



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE CARAÚBAS
CURSO: ENGENHARIA CIVIL

JULIA PLISCIA DA SILVA MELO

**ANÁLISE DA SUPERELEVÇÃO DAS CURVAS DO AUTÓDROMO JOSÉ
CARLOS PACE PARA CATEGORIAS ESPECÍFICAS**

CARAÚBAS,

2022

JULIA PLISCIA DA SILVA MELO

**ANÁLISE DA SUPERELEVÇÃO DAS CURVAS DO AUTÓDROMO JOSÉ
CARLOS PACE PARA CATEGORIAS ESPECÍFICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia civil da Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, como
requisito parcial para obtenção do título de
Engenheiro civil.

Orientador: Dr. Wendel Silva Cabral.

Co-orientador: Dr. Diego David da Silva Diniz.

CARAÚBAS

2022

JULIA PLISCIA DA SILVA MELO

**ANALISE DA SUPERELEVÇÃO DAS CURVAS DO AUTÓDROMO JOSÉ
CARLOS PACE PARA CATEGORIAS ESPECÍFICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia civil da Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, como
requisito parcial para obtenção do título de
Engenheiro civil.

APROVADO EM: 25 DE NOVEMBRO DE 2022.

BANCA EXAMINADORA

WENDEL SILVA Assinado de forma digital por
CABRAL [REDACTED] WENDEL SILVA CABRAL [REDACTED]
Dados: 2022.11.28 11:06:42 -03'00'

Prof. Dr. Wendel Silva Cabral – UFERSA

Presidente

DIEGO DAVID SILVA Assinado digitalmente por DIEGO DAVID SILVA DINIZ [REDACTED]
DINIZ: [REDACTED] DN: CN=DIEGO DAVID SILVA DINIZ, [REDACTED], OU=UFERSA -
Universidade Federal Rural Do Semi-Árido, C=ICPÉdu, C=BR
Razão: Eu estou aprovando este documento
Localização: sua localização de assinatura aqui
Data: 2022.11.28 12:20:59 -03'00'
Foxit PhantomPDF Versão: 10.1.4

Prof. Dr. Diego David da Silva Diniz – UFERSA

Vice-Presidente

Wilker Fernandes Assinado de forma digital por
Soares Wilker Fernandes Soares
Dados: 2022.11.28 14:51:45
-03'00'

Prof. Ms. Wilker Fernandes Soares – UFERSA

Membro Examinador

BRUNO TIAGO ANGELO DA Assinado de forma digital por BRUNO TIAGO ANGELO DA SILVA [REDACTED]
SILVA [REDACTED] DN: cn=BRUNO TIAGO ANGELO DA SILVA, [REDACTED], ou=UFERSA -
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, o=ICPÉdu, c=BR
Dados: 2022.11.28 14:25:10 -03'00'

Prof. Me. Bruno Tiago Ângelo da Silva – UFERSA

Membro Examinador

CARAÚBAS

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

SPLIS Silva Melo, Julia Pliscia.
CIAa ANÁLISE DA SUPERELEVÇÃO DAS CURVAS DO
AUTÓDROMO JOSÉ CARLOS PACE PARA CATEGORIAS
ESPECÍFICAS / Julia Pliscia Silva Melo. - 2022.
115 f. : il.

Orientador: Wendel Silva Cabral.
Coorientador: Diego David Silva Diniz..
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2022.

1. Fórmula 1. 2. Engenharia de pista. 3.
Projeto geométrico. 4. Automobilismo. 5. Pista.
I. Cabral, Wendel Silva , orient. II. Silva
Diniz., Diego David , co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

DEDICATÓRIA

Dizem que somos feitos da soma de nossas experiências e aprendizados. Concluo dizendo que somos constituídos também, de nossas lembranças e das saudades que carregamos. Entre todas as pessoas que agradei neste trabalho, nenhuma ficaria mais feliz em me ver defender o TCC que meu pai. Ninguém nunca me apoiou tanto, se dedicou tanto a mim, torceu tanto por mim. Como todas as vezes que eu planejei algo e ninguém acreditou, ele sempre me apoiava e me fazia acreditar que tudo era possível, bastava-me dedicar. O destino é incerto, o tempo também, as decisões dos homens são diferentes das de Deus, sua risada agora ecoa no céu.

Como todas as vezes que eu tocava violão, no meu quarto, ainda com muita vergonha por estar aprendendo, ele sempre ficava atrás da porta me ouvindo tocar e cantar, quando eu terminava, sempre vinha me parabenizar. Hoje, por mais que a defesa deste trabalho seja no modo remoto, apresentadas daqui do meu quarto, tenho certeza que sentirei como se ele ainda estivesse atrás da porta a me assistir apresentar. Mas dessa vez eu não vou ouvir os seus parabéns ao terminar.

In Memoriam Francisco Pio da Silva Melo.

AGRADECIMENTOS

A gente sempre começa um bom agradecimento, agradecendo a Deus. Agradecer a Deus é como um sopro, um suspiro, um alívio. Depois disso, a família. Minha mãe (Julinda), minha irmã (Juliana), minha sobrinha (Maria Julia), obrigada por tudo. Agradeço também ao meu tio, Edson, que desde a partida de meu pai, tem me tratado como uma filha para ele.

Na vida, temos nossa família, a qual deve ser a nossa base, suporte e lar. Todavia, durante a graduação, muitos alunos experimentam a saudade de casa, da sua base, do seu lar devido a distância física que se necessita aquele momento para dedicar-se aos estudos em uma cidade diferente.

Não muito diferente da maioria, também passei por esse distanciamento, alguns que poderei rever e outros aos quais a vida me levou para um outro plano, deixando memórias que não poderei reviver. Nestes momentos, como também nos muitos períodos de dificuldades, seja por qual motivo pensei em desistir do curso, eu orei. Em minhas orações, rezei a Deus por meu anjo e em resposta ele me mandou vários, anjos em forma de amigos que, que me aconselharam, acompanharam, ajudaram, torceram comigo, me levantaram, ou até mesmo direcionaram uma palavra amiga nos momentos necessários.

Muitos são esses meus colegas e amigos mais próximos, alguns deles, gostaria de agradecer pontualmente, como Arlinda, Jauanny, Júlia, Antônio Luiz, Jaimar, Leysson, Rammon, Marcelo, Paulo Walter, Israel, Eduarda, Vanessa, Callio, Cleiton, Roberta, Guerra, Edson, entre muitos outros aos quais sou muito grata. Alguns de vocês por muitas vezes também foram minha família, minha base ou me ajudaram indiretamente a suportar um pouco da carga que o curso e a saudade de casa traz.

Não muito diferente, gostaria de agradecer aos professores, alguns que viraram amigos e levarei agora como meus grandes colegas de profissão. Dentre esses quero agradecer em especial ao professor Wilker, que me acompanhou neste último período e tanto me orientou com conselhos que certamente vou guardar para a vida. Ao professor Diego que por mais que seja do departamento de engenharia mecânica, tem me acompanhado desde o meu primeiro ciclo na engenharia civil, saiba que muito eu aprendi com seus conselhos profissionais, desde o início do Baja e até hoje. Entre muitos aos quais sou grata, gostaria de frisar aqui o professor Wendel, orientador deste trabalho. Dentre todos, tem acompanhado um pouco deste meu último ano na engenharia civil. Quando pensei no tema do trabalho, muitos não compreenderam de início com a complexidade e do que se tratava, mas ele, mesmo não compreendendo inicialmente, me orientou e até estudou um pouco mais no tocante a parte mecânica para

conseguir me compreender e melhor orientar. Foram muitas as vezes que pensei em desistir deste projeto e ele, mesmo que sem muito tempo, me motivou a continuar e nunca desistir.

RESUMO

As corridas automobilísticas são eventos grandiosos, populares e que movimentam elevados recursos econômicos, direta ou indiretamente. Esses eventos são realizados em toda parte do mundo, com diversas categorias distintas. Porém, esse esporte já levou a dezenas de acidentes fatais a pilotos e espectadores nos locais das corridas. O Autódromo de José Carlos Pace, mais conhecido como Autódromo de Interlagos, é uma das mais tradicionais arenas automobilistas do cenário mundial. Mesmo obtendo o nível de Categoria “A” exigida pela FIA – Federação Internacional de Automobilismo, Interlagos também foi cenário de acidentes fatais com mais de 15 vítimas, contabilizado desde a data de sua inauguração até os dias atuais. Dentro desse contexto, o presente trabalho propõe analisar a superelevação dos trechos de curvas da pista, certificando que o projeto do traçado idealizado pelas áreas de designer, arquitetura e engenharia civil, atende as necessidades do que é aplicado na engenharia mecânica das categorias que utilizam o espaço. Buscando resultar em uma forma de analisar, projetar e calcular adequadamente as curvas de um autódromo, de acordo com as categorias que utilizam este espaço, determinando o melhor desempenho mecânico dos veículos que irão percorrê-la. Para o desenvolvimento dessa avaliação, é necessário realizar uma análise dos projetos geométricos e metodologias de superelevação, aplicando na equação de superelevação e/ou raios de curvas, os valores das velocidades dos veículos ao decorrer das curvas. Objetivando realizar uma aplicação do estudo de forma mais abrangente sobre a obtenção de uma superelevação mais adequada, os dados de telemetria coletados, analisados e utilizados para a realização dessa proposta, foi a categoria da Fórmula 1, por ser considerada atualmente a maior categoria automobilística do mundo. Como resultado, foi possível observar que as superelevações necessárias mudam mesmo entre veículos da mesma categoria e parâmetros diferentes, enfatizando ainda mais a necessidade de analisar as categorias que utilizam o circuito a fim de otimizar a superelevação da pista para atender a todas com um maior nível de segurança. Sendo este trabalho, uma pesquisa inovadora que poderá incentivar o desenvolver dessa técnica para a análise da segurança de autódromos, no tocante a sua superelevação como também em outros fatores, interligando diferentes áreas e engenharias.

Palavras-chave: Fórmula 1, Engenharia de pista, Projeto geométrico, Automobilismo, Pista.

ABSTRACT

Automobile races are grandiose, popular events that move high economic resources, directly or indirectly. These events are held all over the world, with several different categories. However, this sport has already led to dozens of fatal accidents to drivers and spectators at race venues. The José Carlos Pace Autodrome, better known as the Interlagos Autodrome, is one of the most traditional motor racing arenas on the world stage. Even obtaining the Category “A” level required by the FIA – International Automobile Federation, Interlagos has also been the scene of fatal accidents with more than 15 victims, counted from the date of its inauguration to the present day. Within this context, the present work proposes to analyze the superelevation of the stretches of curves on the track, making sure that the design of the track idealized by the areas of designer, architecture and civil engineering, meet the needs of what is applied in mechanical engineering of the categories that use the space. Seeking to result in a way to analyze, design and properly calculate a race track according to the categories that use this space, determining the mechanical capacity of the vehicles that will travel it. For the development of this evaluation, it is necessary to carry out an analysis of the geometric designs and superelevation methodologies, directly applying the values of the speeds of the vehicles during the course of the curves. Aiming to carry out a more comprehensive application of the study on obtaining a more adequate superelevation, the telemetry data collected, analyzed and used to carry out this proposal, was the Formula 1 category, as it is currently considered the largest automobile category in the world. As a result, it was possible to observe that the necessary superelevations change even between vehicles of the same category and different parameters, further emphasizing the need to analyze the categories that use the circuit in order to optimize the superelevation of the track to serve all of them with one higher level of security. Being this work, an innovative research that can encourage the development of this technique for the analysis of the safety of racetracks, regarding its superelevation as well as other factors, interconnecting different areas and engineering.

Key words: Formula 1, Track Engineering, Geometric Design, Motorsport, Motor Racing, Track.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Elementos geométricos de uma estrada	19
Figura 2: Tipos de Curvas Horizontais.....	20
Figura 3: Curva circular simples	21
Figura 4: Curva circular composta	22
Figura 5: Demonstração de curvas de transição	23
Figura 6: Forças atuantes no veículo durante a curva	23
Figura 7: Mapa do circuito de Jose Carlos Pace (Interlagos)	25
Figura 8: Telemetria de Fórmula 1 da equipe Ferrari durante uma corrida do GP da Hungria 2013	28
Figura 9: Comparação entre as telemetrias dos pilotos da equipe Ferrari em 2013	28
Figura 10: Telemetria comparativa entre Max Verstappen e Kevin Magnussen durante a corrida Sprint no GP do Brasil em 2022	29
Figura 11: Fluxograma resumido da metodologia proposta.....	31
Figura 12 – Ilustração do mapa do autódromo José Carlos Pace com seus respectivos setores	33
Figura 13 – Ilustração do mapa do autódromo José Carlos Pace com suas respectivas curvas.....	33
Figura 14: Elementos geométricos da curva 1.....	34
Figura 15: Elementos geométricos da curva 2.....	34
Figura 16: Elementos geométricos da curva 3.....	34
Figura 17: Elementos geométricos da curva 4.....	35
Figura 18: Elementos geométricos da curva 5.....	35
Figura 19: Elementos geométricos da curva 6.....	35
Figura 20: Elementos geométricos da curva 7.....	36
Figura 21: Elementos geométricos da curva 8.....	36
Figura 22: Elementos geométricos da curva 9.....	36
Figura 23: Elementos geométricos da curva 10.....	37
Figura 24: Elementos geométricos da curva 11.....	37
Figura 25: Elementos geométricos da curva 12.....	37
Figura 26: Elementos geométricos da curva 13.....	38
Figura 27: Elementos geométricos da curva 14.....	38
Figura 28: Elementos geométricos da curva 15.....	38

Figura 29: Elementos geométricos da curva 16.....	39
Figura 30: Elementos da curva composta 1	39
Figura 31: Elementos da curva composta 3	40
Figura 32: Elementos da curva composta 4.....	40
Figura 33: Elementos da curva composta 6.....	40
Figura 34: Elementos da curva composta 7	41
Figura 35: Elementos da curva composta 10.....	41
Figura 36: Elementos da curva composta 12.....	41
Figura 37: Elementos da curva composta 15.....	42
Figura 38: Elementos da curva composta 16.....	42
Figura 39: Dados de raio médio das curvas do circuito	44
Figura 40: Comparação entre as superelevações na curva 1 para o raio de 112,39m	58
Figura 41: Comparação entre as superelevações na curva 1 para o raio de 43,66m.	58
Figura 42: Comparação entre as superelevações na curva 1 para o raio de 34,09m	59
Figura 43: Comparação entre as superelevações na curva 2 para o raio de 30,71m	59
Figura 44: Comparação entre as superelevações na curva 3 para o raio de 96,37m	60
Figura 45: Comparação entre as superelevações na curva 3 para o raio de 216,93m.	60
Figura 46: Comparação entre as superelevações na curva 3 para o raio de 125,32m	60
Figura 47: Comparação entre as superelevações na curva 3 para o raio de 233,95m	60
Figura 48: Comparação entre as superelevações na curva 4 para o raio de 57,13m	61
Figura 49: Comparação entre as superelevações na curva 4 para o raio de 41,75m	62
Figura 50: Comparação entre as superelevações na curva 4 para o raio de 125,82m	62
Figura 51: Comparação entre as superelevações na curva 5 para o raio de 120,8m	62
Figura 52: Comparação entre as superelevações na curva 6 para o raio de 74,19m	62
Figura 53: Comparação entre as superelevações na curva 6 para o raio de 107,09m	62
Figura 54: Comparação entre as superelevações na curva 6 para o raio de 143,47m	63
Figura 55: Comparação entre as superelevações na curva 6 para o raio de 64,76m	63
Figura 56: Comparação entre as superelevações na curva 7 para o raio de 145,68m	63
Figura 57: Comparação entre as superelevações na curva 7 para o raio de 29,88m	63
Figura 58: Comparação entre as superelevações na curva 8 para o raio de 45,1m	64
Figura 59: Comparação entre as superelevações na curva 9 para o raio de 101,65m	64
Figura 60: Comparação entre as superelevações na curva 10 para o raio de 49,32m	64
Figura 61: Comparação entre as superelevações na curva 10 para o raio de 23,8m	64
Figura 62: Comparação entre as superelevações na curva 10 para o raio de 27,02m	65

Figura 63: Comparação entre as superelevações na curva 10 para o raio de 35,09m	65
Figura 64: Comparação entre as superelevações na curva 11 para o raio de 95,93m	65
Figura 65: Comparação entre as superelevações na curva 12 para o raio de 50,58m	66
Figura 66: Comparação entre as superelevações na curva 12 para o raio de 29,44m	66
Figura 67: Comparação entre as superelevações na curva 13 para o raio de 110,49m	66
Figura 68: Comparação entre as superelevações na curva 14 para o raio de 138,01m	66
Figura 69: Comparação entre as superelevações na curva 15 para o raio de 139,67m	67
Figura 70: Comparação entre as superelevações na curva 15 para o raio de 196,13m	67
Figura 71: Comparação entre as superelevações na curva 16 para o raio de 339,71m	67
Figura 72: Comparação entre as superelevações na curva 1 para o raio de 112,39m	69
Figura 73: Comparação entre as superelevações na curva 1 para o raio de 43,66m	69
Figura 74: Comparação entre as superelevações na curva 1 para o raio de 34,09m	70
Figura 75: Comparação entre as superelevações na curva 2 para o raio de 30,71m	70
Figura 76: Comparação entre as superelevações na curva 3 para o raio de 96,37m	70
Figura 77: Comparação entre as superelevações na curva 3 para o raio de 216,93m	70
Figura 78: Comparação entre as superelevações na curva 3 para o raio de 216,93m	71
Figura 79: Comparação entre as superelevações na curva 3 para o raio de 233,95m	71
Figura 80: Comparação entre as superelevações na curva 4 para o raio de 57,13m	72
Figura 81: Comparação entre as superelevações na curva 4 para o raio de 41,75m	72
Figura 82: Comparação entre as superelevações na curva 4 para o raio de 125,82m	72
Figura 83: Comparação entre as superelevações na curva 5 para o raio de 120,8m	72
Figura 84: Comparação entre as superelevações na curva 6 para o raio de 74,19m	73
Figura 85: Comparação entre as superelevações na curva 6 para o raio de 107,09m	73
Figura 86: Comparação entre as superelevações na curva 6 para o raio de 143,47m	73
Figura 87: Comparação entre as superelevações na curva 6 para o raio de 64,76m	73
Figura 88: Comparação entre as superelevações na curva 7 para o raio de 145,68m	74
Figura 89: Comparação entre as superelevações na curva 7 para o raio de 29,88m	74
Figura 90: Comparação entre as superelevações na curva 8 para o raio de 45,1m	74
Figura 91: Comparação entre as superelevações na curva 9 para o raio de 101,65m	74
Figura 92: Comparação entre as superelevações na curva 10 para o raio de 49,32m	75
Figura 93: Comparação entre as superelevações na curva 10 para o raio de 23,8m	75
Figura 94: Comparação entre as superelevações na curva 10 para o raio de 27,02m	75
Figura 95: Comparação entre as superelevações na curva 10 para o raio de 35,09m	75
Figura 96: Comparação entre as superelevações na curva 11 para o raio de 95,93m	75

Figura 97: Comparação entre as superelevações na curva 12 para o raio de 50,58m	76
Figura 98: Comparação entre as superelevações na curva 12 para o raio de 29,44m	76
Figura 99: Comparação entre as superelevações na curva 13 para o raio de 110,49m	77
Figura 100: Comparação entre as superelevações na curva 14 para o raio de 138,01m	77
Figura 101: Comparação entre as superelevações na curva 15 para o raio de 139,67m	77
Figura 102: Comparação entre as superelevações na curva 15 para o raio de 196,13	78
Figura 103: Comparação entre as superelevações na curva 16 para o raio de 339,71	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados de raio médio das curvas do circuito	43
Tabela 2: Valores das velocidades do circuito de Interlagos.....	44
Tabela 3: Velocidades do circuito de Interlagos encontrados pelo autor, com os resultados de raios de curvas disponibilizados por Kelbson Werton Elias Calvalcante.....	45
Tabela 4: Dados da velocidade média do piloto Jason Button no circuito de Interlagos em 2012	48
Tabela 5: Dados da velocidade média do piloto Nico Hulkenberg no circuito de Interlagos em 2019	48
Tabela 6: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais	51
Tabela 7: Resultado das superelevações da pista com as velocidades do primeiro exemplo de 2012	52
Tabela 8: Resultado das superelevações da pista com as velocidades do segundo exemplo de 2019	53
Tabela 9: Comparação entre as superelevações obtidas	54
Tabela 10: Comparação entre a superelevação adotada para o circuito e a do Fórmula 1 de 2012	56
Tabela 11: Comparação entre as superelevações do 1º setor adotada para o circuito e a do Fórmula 1 de 2012.....	57
Tabela 12: Comparação entre as superelevações do 2º setor adotada para o circuito e a do Fórmula 1 de 2012.....	61
Tabela 13: Comparação entre as superelevações do 3º setor adotada para o circuito e a do Fórmula 1 de 2012.....	65
Tabela 14: Comparação entre as superelevações obtidas. 47	68
Tabela 15: Comparação entre as superelevações do 1º setor adotada para o circuito e a do Fórmula 1 de 2019.....	69
Tabela 16: Comparação entre as superelevações do 2º setor adotada para o circuito e a do Fórmula 1 de 2019.....	71
Tabela 17: Comparação entre as superelevações do 3º setor adotada para o circuito e a do Fórmula 1 de 2019.....	76

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS.....	18
2.1	OBJETIVO GERAL	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
3.1	GEOMETRIA	19
3.2	ESTUDO DE CURVAS	20
3.3	CURVAS HORIZONTAIS	20
3.4	CURVAS SIMPLES.....	21
3.5	CURVAS COMPOSTAS	22
3.6	CURVAS COM TRANSIÇÃO	22
3.7	SUPERELEVAÇÃO	23
3.8	INTERLAGOS	24
3.9	CATEGORIAS ABRANGENTES POR INTERLAGOS	25
3.10	TELEMETRIA	27
4	METODOLOGIA	31
4.1	COLETA DE DADOS DO AUTÓDROMO.....	32
4.1.1	Análise do projeto atual geométrico das curvas do autódromo.....	32
4.1.2	Análise dos valores de superelevações atuais das curvas do autódromo	44
4.2	COLETA DE DADOS DA CATEGORIA – FÓRMULA 1	46
4.3	CÁLCULOS DE SUPERELEVAÇÃO COM A APLICAÇÃO DOS DADOS COLETADOS.....	50
5	RESULTADOS.....	52
5.1	SUPERELEVAÇÕES ADOTADAS PARA O CIRCUITO	55
5.2	COMPARAÇÃO ENTRE A SUPERELEVAÇÃO ADOTADA PARA O CIRCUITO E A DO FÓRMULA 1 DE 2012	56
5.3.	COMPARAÇÃO ENTRE A SUPERELEVAÇÃO ADOTADA PARA O CIRCUITO E A DO FÓRMULA 1 DE 2019	67
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
7.	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	81
7.1.	COMPARAÇÃO DO RESULTADO DOS CÁLCULOS OBTIDOS COM O TRAÇADO REAL DA PISTA.....	81
7.2.	AVALIAÇÃO DE RISCOS	81
7.3.	MAPA DE SEGURANÇA	82

7.4 IMPLEMENTAÇÃO EM OUTROS AUTÓDROMOS.....	82
7.5 MUDANÇAS FUTURAS NOS REGULAMENTOS DAS CATEGORIAS	82
REFERÊNCIAS	83

1 INTRODUÇÃO

Um autódromo atende a diversas categorias, cada uma destas contém diversos veículos com os mais distintos parâmetros de velocidades, larguras, pesos, alturas, entre muitos outros aspectos que faz com que cada veículo seja único em suas características e se comporte de uma forma diferente na pista.

O comportamento de cada um dos veículos que utilizam um autódromo, impacta diretamente na forma de se avaliar a geometria da pista deste circuito. Entretanto, os veículos que a utilizam estão cada vez mais diversificando-se dentro de suas categorias, todavia, o circuito não pode ser modificado a cada corrida, para atender uma categoria por vez. Sendo assim, qual seria a geometria ideal para a pista de um autódromo? Como conseguir atender a várias categorias e ainda assim manter a segurança destes veículos na pista?

Além disso, quando se fala no tocante as normas necessárias para o traçado, percebe-se conforme o Código Esportivo Internacional de Automobilismo da FIA (Federação Internacional Automobilística), que não são estabelecidas regras conceituais, provenientes ao traçado, projeto ou percurso do circuito, como é observado no ponto que se refere à concepção de circuitos:

“O formato do percurso em planejamento não está sujeito a restrições, a não ser que a FIA recomende mudanças pelo interesse de promover uma boa competição e em prol da necessidade prática” (FIA, 2015, p. 7).

A ausência destes parâmetros técnicos, específicos para análise da capacidade dos trechos do autódromo para categorias específicas também se dá ao âmbito nacional, com a análise dos regulamentos contidos no Código Desportivo do Automobilismo, produzido pela Confederação Brasileira de Automobilismo (CBA), órgão responsável pela organização dos eventos automobilísticos no Brasil. Encontrando em pesquisas no tocante a este tema, apenas algumas observações não muito específicas no manual do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), que indica ferramentas e fundamentos teóricos para a realização deste projeto (CAVALCANTE, 2016).

E ainda assim, com o pouco material teórico adquirido, percebe-se que se tratam de referências de longas datas e que não se aprofundam tão especificamente nas análises das superelevações de pistas de autódromos, havendo uma grande ausência de novos estudos e pesquisas na área.

Muitos dos engenheiros responsáveis por estas obras não possuem estudos relacionados à aquisição de dados dos engenheiros de pista da categoria, uma vez que provavelmente nenhum

deles tenha especializações relacionadas a leitura de telemetrias automobilísticas e aos dados dos mecânicos de velocidades dos veículos por espaço de tempo, então, não saberiam para quais estaturas máximas poderiam projetar, com qual a velocidade e potência que cada veículo passa em cada curva, para que então realizassem uma avaliação para cada tipo de veículo que utiliza esta pista.

