inexistência de atrito entre os pneus e a pista de rolamento;
- b) Inclinação transversal de 10 %;
- c) Velocidade-diretriz igual a 75 % da velocidade-diretriz correspondente para a Classe I.

Valores (2) calculados com as seguintes hipóteses:

- a) Coeficiente de atrito entre pneus e pista de rolamento, calculado pela fórmula empírica:

$$f = 1 / (1,4 \cdot 3 \sqrt{V})$$

onde V é o valor da velocidade-diretriz em km/h.....(04)

- b) Inclinação transversal de 8 %;

- c) Velocidades diretrizes com os valores correspondentes à Classe e acidentação topográfica da região (Quadro 5).

Nos trechos em regiões planas ou onduladas, o raio mínimo de curvatura horizontal entre dois longos alinhamentos retos, sendo um deles superior a 2.000m, deverá ser de 700 m ou 640 m, conforme a inclinação transversal seja de 8% ou 10%. Nos projetos de estradas com duas pistas independentes, os valores dos raios mínimos se aplicam à curvatura do eixo de qualquer das pistas<sup>7</sup>.

**Superelevação**

De acordo Pimenta e Oliveira (2004)<sup>6</sup>, chama-se superelevação ou sobrelevação a inclinação transversal da pista, feita com o objetivo de criar uma componente do peso do veículo na direção do centro da curva que, somada à força de atrito, produzirá a força centrípeta. O valor da superelevação a ser adotado para uma determinada curva circular deve ser limitado a um valor máximo por razões de segurança.

Em rodovias rurais ou urbanas com alta velocidade de projeto, é recomendada a inclinação máxima de 10% como valor máximo, podendo chegar a 12%. Em regiões sujeitas à ocorrência de neve ou gelo não deve ser adotada inclinação maior que 8%. Onde existe congestionamento de tráfego, ou frequentemente o tráfego é lento, os valores da superelevação não devem ultrapassar 4% ou 6%<sup>6</sup>.

Para o proposto projeto de estradas rurais e urbanas, devemos considerar o atrito que causa entre o pneu do veículo e o pavimento. Para a escolha de um valor a ser utilizado no projeto (que chamamos de *f<sub>máx</sub>*), a AASHTO<sup>8</sup>, analisou diversas experiências afim de determinar o maior valor de *f* que não cause ao motorista a sensação de escorregamento, valores estes que podemos observar na tabela 1.

**Tabela 1.** Respectivo coeficiente de atrito de acordo com sua velocidade

Velocidade de Projeto (km)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
<i>f<sub>máx</sub></i>	0,17	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,12	0,10	0,09

Fonte: Adaptado de AASHTO<sup>8</sup>

Os valores representados na tabela de *f<sub>max</sub>* podem ser calculados pelas equações:

$$f_{max} = 0,24 - V_p/800 \text{ para } V_p \geq 80 \text{ km/h.....(05)}$$

$$f_{max} = 0,188 - V_p/1667 \text{ para } V_p \leq 80 \text{ km/h....(06)}$$

Como, na prática, costuma-se usar a velocidade em km/h e o raio em metros, transformando as unidades temos (já substituindo g por seu valor 9.81 m/s<sup>2</sup>):

$$R = \frac{V^2}{127 \cdot (e + f)} \text{ .....(07)}$$

Para R em metros e V em Km/h, sendo “e” = superelevação e “f” = coeficiente de atrito são adimensionais.

**Superlargura**

Segundo Pimenta e Oliveira (2004)<sup>6</sup>, a pista de uma estrada muitas vezes é alargada nas curvas, a fim de dar ao motorista as mesmas, condições de operação do veículo encontradas nos trechos em tangente. O alargamento da pista em certas curvas é necessário porque:

- Quando o veículo percorre uma curva circular, o ângulo que suas rodas dianteiras formam com o eixo longitudinal do veículo é constante e a trajetória de cada ponto do veículo é circular. O anel circular formado pela trajetória de seus pontos externos é mais largo que o gabarito transversal do veículo em linha reta.
- O motorista tem maior dificuldade em manter o veículo sobre o eixo da faixa de tráfego.

Devido a isso, estradas com pistas estreitas ou com curvas fechadas necessitam de um alargamento nos trechos em curva, mesmo que a velocidade seja baixa.