No tocante a engenharia civil, adota-se como formas de projetar um circuito de corridas, valores de forças de atrito padronizadas pelo DNER/DNIT. Entretanto, esses valores são viáveis e mais coerentes apenas quando se trata de vias urbanas, com velocidades que são tabeladas no máximo de 120 km/h, diferente da proposta necessária para o autódromo, onde tem-se como exemplo a última corrida de Fórmula 1 no GP do Brasil em São Paulo (Interlagos), onde um piloto da equipe Aston Martin, Lance Stroll, atingiu uma velocidade de 338,1 km/h (TERRA, 2022). Além disso, com a adoção dessa tabela, despreza-se o coeficiente de atrito que as equipes calculam, considerando apenas o ocorrido entre seus pneus e o pavimento, sendo este um estudo ainda mais aprofundado que deveria ser levado em consideração ao se calcular o coeficiente de atrito considerado para projetar/reformar a geometria de um circuito.

Quando se trata da aplicação para cálculos de engenharia mecânica e *setup* do veículo, os engenheiros não costumam focar seus estudos em dados relacionados a análise geométrica, planimétrica, curvas horizontais, verticais, superelevações, mas sim no ganho de velocidade e *powetrain* dos carros, estudando sempre o uso de novos materiais cada vez mais resistentes e leves, esquecendo que tanta velocidade e potência podem não ser suportados pela estrutura física da pista. Desta forma, como certificar-se que as curvas de uma pista, desenhada por esses arquitetos e designers e calculada pelo engenheiro civil, é realmente segura para que estes carros sejam projetados pelos engenheiros mecânicos?

Muito se fala em “engenharia de pista” nas áreas das engenharias mecânica e “engenharia de estradas” ao que se relaciona a engenharia civil. Porém, quando se analisa o que se conhece atualmente como engenharia de pista, observa-se profissionais aos quais a maioria sequer obtém uma graduação em engenharia e seu trabalho, na verdade, não é necessariamente relacionado com o estudo da condição e características da pista em seu estado geográfico e estrutural, sendo mais voltada para aquisição de dados de corrida e estratégias com foco no desempenho do piloto ao usar o veículo naquela pista.

Sobre a engenharia de estradas, encontram-se formações e especializações em vias urbanas e interestaduais, não havendo muito estudo sobre pistas de corrida. Logo, o que hoje denomina-se como “engenharia de pista” deveria ter seu estudo readequado na direção dos preceitos desse presente trabalho, uma vez que se trata realmente de um estudo de engenharia

voltado para pistas de corrida, contemplando conhecimentos acadêmicos, técnicos e de campo das áreas de engenharia civil, mecânica, telemetria, designer e arquitetura, unificando conhecimentos de todas em um único estudo, caracterizando como um novo tipo de engenharia.

A análise relatada, refere-se às necessidades que se enfrenta para a calcular adequadamente as curvas durante a construção de uma nova pista automotiva, haja vista quantas atualizações de traçados um mesmo circuito pode passar, ou reformas de pequenos trechos que são analisados pelas equipes licitadas, apenas de maneira específica no ponto ao qual se vai trabalhar.

Até o momento, observou-se pequenas reformas de trechos que aconteceram ao longo de muitos anos, cada um sendo analisado apenas de forma individual. Como garantir que após tantas mudanças, as curvas da pista do autódromo sejam seguras para tantas categorias? O que certificaria de forma documentada a confiabilidade de sua segurança? Vale salientar que o autódromo ao qual foi escolhido para a aplicação, estudo e análise, Interlagos, já passou por mais de 7 reformas e adquiriu cerca de 5 traçados diferentes.

Após tais justificativas, o presente trabalho se propõe, de maneira inovadora, esclarecer estas questões, sugerindo um direcionamento nessa análise. A partir da necessidade de um estudo interativo entre as categorias e o autódromo para avaliar especificamente as superelevações presentes nas curvas, buscando observar como os veículos se comportam nelas de acordo com seus dados de telemetrias durante as corridas, verificando a compatibilidade entre veículos da mesma categoria e analisando esse resultado para categorias diferentes.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar as curvas do autódromo Jose Carlos Pace, no tocante a superelevações e avaliar se sua geometria é compatível com as velocidades dos veículos que a utilizam, aplicando como exemplo os parâmetros de veículos da categoria Fórmula 1.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar de um banco de dados a partir de consultas na literatura, cálculos, análises de projetos e informações obtidas com equipes de categoria automobilística específica;
- Analisar o desenho do traçado do autódromo, desenvolvido por arquitetos e/ou designer;
- Analisar as velocidades implementadas pelos veículos da categoria específica da Fórmula 1, utilizada como referência nesse trabalho;
- Calcular a superelevação, através de técnicas de cálculos recomendados pela engenharia civil, com a aplicação dos parâmetros dos veículos de categorias F1.
- Comparar os resultados obtidos com o elemento geométrico atual do circuito e analisar a compatibilidade de ambos.
- Criar tabelas, demonstrando as áreas seguras e inseguras, as quais precisam de mais análise para segurança, gerando um mapa da segurança das superelevações do autódromo.

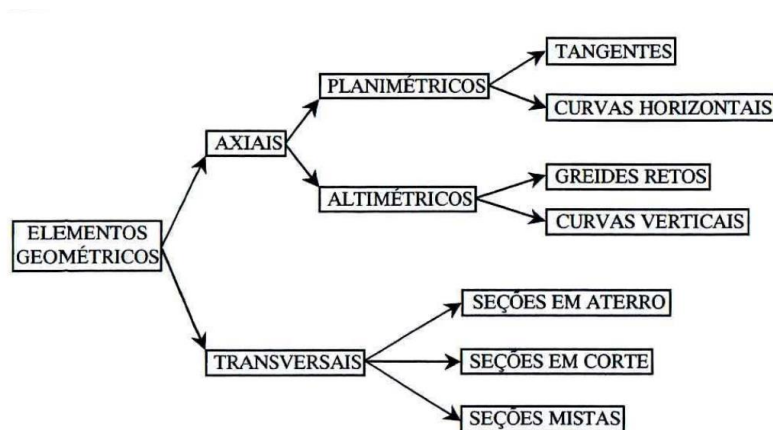
3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 GEOMETRIA

O traçado de uma pista de corrida é comumente desenhado por arquitetos e designers que se inspiram em trechos desafiadores e inovadores. A análise deste traçado em planta juntamente com o perfil longitudinal e transversal, nasce o projeto geométrico (PONTES FILHO, 1998).

Para iniciar a análise da superelevação do autódromo ao qual se refere este trabalho, deve-se analisar o projeto geométrico de suas curvas em suas duas categorias, tanto no tocante ao perfil transversal, quanto ao axial, para posteriormente aplicar os dados de análise e setup mecânicos da categoria nestes. Na Figura 1, pode-se acompanhar de forma mais detalhada como se classificam os elementos geométricos.

Figura 1: Elementos geométricos de uma estrada.



Fonte: PONTES, 1998 (p. 30).

O projeto axial é composto pelo projeto planimétrico, que é relacionado a definição do eixo, como também e o projeto altimétrico, que define o greide da pista (CABRAL, 2021). Nestes, pode-se observar as linhas tangentes e as curvas horizontais desta seção, seus concordâncias, raios máximos e mínimos e espaçamentos necessários de suas curvas.

Já a seção transversal, é perpendicular ao eixo, sendo a representação geométrica no plano vertical (PEREIRA; RATTON; BLASI; PEREIRA; FILHO, 2010). Nas seções transversais, pode-se observar perfis com aterros, cortes ou até mesmo a presença de ambos, classificando-os em uma categoria mista. Neste tipo de seção, conseguiu-se observar as curvas verticais e analisar as inclinações necessárias para sua superelevação.

3.2 ESTUDO DE CURVAS

Neste trabalho, será analisada a segurança das curvas de um autódromo. Para tanto, é necessário calcular a sua eficiência tanto para as curvas horizontais (combinação de duas tangentes com um arco de círculo) como verticais (combinação de rampas com parábolas do 2º grau), calculando-as com os dados específicos dos veículos da categoria escolhida.

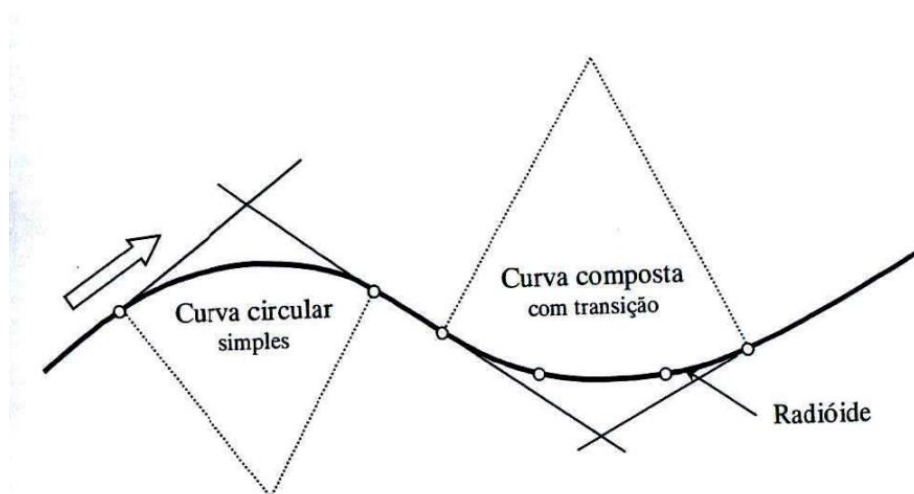
3.3 CURVAS HORIZONTAIS

Para que haja uma concordância entre os alinhamentos retos, são utilizados os elementos de curvas horizontais. Tais elementos representados na Figura 2, são classificadas por Pontes Filho (1998) entre três categorias:

- Curvas simples: quando se aplica apenas arco de círculo;
- Curvas compostas: são utilizados dois ou mais arcos de círculo de raios diferentes.
- Curvas compostas com transição: quando se utiliza os radióides na concordância dos alinhamentos retos.

Entre as concordâncias destas curvas, o autor Pontes Filho (1998) também enfatiza que quando duas curvas se cruzam em sentidos opostos com um ponto de tangência em comum, forma-se uma curva reversa.

Figura 2: Tipos de curvas horizontais.

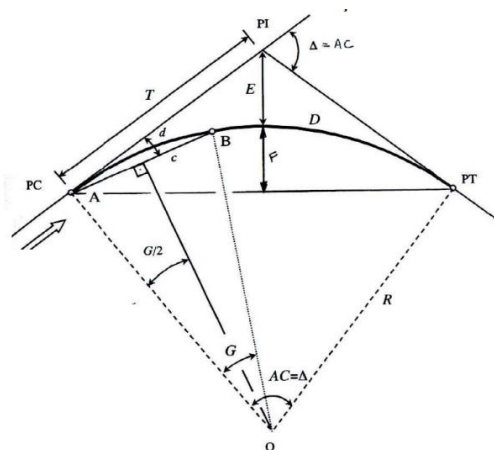


Fonte: PONTES, 1998 (p. 37-38).

3.4 CURVAS SIMPLES

Uma curva circular simples é utilizada na necessidade de concordar dois elementos retos, havendo igualdade entre o ângulo de deflexão e o ângulo central da curva, consequência das relações trigonométricas entre as linhas ortogonais dos elementos geométricos (CAVALCANTE, 2016), como ilustrado na Figura 3.

Figura 3: Curva circular simples.



Fonte: PONTES, 1998 (p. 73).

Onde:

- PC – Ponto de curva;
- PT – Ponto de tangente;
- PI – Ponto de interseção das tangentes;
- D – Desenvolvimento da curva;
- Δ – Ângulo de deflexão;
- AC – Ângulo central da curva;
- R – Raio da curva circular;
- T – Tangente externa;
- O – Centro da curva;
- E – Afastamento;
- G – Grau da curva;
- c – Corda ;
- d – Deflexão sobre a tangente;
- F – Afastamento da curva.

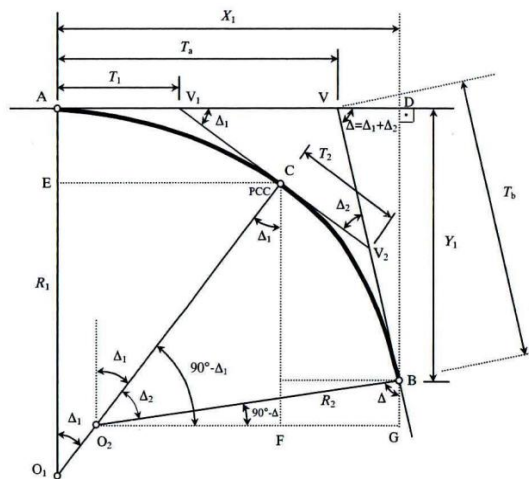
Nesta seção, também pode ser sugerido e indicado, cortes, aterros e modificações necessárias para enquadrar dois traços paralelos (CABRAL, 2021). O ponto de início circular

da curva é denominado de Ponto de Curva (PC) e a extremidade oposta recebe o nome de Ponto Tangente (PT).

3.5 CURVAS COMPOSTAS

Entende-se por curvas compostas quando se tem uma sequência de duas curvas simples com raios diferentes e um ponto em comum no mesmo lado da reta tangente. Este ponto citado, é denominado de PCC (ponto de curva composta) e está representado no Figura 4. São muito utilizadas para adequar o traçado de estradas com topografias ricas em variações de declividades.

Figura 4: Curva circular composta.

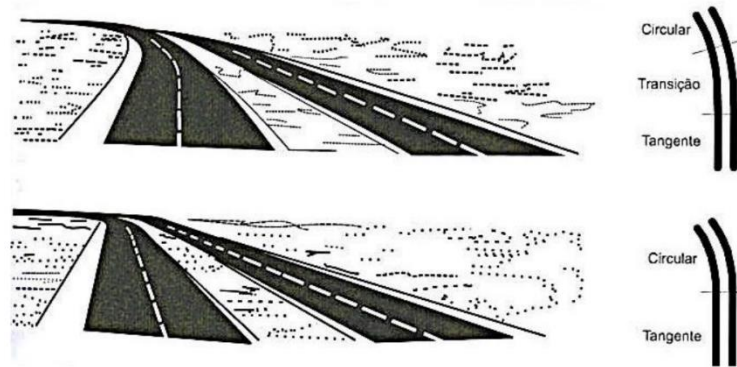


Fonte: PONTES, 1998 (p. 73).

3.6 CURVAS COM TRANSIÇÃO

Nas curvas de transição, tem-se uma progressão ao decorrer de sua curvatura, onde o seu raio varia em cada ponto, proporcionando um crescimento de forma gradual da aceleração centrífuga que surge entre o trecho reto e o trecho curvo da pista, sendo uma condição adequada para efetuar o giro de pista até onde se tem início a superelevação da curva. Como uma forma mais ilustrativa de entender, tem-se a Figura 5.

Figura 5: Demonstração de curvas de transição.



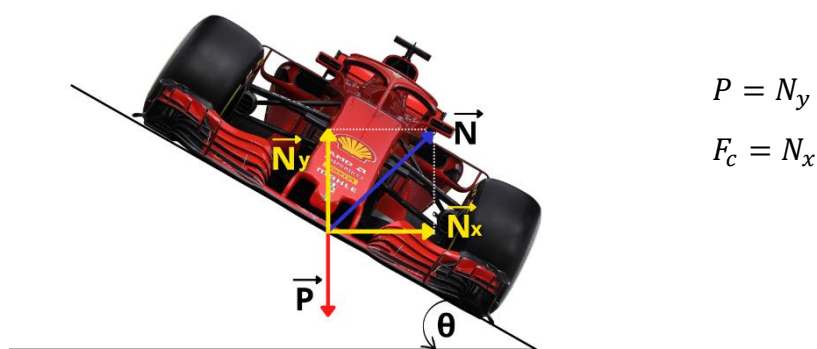
Fonte: MANZATO, 2022.

3.7 SUPERELEVAÇÃO

A superelevação se dá na inclinação transversal da pista, ou seja, a declividade necessária para reduzir ou eliminar as forças laterais centrífugas desenvolvidas na passagem do veículo nos trechos de curvas, procurando dificultar a derrapagem do automóvel.

Quando existe um veículo em movimento sobre essa declividade, pode-se decompor forças que atuam nele durante a sua trajetória. Observando a Figura 6, obtendo em análise o seu peso (P) que é vertical e atua sobre o centro de gravidade do veículo, sua força normal ao plano de contato entre o carro e a pista (N), a força de atrito (F_a) que atua entre os pneus e a superfície de contato da pista e a força centrífuga (F_c) que atua de dentro para fora da curva percorrida, tentando manter o automóvel em movimento em trajetória retilínea, tangente a curva.

Figura 6: Forças atuantes no veículo durante a curva.



Fonte: Adaptada de PLACAR; EFE, 2021.

Para calcular a superelevação, analisa-se a velocidade do veículo, o raio do traçado desenhado no determinado trecho curva e também se faz necessário levar em consideração o coeficiente de atrito transversal, relacionando-os na fórmula abaixo:

$$e = \frac{V^2}{127R} - f$$

Onde:

- e = superelevação (m/m);
- V= velocidade do veículo (km/h);
- R= raio da curva circular (m);
- f = coeficiente de atrito transversal, entre pneu e pavimento (m/m).

Sem essa declividade, sendo a pista plana, ainda que o condutor consiga manobrar o veículo a permanecer na trajetória desejada, manter o veículo na pista dentro da trajetória de curva devido ao coeficiente de atrito que age entre os pneus e a superfície de rolamento (MONZOLLI, 2014), esse feito é limitado a velocidade crítica em que o veículo percorre o raio de curva neste trecho. (DNER, 1999, p. 71). Sendo então essa inclinação transversal da pista em relação ao plano horizontal um fator ao qual deve-se analisar cuidadosamente, uma vez que seu cálculo inadequado pode causar o escorregamento ou tombamento do veículo na curvatura. Quanto maior for este valor, menor será a participação da força de atrito no equilíbrio das forças laterais.

3.8 INTERLAGOS

Por volta dos anos de 1936, as corridas automobilísticas ganhavam o mundo, sendo realizadas naquela época, no Brasil, nas ruas de São Paulo. Até que o brasileiro Manoel Teffé e a francesa Hellé Nice, disputavam o primeiro lugar, quando um espectador se debruçava sobre uma barreira de alfafa e a empurrou em direção à pista. Nice bateu e perdeu o controle do carro e após isso ficou em coma por três dias, chegando até a ser dada como morta, porém acordou e conseguiu se recuperar (BORGES, 2018). Os danos deste acidente não terminavam aí, já que depois que perdeu o controle de seu Alfa Romeo, ela atropelou e matou cinco pessoas e feriu mais de 30 (INTERLAGOS, s.d.).

Com tantos acidentes que rodeavam o mundo das corridas automobilísticas, buscava-se um local seguro onde conseguissem realizar as corridas. Assim, Interlagos passou a ser o centro das atenções com a construção do autódromo que levaria o nome do Bairro, recebendo o nome oficial de Autódromo de Interlagos, onde mais tarde passaria a se chamar Autódromo José Carlos Pace, em homenagem ao piloto de Fórmula 1 falecido no ano de 1977 (BORGES, 2018).

O automobilismo é mesmo um esporte de grandes riscos com dezenas de acidentes fatais. Interlagos não fica fora dessa lista e já traz vítimas desde o primeiro dia de sua inauguração em 1940, com a morte de Joaquim Simões Souza, ainda nos primeiros treinos em um acidente com

seu Ford de competição (FEIX, 1012). Atualmente o autódromo já tem listado em seus acidentes, mais de 15 mortes com pilotos (UOU, 2021).

Figura 7: Mapa do circuito de Jose Carlos Pace (Interlagos).



Fonte: INTERLAGOS, 2022.

O autódromo José Carlos Pace ilustrado na Figura 7, ou como conhecemos melhor, Interlagos, tem uma extensão de circuito com 4.309 metros, 16 curvas e uma diferença topográfica de cerca de 52 metros de altura, o equivalente a um prédio de 15 andares. Muitas reformas já foram realizadas em trechos diversos do autódromo, mas ainda não há uma avaliação do real estado atual que certifique sua segurança de forma eficaz e quantitativa, comprovando ainda mais a necessidade de uma avaliação de seu estado atual do traçado das curvas do circuito e estudos no âmbito para saber se atende com segurança e suporta a capacidade de todas as categorias que usufruem de tal espaço.

3.9 CATEGORIAS ABRANGENTES POR INTERLAGOS

O autódromo de José Carlos Pace, mais conhecido como Interlagos, já atendeu a uma série de categorias que vão listadas desde Copa Truck, Copa Renault Clio, Campeonato Brasileiro de Turismo, Stock Jr, Stock Car Light, Endurancer, Fórmula Inter, Fórmula 3 até mesmo a Fórmula 1, entre muitas outras categorias que já fazem parte da história do autódromo.

Para explicar melhor os objetivos deste trabalho, pode-se citar como o exemplo onde somente dentro de uma única corrida da Endurance Brasil, pode-se ter ao mesmo tempo na pista carros de diferentes categorias, como por exemplo:

- P1 com carros como os Ginetta G57 e G58 e carros definidos como LMP3;
 - P2 com carros com rodas aro 13, como o Predador, Tubarão e Scorpion, quanto também os carros com rodas aro 18 como GeeBee R1, Metalmoro MR18 e MCR Lamborghini;
 - P3, que utiliza rodas de 13 polegadas e motores com cilindrada acima de 2.000 cm³, ou conjunto motor/transmissão de motocicletas com até 1.500 cm³, onde utiliza-se comumente elementos de transmissão e pneus de Fórmula 3.
 - P4, com um conceito de carros de corrida com baixo custo, utilizando motores limitados a 2,1 litros e 2 válvulas por cilindro.
 - GT3 com restrições de potência que incluem Ferrari 488, Porsche 911 GT3 R, Mercedes AMG e Lamborghini Huracán, possuindo também uma versão da
 - GT3 Light, não tendo restrição de potência, se comportando de forma diferente na pista.
- Entre outras opções (ENGENHARIA, 2020).

Cada veículo desse corre com um *setup* diferente, isso quer dizer, com uma configuração variada, tem largura, peso e velocidades distintas. Isso também implica que cada um destes se comportam de forma diferente de acordo com a geometria da pista.

No entanto, a pista não pode ser modificada para atender a todos com 100% de segurança, mas pode-se realizar uma análise da compatibilidade da pista para cada categoria e otimizar as suas curvas para que se adequem ao resultado de maior incompatibilidade e risco, não favorecendo nenhuma categoria específica, mas nivelando as que geram resultados de variações de equivalência de projetos de forma mais preocupante.

Em casos de variação e diferença menores, mais ainda dentro da margem de segurança, indica-se reformas "temporárias" ou "provisórias" para aquele período específico, em caso de uma margem de risco ainda pequena, dentro dos parâmetros adotados, e quando dá-se um valor muito discrepante, indica-se uma "reforma definitiva" a um nível que não prejudique a outra categoria com menor valor de análise no mesmo parâmetro. É uma avaliação ótima, se existem necessidades de reformas permanentes, em casos que as velocidades e variações de alturas das superelevações do autódromo estejam consideravelmente altas, tentando amenizar a área mais afetada nos resultados.

Tais reformas podem ser indicadas quando os cálculos de engenharia civil dão muito diferentes do real estado da pista depois que aplicamos os valores de *setup* mecânicos. Levando

em consideração que não existe uma única categoria que a seja mais preocupante em todos os parâmetros, cada parâmetro vai dizer qual categoria é mais "afetada" depois dos cálculos de aplicação. É uma avaliação ótima, se existem necessidades de reformas permanentes, em casos que as velocidades e variações de alturas das superelevações do autódromo estejam consideravelmente altas, tentando amenizar a área mais afetada nos resultados.

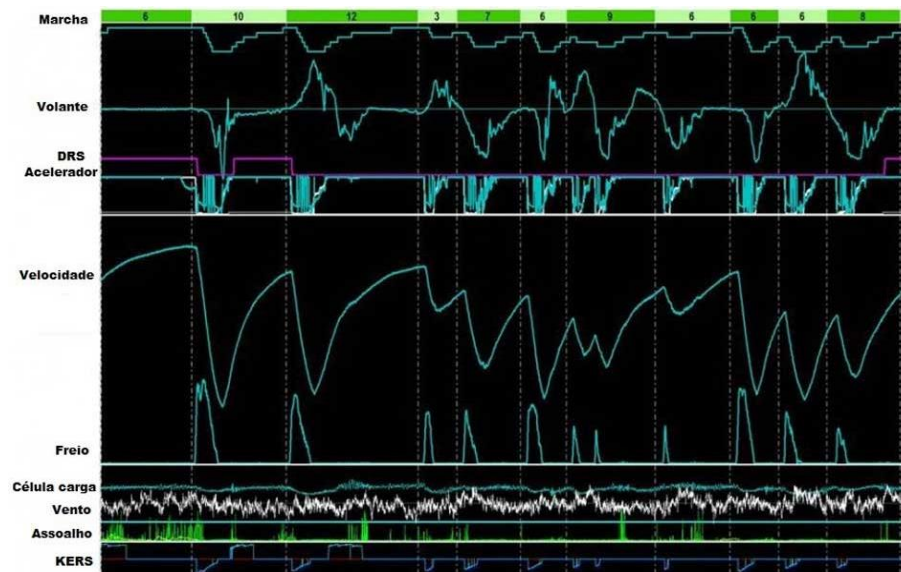
3.10 TELEMETRIA

No mundo automobilístico de corridas, as concorrências dentro das categorias acontecem de formas milimétricas a cerca de milésimos de segundos para uma diferença de resultados entre os carros competidores. Para aprimorar cada vez mais esses resultados minuciosos, é necessário que muitas de suas peças e seus componentes sejam monitorados em tempo real, para isso, algumas categorias chegam a colocar centenas de sensores no veículo, aos quais retornaram dados primordiais para acompanhar o estado e desempenho do automóvel como também de pilotagem.

Tais resultados são acompanhados em tempo real durante a corrida por uma tela que representa todos os dados em diversas formas de gráficos que são interpretados pelo engenheiro de pista/estrategista que realiza suas tomadas de decisões durante a corrida com base nos mesmos. Essa tecnologia de leitura de dados em tempo real de forma remota para uma central de monitoramento, que os envia posteriormente a uma central de informação é denominada de Telemetria, onde “*Tele*” – quer dizer: de forma remota e “*Metria*” – significa: medição.

Dentro dos muitos resultados que podem ser acompanhados pela telemetria, alguns são cruciais e indispensáveis para as principais tomadas de decisões e análise, esses resultados primordiais são denominados comumente como “dados vitais”. Nestes temos resultados como, temperaturas, pressões, consumo de combustíveis, bateria e outros sinais básicos como velocidade do veículo, velocidade do vento, aceleração, posição, frenagem, RPM, mudanças de marcha, como mostra a Figura 8. Durante uma corrida, são gerados aproximadamente 7GB de dados por carro competidor.

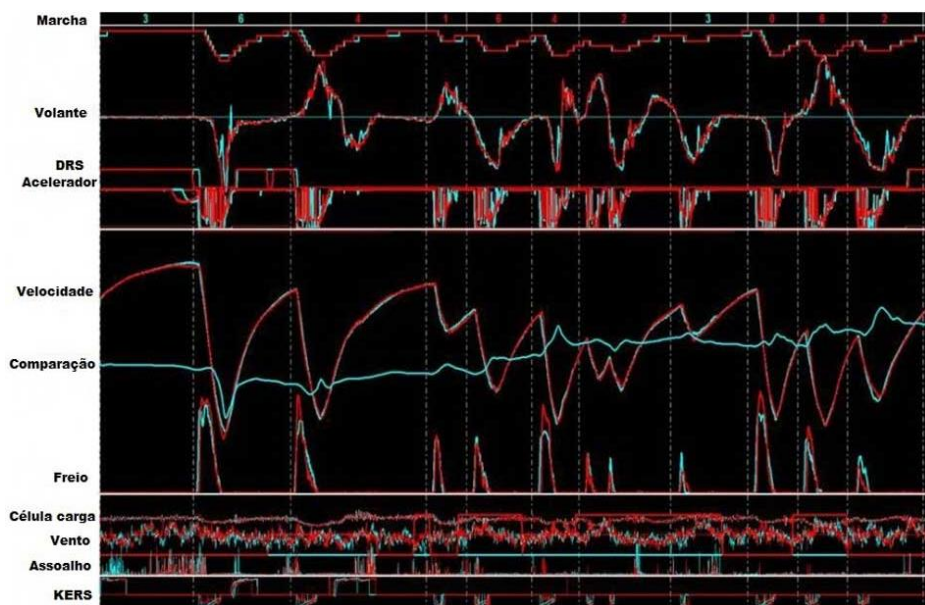
Figura 8: Telemetria de Fórmula 1 da equipe Ferrari durante uma corrida do GP da Hungria 2013.



Fonte: AUTORACING, 2014.

Tais telemetrias podem ser sobrepostas comparando-as com as de seus concorrentes para entender a diferença de pista entre cada, comportamento de pilotagem e onde cada piloto pode ganhar mais tempo no circuito. Para entender um pouco melhor, trazemos como exemplo na Figura 9, a comparação entre as telemetrias de Fernando Alonso e Felipe Massa, pilotos de Fórmula 1 pela equipe Ferrari.

Figura 9: Comparação entre as telemetrias dos pilotos da equipe Ferrari em 2013.



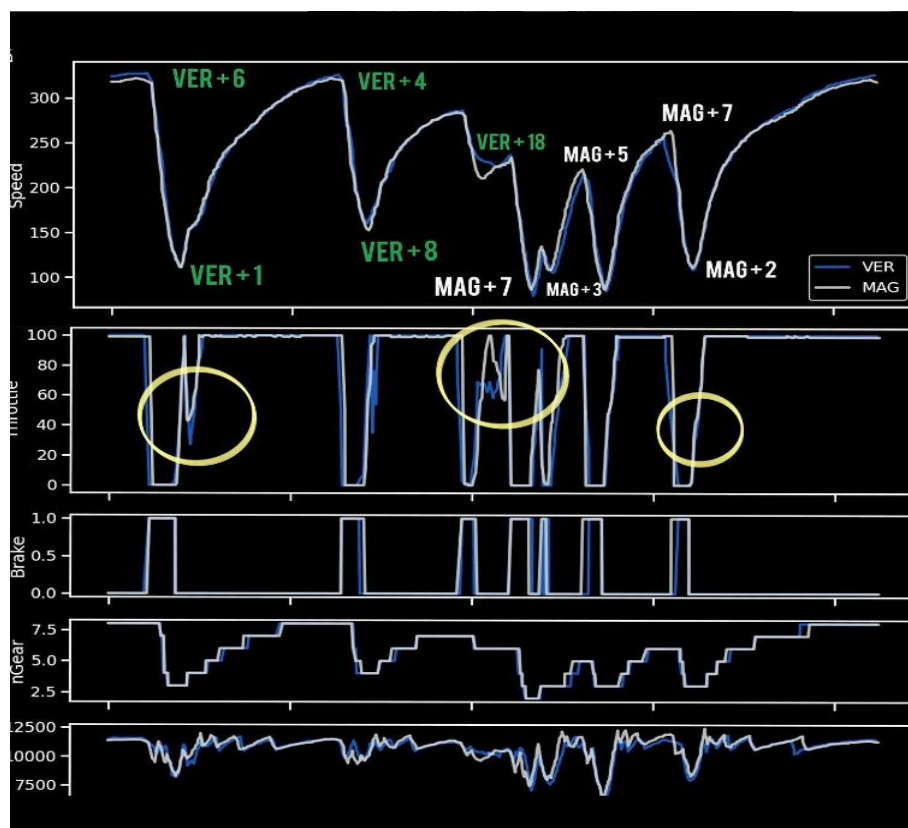
Fonte: AUTORACING, 2014.

É possível acompanhar abaixo o relato de como o engenheiro Giuliano Salve explica o funcionamento da comparação das telemetrias em uma entrevista:

“As linhas do piloto azul e do piloto vermelho mostram diferenças mínimas durante uma volta, produzindo gráficos quase idênticos, mas se olharmos mais fundo nas linhas do acelerador, freio e velocidade, você vai detectar diferenças interessantes (...) Olhando para a primeira parte da linha de velocidade e freio, pode-se ver que o piloto vermelho freia mais forte, mas volta mais rápido para o acelerador, assim que ele passa o ápice da curva. Por outro lado, o piloto azul tem um estilo mais suave, freia ligeiramente mais cedo, mas com menos força, o que resulta em menos perda de velocidade durante a frenagem.” (Giuliano Salve em entrevista ao Autoracing, 2013).

Com um exemplo mais recente, apresenta-se na Figura 10 a telemetria comparativa entre os respectivos pilotos das equipes Red Bull e Haas, Max Verstappen (representado pela linha de cor azul) e Kevin Magnussen (representado pela linha de cor branca) durante a última corrida Sprint da Fórmula 1 no dia 11 de novembro de 2022 no GP de São Paulo, em Interlagos.

Figura 10: Telemetria comparativa entre Max Verstappen e Kevin Magnussen durante a corrida Sprint no GP do Brasil em 2022.



Fonte: DAVIDE, 2022.

Na primeira análise, na Figura 10, tem-se as análises comparativas entre as velocidades de ambos no circuito de Interlagos, onde se pode observar já no primeiro quadro da figura, que as velocidades entre os pilotos começam a diferenciar-se a partir da sexta curva no segundo setor do circuito. No segundo quadro relacionado a aceleração, nota-se nos pontos circulados, como o piloto representado pela linha branca apresenta uma desaceleração menor onde está marcado com o primeiro, uma desaceleração mais linear e menos brusca onde está destacado com o segundo e terceiro círculo. Também é possível analisar os pontos de frenagens no terceiro quadro da mesma imagem, a transmissão no quarto quadro e o RPM no último quadro apresentado.

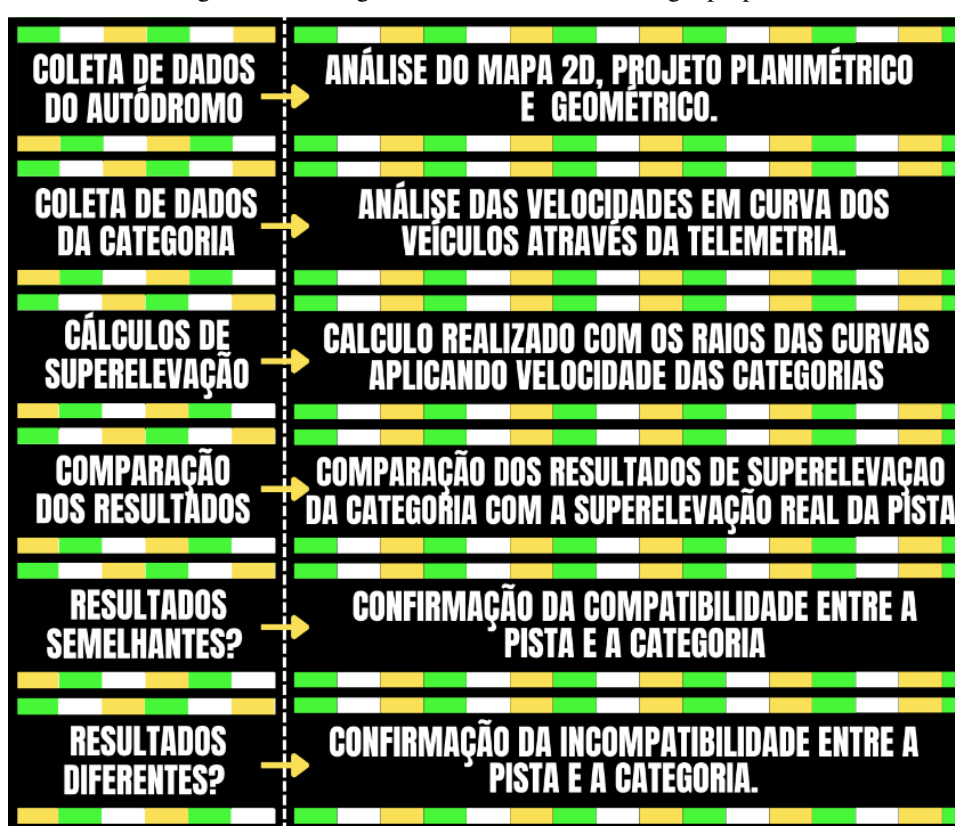
Para a aplicação do estudo referente a este trabalho, utiliza-se a telemetria para adquirir a velocidade do veículo ao longo do percurso em um gráfico de velocidade x posição, analisando cuidadosamente a variação dessas velocidades ao decorrer das curvas presentes na pista do autódromo. As velocidades de cada veículo mudam de acordo com suas categorias e *setup*, com essa variação, nasce também a necessidade de averiguar se a superelevação da pista comporta o veículo em tal velocidade.

4 METODOLOGIA

Neste capítulo estão apresentadas as etapas metodológicas, onde estão citados os materiais, ferramentas computacionais, dados necessários para a realização do programa experimental e das análises necessárias, bem como do processo de desenvolvimento dos resultados de superelevação, além da apreciação comparativa entre os resultados obtidos.

A análise da compatibilidade da pista do autódromo para uma categoria específica se dá em algumas etapas, dentre elas conforme descrito no fluxograma da Figura 11.

Figura 11: Fluxograma resumido da metodologia proposta.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

Para expressar como será a análise da compatibilidade entre o autódromo e a categoria específica, neste caso a Fórmula 1, será descrito em seguida os passos adotados, conforme explicados no fluxograma e a forma de aplicar os dados relacionados a engenharia de dados do veículo.

4.1 COLETA DE DADOS DO AUTÓDROMO

Nessa primeira etapa, foi analisada a planta baixa atual em 2D, com relação a modelagem o traçado, divisão e localização de seus setores. Onde as curvas observadas serão identificadas, no tocante aos seus tipos, raios de curvaturas, buscando entender suas características, se são curvas simples, compostas para adequadamente calcular a superelevação de cada.

Esse levantamento teve como objetivo buscar o entendimento dos propósitos do traçado implementado, ou seja, diante do que foi pensado e planejado pelos arquitetos e/ou designers para este circuito, ao criar seu traçado, o que buscou-se oferecer. Além disso, pretende-se analisar com isso qual a inclinação necessária, buscando possíveis modificações na segurança e conforto de pilotos e veículos.

Com relação às informações relacionadas ao Autódromo de José Carlos Pace, será necessário realizar um projeto geométrico da pista com os dados planimétricos que vão desde a planta baixa, como também os dados dos raios das curvas para que possamos calcular a superelevação dos trechos mencionados.

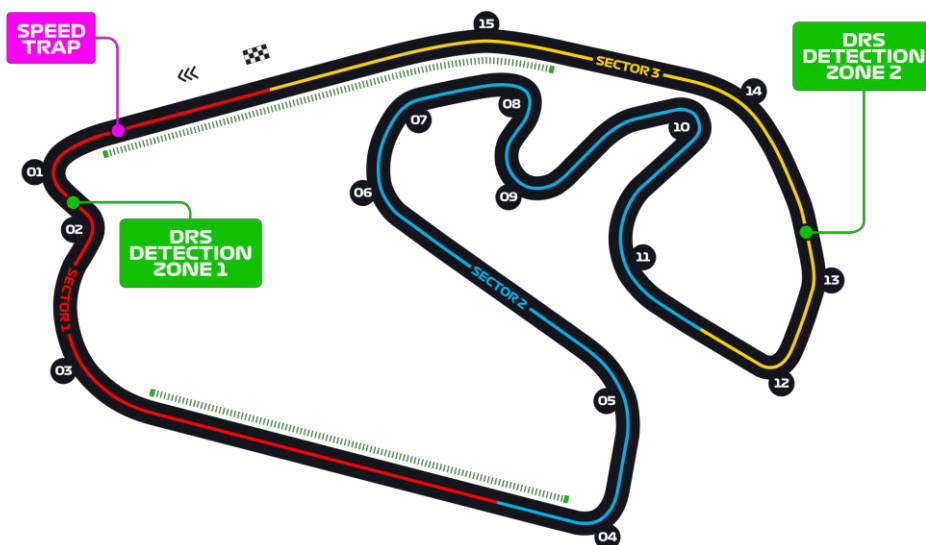
Para analisar as curvas de forma geral, foi calculado a superelevação com o raio que se forma entre o ponto de curva (PC) e o ponto de tangente (PT), devidamente determinado, entretanto, este estudo refere-se a uma análise mais detalhada, onde será realizada uma verificação mais minuciosa da pista, verificando seu raio a cada dois metros de distância em seu decorrer.

4.1.1 Análise do projeto atual geométrico das curvas do autódromo

Para otimizar o primeiro passo de coleta de dados do autódromo e a verificação dos dados planimétricos atuais da pista do autódromo, foi utilizado como base fundamental o trabalho “Análise Dos Parâmetros Planimétricos Do Circuito De Interlagos” realizado por Kelbson Werton Elias Cavalcante.

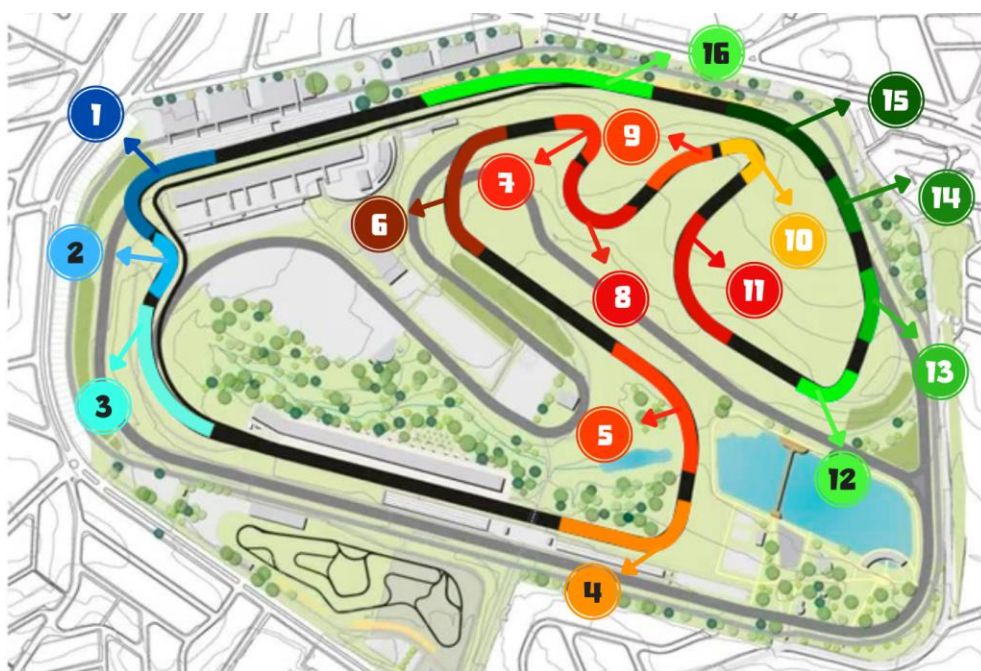
O circuito é dividido em 3 setores. Setor 1, 2 e 3, como mostra a Figura 12. A Figura 13, disponibilizada pelo site do autódromo (INTERLAGOS, 2022), foi editada e adaptada para indicar as localizações das curvas estudadas pelo trabalho planimétrico acima citado, nomeando-as.

Figura 12: Ilustração do mapa do autódromo José Carlos Pace com seus respectivos setores.



Fonte: Fórmula 1, 2022.

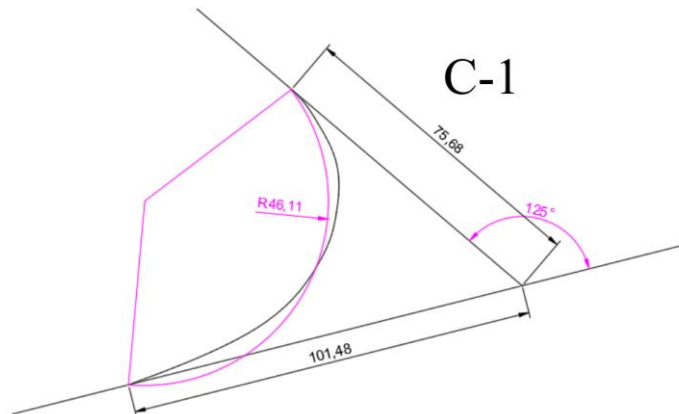
Figura 13: Ilustração do mapa do autódromo José Carlos Pace com suas respectivas curvas.



Fonte: Adaptada de INTERLAGOS, 2022.

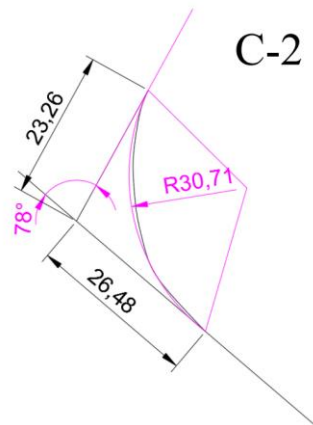
Cavalcante (2016) redesenhou todas as curvas do circuito, determinando todos os seus elementos geométricos de forma realista e extremamente próximo ao estado atual da pista. Com isso, o autor obtém o resultado apresentados nas Figuras 14 a 29, com o desenho de cada curva do circuito, onde inicialmente todas foram consideradas como curvas circulares simples para obtenção de seus parâmetros geométricos.

Figura 14: Elementos geométricos da curva 1.



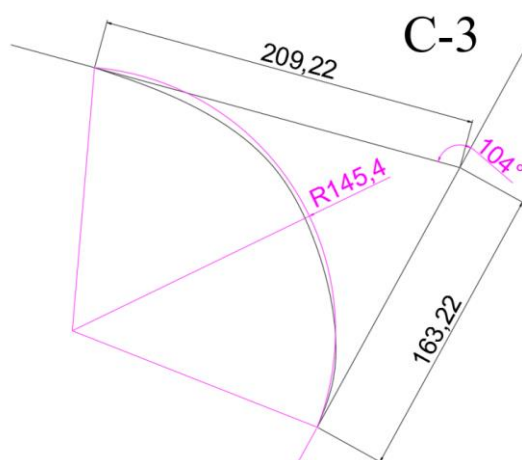
Fonte: CAVALCANTE, 2016.

Figura 15: Elementos geométricos da curva 2.



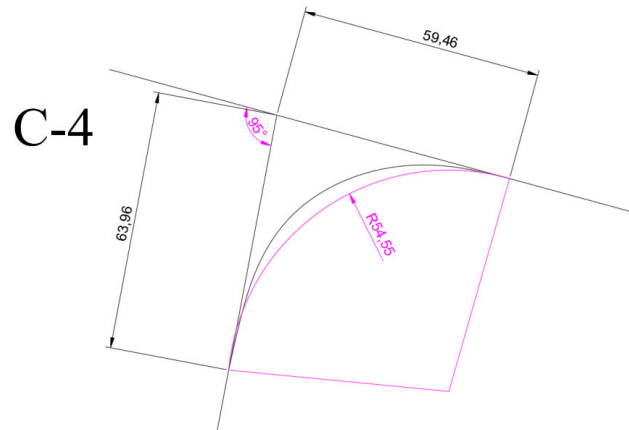
Fonte: CAVALCANTE, 2016.

Figura 16: Elementos geométricos da curva 3.



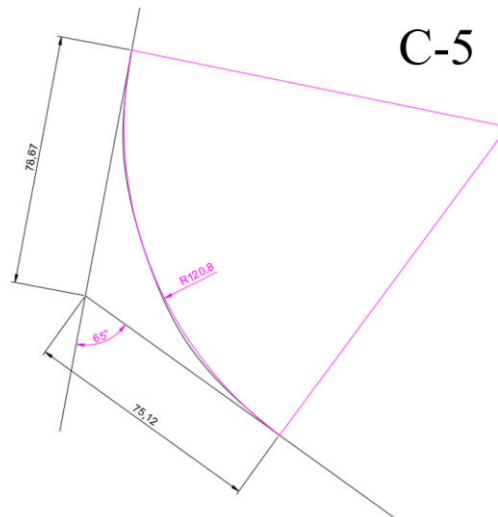
Fonte: CAVALCANTE, 2016.

Figura 17: Elementos geométricos da curva 4.



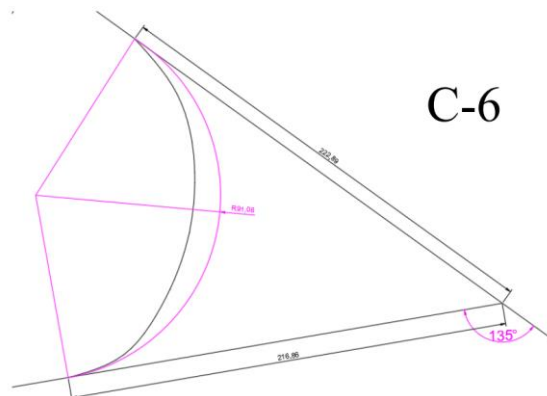
Fonte: CAVALCANTE, 2016.

Figura 18: Elementos geométricos da curva 5.



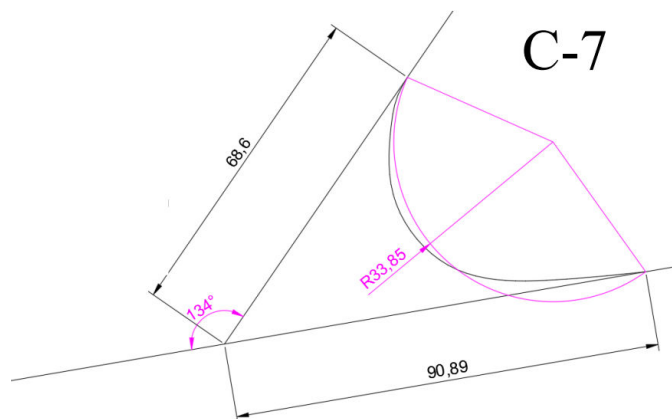
Fonte: CAVALCANTE, 2016.

Figura 19: Elementos geométricos da curva 6.



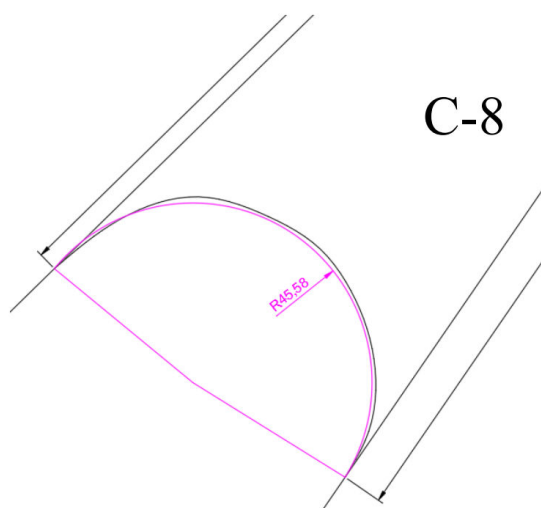
Fonte: CAVALCANTE, 2016.

Figura 20: Elementos geométricos da curva 7.



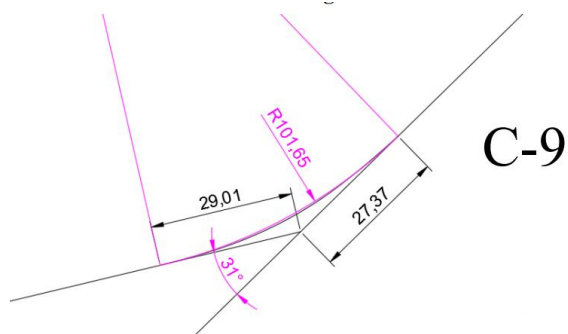
Fonte: CAVALCANTE, 2016.

Figura 21: Elementos geométricos da curva 8.



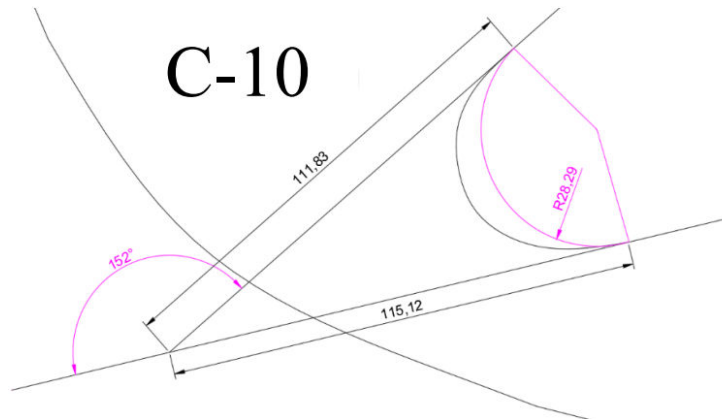
Fonte: CAVALCANTE, 2016.

Figura 22: Elementos geométricos da curva 9.