Para o seu cálculo devemos considerar os tipos de veículo padrão, conforme apresentado nos Quadros 7 (Veículos de Passeio) e 8 (Caminhão SU):

**Quadro 7.** Veículo Passeio:

Largura	U=1,80m
Distância entre eixos	S=3,40m
Frente do veículo	F=1,50m
Distância lateral	B=0,15m
Espaços de segurança	c=0,90m

Fonte: Pimenta e Oliveira Oliveira (2004)<sup>6</sup>

**Quadro 8.** Veículo Caminhão SU:

Largura	U=2,60m
Distância entre eixos	S=6,10m
Frente do veículo	F=1,80m
Distância lateral	B=0,00m
Espaços de segurança	c=0,50m

Fonte: Pimenta e Oliveira (2004)<sup>6</sup>

Como em nosso caso é uma rodovia que trafega todo tipo de veículo, temos que adotar o pior caso, que é do veículo caminhão SU.

E também, considerar as seguintes fórmulas:

$$\Delta U = Rc - \sqrt{Rc^2 - S^2} \text{ .....(08)}$$

$$\Delta F = \sqrt{Rc^2 + F \cdot (2 \cdot S + F)} - Rc \text{ .....(09)}$$

$$z = \frac{V_p}{10 \cdot \sqrt{Rc}} \dots\dots\dots(10)$$

$$\Delta L = N \cdot \Delta U + (N - 1) \cdot (\Delta F + B) + z \dots\dots\dots(11)$$

$$Lc = N(U + \Delta U + 2c) + (N - 1) \cdot (\Delta F + B) + z \dots\dots\dots(12)$$

Onde:

- Lc= largura do trecho circular.
- Delta U= Acréscimo de largura do veículo devido à diferença de trajetória entre as rodas dianteiras e traseiras.
- Delta F= Acréscimo de largura devido à diferença de trajetória entre a borda externa do pneu e a frente do veículo.
- B= distância entre a borda do pneu traseiro e a lateral do veículo.
- Z= espaço de segurança para compensar a maior dificuldade de operação do veículo nas curvas.
- N= Número de faixas de tráfego.
- Rc: raio da curva circular.
- S: distância entre eixos do veículo-padrão.
- F: distância entre o eixo dianteiro e a frente do veículo-padrão.
- U: largura do veículo-Padrão.
- c: espaços de segurança.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando o trecho abordado neste trabalho foi possível observar o quão sucateadas estão as nossas rodovias, estas que são extremamente importantes para o desenvolvimento nacional, sendo a principal opção para movimentação de pessoas e cargas, assim contribuindo substancialmente para a evolução econômica do país [3]. Por este motivo, adotamos propostas de readequação elencadas no Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais [9], buscando a melhoria daquela via.

Após traçado o greide (Figura 06), adotando o veículo caminhão SU (Quadro 08) e feito os pontos notáveis das curvas (Quadro 01), o novo greide resultou em uma pista de 23,62739 km de distância contendo 14 curvas e que inicialmente era de cerca de 22 km com as curvas com raios menores.

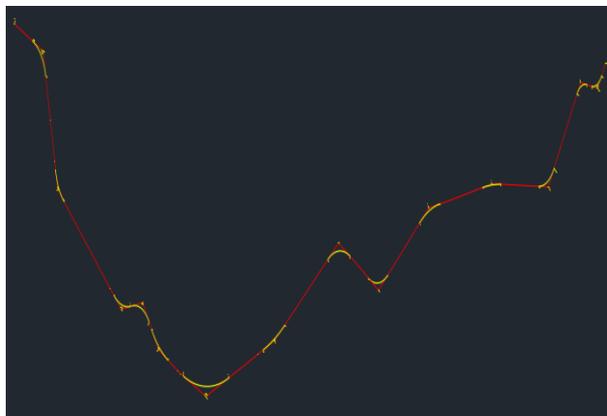


Figura 6. Greide traçado. Fonte: Autores (2021)

Posteriormente, para a criação deste novo greide,

foram feitos os cálculos dos raios mínimos para as curvas de acordo com a sua velocidade, conforme apresentado no Quadro 09.

Os raios mínimos horizontais são os menores raios de curvatura horizontal que um veículo pode percorrer com a velocidade diretriz e garanta a segurança e conforto necessários<sup>9</sup>.

Quadro 09. Raios mínimos com atrito de acordo com a velocidade

VELOCIDADE (km/h)	RAIO MÍNIMO C/ ATRITO
50 km/h	70,30371 m
60 km/h	104,98687 m
70 km/h	142,9 m
80 km/h	193,82 m
90 km/h	255,11811 m
100 km/h	328,08398 m
110 km/h	433,07086 m

Fonte: Autores (2021)

Com a definição dos raios mínimos de acordo com cada velocidade, foi possível calcular, utilizando das fórmulas 01, 02 e 03 apresentadas anteriormente, os ângulos centrais, as tangentes e os desenvolvimentos das curvas do trecho, conforme apresentado no Quadro 10.