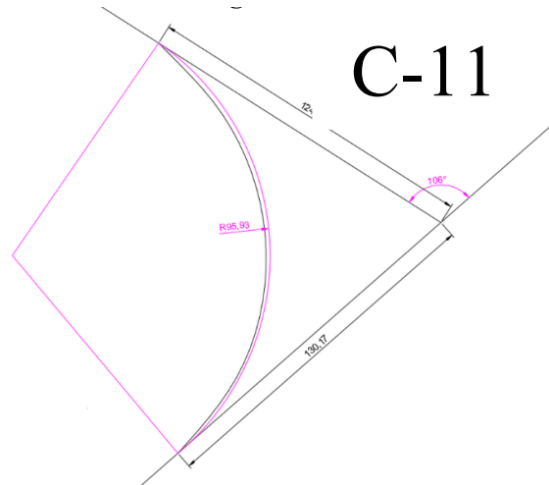
Fonte: CAVALCANTE, 2016.

Figura 23: Elementos geométricos da curva 10.



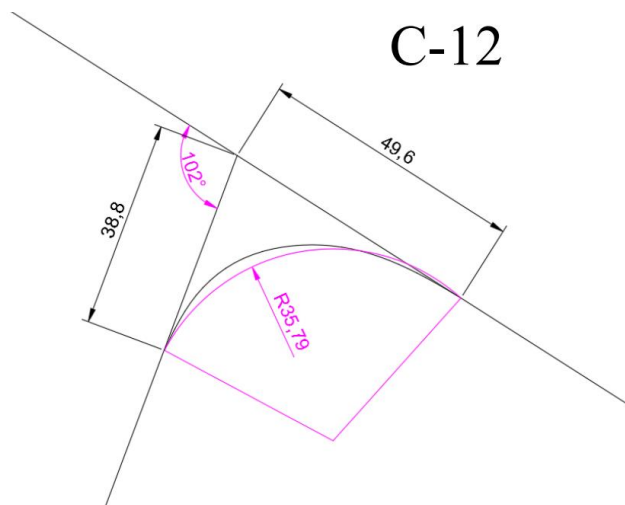
Fonte: CAVALCANTE, 2016.

Figura 24: Elementos geométricos da curva 11.



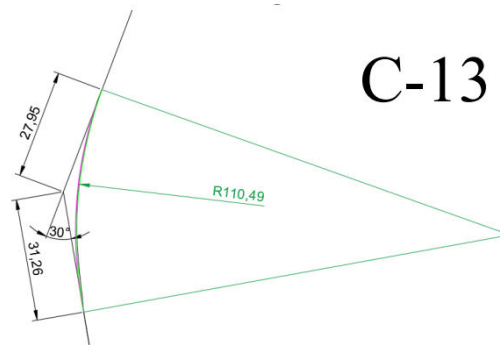
Fonte: CAVALCANTE, 2016.

Figura 25: Elementos geométricos da curva 12.



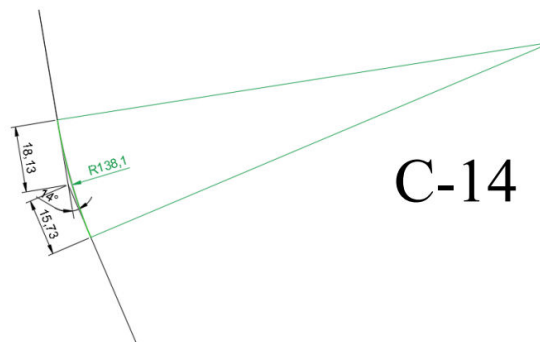
Fonte: CAVALCANTE, 2016.

Figura 26: Elementos geométricos da curva 13.



Fonte: CAVALCANTE, 2016.

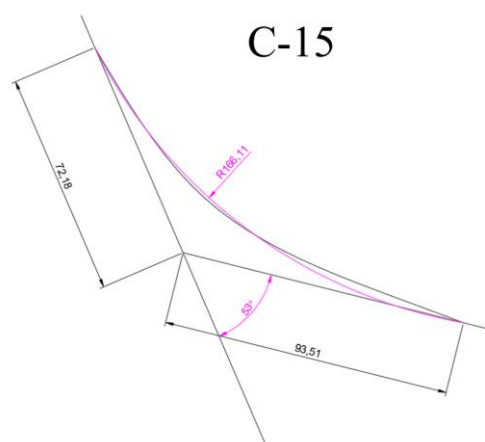
Figura 27: Elementos geométricos da curva 14.



Fonte: CAVALCANTE, 2016.

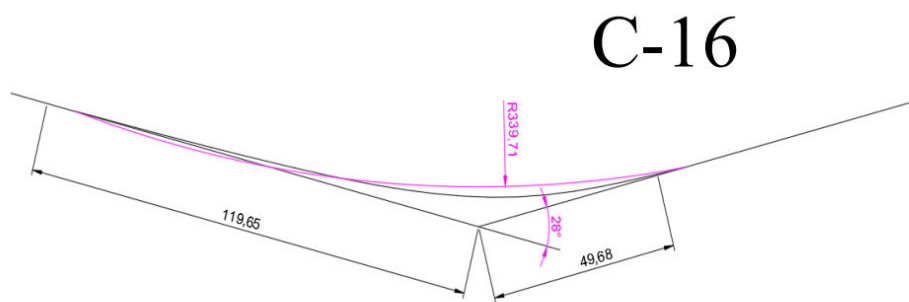
Esta curva 14 não é considerada como curva nos sites oficiais de divulgação do circuito ou em nenhum outro tipo de mídia. No entanto, percebeu-se através do estudo de Cavalcante (2016) que realmente existe uma curvatura nesse local, que deve ser considerada.

Figura 28: Elementos geométricos da curva 15.



Fonte: CAVALCANTE, 2016.

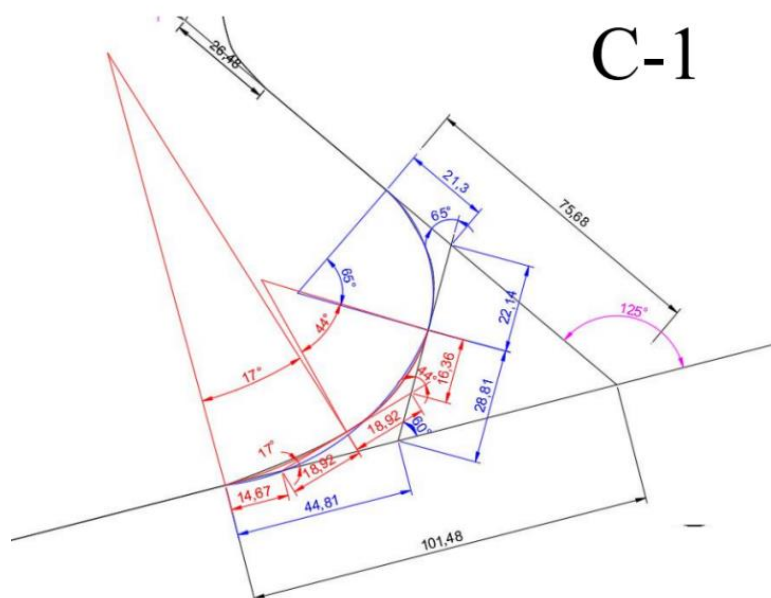
Figura 29: Elementos geométricos da curva 16.



Fonte: CAVALCANTE, 2016.

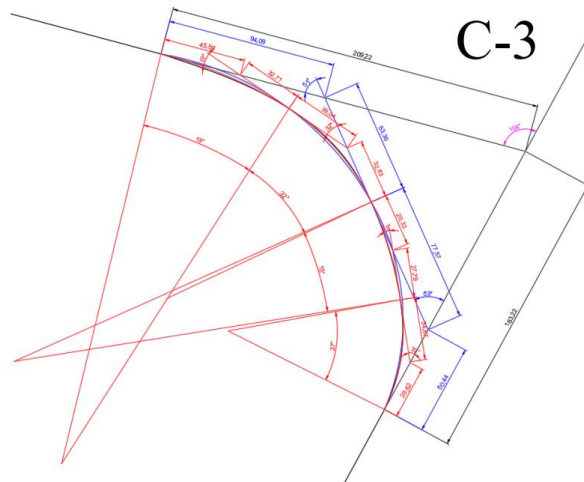
Durante sua pesquisa, Cavalcante (2016) classifica após seus cálculos realizados quais curvas foram consideradas simples e quais não foram classificadas dentro desta categoria, determinando como circulares simples as curvas 2, 5, 8, 9, 11, 13 e 14. As demais curvas 1, 3, 4, 6, 7, 10, 12, 15 e 16 foram caracterizadas como compostas, das quais o autor redesenhou sua geometria, representadas na Figuras 30 a 38, em que os elementos desenhados na cor azul representam os segmentos de sua primeira análise e os de cor vermelha, representam os traços de sua segunda análise.

Figura 30: Elementos da curva composta 1.



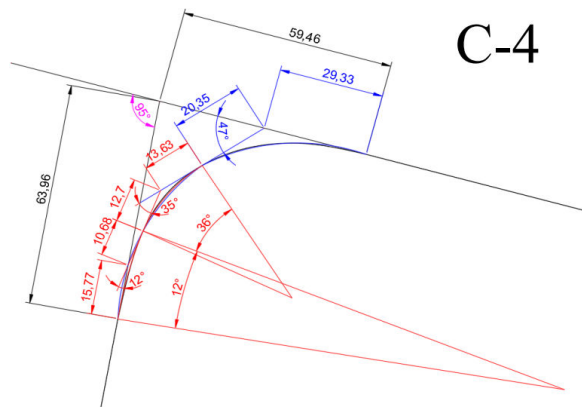
Fonte: CAVALCANTE, 2016.

Figura 31: Elementos da curva composta 3.



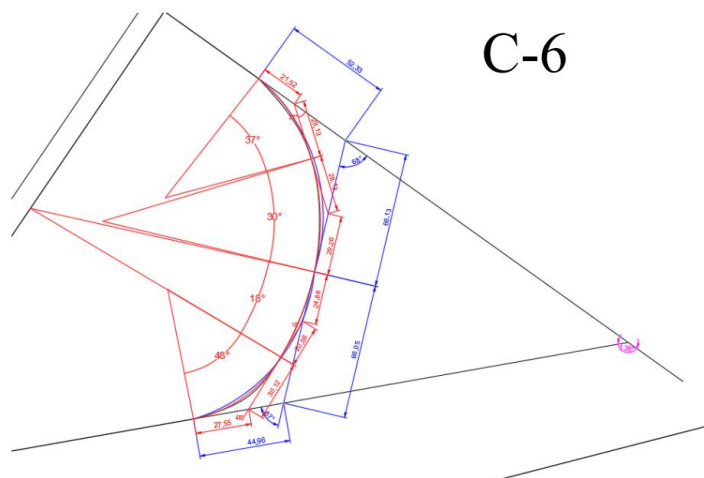
Fonte: CAVALCANTE, 2016.

Figura 32: Elementos da curva composta 4.



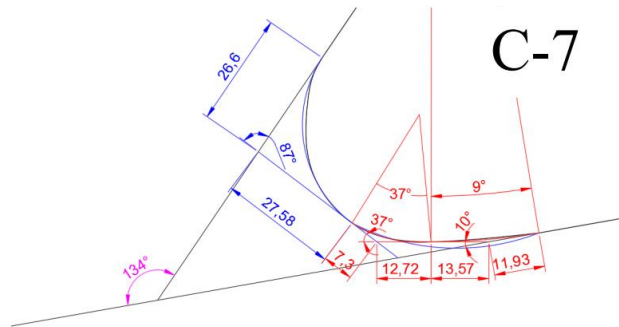
Fonte: CAVALCANTE, 2016.

Figura 33: Elementos da curva composta 6.



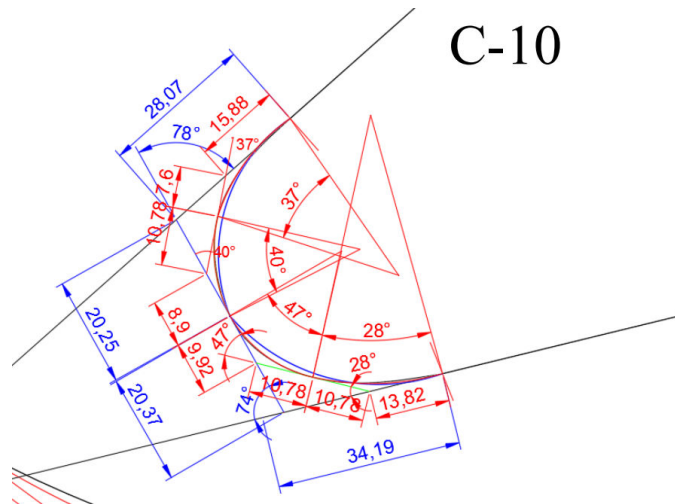
Fonte: CAVALCANTE, 2016.

Figura 34: Elementos da curva composta 7.



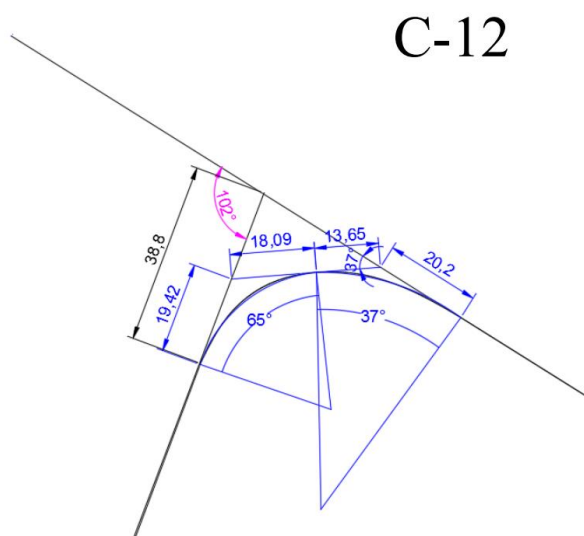
Fonte: CAVALCANTE, 2016.

Figura 35: Elementos da curva composta 10.



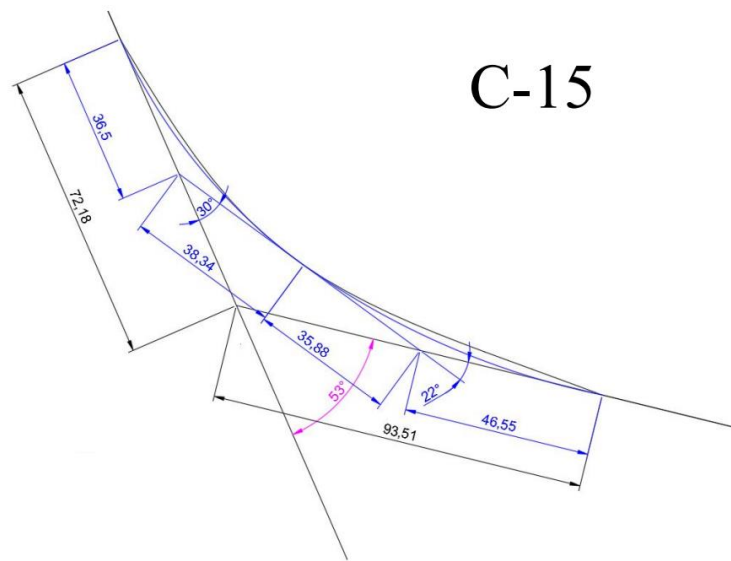
Fonte: CAVALCANTE, 2016.

Figura 36: Elementos da curva composta 12.



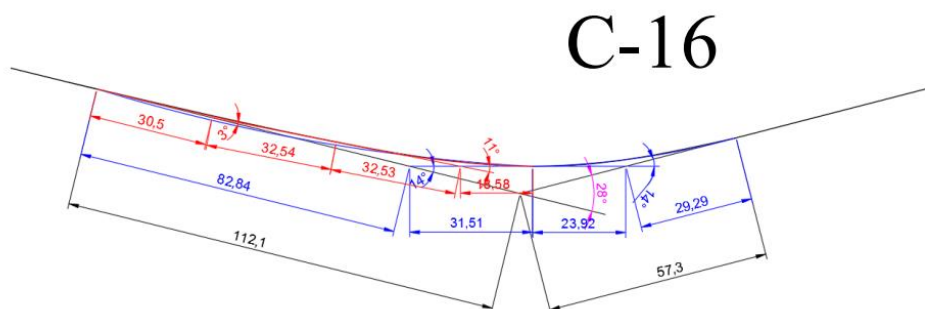
Fonte: CAVALCANTE, 2016.

Figura 37: Elementos da curva composta 15.



Fonte: CAVALCANTE, 2016.

Figura 38: Elementos da curva composta 16.



Fonte: CAVALCANTE, 2016.

Com isso, o autor disponibiliza duas tabelas. Uma com a denominação desses raios a cada 2 metros do percurso, apresentadas no Anexo 01 e outra com a média dos raios de cada curva as quais foram calculadas conforme as fórmulas descritas por Pontes Filho (1998), correlacionando as tangentes aos raios, determinando a posição de cada raio, separando-os ao decorrer de cada setor do circuito, como apresentados na Tabela 1. São esses os resultados de sua análise geométrica que foram utilizados como base fundamental para o cálculo matemático da superelevação das curvas.

Tabela 1: Dados de raios médios das curvas do circuito.

SETOR	CURVA	RAIO (m)
1	CURVA 1	112,39
		43,66
		34,09
1	CURVA 2	30,71
1	CURVA 3	96,37
		216,93
		125,32
		233,95
2	CURVA 4	57,13
		41,75
		125,82
2	CURVA 5	120,8
2	CURVA 6	74,19
		107,09
		143,47
		64,76
2	CURVA 7	145,68
		29,88
2	CURVA 8	45,1
2	CURVA 9	101,65
2	CURVA 10	49,32
		23,8
		27,02
		35,09
2	CURVA 11	95,93
3	CURVA 12	50,58
		29,44
3	CURVA 13	110,49
3	CURVA 14	138,01
3	CURVA 15	139,67
		196,13
3	CURVA 16	339,71

Fonte: CAVALCANTE, 2016.

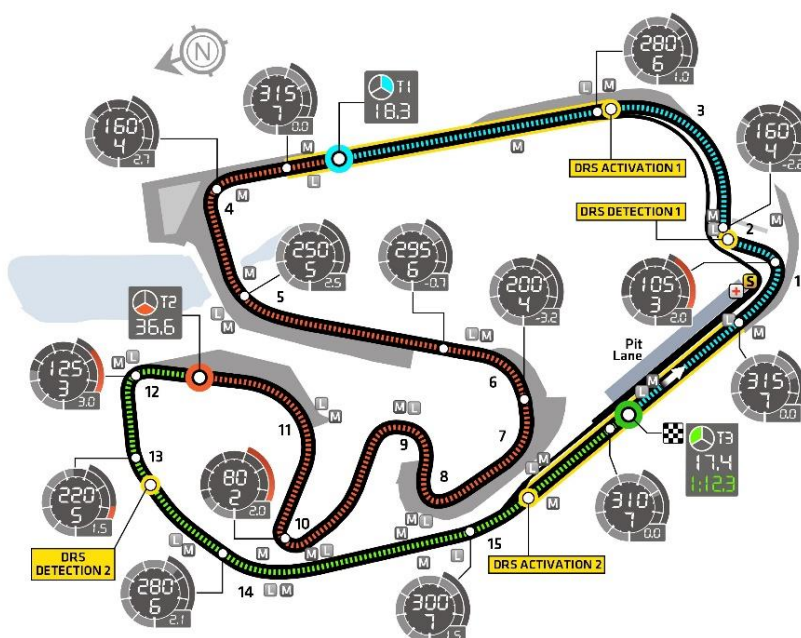
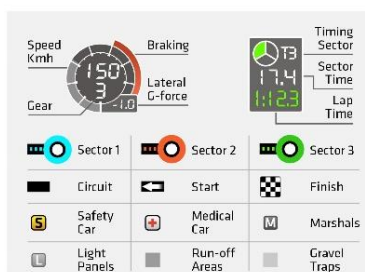
4.1.2 Análise dos valores de superelevações atuais das curvas do autódromo

Para o decorrer do desenvolvimento desta pesquisa, como não se obteve o projeto atual e real das superelevações das curvas do circuito, buscou-se solucionar tal desprovido utilizando as velocidades de curvas e setores disponibilizadas pela organização do autódromo do Grande Prêmio de São Paulo e pela categoria da FIA. As velocidades foram medidas através da seguinte imagem ilustrada na Figuras 39, por feedbacks não oficiais entre equipes e por resultados divulgadas de formas oficiais, disponibilizados no site do circuito (INTERLAGOS, 2022).

Figura 39: Dados de raio médio das curvas do circuito.

Brazilian GP

ROUND 18	
RACE DATE:	09 NOV 2014
CIRCUIT NAME:	AUTODROMO JOSE CARLOS PACE
NUMBER OF LAPS:	71
START TIME	14:00 Local - 16:00 GMT
CIRCUIT LENGTH:	4.309KM
RACE DISTANCE:	305.909KM
LAP RECORD:	1:11.473 P Montoya [2004]



Fonte: F1A, 2022.

Com esses valores, uma nova tabela foi gerada como banco de dados para uma segunda aplicação. Tais velocidades adquiridas estão separadas por setores e curvas, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Valores das velocidades do circuito de Interlagos.

SETOR	CURVA	VELOCIDADE (m/s)	VELOCIDADE (Km/h)
1	CURVA 1	45,833	165
1	CURVA 2	44,444	160
2	CURVA 3	77,778	280

2	CURVA 4	44,444	160
2	CURVA 5	69,444	250
2	CURVA 6	55,556	200
2	CURVA 7	28,889	104
2	CURVA 8	28,889	104
2	CURVA 9	23,889	86
2	CURVA 10	22,222	80
2	CURVA 11	65,278	235
3	CURVA 12	34,722	125
3	CURVA 13	61,111	220
3	CURVA 14	69,444	250
3	CURVA 15	77,778	280
3	CURVA 16	83,333	300

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Com tais valores, aplicou-se os dados de raios obtidos (CAVALCANTE, 2016) para então calcular o que seria mais próximo ao valor da superelevação atual. Os resultados obtidos após a utilização da equação presente no tópico 3.7 estão representados na Tabela 3.

Tabela 3: Velocidades do circuito de Interlagos encontrados pelo autor, com os resultados de raios de curvas disponibilizados por Cavalcante (2016).

SETOR	CURVA	RAIO (m)	VELOCIDADE (m/s)	COEFICIENTE (m/m)	ELEVAÇÃO (m/m)
1	CURVA 1	112,39	45,833	0,11	0,037
		43,66	45,833	0,11	0,269
		34,09	45,833	0,11	0,375
1	CURVA 2	30,71	44,444	0,11	0,396
1	CURVA 3	96,37	77,778	0,11	0,384
		216,93	77,778	0,11	0,110
		125,32	77,778	0,11	0,270
		233,95	77,778	0,11	0,094
2	CURVA 4	57,13	44,444	0,11	0,162
		41,75	44,444	0,11	0,263
		125,82	44,444	0,11	0,014
2	CURVA 5	120,8	69,444	0,11	0,204
2	CURVA 6	74,19	55,556	0,11	0,218
		107,09	55,556	0,11	0,117

		143,47	55,556	0,11	0,059
		64,76	55,556	0,11	0,265
2	CURVA 7	145,68	28,889	0,11	-0,065
		29,88	28,889	0,11	0,110
2	CURVA 8	45,1	28,889	0,11	0,036
2	CURVA 9	101,65	23,889	0,11	-0,066
2	CURVA 10	49,32	22,222	0,11	-0,031
		23,8	22,222	0,11	0,053
		27,02	22,222	0,11	0,034
		35,09	22,222	0,11	0,001
2	CURVA 11	95,93	65,278	0,11	0,240
3	CURVA 12	50,58	34,722	0,11	0,078
		29,44	34,722	0,11	0,212
3	CURVA 13	110,49	61,111	0,11	0,156
3	CURVA 14	138,01	61,111	0,11	0,103
3	CURVA 15	139,67	77,778	0,11	0,231
		196,13	77,778	0,11	0,133
3	CURVA 16	339,71	83,333	0,11	0,051

Fonte: CAVALCANTE, 2016; AUTOR, 2022.

Adotou-se então, estes valores de superelevações como os resultados mais próximos dos reais, para comparativos posteriores aos cálculos com as categorias específicas.

4.2 COLETA DE DADOS DA CATEGORIA – FÓRMULA 1

No tocante aos dados necessários desta etapa, estes podem ser obtidos através do banco de dados de qualquer uma das equipes que competem. O principal dado mecânico dos veículos da categoria analisada para o estudo em questão é a velocidade.

Analisando de forma geral o estudo da superelevação e a capacidade da curva de ser submetida a uma alta velocidade, pressupõe em calcular com a velocidade máxima do veículo na curva. Entretanto, com poucos conhecimentos em dinâmica veicular já é possível analisar que durante sua trajetória por esse trecho, o veículo consegue atingir no ponto mais inclinado da curva a sua aceleração máxima lateral (aceleração centrípeta), que é o mesmo ponto em que passa por sua velocidade mínima, em que ele desacelera para conseguir realizar o trajeto.

Para a obtenção destas velocidades, pode-se utilizar do auxílio de softwares de telemetria, tais como MoTeC, Pi Toolbox ou PXG F1 Telemetry. A leitura destes softwares, permite que se consiga apresentar as variações das velocidades por espaço e tempo e gerar até mesmo um relatório em formato de tabela para melhor analisar os resultados. A escolha do software a ser utilizado para a obtenção, vai depender de qual destes citados foi utilizado durante o circuito para capturar e gravar o banco de dados da categoria escolhida.

A categoria escolhida para a realização dos cálculos e exemplificar o comportamento de veículos diferentes foi a Fórmula 1, por se tratar de uma categoria denominada pela FIA como “Categoria A” em questão de segurança, bem como por ser considerada uma das maiores categorias automobilísticas dos últimos tempos. É importante frisar que, a maior parte de especificações coletadas são anunciadas pela categoria através do documento desportivo da competição por temporada, e que muitas destas são modificadas a cada temporada. Sabe-se também que muitos dos dados dos veículos que participam de competições como esta, são considerados documentos com informações de caráter sigiloso pelas equipes, por isso, as informações utilizadas para a aplicação dos cálculos matemáticos desta pesquisa, foram referentes ao comportamento dos veículos no autódromo Jose Carlos Pace (Interlagos) no ano de 2012 e 2019, não sendo considerado como quebra de sigilo entre as equipes, visto que o regulamento desta categoria já foi atualizado e seus resultados modificados.

Para calcular a superelevação de uma categoria específica, como já explicado no tópico 3.7, foram utilizadas as velocidades dos veículos decorrer de seu percurso pelas curvas. Para isso, pode-se obter seus resultados através da leitura de dados telemétricos, como explicados no tópico 3.10.

Para otimizar a aplicação deste trabalho, foi utilizada para o primeiro exemplo de cálculo, novamente a pesquisa de Cavalcante (2016), citada no tópico anterior. Desta vez, o autor faz uma estimativa das velocidades percorridas a cada 2 metros (Anexo 1), com também dispõe uma lista com as médias das velocidades por curva, como apresentado na Tabela 2. Tais velocidades foram obtidas através da análise de imagens e vídeos não oficiais disponibilizados na web pela FIA e por auxílio de um vídeo do treino prático do piloto Jason Button, piloto da equipe McLaren na categoria da Fórmula 1, que venceu o GP de São Paulo em 2012. Portanto, para tal veículo específico, um Fórmula 1 McLaren do regulamento pertencente a 2012, com esses dados, tem-se a seguinte na Tabela 4 a seguir:

Tabela 4: Dados da velocidade média do piloto Jason Button no circuito de Interlagos em 2012.

SETOR	CURVA	Vm em curva (m/s)	Vm em curva (km/h)
1	CURVA 1	48,560	175,000
1	CURVA 2	41,870	151,000
2	CURVA 3	66,210	238,000
2	CURVA 4	49,990	180,000
2	CURVA 5	65,670	236,000
2	CURVA 6	58,830	212,000
2	CURVA 7	37,770	136,000
2	CURVA 8	33,760	122,000
2	CURVA 9	57,160	206,000
2	CURVA 10	29,130	105,000
2	CURVA 11	55,690	200,000
3	CURVA 12	33,900	122,000
3	CURVA 13	43,340	156,000
3	CURVA 14	48,840	176,000
3	CURVA 15	59,810	215,000
3	CURVA 16	75,760	273,000

Fonte: CAVALCANTE, 2016.

Para realizar o segundo exemplo, assistiu-se ao vídeo disponibilizado pelo próprio site da Fórmula 1, onde Nico Hulkenberg, piloto da equipe Renault F1 da época, realiza um passeio pelo Autódromo José Carlos Pace, em Interlagos, explicando as curvas e velocidades durante a temporada 2019.

Para compensar a diferença em relação ao trabalho de Cavalcante (2006), que coletou a cada 2 metros da curva a velocidade real, foram coletadas 3 velocidades por curvas. A velocidade de entrada na curva, a velocidade no meio desta (velocidade mínima) e na saída da curvatura, formando assim a seguinte Tabela 5.

Tabela 5: Dados da velocidade média do piloto Nico Hulkenberg no circuito de Interlagos em 2019.

SETOR	CURVA	Vm em curva (m/s)	Vm em curva (km/h)
1	CURVA 1	38,611	139,00
1	CURVA 1	33,889	122,00
1	CURVA 1	40,556	146,00
1	CURVA 2	40,556	146,00

1	CURVA 2	50,000	180,00
1	CURVA 2	56,944	205,00
2	CURVA 3	63,611	229,00
2	CURVA 3	73,056	263,00
2	CURVA 3	77,778	280,00
2	CURVA 4	53,056	191,00
2	CURVA 4	47,222	170,00
2	CURVA 4	49,167	177,00
2	CURVA 5	66,389	239,00
2	CURVA 5	70,556	254,00
2	CURVA 5	73,333	264,00
2	CURVA 6	83,056	299,00
2	CURVA 6	64,722	233,00
2	CURVA 6	65,278	235,00
2	CURVA 7	37,500	135,00
2	CURVA 7	30,833	111,00
2	CURVA 7	24,444	88,00
2	CURVA 8	37,778	136,00
2	CURVA 8	31,667	114,00
2	CURVA 8	43,333	156,00
2	CURVA 9	59,722	215,00
2	CURVA 9	63,056	227,00
2	CURVA 9	50,278	181,00
2	CURVA 10	30,833	111,00
2	CURVA 10	25,278	91,00
2	CURVA 10	25,278	91,00
2	CURVA 11	53,611	193,00
2	CURVA 11	66,667	240,00
2	CURVA 11	71,389	257,00
3	CURVA 12	38,611	139,00
3	CURVA 12	36,944	133,00
3	CURVA 12	40,833	147,00
3	CURVA 13	59,167	213,00
3	CURVA 13	63,333	228,00
3	CURVA 13	66,111	238,00

3	CURVA 14	71,944	259,00
3	CURVA 14	70,833	255,00
3	CURVA 14	73,611	265,00
3	CURVA 15	78,889	284,00
3	CURVA 15	80,278	289,00
3	CURVA 15	81,389	293,00
3	CURVA 16	87,778	316,00
3	CURVA 16	88,333	318,00
3	CURVA 16	90,000	324,00

Fonte: Autoria Própria, 2022.

4.3 CÁLCULOS DE SUPERELEVÇÃO COM A APLICAÇÃO DOS DADOS COLETADOS.

Após a obtenção dos dados necessários, pode-se dar início a fase em que será recalculado o novo perfil geométrico ideal de super elevação das curvas para que o mesmo atenda a as categorias que abrange o circuito. Para isso, serão aplicadas na fórmula apresentadas no tópico 3.7, os raios encontrados no projeto geométrico do autódromo, como também as velocidades dos veículos. Obtendo como resultado, a super elevação considerada ideal para o veículo ao qual se analisaram os dados.

Aplicando essa técnica, tem-se um novo traçado das curvas, com uma configuração considerada modelo, que suprirá as necessidades e atenderá as especificações exigidas pela categoria, elevando níveis de segurança e desempenho de veículos.

Utilizou-se a fórmula mencionada no tópico 3.7 para calcular a super elevação da pista. Para isso, aplicou-se nesta fórmula os raios encontrados na coleta de dados do autódromo juntamente com as velocidades da categoria exemplificada.

É de conhecimento que o coeficiente de atrito transversal (f) pode variar com a temperatura da pista, dos pneus, o tipo dos pneus, carga, entre outros fatores. Não se tem conhecimento de tabelas que fixem esses valores para pistas de corrida, obtendo apenas a tabela deste coeficiente para rodovias rurais, que será o considerado neste trabalho para o desenvolvimento matemático do cálculo de super elevação, leva-se em consideração o coeficiente de atrito transversal entre pneu e pavimento (m/m) de acordo com as normas do DNER que define fixos os valores destes coeficientes máximos admissíveis para fins de projeto, apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais.

V(km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
f_{max}	0,20	0,18	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11

Fonte: DNER, 1999.

Considerando as velocidades aqui utilizadas maiores que 120 km/h, torna-se fixo o valor de 0,11 para o coeficiente de atrito transversal máximo.

5 RESULTADOS

Com isso, complementa-se o estudo realizado na análise geométrica de interlagos (CAVALCANTE, 2016), aplica-se na fórmula de superelevação os valores a cada dois metros das curvas, separadas por setores os valores de raios, e para o primeiro exemplo de velocidades de 2012 (CAVALCANTE, 2016), onde calculou-se a superelevações e gerou-se uma nova tabela com todos os dados, presentes na última coluna do Anexo 01. Para demonstrar uma média dessas superelevações por cada raio de curva, apresenta-se a Tabela 7:

Tabela 7: Resultado das superelevações da pista com as velocidades do primeiro exemplo de 2012.

SETOR	CURVA	RAIO (m)	V em curva (m/s)	COEFICIENTE (m/m)	SUPERELEVACÃO (m/m)
1	CURVA 1	112,39	48,611	0,11	0,056
		43,66	48,611	0,11	0,316
		34,09	48,611	0,11	0,436
1	CURVA 2	30,71	41,944	0,11	0,341
1	CURVA 3	96,37	66,111	0,11	0,247
		216,93	66,111	0,11	0,049
		125,32	66,111	0,11	0,165
		233,95	66,111	0,11	0,037
2	CURVA 4	57,13	50,000	0,11	0,235
		41,75	50,000	0,11	0,361
		125,82	50,000	0,11	0,046
2	CURVA 5	120,8	65,556	0,11	0,170
2	CURVA 6	74,19	58,889	0,11	0,258
		107,09	58,889	0,11	0,145
		143,47	58,889	0,11	0,080
		64,76	58,889	0,11	0,312
2	CURVA 7	145,68	37,778	0,11	-0,033
		29,88	37,778	0,11	0,266
2	CURVA 8	45,1	33,889	0,11	0,091
2	CURVA 9	101,65	57,222	0,11	0,144
2	CURVA 10	49,32	29,167	0,11	0,026
		23,8	29,167	0,11	0,171
		27,02	29,167	0,11	0,138
		35,09	29,167	0,11	0,081

2	CURVA 11	95,93	55,556	0,11	0,143
3	CURVA 12	50,58	33,889	0,11	0,069
		29,44	33,889	0,11	0,197
3	CURVA 13	110,49	43,333	0,11	0,024
3	CURVA 14	138,01	48,889	0,11	0,026
3	CURVA 15	139,67	59,722	0,11	0,091
		196,13	59,722	0,11	0,033
3	CURVA 16	339,71	75,833	0,11	0,023

Fonte: CAVALCANTE, 2016; AUTOR, 2022.

Esse seria o resultado do primeiro exemplo, com as superelevações adequadas das curvas para os veículos da categoria de F1 para as velocidades acompanhados do piloto Jason Button no ano de 2012. Para o segundo exemplo de cálculo, utilizou-se os dados de velocidade de Nico Hulkenberg no ano de 2019, representados pela Tabela 8.

Tabela 8: Resultado das superelevações da pista com as velocidades do segundo exemplo de 2019.

SETOR	CURVA	RAIO (m)	V em curva (m/s)	COEFICIENTE (m/m)	ELEVAÇÃO (m/m)
1	CURVA 1	112,39	38,611	0,11	-0,006
		43,66	33,889	0,11	0,097
		34,09	40,556	0,11	0,270
	CURVA 2	30,71	50,000	0,11	0,531
	CURVA 3	96,37	63,611	0,11	0,221
		216,93	63,611	0,11	0,037
		125,32	73,056	0,11	0,225
		233,95	77,778	0,11	0,094
2	CURVA 4	57,13	53,056	0,11	0,278
		41,75	47,222	0,11	0,311
		125,82	49,167	0,11	0,041
	CURVA 5	120,8	70,556	0,11	0,214
	CURVA 6	74,19	83,056	0,11	0,622
		107,09	83,056	0,11	0,397
		143,47	64,722	0,11	0,120
		64,76	65,278	0,11	0,408
	CURVA 7	145,68	37,500	0,11	-0,034
		29,88	30,833	0,11	0,141

	CURVA 8	45,1	43,333	0,11	0,218
	CURVA 9	101,65	63,056	0,11	0,198
	CURVA 10	49,32	30,833	0,11	0,042
		23,8	30,833	0,11	0,205
		27,02	25,278	0,11	0,076
		35,09	25,278	0,11	0,033
	CURVA 11	95,93	66,667	0,11	0,255
3	CURVA 12	50,58	36,944	0,11	0,102
		29,44	40,833	0,11	0,336
	CURVA 13	110,49	66,111	0,11	0,201
	CURVA 14	138,01	73,611	0,11	0,199
	CURVA 15	139,67	80,278	0,11	0,253
		196,13	81,389	0,11	0,156
	CURVA 16	339,71	90,000	0,11	0,078

Fonte: CAVALCANTE, 2016; AUTOR, 2022.

É possível comparar as superelevações encontradas entre a atual do circuito adotada, a necessária para o veículo com as velocidades de 2012 e a superelevação necessária para atender o Fórmula de 2019, apresentadas na Tabela 9. Nessa tabela, encontram-se os valores dos raios calculados por Cavalcante (2016) e os resultados das superelevações calculadas pelo autor.

Tabela 9: Comparação entre as superelevações obtidas.

SETOR	CURVA	RAIO (m)	INTERLAGOS	F1 2012	F1 2019
			ELEVAÇÃO (m/m)	ELEVAÇÃO (m/m)	ELEVAÇÃO (m/m)
1	CURVA 1	112,39	0,037	0,056	-0,006
		43,66	0,269	0,316	0,097
		34,09	0,375	0,436	0,27
	CURVA 2	30,71	0,396	0,341	0,531
	CURVA 3	96,37	0,384	0,247	0,221
		216,93	0,110	0,049	0,037
		125,32	0,270	0,165	0,225
		233,95	0,094	0,037	0,094
2	CURVA 4	57,13	0,162	0,235	0,278
		41,75	0,263	0,361	0,311
		125,82	0,014	0,046	0,041

	CURVA 5	120,8	0,204	0,17	0,214
	CURVA 6	74,19	0,218	0,258	0,622
		107,09	0,117	0,145	0,397
		143,47	0,059	0,08	0,12
		64,76	0,265	0,312	0,408
	CURVA 7	145,68	-0,065	-0,033	-0,034
		29,88	0,110	0,266	0,141
	CURVA 8	45,1	0,036	0,091	0,218
	CURVA 9	101,65	-0,066	0,144	0,198
	CURVA 10	49,32	-0,031	0,026	0,042
		23,8	0,053	0,171	0,205
		27,02	0,034	0,138	0,076
		35,09	0,001	0,081	0,033
	CURVA 11	95,93	0,240	0,143	0,255
3	CURVA 12	50,58	0,078	0,069	0,102
		29,44	0,212	0,197	0,336
	CURVA 13	110,49	0,156	0,024	0,201
	CURVA 14	138,01	0,103	0,026	0,199
	CURVA 15	139,67	0,231	0,091	0,253
		196,13	0,133	0,033	0,156
	CURVA 16	339,71	0,051	0,023	0,078

Fonte: CAVALCANTE, 2016; AUTOR, 2022.

5.1 SUPERELEVAÇÕES ADOTADAS PARA O CIRCUITO

Inicialmente, analisa-se os resultados das superelevações do traçado do circuito adotado. É necessário frisar que não se obteve o projeto real do autódromo tal qual como este é, no entanto, neste trabalho foram adotadas velocidades divulgadas pelo circuito e categorias para calcular os valores de superelevação o mais próximo possível do real. Todavia, nada impede que a geometria atual não tenha incompatibilidade com as velocidades divulgadas, as quais foram adotadas.

Na Tabela 9, são encontrados valores negativos para curvas 7, 9 e 10. Uma superelevação negativa faz com que o carro tenda a ser “inerciado” para fora da pista. Com isso, tem-se que as superelevações adotadas são inferiores ao necessário para as velocidades divulgadas, sendo então a primeira inconsistência encontrada neste trabalho. Outro fator que necessita ser

estudado mais a fundo sobre esses resultados negativos, deve ser a questão topográfica local, o que pode ter interferido nos resultados reais locais.

Ainda sobre os resultados adotados para o circuito, faz-se aqui um comentário sobre os resultados obtidos seguindo as numerações denominadas por Cavalcante (2016) para os raios das curvas do circuito. Com o auxílio da Figura 39, é possível analisar que os pontos de maiores valores de força lateral “G” acontecem entre a curva 1 e 2, no final da curva 7, 10, 12 e 13. Quando se observa as tabelas que apresentam os raios, percebe-se justamente que isso acontece entre as curvas 1 e 2, e também nas curvas 7, 10, 12 serem as apresentam os menores de raios. Já no caso da curva 13 se dá devido aos pilotos não desacelerarem, ao contrário disso, é uma curvatura de alta velocidade, seguida da curvatura posterior 14, aumentando a força lateral “G”, mesmo que com um resultado de raio maior. Com isso, estima-se que os locais que mais necessitem de superelevações sejam justamente estes, para que se consiga proporcionar à pista de rolamento uma declividade transversal com um caimento orientado para o centro da curva, impedindo a velocidade de escorregamento aconteça e diminuindo a força lateral G.

5.2 COMPARAÇÃO ENTRE A SUPERELEVAÇÃO ADOTADA PARA O CIRCUITO E A DO FÓRMULA 1 DE 2012

Para o decorrer das análises deste tópico é necessário salientar que dentro dos valores de velocidades coletados, pode-se haver erros de pilotagem que diferenciam seus resultados dos demais veículos da categoria. Quando se compara as superelevações que foram adotadas para o circuito com as que foram calculadas de acordo com as velocidades do piloto de Jason Button no ano de 2012 é possível gerar uma variação entre ambos resultados e compará-los, como demonstrado na Tabela 10.

Tabela 10: Comparação entre a superelevação adotada para o circuito e a do Fórmula 1 de 2012.

SETOR	CURVA	RAIO (m)	SUPERELEVAÇÃO (m/m)
1	CURVA 1	112,39	-0,019
		43,66	-0,047
		34,09	-0,061
	CURVA 2	30,71	0,055
	CURVA 3	96,37	0,137
		216,93	0,061
		125,32	0,105
		233,95	0,057

2	CURVA 4	57,13	-0,073
		41,75	-0,098
		125,82	-0,032
	CURVA 5	120,8	0,034
	CURVA 6	74,19	-0,040
		107,09	-0,028
		143,47	-0,021
		64,76	-0,047
	CURVA 7	145,68	-0,032
		29,88	-0,156
	CURVA 8	45,1	-0,055
	CURVA 9	101,65	-0,210
	CURVA 10	49,32	-0,057
		23,8	-0,118
		27,02	-0,104
		35,09	-0,080
	CURVA 11	95,93	0,097
3	CURVA 12	50,58	0,009
		29,44	0,015
	CURVA 13	110,49	0,132
	CURVA 14	138,01	0,077
	CURVA 15	139,67	0,140
		196,13	0,100
	CURVA 16	339,71	0,028

Fonte: CAVALCANTE, 2016; AUTOR, 2022.

Esta análise se dará por partes, comentando cada setor e suas curvas, onde inicialmente, tem-se o primeiro setor composto pelas curvas 1, 2 e 3, representados pela Tabela 11.

Tabela 11: Comparação entre as superelevações do 1º setor adotada para o circuito e a do Fórmula 1 de 2012.

SETOR	CURVA	RAIO (m)	SUPERELEVAÇÃO (m/m)	Δ ALTURA EM 15 m
1	CURVA 1	112,39	-0,019	-0,285
		43,66	-0,047	-0,705
		34,09	-0,061	-0,915
	CURVA 2	30,71	0,055	0,825
	CURVA 3	96,37	0,137	2,055

		216,93	0,061	0,915
		125,32	0,105	1,575
		233,95	0,057	0,855

Fonte: CAVALCANTE, 2016; AUTOR, 2022.

A pista do autódromo de Jose Carlos Pace conta com uma variação de largura que vai de 12 a 15 metros. Para que se entenda melhor essa comparação das superelevações e a sua variação, as curvas foram desenhadas com o auxílio da versão estudantil do *software* da Autodesk, o AutoCAD. Para tanto, a largura foi considerada fixa no valor de 15 metros, onde tem-se em azul a representação dos resultados adotados para o autódromo e em laranja os resultados equivalentes ao calculado com as velocidades do Fórmula 1 de 2012.

Para demonstrar a comparação de forma mais didática, a Figura 40 traz uma breve explicação legendando o que significa a visualização de cada desenho de acordo com sua cor para facilitar a compreensão das demais, continuando a representação apenas do comparativo a partir da Figura 41, como também demonstra na Figura 42 e em todas as próximas figuras deste trabalho.

Figura 40: Comparação entre as superelevações na curva 1 para o raio de 112,39m.

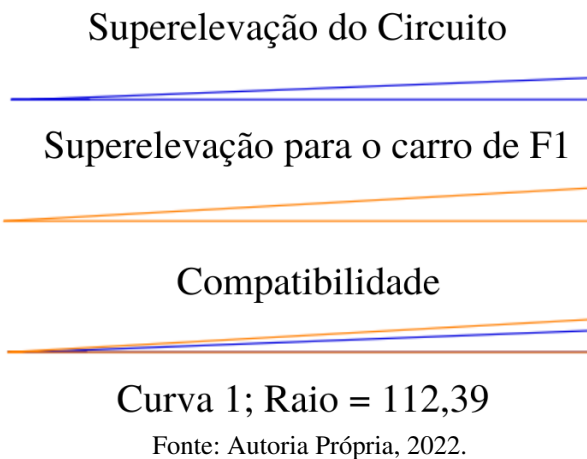


Figura 41: Comparação entre as superelevações na curva 1 para o raio de 43,66m.

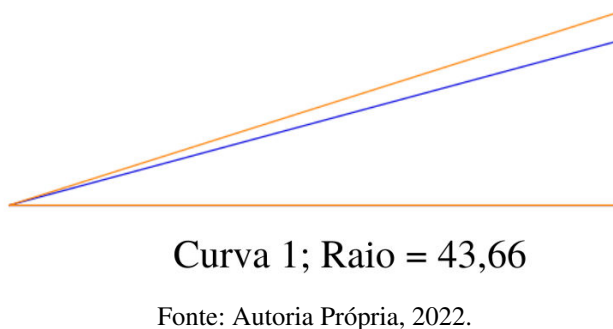
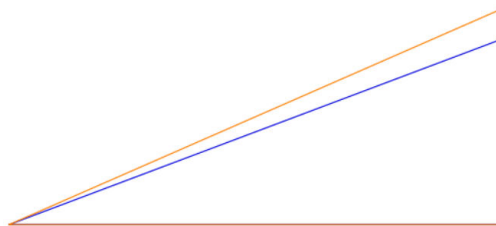


Figura 42: Comparação entre as superelevações na curva 1 para o raio de 34,09m.



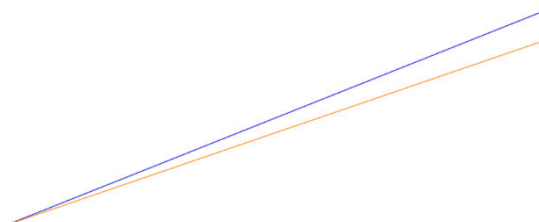
Curva 1 ; Raio = 34,09

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Na primeira curva é possível notar os valores negativos para os três raios presentes, isso significa que a geometria da pista não está compatível, sendo inferior ao necessário para atender o veículo analisado, influenciando na capacidade do veículo ser arremessado para fora da pista caso houvesse ainda uma coleta de velocidade maior neste trecho.

Aparentemente a variação de 0,019m/m para o primeiro raio parece pouco, todavia, como vemos, isso significa que a cada 1 m horizontal, tem-se o acréscimo de 0,019m, considerando a pista com a largura de 15 metros, isso significa que no final há uma diferença de 0,285m. O segundo raio traz uma diferença de 0,705m e o último raio, 0,915m.

Figura 43: Comparação entre as superelevações na curva 2 para o raio de 30,7m.

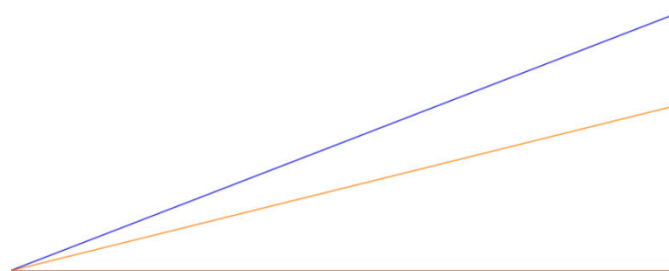


Curva 2; Raio = 30,71

Fonte: Autoria Própria, 2022.

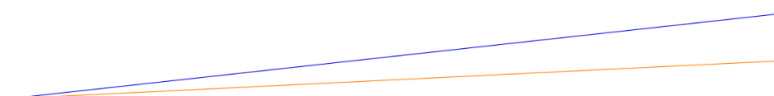
Como se pode observar na Figura 43, a curva 2 apresenta valores adotados para o autódromo, são maiores do que os necessários para atender as velocidades adotadas para o primeiro exemplo. Tal resultado pode influenciar no escorregamento do veículo em direção a parte interna da curva. Com uma variação final de aproximadamente 0,825m.

Figura 44: Comparação entre as superelevações na curva 3 para o raio de 96,37m.



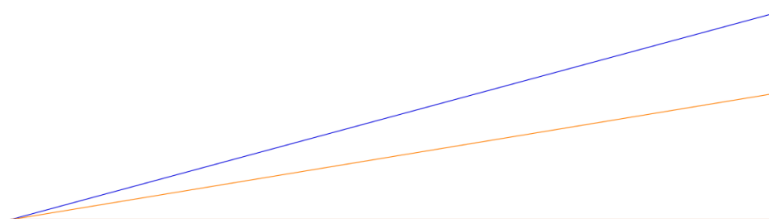
Curva 3; Raio = 96,37
Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 45: Comparação entre as superelevações na curva 3 para o raio de 216,93m.



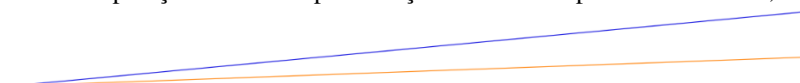
Curva 3; Raio = 216,93
Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 46: Comparação entre as superelevações na curva 3 para o raio de 125,32m.



Curva 3; Raio = 125,32
Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 47: Comparação entre as superelevações na curva 3 para o raio de 233,95m.



Curva 3; Raio = 233,95
Fonte: Autoria Própria, 2022.

As Figuras 44, 45, 46 e 47 complementam a compreensão dos resultados de variação apresentados na Tabela 11, onde as superelevações adotadas para o circuito são maiores que os valores calculados para o exemplo com o Fórmula 1 de 2012 também na curva 3. A variação na Figura 44, observa-se que sua maior variação de altura ao longo dos 15 metros adotados chega a 2,055 metros, um motivo considerável para se avaliar uma reforma ou medida preventiva, neste ponto.

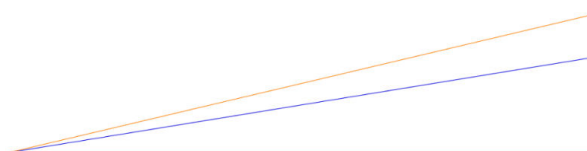
Tabela 12: Comparação entre as superelevações do 2º setor adotada para o circuito e a do Fórmula 1 de 2012.