Quadro 10. Curvas horizontais da nova pista

CURVA	RAIO MÍN. (m)	ANG. (graus)	TANGENTE (m)	DESENV. (m)
1	255,118 m	126°	500,7 m	561,034 m
2	255,118 m	143°	762,467 m	636,729 m
3	104,986 m	133°	241,453 m	545 m
4	104,986 m	119°	178,24 m	450 m
5	104,986 m	152°	421,08 m	1117,08 m
6	255,118 m	138°	664,605 m	1600,74 m
7	104,986 m	166°	855,05 m	2477,289 m
8	193,82 m	119°	329,041 m	550 m
9	142,90 m	116°	228,687 m	450 m
10	104,986 m	153°	437,301 m	1167,750 m
11	70,303 m	170°	803,575 m	2384,255 m
12	104,986 m	123°	193,361 m	450 m
13	104,986 m	116°	168,014 m	450 m
14	104,986 m	116°	168,014 m	450 m

Fonte: Autores (2021)

Com a aplicação da superelevação máxima de 12%,

conforme mostrado no Quadro 11, foi possível, com ajuda da fórmula 07, citada anteriormente, calcular as novas velocidades que podem ser obtidas nas curvas, a superelevação é uma das propostas elencadas pelo Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais<sup>9</sup> para readequação das pistas, garantindo maior segurança e conforto para os usuários.

**Quadro 11.** Velocidades da nova pista

CURVA	DESENV. (m)	SUPER ELEVACAO (%)	VELOC. C/ ATRITO (km/h)	VELOC. S/ ATRITO (km/h)
1	561,03	12%	121,70	92,46
2	636,73	12%	127,40	98,50
3	545,00	12%	120,41	91,14
4	450,00	12%	112,00	82,81
5	1117,08	12%	154,09	130,47
6	1600,74	12%	171,82	156,18
7	2477,29	12%	193,14	194,30
8	550,00	12%	120,82	91,55
9	450,00	12%	112,00	82,81
10	1167,75	12%	154,09	130,47
11	2384,25	12%	120,82	91,55
12	450,00	12%	112,00	82,81
13	450,00	12%	112,00	82,81
14	450,00	12%	112,00	82,81

Fonte: Autores (2021)

Com a superelevação da pista, a curva passa a conceder aos utilizadores que transitam pela mesma maior segurança e conforto, mitigando os esforços centrífugos que anteriormente afetavam os veículos, reduzindo também o uso do sistema de freios ao entrar na curva.

Após a especificação dos novos raios e velocidades que podem ser obtidas nas curvas foi possível localizar as estacas de cada curva, posicionando cada uma em projeto, esses dados são apresentados no Quadro 12.

**Quadro 12.** Localização das estacas da nova pista

CURVA	PIV	PCV	PTV
1	E38+13,65m	E24+10,2 m	E52+11,3m
2	E116+13,44m	E105+19,16 m	E137+15,89m
3	E230+9,97m	E218+11,32 m	E245+16,32m
4	E260+13,9m	E247+7,57 m	E269+17,57m
5	E288+15,8m	E275+2,04 m	E330+19,12m
6	E382+5,22m	E351+17,54 m	E431+18,28m

7	E492+5,98m	E476+17,54 m	E600+14,83m
8	E681+7,83 m	E665+4,37 m	E692+14,37m
9	E732+7,99 m	E718+9,09 m	E740+19,09m
10	E804+7,22 m	E790+6,98 m	E848+14,73m
11	E914+4,11m	E902+15,77m	E1022+0,02m
12	E108+4,8m	E1069+0,17m	E1091+10,17m
13	E1049+4,31m	E1141 + 9,19m	E1153+19,19m
14	E1167+16,88m	E1160 + 0,6 m	E1172+10,6m

Fonte: Autores (2021)

O detalhamento da primeira curva composta pelo greide demonstrado na Figura 07, é composto pelo arco da curva, PIV, PCV, PTV, e da mesma forma, sucessivamente em todas as outras curvas da pista, demonstrando na figura 08 o percurso total do trecho.