SETOR	CURVA	RAIO (m)	SUPERELEVAÇÃO (m/m)	Δ ALTURA EM 15 m
2	CURVA 4	57,13	-0,073	-1,095
		41,75	-0,098	-1,47
		125,82	-0,032	-0,48
	CURVA 5	120,8	0,034	0,51
	CURVA 6	74,19	-0,04	-0,6
		107,09	-0,028	-0,42
		143,47	-0,021	-0,315
		64,76	-0,047	-0,705
	CURVA 7	145,68	-0,032	-0,48
		29,88	-0,156	-2,34
	CURVA 8	45,1	-0,055	-0,825
	CURVA 9	101,65	-0,21	-3,15
	CURVA 10	49,32	-0,057	-0,855
		23,8	-0,118	-1,77
		27,02	-0,104	-1,56
		35,09	-0,08	-1,2
	CURVA 11	95,93	0,097	1,455

Fonte: CAVALCANTE, 2016; AUTOR, 2022.

Como observado na Tabela 12, resultados negativos também foram frisados em vermelho, deixando ainda mais perceptível que a maior parte do setor apresenta valores menores do que os necessários para atender a capacidade do veículo do primeiro exemplo. A sequência de figuras a seguir, ilustram a diferença de alturas da curva 4, onde sua maior variação chega a uma diferença de 1,095m no primeiro raio de 57,13m (Figuras 48, 49 e 50).

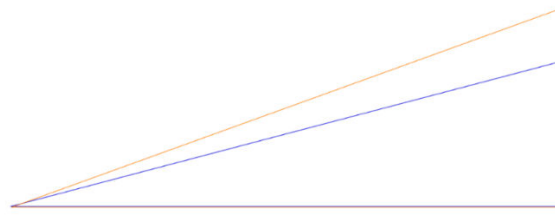
Figura 48: Comparação entre as superelevações na curva 4 para o raio de 57,13m.



Curva 4; Raio = 57,13

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 49: Comparação entre as superelevações na curva 4 para o raio de 41,75m.



Curva 4; Raio = 41,75
Fonte: Autoria Própria, 2022.

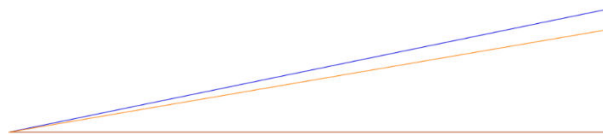
Figura 50: Comparação entre as superelevações na curva 4 para o raio de 125,82m.



Curva 4; Raio = 125,82
Fonte: Autoria Própria, 2022.

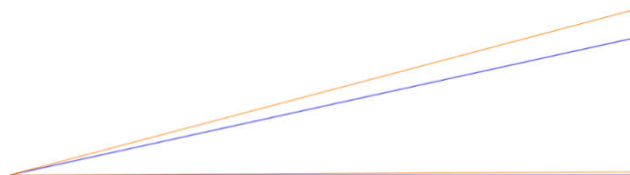
A curva 5, ilustrada na Figura 51, apresenta um valor positivo, o que significa que o resultado do que foi adotado para o autódromo é maior que o necessário para atender ao primeiro exemplo deste trabalho.

Figura 51: Comparação entre as superelevações na curva 5 para o raio de 120,8m.



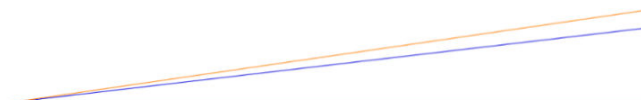
Curva 5; Raio = 120,8
Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 52: Comparação entre as superelevações na curva 6 para o raio de 74,19m.



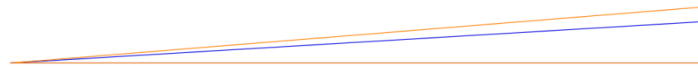
Curva 6; Raio = 74,19
Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 53: Comparação entre as superelevações na curva 6 para o raio de 107,09m.



Curva 6; Raio = 107,09
Fonte: Autoria Própria, 2022.

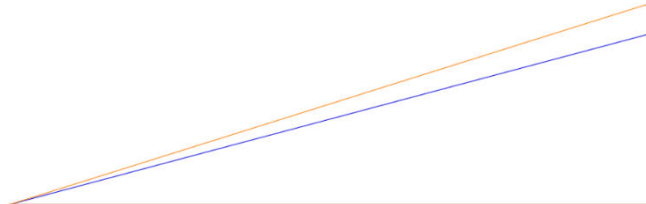
Figura 54: Comparação entre as superelevações na curva 6 para o raio de 143,47m.



Curva 6; Raio = 143,47

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 55: Comparação entre as superelevações na curva 6 para o raio de 64,76m.



Curva 6; Raio = 64,76

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Com a sequência das Figuras 52, 53, 54 e 5 que formam a curva 6, já se nota o retorno dos valores negativos, com a sua variação indo de 31,5cm a 70,5cm de altura. Abaixo pode-se analisar os resultados para a curva 7. Na Figura 56, é possível ver que os valores estão invertidos, representando que onde havia uma elevação negativa, na verdade deve haver uma superelevação, isso que também pode ser dado devido a uma diferença topográfica local. Fazendo com que a declividade negativa que havia, ajude ainda mais na instabilidade do veículo e faça o mesmo ser jogado para fora da pista. Também pode-se notar na Figura 57 que sua variação de altura pode chegar a 2,34 metros.

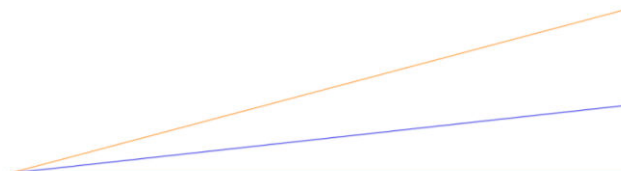
Figura 56: Comparação entre as superelevações na curva 7 para o raio de 145,68m.



Curva 7; Raio = 145,68

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 57: Comparação entre as superelevações na curva 7 para o raio de 29,88m.



Curva 7; Raio = 29,88

Fonte: Autoria Própria, 2022.

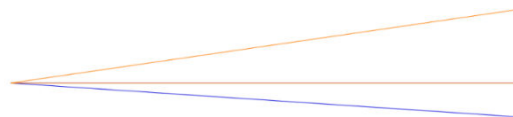
A curva 8 também traz resultados de incompatibilidade demasiada, demonstrados na Figura 58. Entretanto, quando se observa a Figura 59, nota-se uma grande diferença na superelevação necessária, chegando a uma diferença de altura de 3,15 metros, sendo este resultado o ponto de maior variação de durante todo o circuito, gerando uma grande incompatibilidade nesta curva. Tal variação precisa ser avaliada de forma mais minuciosa, onde pode-se fazer necessário, não tão somente reformas provisórias, mas também, reformas definitivas na geometria da curva.

Figura 58: Comparação entre as superelevações na curva 8 para o raio de 45,1m.



Curva 8; Raio = 45,1
Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 59: Comparação entre as superelevações na curva 9 para o raio de 101,65m.



Curva 9; Raio = 101,65
Fonte: Autoria Própria, 2022.

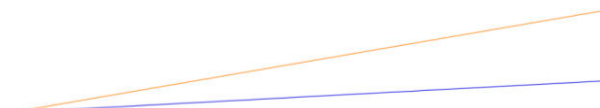
Em seguida tem-se a curva 10 com 4 raios, ilustrados da Figura 60 até a Figura 63, aos quais também apresentam valores negativos, onde justifica que os resultados de superelevações adotados para o circuito não são compatíveis com os do veículo Fórmula 1 adotado para o primeiro exemplo, sendo inferiores aos necessários. Apresentando a maior variação de altura com 1,56m.

Figura 60: Comparação entre as superelevações na curva 10 para o raio de 49,32m.



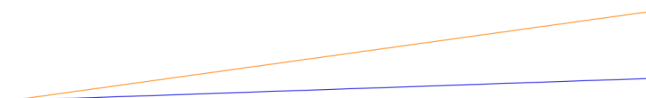
Curva 10; Raio = 49,32
Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 61: Comparação entre as superelevações na curva 10 para o raio de 23,8m.



Curva 10; Raio = 23,8
Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 62: Comparação entre as superelevações na curva 10 para o raio de 27,02m.



Curva 10; Raio = 27,02
Fonte: Autoria Própria, 2022.

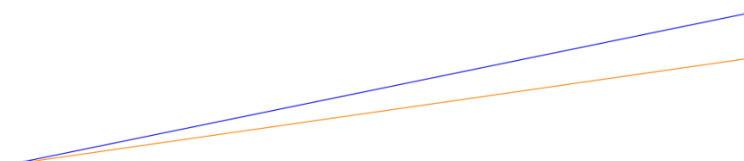
Figura 63: Comparação entre as superelevações na curva 10 para o raio de 35,09m.



Curva 10; Raio = 35,09
Fonte: Autoria Própria, 2022.

Para finalizar o segundo setor, como observado na Figura 64, a curva 11 contém valores positivos, ainda que tenha uma variação de altura de 1,45m, essa superelevação é maior que a necessária calculada com o carro do primeiro exemplo.

Figura 64: Comparação entre as superelevações na curva 11 para o raio de 95,93m.



Curva 11; Raio = 95,93
Fonte: Autoria Própria, 2022.

A Tabela 13 mostra que o terceiro setor é o único que apresenta todos os valores positivos, ou seja, todos os resultados das superelevações adotadas para o circuito foram maiores que os valores necessários de superelevações calculadas com as velocidades do primeiro exemplo.

Tabela 13: Comparação entre as superelevações do 3º setor adotada para o circuito e a do Fórmula 1 de 2012.

SETOR	CURVA	RAIO (m)	SUPERELEVAÇÃO (m/m)	Δ ALTURA EM 15 m
3	CURVA 12	50,58	0,009	0,135
		29,44	0,015	0,225
	CURVA 13	110,49	0,132	1,98
	CURVA 14	138,01	0,077	1,155
	CURVA 15	139,67	0,14	2,1
		196,13	0,1	1,5
	CURVA 16	339,71	0,028	0,42

Fonte: CAVALCANTE, 2016; AUTOR, 2022.

A curva 12, como ilustrado na Figura 65, tem variações muito pequenas que chegam apenas a 13,5 e 22,5cm ao longo de todo percurso.

Figura 65: Comparação entre as superelevações na curva 12 para o raio de 50,58m.

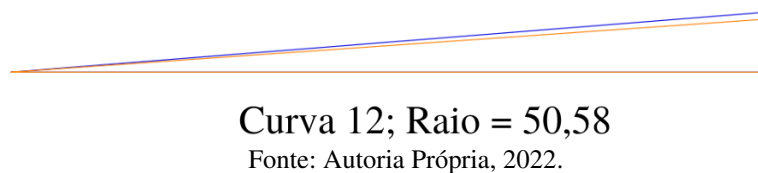
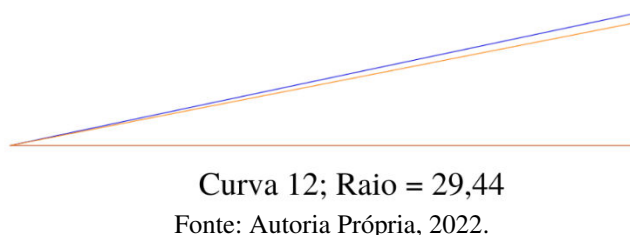


Figura 66: Comparação entre as superelevações na curva 12 para o raio de 29,44m.



A curva 13 representada na Figura 67, exibe valores positivos, entretanto, sua variação de altura chega a 1,98 m, uma altura considerável para se avaliar uma reforma ou medida preventiva. A curva 14 ilustrada na Figura 68, também traz uma superelevação que resulta em uma variação de altura semelhante, de 1,15m.

Figura 67: Comparação entre as superelevações na curva 13 para o raio de 110,49m.

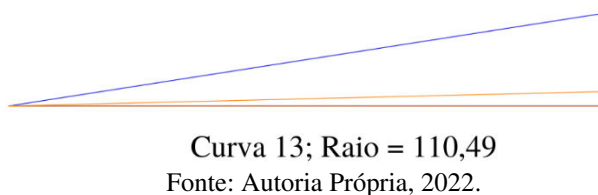
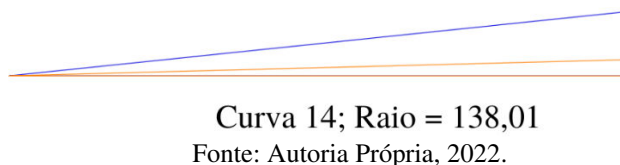


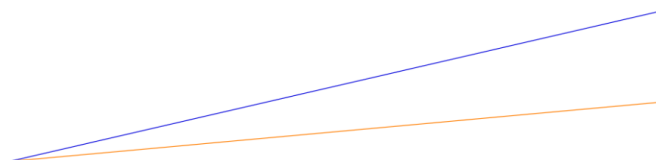
Figura 68: Comparação entre as superelevações na curva 14 para o raio de 138,01m.



Na curva 15 representada pela Figura 69 e Figura 70 também apresentam valores positivos, como comentados e demonstrados na Tabela 13. Entretanto, a diferença de altura entre as duas avaliações de superelevações varia entre 1,5m a 2,10m, sendo este um resultado

que também necessita ser avaliado de forma mais minuciosa, sendo um valor considerável para a necessidade de uma reforma provisória ou até mesmo permanente na geometria da pista.

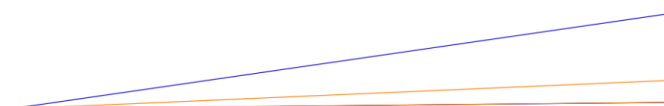
Figura 69: Comparação entre as superelevações na curva 15 para o raio de 139,67m.



Curva 15; Raio = 139,67

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 70: Comparação entre as superelevações na curva 15 para o raio de 196,13m.



Curva 15; Raio = 196,13

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Por fim, a última curva do circuito representada pela Figura 71, traz um resultado positivo e com pouca variação de altitude entre as comparações das superelevações.

Figura 71: Comparação entre as superelevações na curva 16 para o raio de 339,71m.



Curva 16; Raio = 339,71

Fonte: Autoria Própria, 2022.

5.3. COMPARAÇÃO ENTRE A SUPERELEVÇÃO ADOTADA PARA O CIRCUITO E A DO FÓRMULA 1 DE 2019

No tópico anterior foi analisada a superelevação adotada para o circuito com os resultados obtidos para um veículo de Fórmula 1 do ano de 2012. Neste tópico será realizado a mesma análise, mas desta vez com os resultados de superelevações obtidos com as velocidades do piloto Nico Hulkenberg no mesmo autódromo durante a temporada 2019. Tais resultados estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14: Comparação entre as superelevações obtidas.

SETOR	CURVA	RAIO (m)	SUPERELEVACÃO (m/m)
1	CURVA 1	112,39	0,043
		43,66	0,172
		34,09	0,105
	CURVA 2	30,71	-0,135
	CURVA 3	96,37	0,163
		216,93	0,073
		125,32	0,045
		233,95	0,000
2	CURVA 4	57,13	-0,116
		41,75	-0,048
		125,82	-0,027
	CURVA 5	120,8	-0,010
	CURVA 6	74,19	-0,404
		107,09	-0,280
		143,47	-0,061
		64,76	-0,143
	CURVA 7	145,68	-0,031
		29,88	-0,031
	CURVA 8	45,1	-0,182
	CURVA 9	101,65	-0,264
	CURVA 10	49,32	-0,073
		23,8	-0,152
		27,02	-0,042
		35,09	-0,032
	CURVA 11	95,93	-0,015
3	CURVA 12	50,58	-0,024
		29,44	-0,124
	CURVA 13	110,49	-0,045
	CURVA 14	138,01	-0,096
	CURVA 15	139,67	-0,022
		196,13	-0,023
	CURVA 16	339,71	-0,027

Fonte: CAVALCANTE, 2016; AUTOR, 2022.

Aqui, também será dividido o circuito em setores para melhor avaliar, trazendo juntamente suas variações de alturas quando comparados os dois resultados de superelevações. Inicia-se pelo primeiro setor, representado pela Tabela 15, onde já se percebe que a maior parte do setor apresenta valores positivos, com exceção apenas da curva 2.

Tabela 15: Comparação entre as superelevações do 1º setor adotada para o circuito e a do Fórmula 1 de 2019.

SETOR	CURVA	RAIO (m)	SUPERELEVÇÃO (m/m)	Δ ALTURA EM 15 m
1	CURVA 1	112,39	0,043	0,645
		43,66	0,172	2,58
		34,09	0,105	1,575
	CURVA 2	30,71	-0,135	-2,025
	CURVA 3	96,37	0,163	2,445
		216,93	0,073	1,095
		125,32	0,045	0,675
		233,95	0	0

Fonte: CAVALCANTE, 2016; AUTOR, 2022.

Quando se observa a primeira curva, por mais que apresentem valores positivos, a variação da altura chega a 2,58m, tendendo o veículo a escorregar para a parte interna da curva. A sua representação gráfica é ilustrada na Figura 72, 73 e 74.

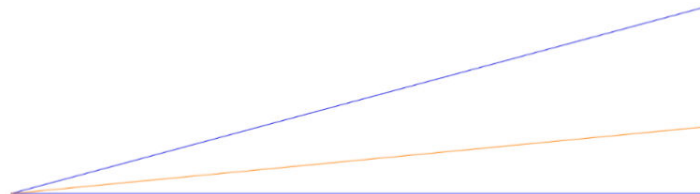
Figura 72: Comparação entre as superelevações na curva 1 para o raio de 112,39m.



Curva 1; Raio = 112,39

Fonte: Autoria Própria, 2022.

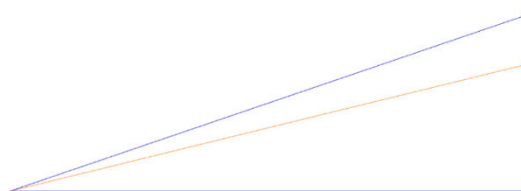
Figura 73: Comparação entre as superelevações na curva 1 para o raio de 43,66m.



Curva 1; Raio = 43,66

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 74: Comparação entre as superelevações na curva 1 para o raio de 34,09m.

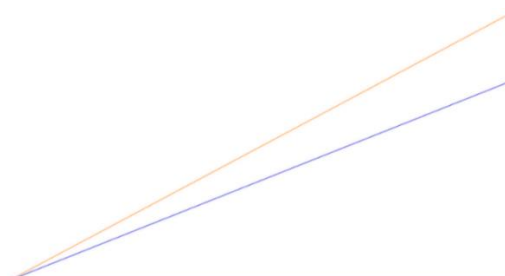


Curva 1 ; Raio = 34,09

Fonte: Autoria Própria, 2022.

A segunda curva, ilustrada pela Figura 75, é a única do primeiro setor que apresenta resultados negativos tendo também uma variação de altura considerável de 2,025m.

Figura 75: Comparação entre as superelevações na curva 2 para o raio de 30,71m.

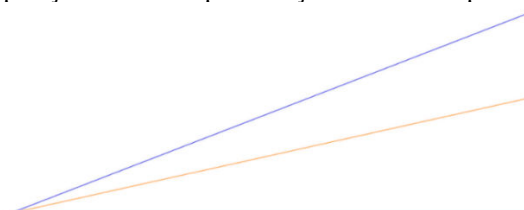


Curva 2; Raio = 30,71

Fonte: Autoria Própria, 2022.

A terceira curva apresenta resultados positivos, e uma variação máxima de altura entre as duas superelevações de 2,445mm. Para o raio de 233,95m representados na Figura 79, a tabela foi zerada, o que significa que os dois projetos são totalmente compatíveis neste ponto. Pode-se observar a comparação de ambas entre as Figuras 76,77 e 78.

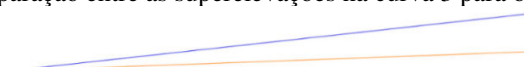
Figura 76: Comparação entre as superelevações na curva 3 para o raio de 96,37m.



Curva 3; Raio = 96,37

Fonte: Autoria Própria, 2022.

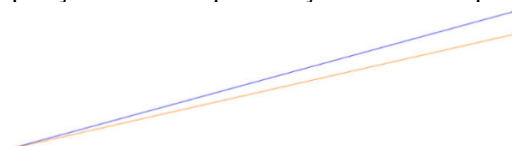
Figura 77: Comparação entre as superelevações na curva 3 para o raio de 216,93m.



Curva 3; Raio = 216,93

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 78: Comparação entre as superelevações na curva 3 para o raio de 216,93m.



Curva 3; Raio = 125,32
Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 79: Comparação entre as superelevações na curva 3 para o raio de 233,95m.



Curva 3; Raio = 233,95
Fonte: Autoria Própria, 2022.

Inicia-se aqui a análise das 8 curvas do segundo setor, onde pode-se perceber pela Tabela 15 que todos os resultados se apresentam negativos, o que resulta na atual incompatibilidade entre os dois projetos.

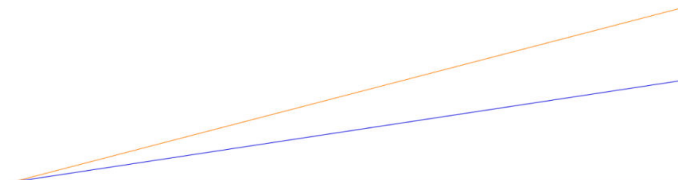
Tabela 16: Comparação entre as superelevações do 2º setor adotada para o circuito e a do Fórmula 1 de 2019.

SETOR	CURVA	RAIO (m)	SUPERELEVAÇÃO (m/m)	Δ ALTURA EM 15 m
2	CURVA 4	57,13	-0,116	-1,74
		41,75	-0,048	-0,72
		125,82	-0,027	-0,405
	CURVA 5	120,8	-0,01	-0,15
	CURVA 6	74,19	-0,404	-6,06
		107,09	-0,28	-4,2
		143,47	-0,061	-0,915
		64,76	-0,143	-2,145
	CURVA 7	145,68	-0,031	-0,465
		29,88	-0,031	-0,465
	CURVA 8	45,1	-0,182	-2,73
	CURVA 9	101,65	-0,264	-3,96
	CURVA 10	49,32	-0,073	-1,095
		23,8	-0,152	-2,28
		27,02	-0,042	-0,63
		35,09	-0,032	-0,48
	CURVA 11	95,93	-0,015	-0,225

Fonte: CAVALCANTE, 2016; AUTOR, 2022.

Na curva 4 tem-se valores negativos representados da Figura 80 a 82, com diferenças de alturas que não passam de 2m, com seu ponto máximo de 1,74m, o que pode resultar em uma análise para medidas preventivas provisórias para a segurança neste ponto. A curva 5 ilustrada na Figura 83, apresenta uma variação de altura muito pequena também, de apenas 0,15m.

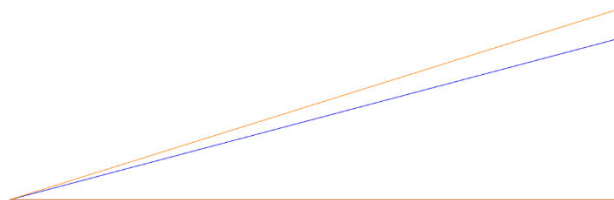
Figura 80: Comparação entre as superelevações na curva 4 para o raio de 57,13m.



Curva 4; Raio = 57,13

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 81: Comparação entre as superelevações na curva 4 para o raio de 41,75m.



Curva 4; Raio = 41,75

Fonte: Autoria Própria, 2022.

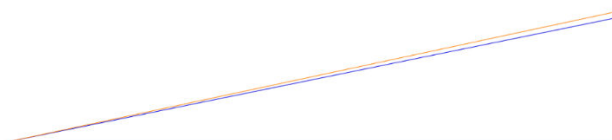
Figura 82: Comparação entre as superelevações na curva 4 para o raio de 125,82m.



Curva 4; Raio = 125,82

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 83: Comparação entre as superelevações na curva 5 para o raio de 120,8m.



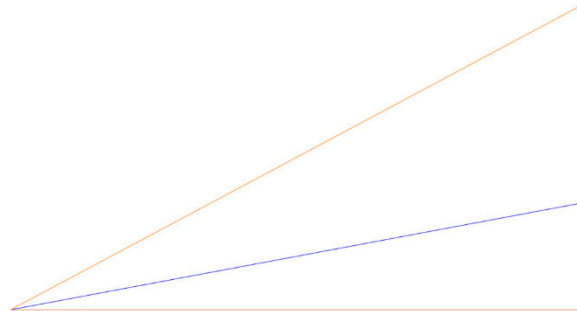
Curva 5; Raio = 120,8

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Na curva 6 é onde se encontra a maior variação de altura do circuito entre os dois projetos comparados, chegando a 6,06m e outras variações de alturas como apresentado nas figuras a seguir. Tal variação acompanhadas entre as Figuras 84, 85, 86 e 87 apresenta uma

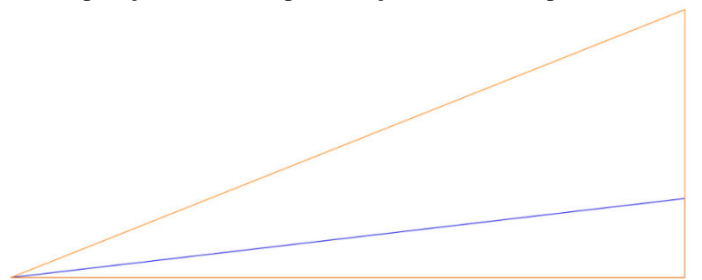
incompatibilidade entre a capacidade oferecida do autódromo e a necessária para a atender o veículo com segurança que necessitaria de uma reforma local para amenizar tamanha variação, aconselhando que seja uma reforma permanente para a segurança do veículo neste circuito.

Figura 84: Comparação entre as superelevações na curva 6 para o raio de 74,19m.



Curva 6; Raio = 74,19
Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 85: Comparação entre as superelevações na curva 6 para o raio de 107,09m.



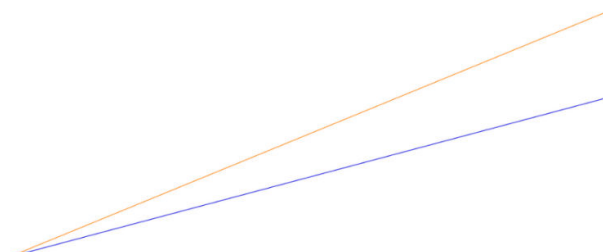
Curva 6; Raio = 107,09
Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 86: Comparação entre as superelevações na curva 6 para o raio de 143,47m.



Curva 6; Raio = 143,47
Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 87: Comparação entre as superelevações na curva 6 para o raio de 64,76m.



Curva 6; Raio = 64,76
Fonte: Autoria Própria, 2022.

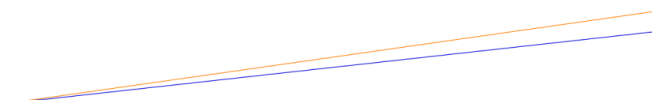
A Figura 88 e a Figura 89 apresentam os dois resultados para os raios referentes à curva 7, que apresenta pequenas variações entre ambos os projetos.

Figura 88: Comparação entre as superelevações na curva 7 para o raio de 145,68m.



Curva 7; Raio = 145,68
Fonte: Autoria Própria, 2022.

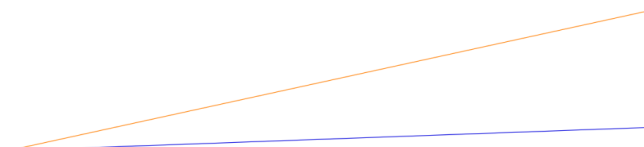
Figura 89: Comparação entre as superelevações na curva 7 para o raio de 29,88m.



Curva 7; Raio = 29,88
Fonte: Autoria Própria, 2022.

A curva 8 ilustrada na Figura 90, além de apresentar resultados negativos, também apresenta uma diferença de altura significativa de 2,73m, ao qual já se pode considerar uma alta variação, com necessidades de avaliações mais a fundo para medidas de reformas por demonstrar tamanha incompatibilidade.

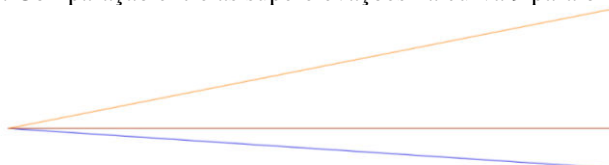
Figura 90: Comparação entre as superelevações na curva 8 para o raio de 45,1m.



Curva 8; Raio = 45,1
Fonte: Autoria Própria, 2022.

A curva 9 também apresenta um alto valor na variação de altura entre os dois projetos de superelevação de 3,96m, apresentados na Figura 91.

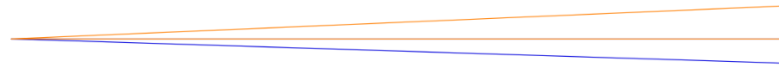
Figura 91: Comparação entre as superelevações na curva 9 para o raio de 101,65m.



Curva 9; Raio = 101,65
Fonte: Autoria Própria, 2022.

A curva 10, representada da Figura 92 a Figura 95, tem uma variação de altura que vai de 48cm a 2,28m.

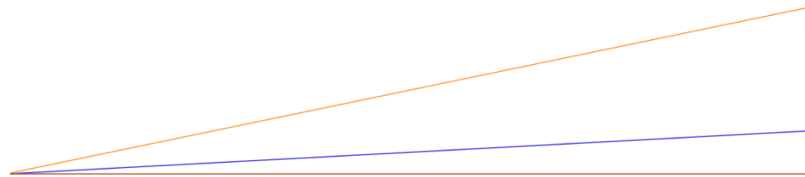
Figura 92: Comparação entre as superelevações na curva 10 para o raio de 49,32m.



Curva 10; Raio = 49,32

Fonte: Autoria Própria, 2022.

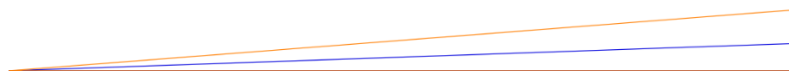
Figura 93: Comparação entre as superelevações na curva 10 para o raio de 23,8m.



Curva 10; Raio = 23,8

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 94: Comparação entre as superelevações na curva 10 para o raio de 27,02m.



Curva 10; Raio = 27,02

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 95: Comparação entre as superelevações na curva 10 para o raio de 35,09m.

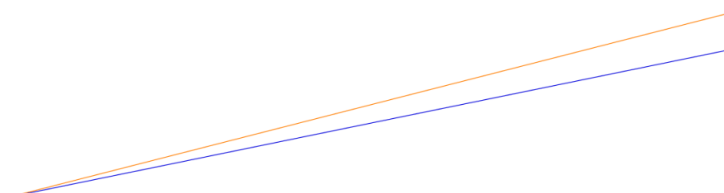


Curva 10; Raio = 35,09

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Para finalizar o segundo setor, tem-se a curva 11 ilustrada na Figura 96, com uma diferença entre os projetos de 0,015m/m, ou seja, uma diferença de 22cm e meio.

Figura 96: Comparação entre as superelevações na curva 11 para o raio de 95,93m.



Curva 11; Raio = 95,93

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Iniciando o terceiro setor, representado pela Tabela 17, percebe-se que assim como o segundo setor, todos os resultados foram negativos entre os projetos de superelevações comparados.

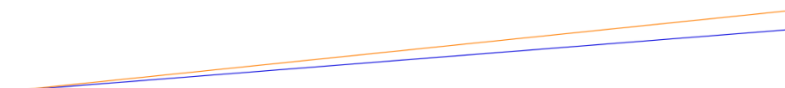
Tabela 17: Comparação entre as superelevações do 3º setor adotada para o circuito e a do Fórmula 1 de 2019.

SETOR	CURVA	RAIO (m)	SUPERELEVÇÃO (m/m)	Δ ALTURA EM 15 m
3	CURVA 12	50,58	-0,024	-0,36
		29,44	-0,124	-1,86
	CURVA 13	110,49	-0,045	-0,675
	CURVA 14	138,01	-0,096	-1,44
	CURVA 15	139,67	-0,022	-0,33
		196,13	-0,023	-0,345
	CURVA 16	339,71	-0,027	-0,405

Fonte: CAVALCANTE, 2016; AUTOR, 2022.

As Figuras 97 e 98 a seguir representam a curva 12 com uma altitude discordante que vai de 0,36m a 1,86m.

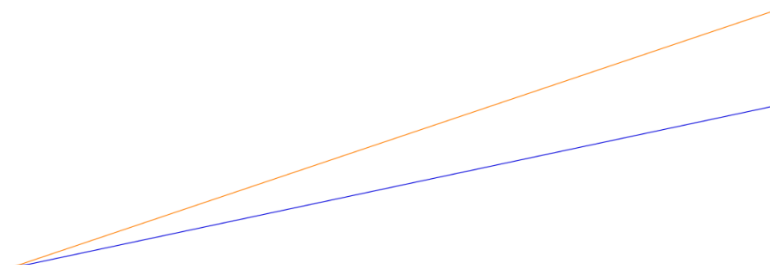
Figura 97: Comparação entre as superelevações na curva 12 para o raio de 50,58m.



Curva 12; Raio = 50,58

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 98: Comparação entre as superelevações na curva 12 para o raio de 29,44m.

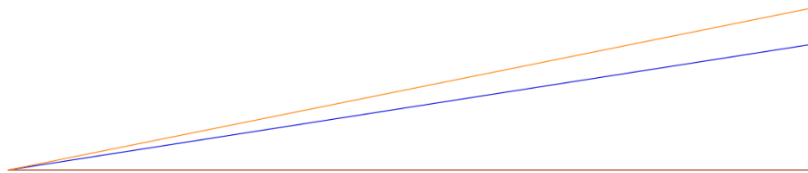


Curva 12; Raio = 29,44

Fonte: Autoria Própria, 2022.

A curva 13, como ilustrado na Figura 99 apresenta uma divergência entre os projetos de 0,045m/m em sua superelevação e 67,5 centímetros na altitude. Já a curva 14 exibe um valor um pouco mais alto de 0,096 m/m e 1,44m.

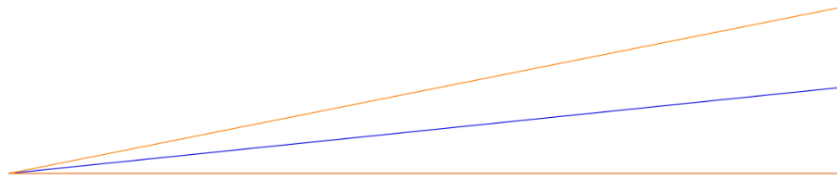
Figura 99: Comparação entre as superelevações na curva 13 para o raio de 110,49m.



Curva 13; Raio = 110,49

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 100: Comparação entre as superelevações na curva 14 para o raio de 138,01m.

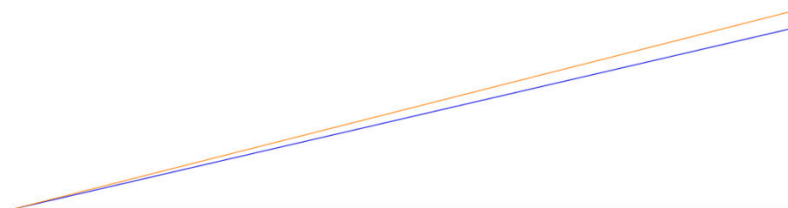


Curva 14; Raio = 138,01

Fonte: Autoria Própria, 2022.

As curvas 15 e 16, respectivamente representadas pelas Figuras 101, 102 e 103, quando comparadas neste segundo exemplo, apresentam valores de superelevação considerados demasiadamente baixos, variando entre 30 e 40cm.

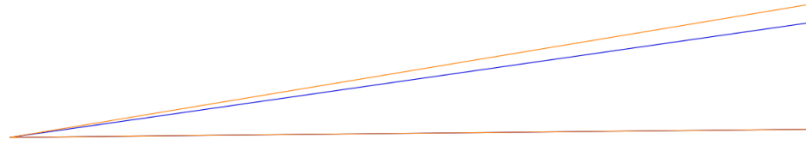
Figura 101: Comparação entre as superelevações na curva 15 para o raio de 139,67m.



Curva 15; Raio = 139,67

Fonte: Autoria Própria, 2022.

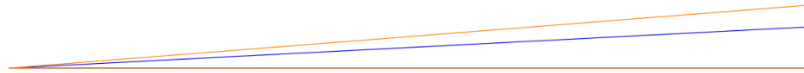
Figura102: Comparação entre as superelevações na curva 15 para o raio de 196,13.



Curva 15; Raio = 196,13

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 103: Comparação entre as superelevações na curva 16 para o raio de 339,71.



Curva 16; Raio = 339,71

Fonte: Autoria Própria, 2022.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao concluir este trabalho pode-se obter um banco de dados com informações sobre o autódromo José Carlos Pace, como também no tocante a categoria da Fórmula 1, que foi utilizada para exemplificar a importância deste tipo de avaliação.

É importante salientar que os valores de superelevações adotados aqui para o autódromo é o mais próximo possível do valor real que se conseguiu calcular com as velocidades divulgadas pelo autódromo. Como também, os resultados das velocidades podem conter erros de pilotagem.

Quando se comparou os valores de superelevações adotados para o autódromo juntamente com valores obtidos após se calcular as superelevações com as velocidades dos veículos de Fórmula 1. É nítido que ambos os projetos não são compatíveis, como se pode observar na Tabela 10 e Tabela 14, os valores de superelevações do autódromo é em sua maior parte inferior a inclinação necessária para atender com segurança as velocidades dos veículos analisados.

O resultado da comparação com o segundo exemplo demonstra incompatibilidade de superelevações e variações de alturas significativamente grandes. Tal fato pode ser entendido devido ao projeto com os valores de raios que foram analisados por Cavalcante (2016) ter sido realizada no ano de 2016 e os dados de velocidades serem referentes ao ano de 2019, uma vez que alguma reforma no traçado atual pode ter sido realizada nesse período, conseguindo adotar com mais segurança atualmente os valores do segundo exemplo.

Quando se compara os dados da Tabela 10 com a Tabela 14, pode-se observar como é consideravelmente significativa a variação de superelevações necessárias para o autódromo com relação aos dois anos escolhidos (F1 2012 e F1 2019). Se esta diferença é observada mesmo em uma comparação entre carros da mesma categoria, com *setup* ainda semelhantes e parecidos, mas de anos diferentes, entende-se que em categorias totalmente distintas com *setup* totalmente divergentes, será ainda mais elevada, corroborando ainda mais a importância deste estudo.

Nem sempre dois carros de categorias diferentes que passam pela mesma curva na mesma velocidade vão ter o mesmo desempenho. Primeiramente, as análises precisam ser realizadas individualmente, ou seja, por cada veículo em cada categoria, para a compreensão da condição atual e real da pista. Em seguida, é necessário unificar os estudos numa avaliação conjunta e completa, garantindo que as informações obtidas no tocante a geometria do circuito e as velocidades dos veículos, possam resultar no entendimento global das superelevações.

Uma mesma geometria de pista não será sempre 100% segura para todos os veículos que nela competem. O estudo e análise não se direciona para favorecer uma categoria específica, mas sim, estudar o comportamento de cada uma na pista e adaptar a geometria de forma a amenizar as categorias mais afetadas pela diferença entre as superelevações, em uma análise ótima, aumentando assim a segurança e confiabilidade do traçado.

As duas análises, tanto da pista como dos veículos, precisam andar lado a lado e serem avaliadas juntas, o que comumente não é feito. Não adianta construir uma pista incrível se nenhum carro consegue completar uma volta rápida nela, da mesma forma, não adianta fazer um carro sensacional, leve, super veloz se este corre riscos de segurança no percurso do circuito. Ambos precisam ser avaliados juntos.

7. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho se trata de um estudo de superelevação de uma pista de corrida no tocante a categorias específicas e pode ser implementado para diversas outras infraestruturas de pistas/autódromos, categorias automobilísticas, incluindo diferentes tipos de veículos nos mais diferentes níveis de competitividades. Comprovado sua eficiência das curvas do autódromo de Interlagos, essa técnica poderá ter aplicação em qualquer outro cenário mediante ao acesso a dados e informações de todos os setores já comentados. Dentre as muitas finalidades do uso desse estudo, podemos recomendar o uso deste trabalho para outras atividades, onde as principais são:

7.1. COMPARAÇÃO DO RESULTADO DOS CÁLCULOS OBTIDOS COM O TRAÇADO REAL DA PISTA

Concluindo o presente trabalho, o Autódromo Jose Carlos Pace obterá então dois resultados. O primeiro destes valores será o obtido no tópico 5.3 com a obtenção dos dados geométricos e planimétricos das curvas com as velocidades da categoria, ou seja, a superelevação para a categoria específica. Já o segundo, se trata do real projeto atual do autódromo.

Os valores atuais da superelevação das curvas da pista serão comparados com os novos valores obtidos através da otimização do traçado com a aplicação dos dados específicos da categoria. Nessa análise, poderá ser identificado pontos de interferências nas curvas do traçado que indicará tanto a ineficiência da atual pista, quanto onde poderia ser potencializado seu desempenho, no tocante a conforto e segurança de pilotos e equipes, caso a estrutura apresentasse as características indicadas com o novo projeto desenvolvido.

7.2. AVALIAÇÃO DE RISCOS

Ao comparar os dois resultados, e analisa-se valores significativamente semelhantes entre ambos, comprova-se que as geometrias das curvas atuais conseguem atender as velocidades necessárias dos veículos. Entretanto, caso as observações constatem significativas divergências ou variações entre ambos, em determinados trechos do traçado, isto indicará quais pontos representam riscos e precisarão ser analisados de forma mais criteriosa para a reforma/modificação do cenário atual.

Sendo então, nesta sugestão de comparações com divergências em quaisquer aspectos do resultado anterior, a classificação de onde e quais são os prováveis riscos das curvas do autódromo analisado, onde será possível as tomadas de decisões acerca das implementações necessárias de reformulações das curvas da pista atual.

7.3. MAPA DE SEGURANÇA

Com a implementação das recomendações de melhorias da pista depois de avaliados os riscos e comprovado a compatibilidade entre as curvas da pista e a categoria, elevando com isto a segurança do autódromo, de acordo com as análises da técnica proposta, surge um mapa de segurança dessas curvaturas que garantirá que os acidente que possa vir a acontecer durante as corridas da categoria, não serão de responsabilidade do autódromo por incompatibilidade geométrica com os veículos que a utilizam.

7.4 IMPLEMENTAÇÃO EM OUTROS AUTÓDROMOS

A pesquisa foi realizada para a pista do GP de São Paulo por se tratar de um autódromo ao qual já se obtinha dados geométricos aos quais se pudesse ter como para analisar e complementá-los. Entretanto, a mesma análise pode ser realizada em qualquer autódromo, seguindo os passos e materiais necessários a fim de garantir a confiabilidade de sua segurança de suas curvas para as categorias que forem analisadas;

7.5 MUDANÇAS FUTURAS NOS REGULAMENTOS DAS CATEGORIAS

A cada ano, com as mudanças solicitadas pelas organizações para com a engenharia dos veículos, o autódromo terá condições de prever, onde e como as curvas de sua pista deverá passar por reformas ou modificações pontuais, para receber as categorias com segurança, trabalhando de forma preventiva, sem precisar esperar para os primeiros treinos livres apreensivos para remediar qualquer acidente que venha a acontecer.

Tanto a FIA, como qualquer outra organização automobilística, poderá utilizar desta nova técnica para garantir que as curvas de outros autódromos possam ser analisadas, para certificação da capacidade de que estes estarão aptos a receber suas categorias com segurança, trabalhando assim com a prevenção de novos acidentes e não com a remediação dos mesmos.

REFERÊNCIAS

- AUTORACING. *Mortes em Interlagos* (20 de abril de 2011). Acesso em 18 de Novembro de 2021. Disponível em [autoracing.com.br: <https://www.autoracing.com.br/interlagos-14-mortes-desde-1940/>](https://www.autoracing.com.br/interlagos-14-mortes-desde-1940/).
- AUTORACING. (8 de 8 de 2014). *F1 – Veja a telemetria real da Ferrari na Hungria*. Acesso em 2021. Disponível em AutoRacing: [<https://www.autoracing.com.br/f1-veja-a-telemetria-real-da-ferrari-na-hungria/>](https://www.autoracing.com.br/f1-veja-a-telemetria-real-da-ferrari-na-hungria/).
- BELLIS, M. (06 de Julho de 2019). *Humanities/History&Culture*. Acesso em 16 de Novembro de 2021. Disponível em thoughtco.com: <https://www.thoughtco.com/who-invented-the-car-4059932>.
- BORGES, P. A. (2018). *Complexo automobilístico: requalificação do. Universidade tecnológica federal do paraná, departamento acad mico de arquitetura e urbanismo. Curitiba: curso de arquitetura e urbanismo*. Acesso em 06 de Novembro de 2021. Disponível em http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7640/1/CT_DEAAU_2018_2_26.pdf.
- CABRAL, Wendel S. (2021). *Aula de Estradas I*. Universidade Federal Rural do Semiárido - UFERSA. Acessado em 28 de abril de 2022.
- CAVALCANTE, K. W. (2016). *Análise dos parâmetros planimétricos dp circuito de interlagos*. Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. João Pessoa: Centro de Tecnologia. Acesso em 06 de Novembro de 2021. Disponível em <http://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/2015.2/analise-dos-parametros-planimetricos-do-circuito-de-interlagos.pdf>.
- CBA. (2022). *Código desportivo do automobilismo - cda 2022*. Acesso em 04 de Abriu de 2022. Disponível em <https://www.cba.org.br/downloads/listar/157/0/codigo-desportivo>.
- CODEMASTERS. (15 de Julho de 2020). *forums.codemasters.com*. Acesso em 18 de Novembro de 2021. Disponível em [codemasters: <https://forums.codemasters.com/topic/56716-telemetry-software-pxg-f1-telemetry/>](https://forums.codemasters.com/topic/56716-telemetry-software-pxg-f1-telemetry/).
- COLETIVA. (09 de Fevereiro de 2004). comunicacao. Disponível em: [coletiva.net: <https://www.coletiva.net/comunicacao/gauchos-assinam-livro-sobre-interlagos,193643.jhtml>](https://www.coletiva.net/comunicacao/gauchos-assinam-livro-sobre-interlagos,193643.jhtml).
- DEVIDE, (davidecarblogger). (2022) . *Telemetria publicada via instagram*. Disponível em: <https://www.instagram.com/p/Ck23UtHtyXv/?igshid=MDJmNzVkMjY%3D>.
- DEUTSCH, P. (23 de Setembro de 2009). *Design of Horizontal Curves*. 27. Acesso em 18 de Novembro de 2021. Disponível em <https://www.ugpti.org/dotsc/engcenter/downloads/HorizontalCurves.pdf>.
- DNER, 1999. *Manual de projetos geométricos de Rodovias*. Ministério dos transportes, Departamento nacional de estradas de rodagem, Diretoria de desenvolvimento tecnológico. Disponível em: <

https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/pe_Goulart/Material_de_Apoio/Artigos%20Extras/Manual%20Projeto%20Geométrico%20-%20DNER.pdf>.

DNIT (2010). **Manual De Projeto Geométrico De Travessias Urbanas**. Ministério Dos Transportes. Departamento Nacional De Infraestrutura E Transportes. Diretoria Geral. Diretoria Executiva. Instituto De Pesquisas Rodoviárias. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/740_manual_projetos_geometricos_travessias_urbanas.pdf>.

ENGENHARIA, Nivelando. (publicado em 1 de Março de 2020). Acessado em 21 de Novembro de 2022. **Império Endurance Brasil: um guia das categorias**. Disponível em :< <https://nivelandoaengenharia.com.br/pt/blog/2020/03/01/imperio-endurance-brasil-um-guia-das-categorias/>>.

ESPORTIVIDADE. (29 de Outubro de 2015). **Evento - Mapa de Interlagos**. Acesso em 9 de Novembro de 2021. Disponível em [esportividade.com.br: <https://www.esportividade.com.br/evento/stock-car-12a-etapa-de-2015/mapa-localizacao-interlagos-2015/>](https://www.esportividade.com.br/evento/stock-car-12a-etapa-de-2015/mapa-localizacao-interlagos-2015/).

FEIX, E. (1012). **Conexões Automobilísticas de Gilberto Lehnen: Esporte e Jornalismo entre a Década de 1950 e 1960**. Trabalho de Conclusão de Curso, Jornalismo. Acesso em 18 de Novembro de 2021. Disponível em <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/93373/000913875.pdf?sequence=1>>.

F1 (2019). **Autódromo Jose Carlos Pace**. Fórmula1.com. Disponível em <<https://www.formula1.com/en/latest/article.watch-nico-hulkenbergs-autodromo-jose-carlos-pace-circuit-guide.14hXg68N6pEPbhdYE5NhEB.html>>.

F1, Grande Prêmio de São Paulo (2022). **Circuito**. Acessado em Fevereiro de 2022. Disponível em: < <https://f1saopaulo.com.br/>>

FIA (2022). Grande Prêmio do **Brasil - Mapa do Circuito**. Acessado em 21 de Agosto de 2022. Disponível em: < <https://www.fia.com/events/fia-formula-one-world-championship/season-2014/brazilian-grand-prix-circuit-map>>.

FIA - Federação Internacional de Automobilismo. (2022). **Annexe k au code sportif international - appendix k to the international sporting code**. Acesso em 01 de Julho de 2022. Disponível em <https://historicdb.fia.com/sites/default/files/regulations/1657179349/2022_appendix_k_full_yearbook_web_20220701.pdf>.

FIA. (2000). **Apêndice J para o código internacional de esportes - 2001**. (34 ed., Vol. 6). (F. I. Automobilismo, Ed.) Fédération Internationale de l'Automobile. Acesso em 08 de Novembro de 2021. Disponível em <https://historicdb.fia.com/sites/default/files/regulations/1440586352/appendix_j_2001_low.pdf>.

FIA. (2016). **Código Esportivo Internaciona**. Acesso em 8 de janeiro de 2022. Disponível em < <https://docplayer.com.br/84022153-Codigo-desportivo-internacional-da-fia.html><.

FIA. (2021). *Annexe a au code sportif international - appendix a to the international sporting code*. (federação internacional de automobilismo, ed.) Acesso em 08 de Novembro de 2022. Disponível em <<https://www.fia.com/fr/regulation/category/123>>.

FILHO, G. P. (1998). *Estradas de rodagem: projeto geométrico*. São Carlos - São Paulo: Câmera Brasileira do Livro. Acesso em 4 de Abiu de 2022. Disponível em <https://www.academia.edu/34684124/Livro_Estradas_de_Rodagem_Projeto_geom%C3%A9trico_Glauco_Pontes_Filho>.

HAUSER, J. (28 de Agosto de 2011). *Projection Operator Strategies for Trajectory Optimization: Application to Cooperative Planning*. 42. Acesso em 2021. Disponível em <<http://users.isr.ist.utl.pt/~pedro/ifac2011workshop/Hauser.pdf>>.

HIDESHIMA, E. (26 de Maio de 2019). *Motovelocidade*. Acesso em 16 de Novembro de 2021. Disponível em [ge.globo.com: <https://ge.globo.com/motor/motovelocidade/noticia/piloto-da-superbike-morre-apos-grave-acidente-em-interlagos.ghtml>](https://ge.globo.com/motor/motovelocidade/noticia/piloto-da-superbike-morre-apos-grave-acidente-em-interlagos.ghtml).

INTERLAGOS. (s.d.). *Conheça Interlagos*. Acesso em 14 de Novembro de 2021. Disponível em [autodromodeinterlagos.com.br: <https://autodromodeinterlagos.com.br/conheca-interlagos/historia/>](https://autodromodeinterlagos.com.br/conheca-interlagos/historia/).

INTERLAGOS (2022). *Circuito*. Acesso em 14 de Novembro de 2022. Disponível em: <<https://autodromodeinterlagos.com.br>>.

INTERLAGOS (2021). Regulamentos. Acessado em dezembro de 2021. Disponível em: <<https://interlagosmotorclub.com.br/>>.

LOPES, E. E. (2009). Proposta metodológica para validação de imagens de alta resolução do google earth para a produção de mapas. *Dissertação (Mestrado)*, p. 9. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/92563/276060.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.

LOPES, R. (19 de Fevereiro de 2022). *motor/noticia*. Acesso em 22 de Fevereiro de 2022. Disponível em [ge.globo.com: <https://ge.globo.com/motor/noticia/2022/02/19/cratera-em-trecho-de-interlagos-da-susto-em-pilotos-neste-sabado.ghtml>](https://ge.globo.com/motor/noticia/2022/02/19/cratera-em-trecho-de-interlagos-da-susto-em-pilotos-neste-sabado.ghtml).