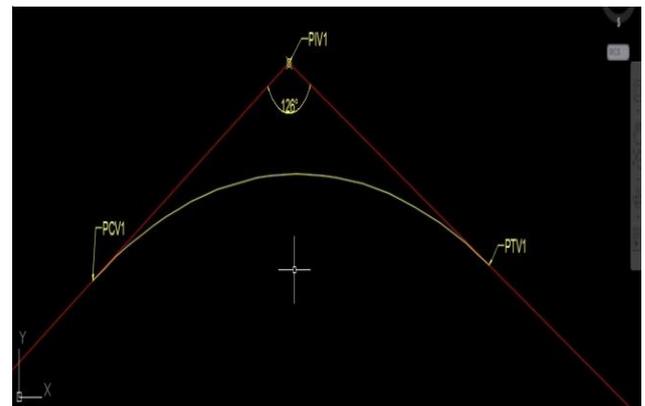


Figura 7. Localização das estacas. Fonte: Autores (2021)

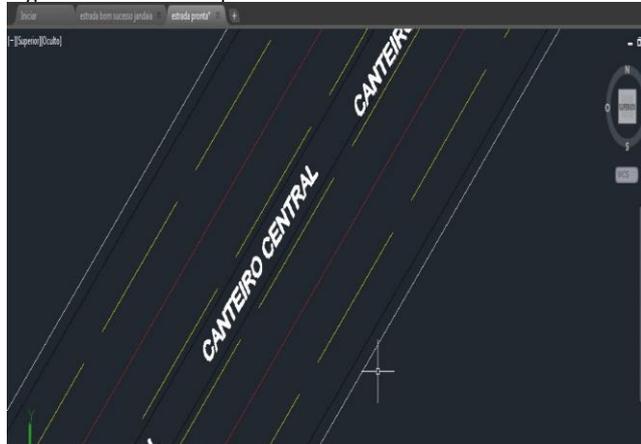


Figura 8. Percurso total. Fonte: Autores (2021)

O projeto iniciado a partir da cidade de Bom Sucesso, se estende até Jandaia do Sul, onde em seu caminho existe uma usina de cana de açúcar e um distrito chamado São José (pertencente à Jandaia do

Sul). Como nesta pista o transporte de cargas agroindustriais e pessoas são frequentes, ela é considerada uma pista de alta periculosidade e sua velocidade máxima é de 80 km/h. A duplicação e melhorias na pista seria uma solução. A Figura 09 apresenta a plataforma proposta para a pista.

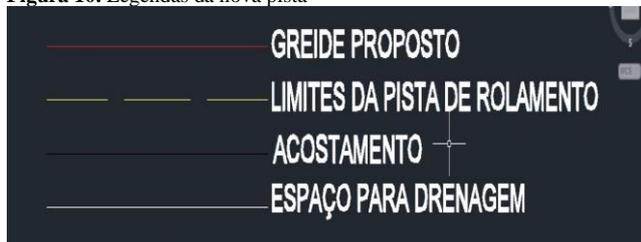
**Figura 9.** Plataforma da pista



Fonte: Autores (2021)

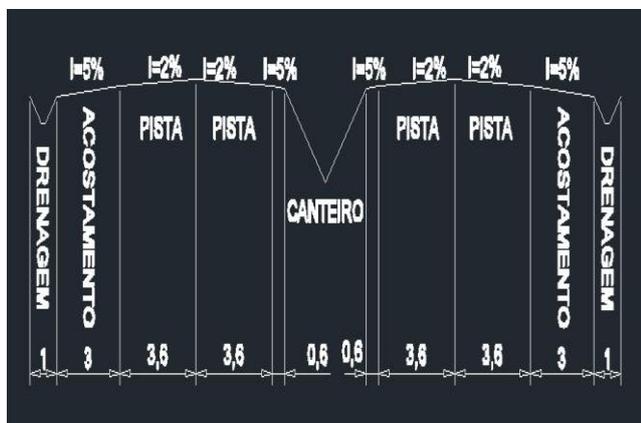
A Figura 10 apresenta as legendas em complemento à figura 09, sendo possível identificar o greide proposto nesse estudo, os limites da pista de rolamento, a faixa de acostamento e a área destinada a drenagem do pavimento.

**Figura 10.** Legendas da nova pista



Fonte: Autores (2021)

Para a respectiva pista, o perfil foi adotado como sendo uma região ondulada e possuir os valores mínimos para uma pista confortável, demonstrado na Figura 11.



**Figura 11.** Perfil da pista. Fonte: Autores (2021)

Já para as curvas, foram feitos os cálculos da superlargura de acordo com as fórmulas de nº 08 a 12

apresentadas anteriormente e seus resultados demonstrados no Quadro 13 do anexo I. A superlargura é outro item que deve ser analisado juntamente com a superelevação em readequação das curvas, segundo especifica o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais<sup>9</sup> pois com o tempo e evolução da tecnologia, surgem novos veículos, com maior potência e dimensão, fazendo com que as curvas antigas não os suportem e os veículos invadam a pista paralela, ou então parte do acostamento, tornando perigoso o trânsito local.

#### 4. CONCLUSÃO

Observando os dados apresentados, conclui-se que as alterações propostas são eficientes para a melhora do tráfego no trecho. Primeiramente quanto ao tempo de viagem, leva-se cerca de 30 minutos de Bom Sucesso a Jandaia do Sul nas condições em que a pista se encontra hoje, porém, com as melhorias apresentadas como duplicação, aumento da velocidade de projeto para 110 km/h e superelevação das curvas em 12% o tempo reduz praticamente para metade. Isso se dá pela segurança em fazer as curvas com velocidades maiores devido a superelevação e maiores raios.

Comparando o greide proposto com o existente, a diferença é nítida, os acostamentos são mais largos e o sistema de drenagem mais eficaz, oferecendo mais segurança aos usuários da via.

Este estudo teve um caráter preliminar a fim de propor a duplicação do trecho, no entanto não é possível concluir que ela será efetivada, mesmo comprovando a eficácia do projeto e a viabilidade em executar. O estudo deve ser aprofundado para uma obra deste porte, pois além dos pontos abordados devem ser estudados demais questões, como desapropriações, verbas governamentais e licitação.

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Breve Histórico do Rodoviarismo Federal no Brasil. Disponível em: < <http://www1.dnit.gov.br/historico/> >. Acesso em: 10 abr. 2021.
- [2] Santos M. A Urbanização Brasileira. 3. ed. São Paulo: Editora Hucitec, 1996.
- [3] CNT, Confederação Nacional do Transporte. Boletim Técnico Unificado 202. Disponível em : < <https://www.cnt.org.br/boletins> >. Acesso em: 10 abr. 2021.
- [4] Mello JC. Transporte rodoviário – Vol.4, Apostila da Escola de Comando e Estado-Maior do Exército ORGANIZAÇÃO CORIXO GETRAM 2004.
- [5] DER, Departamento de Estradas de Rodagem. História das rodovias paranaenses. Disponível em: < <http://www.der.pr.gov.br/Pagina/Historia> >. Acesso em: 10 abr. 2021.
- [6] Pimenta CRT, Oliveira MP. Projeto Geométrico de Rodovias. 2. ed. São Carlos: Rima, 2004.
- [7] DNER. Normas para Projeto Geométrico de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro, 1975.
- [8] AASHTO. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. Washington, D.C., 1994.
- [9] DNER. Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais. Rio de Janeiro, 1999.

## ANEXO I

Quadro 13. Superlargura da pista

CURVA	DESENV. (m)	$\Delta U$ (m)	$\Delta F$ (m)	Z (m)	$\Delta L$ (m)	LC (m)	LARGURA POR FAIXA
1	561,03 m	0,033 m	0,022 m	0,464 m	0,664 m	15,064 m	3,76 m
2	636,74 m	0,029 m	0,019 m	0,436 m	0,612 m	15,012 m	3,75 m
3	545 m	0,034 m	0,023 m	0,471 m	0,677 m	15,077 m	3,76 m
4	450 m	0,041 m	0,028 m	0,518 m	0,768 m	15,168 m	3,79 m
5	1117,08 m	0,016 m	0,011 m	0,104 m	0,205 m	14,605 m	3,65 m
6	1600,74 m	0,011 m	0,008 m	0,275 m	0,345 m	14,745 m	3,68 m
7	2477,29 m	0,006 m	0,005 m	0,221 m	0,261 m	14,661 m	3,66 m
8	550 m	0,033 m	0,023 m	0,469 m	0,673 m	15,073 m	3,76 m
9	450 m	0,041 m	0,028 m	0,518 m	0,768 m	15,168 m	3,79 m
10	1167,75 m	0,016 m	0,011 m	0,104 m	0,205 m	14,605m	3,65 m
11	2384,25 m	0,006 m	0,005 m	0,221 m	0,261 m	14,661 m	3,66 m
12	450 m	0,041 m	0,028 m	0,518 m	0,768 m	15,168 m	3,79 m
13	250 m	0,074 m	0,050 m	0,696 m	1,144 m	15,544 m	3,88 m
14	250 m	0,074 m	0,050 m	0,696 m	1,144 m	15,544 m	3,88 m

Fonte: Autores (2021)