MANZATO, G. G. (s.d.). *Curvas horizontais com transição, engenharia civil*. Departamentos 343. Curso de Engenharia Civil. 31 páginas. Disponível em: <https://www.feb.unesp.br/Home/Departamentos343/EngenhariaCivil/gustavogarciamanzato/a4_curvatransicao.pdf>.

MANZOLI, A. (Setembro de 2014). *Projeto de Estradas*. 77. Acesso em 2022. Disponível em <<https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2014/09/aula6.pdf>>.

M. F1. (s.d.). *maxf1.ne. F1 Brazilian*. Acesso em 2022. Disponível em <<https://maxf1.net/en/2022-f1-schedule/brazilian-gp/>>.

PASTANA, C. E.; & LIMA, M. L. (2012). *Curvas Horizontais Circulares*. Ceará, Pavimentos, Estradas 1. Acesso em 2021. Disponível em

<http://www.projeta.com.br/imagens_arquivos/artigos/files/arquivos/200794/%23200794-PAV%20I%20-%20AULA%2012-Determinacao%20do%20Rmin.pdf>.

PAULO, G. d. (s.d.). *Fórmula 1 GP de São Paulo*. Disponível em: <<https://f1saopaulo.com.br/o-circuito/>>.

PEREIRA, D. M.; FRANCO, E. J.; RATTON, E. BLASI, G. F.; PEREIRA, M. d.; & FILHO., W. K. (2015.). *Projeto Geométrico de Rodovias*. UFPR, Departamento De Transportes - Engenharia Civil, Paraná. Acesso em 12 de Janeiro de 2022. Disponível em <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6685242/mod_resource/content/1/UFPR_Apostila%20PROJETO%20GEOM%C3%89TRICO%202015%20-%20revisada%20final.pdf>.

PESSOA, R. S. (s.d.). *Otimização de Pistas de Corrida – Curva de Entrada*. Departamento de Controle e Automação. Disponível em: < https://www.puc-rio.br/ensinopesq/ccpg/pibic/relatorio_resumo2013/relatorios_pdf/ctc/MEC/MEC-Rodrigo%20Sim%C3%B5es%20Pessoa.pdf>.

PLACAR; EFE. *Fórmula 1: Ferrari ousa no vermelho em carro para 2018*. Atualizado em 29 set 2021, 09h34 - Publicado em 22 fev 2018, 13h58. Acessado em 16 de Novembro de 2022. Disponível em: < <https://placar.abril.com.br/esporte/formula-1-ferrari-ousa-no-vermelho-em-carro-para-2018/>>.

ROSA, Rodrigo de Alvarenga. (23 de 3 de 2012). *Estrada de Rodagem. Estrada de Rodagem - Curvas Concordância Horizontal - Curvas de Transição*.

SIDSPECIALSTORE. (s.d.). *Conheça a história de José Carlos Pace*. sidspecialstore.com.br. Disponível em: <<https://sidspecialstore.com.br/historia-de-jose-carlos-pace/>>.

TARNAPOLSKY, F. (19 de Fevereiro de 2022). *F1/news*. Acesso em 22 de Fevereiro de 2022. Disponível em: motorsport.uol.com.br: <<https://motorsport.uol.com.br/f1/news/cratera-se-abre-na-curva-do-laranjinha-do-circuito-de-interlagos-f-vee-mantem-etapas/8315100/>>.

UOL. (25 de Novembro de 2013). *Esporte*. Acesso em 18 de Novembro de 2021. Disponível em [folha.uol.com.br](https://www1.folha.uol.com.br): <<https://www1.folha.uol.com.br/esporte/2013/11/1376077-obras-em-interlagos-custarao-r-130-milhoes.shtml>>.

UOL. (09 de Novembro de 2020). *Esporte/Velocidade*. (UOL, Editor) Acesso em 14 de Novembro de 2021. Disponível em [uol.com.br](https://www.uol.com.br): <<https://www.uol.com.br/esporte/velocidade/ultimas-noticias/2020/11/09/alem-de-matheus-barbosa-interlagos-lista-acidentes-fatais-nos-ultimos-anos.htm>>.

ANEXO 1

SETOR	CURVA	POSIÇÃO (m)	RAIO (m)	VELOCIDADE (m/s)	COEFICIENTE (m/m)	ELEVAÇÃO (m/m)
1	CURVA 1	332	112,39	69,54844	0,11	0,229
		334	112,39	68,84599	0,11	0,222
		336	112,39	68,13629	0,11	0,215
		338	112,39	67,41912	0,11	0,208
		340	112,39	66,69424	0,11	0,202
		342	112,39	65,9614	0,11	0,195
		344	112,39	65,22032	0,11	0,188
		346	112,39	64,47072	0,11	0,181
		348	112,39	63,71231	0,11	0,174
		350	112,39	62,94475	0,11	0,168
		352	112,39	62,16772	0,11	0,161
		354	112,39	61,38086	0,11	0,154
		356	112,39	60,58378	0,11	0,147
		358	112,39	59,77607	0,11	0,140
		360	112,39	58,95729	0,11	0,134
		362	112,39	58,12698	0,11	0,127
		364	112,39	57,28464	0,11	0,120
		366	112,39	56,42973	0,11	0,113
		368	43,66	55,56166	0,11	0,447
		370	43,66	54,67981	0,11	0,429
		372	43,66	53,78351	0,11	0,412
		374	43,66	52,87202	0,11	0,394
		376	43,66	51,94453	0,11	0,377
		378	43,66	51,00018	0,11	0,359
		380	43,66	50,03801	0,11	0,342
		382	43,66	49,05697	0,11	0,324
		384	43,66	48,0559	0,11	0,306
		386	43,66	47,03354	0,11	0,289
		388	43,66	45,98846	0,11	0,271
		390	43,66	44,91906	0,11	0,254
		392	43,66	43,82358	0,11	0,236
		394	43,66	42,7	0,11	0,219
		396	34,09	41,54605	0,11	0,289

		398	34,09	40,35911	0,11	0,266
		400	34,09	39,1362	0,11	0,244
		402	34,09	37,87382	0,11	0,221
		404	34,09	36,56788	0,11	0,199
		406	34,09	35,21355	0,11	0,176
		408	34,09	33,805	0,11	0,154
		410	34,09	32,33515	0,11	0,132
		412	34,09	30,79523	0,11	0,109
		414	34,09	29,16667	0,11	0,086
		416	34,09	29,54141	0,11	0,092
		418	34,09	29,91145	0,11	0,097
		420	34,09	30,27697	0,11	0,102
		422	34,09	30,63812	0,11	0,107
		424	34,09	30,99507	0,11	0,112
		426	34,09	31,34796	0,11	0,117
		428	34,09	31,69692	0,11	0,122
		430	34,09	32,04208	0,11	0,127
		432	34,09	32,38356	0,11	0,132
		434	34,09	32,72147	0,11	0,137
1	CURVA 2	476	30,71	39,14964	0,11	0,283
		478	30,71	39,42962	0,11	0,289
		480	30,71	39,70761	0,11	0,294
		482	30,71	39,98368	0,11	0,300
		484	30,71	40,25785	0,11	0,306
		486	30,71	40,53017	0,11	0,311
		488	30,71	40,80067	0,11	0,317
		490	30,71	41,06939	0,11	0,322
		492	30,71	41,33636	0,11	0,328
		494	30,71	41,60162	0,11	0,334
		496	30,71	41,8652	0,11	0,339
		498	30,71	42,12712	0,11	0,345
		500	30,71	42,38743	0,11	0,351
		502	30,71	42,64616	0,11	0,356
		504	30,71	42,90332	0,11	0,362
		506	30,71	43,15895	0,11	0,368

		508	30,71	43,41307	0,11	0,373
		510	30,71	43,66571	0,11	0,379
		512	30,71	43,91691	0,11	0,385
		514	30,71	44,16667	0,11	0,390
		516	30,71	44,41503	0,11	0,396
1	CURVA 3	576	96,37	52,21393	0,11	0,113
		578	96,37	52,45393	0,11	0,115
		580	96,37	52,69283	0,11	0,117
		582	96,37	52,93066	0,11	0,119
		584	96,37	53,16742	0,11	0,121
		586	96,37	53,40313	0,11	0,123
		588	96,37	53,63781	0,11	0,125
		590	96,37	53,87146	0,11	0,127
		592	96,37	54,10411	0,11	0,129
		594	96,37	54,33576	0,11	0,131
		596	96,37	54,56642	0,11	0,133
		598	96,37	54,79612	0,11	0,135
		600	96,37	55,02485	0,11	0,137
		602	96,37	55,25264	0,11	0,139
		604	96,37	55,4795	0,11	0,141
		606	96,37	55,70543	0,11	0,144
		608	96,37	55,93044	0,11	0,146
		610	96,37	56,15456	0,11	0,148
		612	96,37	56,37778	0,11	0,150
		614	96,37	56,60013	0,11	0,152
		616	96,37	56,8216	0,11	0,154
		618	96,37	57,04222	0,11	0,156
		620	96,37	57,26198	0,11	0,158
		622	96,37	57,48091	0,11	0,160
		624	96,37	57,699	0,11	0,162
		626	96,37	57,91627	0,11	0,164
		628	96,37	58,13273	0,11	0,166
		630	96,37	58,34839	0,11	0,168
		632	96,37	58,56325	0,11	0,170
		634	96,37	58,77733	0,11	0,172

	636	96,37	58,99063	0,11	0,174
	638	96,37	59,20316	0,11	0,176
	640	216,93	59,41494	0,11	0,018
	642	216,93	59,62596	0,11	0,019
	644	216,93	59,83623	0,11	0,020
	646	216,93	60,04577	0,11	0,021
	648	216,93	60,25458	0,11	0,022
	650	216,93	60,46267	0,11	0,023
	652	216,93	60,67005	0,11	0,024
	654	216,93	60,87672	0,11	0,025
	656	216,93	61,08269	0,11	0,025
	658	216,93	61,28796	0,11	0,026
	660	216,93	61,49256	0,11	0,027
	662	216,93	61,69647	0,11	0,028
	664	216,93	61,89971	0,11	0,029
	666	216,93	62,10229	0,11	0,030
	668	216,93	62,30421	0,11	0,031
	670	216,93	62,50548	0,11	0,032
	672	216,93	62,7061	0,11	0,033
	674	216,93	62,90608	0,11	0,034
	676	216,93	63,10542	0,11	0,035
	678	216,93	63,30414	0,11	0,035
	680	216,93	63,50224	0,11	0,036
	682	216,93	63,69972	0,11	0,037
	684	216,93	63,89659	0,11	0,038
	686	216,93	64,09286	0,11	0,039
	688	216,93	64,28853	0,11	0,040
	690	216,93	64,4836	0,11	0,041
	692	216,93	64,67808	0,11	0,042
	694	216,93	64,87199	0,11	0,043
	696	125,32	65,06531	0,11	0,156
	698	125,32	65,25806	0,11	0,158
	700	125,32	65,45025	0,11	0,159
	702	125,32	65,64187	0,11	0,161
	704	125,32	65,83293	0,11	0,162

		706	125,32	66,02344	0,11	0,164
		708	125,32	66,2134	0,11	0,165
		710	125,32	66,40282	0,11	0,167
		712	125,32	66,5917	0,11	0,169
		714	125,32	66,78005	0,11	0,170
		716	125,32	66,96786	0,11	0,172
		718	125,32	67,15515	0,11	0,173
		720	125,32	67,34192	0,11	0,175
		722	125,32	67,52818	0,11	0,177
		724	125,32	67,71392	0,11	0,178
		726	125,32	67,89915	0,11	0,180
		728	125,32	68,08388	0,11	0,181
		730	125,32	68,26811	0,11	0,183
		732	125,32	68,45184	0,11	0,184
		734	125,32	68,63508	0,11	0,186
		736	125,32	68,81784	0,11	0,188
		738	125,32	69,00011	0,11	0,189
		740	125,32	69,1819	0,11	0,191
		742	125,32	69,36321	0,11	0,192
		744	125,32	69,54405	0,11	0,194
		746	125,32	69,72442	0,11	0,195
		748	125,32	69,90432	0,11	0,197
		750	125,32	70,08377	0,11	0,199
		752	125,32	70,26275	0,11	0,200
		754	125,32	70,44129	0,11	0,202
		756	125,32	70,61936	0,11	0,203
		758	125,32	70,797	0,11	0,205
		760	125,32	70,97418	0,11	0,207
		762	125,32	71,15093	0,11	0,208
		764	125,32	71,32724	0,11	0,210
		766	233,95	71,50311	0,11	0,062
		768	233,95	71,67855	0,11	0,063
		770	233,95	71,85356	0,11	0,064
		772	233,95	72,02815	0,11	0,065
		774	233,95	72,20232	0,11	0,065

		776	233,95	72,37606	0,11	0,066
		778	233,95	72,54939	0,11	0,067
		780	233,95	72,72231	0,11	0,068
		782	233,95	72,89482	0,11	0,069
		784	233,95	73,06692	0,11	0,070
		786	233,95	73,23861	0,11	0,071
		788	233,95	73,40991	0,11	0,071
		790	233,95	73,5808	0,11	0,072
		792	233,95	73,7513	0,11	0,073
		794	233,95	73,92141	0,11	0,074
		796	233,95	74,09112	0,11	0,075
		798	233,95	74,26045	0,11	0,076
		800	233,95	74,42939	0,11	0,076
		802	233,95	74,59795	0,11	0,077
		804	233,95	74,76613	0,11	0,078
		806	233,95	74,93394	0,11	0,079
		808	233,95	75,10136	0,11	0,080
		810	233,95	75,26842	0,11	0,081
		812	233,95	75,4351	0,11	0,082
		814	233,95	75,60142	0,11	0,082
		816	233,95	75,76737	0,11	0,083
		818	233,95	75,93296	0,11	0,084
		820	233,95	76,09819	0,11	0,085
		822	233,95	76,26306	0,11	0,086
		824	233,95	76,42758	0,11	0,087
		826	233,95	76,59174	0,11	0,087
		828	233,95	76,75555	0,11	0,088
		830	233,95	76,91901	0,11	0,089
		832	233,95	77,08213	0,11	0,090
		834	233,95	77,2449	0,11	0,091
		836	233,95	77,40733	0,11	0,092
		838	233,95	77,56942	0,11	0,093
		840	233,95	77,73117	0,11	0,093
2	CURVA 4	1426	57,13	64,69756	0,11	0,467
		1428	57,13	64,00793	0,11	0,455

	1430	57,13	63,31078	0,11	0,442
	1432	57,13	62,60587	0,11	0,430
	1434	57,13	61,89293	0,11	0,418
	1436	57,13	61,17168	0,11	0,406
	1438	57,13	60,44183	0,11	0,394
	1440	57,13	59,70305	0,11	0,381
	1442	57,13	58,95502	0,11	0,369
	1444	57,13	58,19738	0,11	0,357
	1446	57,13	57,42974	0,11	0,345
	1448	57,13	56,6517	0,11	0,332
	1450	57,13	55,86282	0,11	0,320
	1452	57,13	55,06264	0,11	0,308
	1454	57,13	54,25066	0,11	0,296
	1456	57,13	53,42635	0,11	0,283
	1458	57,13	52,58911	0,11	0,271
	1460	57,13	51,73833	0,11	0,259
	1462	57,13	50,87332	0,11	0,247
	1464	57,13	49,99335	0,11	0,234
	1466	57,13	49,0976	0,11	0,222
	1468	57,13	48,18521	0,11	0,210
	1470	57,13	47,25521	0,11	0,198
	1472	41,75	46,30653	0,11	0,294
	1474	41,75	45,338	0,11	0,278
	1476	41,75	44,34833	0,11	0,261
	1478	41,75	44,6723	0,11	0,266
	1480	41,75	44,99394	0,11	0,272
	1482	41,75	45,31329	0,11	0,277
	1484	41,75	45,63041	0,11	0,283
	1486	41,75	45,94534	0,11	0,288
	1488	41,75	46,25813	0,11	0,294
	1490	41,75	46,56882	0,11	0,299
	1492	41,75	46,87744	0,11	0,304
	1494	41,75	47,18405	0,11	0,310
	1496	41,75	47,48868	0,11	0,315
	1498	125,82	47,79137	0,11	0,033

		1500	125,82	48,09215	0,11	0,035
		1502	125,82	48,39106	0,11	0,037
		1504	125,82	48,68814	0,11	0,038
		1506	125,82	48,98341	0,11	0,040
		1508	125,82	49,27692	0,11	0,042
		1510	125,82	49,56869	0,11	0,044
		1512	125,82	49,85875	0,11	0,046
		1514	125,82	50,14713	0,11	0,047
		1516	125,82	50,43386	0,11	0,049
		1518	125,82	50,71898	0,11	0,051
		1520	125,82	51,0025	0,11	0,053
		1522	125,82	51,28445	0,11	0,055
	CURVA 5	1586	120,8	59,60683	0,11	0,122
		1588	120,8	59,84826	0,11	0,123
		1590	120,8	60,08872	0,11	0,125
		1592	120,8	60,32822	0,11	0,127
		1594	120,8	60,56678	0,11	0,129
		1596	120,8	60,8044	0,11	0,131
		1598	120,8	61,04109	0,11	0,133
		1600	120,8	61,27687	0,11	0,135
		1602	120,8	61,51174	0,11	0,137
		1604	120,8	61,74573	0,11	0,139
		1606	120,8	61,97882	0,11	0,140
		1608	120,8	62,21105	0,11	0,142
		1610	120,8	62,44241	0,11	0,144
		1612	120,8	62,67292	0,11	0,146
		1614	120,8	62,90258	0,11	0,148
		1616	120,8	63,13141	0,11	0,150
		1618	120,8	63,35941	0,11	0,152
		1620	120,8	63,58659	0,11	0,154
		1622	120,8	63,81297	0,11	0,155
		1624	120,8	63,93039	0,11	0,156
		1626	120,8	64,0476	0,11	0,157
		1628	120,8	64,16459	0,11	0,158
		1630	120,8	64,28137	0,11	0,159

	1632	120,8	64,39794	0,11	0,160
	1634	120,8	64,5143	0,11	0,161
	1636	120,8	64,63045	0,11	0,162
	1638	120,8	64,74639	0,11	0,163
	1640	120,8	64,86212	0,11	0,164
	1642	120,8	64,97765	0,11	0,165
	1644	120,8	65,09297	0,11	0,166
	1646	120,8	65,20809	0,11	0,167
	1648	120,8	65,323	0,11	0,168
	1650	120,8	65,43772	0,11	0,169
	1652	120,8	65,55223	0,11	0,170
	1654	120,8	65,66654	0,11	0,171
	1656	120,8	65,78066	0,11	0,172
	1658	120,8	65,89457	0,11	0,173
	1660	120,8	66,00829	0,11	0,174
	1662	120,8	66,12182	0,11	0,175
	1664	120,8	66,23515	0,11	0,176
	1666	120,8	66,34828	0,11	0,177
	1668	120,8	66,46123	0,11	0,178
	1670	120,8	66,57398	0,11	0,179
	1672	120,8	66,68654	0,11	0,180
	1674	120,8	66,79891	0,11	0,181
	1676	120,8	66,9111	0,11	0,182
	1678	120,8	67,02309	0,11	0,183
	1680	120,8	67,1349	0,11	0,184
	1682	120,8	67,24652	0,11	0,185
	1684	120,8	67,35796	0,11	0,186
	1686	120,8	67,46921	0,11	0,187
	1688	120,8	67,58028	0,11	0,188
	1690	120,8	67,69117	0,11	0,189
	1692	120,8	67,80188	0,11	0,190
	1694	120,8	67,9124	0,11	0,191
	1696	120,8	68,02275	0,11	0,192
	1698	120,8	68,13292	0,11	0,193
	1700	120,8	68,24291	0,11	0,194

		1702	120,8	68,35272	0,11	0,195
		1704	120,8	68,46236	0,11	0,196
		1706	120,8	68,57182	0,11	0,196
		1708	120,8	68,68111	0,11	0,197
		1710	120,8	68,79022	0,11	0,198
		1712	120,8	68,89916	0,11	0,199
		1714	120,8	69,00793	0,11	0,200
		1716	120,8	69,11653	0,11	0,201
		1718	120,8	69,22496	0,11	0,202
		1720	120,8	69,33321	0,11	0,203
		1722	120,8	69,4413	0,11	0,204
2	CURVA 6	2048	74,19	71,90226	0,11	0,439
		2050	74,19	71,61183	0,11	0,434
		2052	74,19	71,32023	0,11	0,430
		2054	74,19	71,02742	0,11	0,425
		2056	74,19	70,73341	0,11	0,421
		2058	74,19	70,43816	0,11	0,417
		2060	74,19	70,14168	0,11	0,412
		2062	74,19	69,84393	0,11	0,408
		2064	74,19	69,54491	0,11	0,403
		2066	74,19	69,2446	0,11	0,399
		2068	74,19	68,94298	0,11	0,394
		2070	74,19	68,64004	0,11	0,390
		2072	74,19	68,33575	0,11	0,386
		2074	74,19	68,0301	0,11	0,381
		2076	74,19	67,72307	0,11	0,377
		2078	74,19	67,41465	0,11	0,372
		2080	74,19	67,1048	0,11	0,368
		2082	74,19	66,79352	0,11	0,363
		2084	74,19	66,48078	0,11	0,359
		2086	74,19	66,16657	0,11	0,355
		2088	74,19	65,85085	0,11	0,350
		2090	74,19	65,53361	0,11	0,346
		2092	74,19	65,21483	0,11	0,341
		2094	74,19	64,89449	0,11	0,337

	2096	107,09	64,57255	0,11	0,197
	2098	107,09	64,249	0,11	0,194
	2100	107,09	63,92382	0,11	0,190
	2102	107,09	63,59697	0,11	0,187
	2104	107,09	63,26843	0,11	0,184
	2106	107,09	62,93818	0,11	0,181
	2108	107,09	62,60619	0,11	0,178
	2110	107,09	62,27242	0,11	0,175
	2112	107,09	61,93686	0,11	0,172
	2114	107,09	61,59947	0,11	0,169
	2116	107,09	61,26022	0,11	0,166
	2118	107,09	60,91908	0,11	0,163
	2120	107,09	60,57602	0,11	0,160
	2122	107,09	60,23101	0,11	0,157
	2124	107,09	59,88401	0,11	0,154
	2126	107,09	59,53499	0,11	0,151
	2128	107,09	59,18391	0,11	0,148
	2130	107,09	58,83073	0,11	0,144
	2132	107,09	58,47542	0,11	0,141
	2134	107,09	58,11794	0,11	0,138
	2136	107,09	57,75824	0,11	0,135
	2138	107,09	57,39629	0,11	0,132
	2140	107,09	57,03205	0,11	0,129
	2142	107,09	56,66546	0,11	0,126
	2144	107,09	56,29649	0,11	0,123
	2146	107,09	55,92508	0,11	0,120
	2148	107,09	55,55119	0,11	0,117
	2150	107,09	55,63286	0,11	0,118
	2152	143,47	55,7144	0,11	0,060
	2154	143,47	55,79583	0,11	0,061
	2156	143,47	55,87714	0,11	0,061
	2158	143,47	55,95833	0,11	0,062
	2160	143,47	56,0394	0,11	0,062
	2162	143,47	56,12036	0,11	0,063
	2164	143,47	56,2012	0,11	0,063

	2166	143,47	56,28192	0,11	0,064
	2168	143,47	56,36253	0,11	0,064
	2170	143,47	56,44302	0,11	0,065
	2172	143,47	56,5234	0,11	0,065
	2174	143,47	56,60366	0,11	0,066
	2176	143,47	56,68381	0,11	0,066
	2178	143,47	56,76385	0,11	0,067
	2180	143,47	56,84377	0,11	0,067
	2182	143,47	56,92359	0,11	0,068
	2184	143,47	57,00329	0,11	0,068
	2186	143,47	57,08288	0,11	0,069
	2188	143,47	57,16235	0,11	0,069
	2190	143,47	57,24172	0,11	0,070
	2192	143,47	57,32098	0,11	0,070
	2194	143,47	57,40013	0,11	0,071
	2196	143,47	57,47917	0,11	0,071
	2198	143,47	57,5581	0,11	0,072
	2200	143,47	57,63692	0,11	0,072
	2202	64,76	57,71564	0,11	0,295
	2204	64,76	57,79424	0,11	0,296
	2206	64,76	57,87275	0,11	0,297
	2208	64,76	57,95114	0,11	0,298
	2210	64,76	58,02943	0,11	0,299
	2212	64,76	58,10761	0,11	0,301
	2214	64,76	58,18569	0,11	0,302
	2216	64,76	58,26366	0,11	0,303
	2218	64,76	58,34153	0,11	0,304
	2220	64,76	58,4193	0,11	0,305
	2222	64,76	58,49696	0,11	0,306
	2224	64,76	58,57452	0,11	0,307
	2226	64,76	58,65198	0,11	0,308
	2228	64,76	58,72933	0,11	0,309
	2230	64,76	58,80659	0,11	0,310
	2232	64,76	58,88374	0,11	0,312
	2234	64,76	58,96079	0,11	0,313

		2236	64,76	59,03774	0,11	0,314
		2238	64,76	59,11459	0,11	0,315
		2240	64,76	59,19134	0,11	0,316
		2242	64,76	59,26799	0,11	0,317
		2244	64,76	59,34454	0,11	0,318
		2246	64,76	59,42099	0,11	0,319
		2248	64,76	59,49735	0,11	0,320
2	CURVA 7	2348	145,68	50,08927	0,11	0,026
		2350	145,68	49,58442	0,11	0,023
		2352	145,68	49,07438	0,11	0,020
		2354	145,68	48,55898	0,11	0,017
		2356	145,68	48,03805	0,11	0,015
		2358	145,68	47,51142	0,11	0,012
		2360	145,68	46,97887	0,11	0,009
		2362	145,68	46,44023	0,11	0,007
		2364	145,68	45,89526	0,11	0,004
		2366	145,68	45,34374	0,11	0,001
		2368	145,68	44,78543	0,11	-0,002
		2370	145,68	44,22007	0,11	-0,004
		2372	145,68	43,64739	0,11	-0,007
		2374	29,88	43,06709	0,11	0,379
		2376	29,88	42,47887	0,11	0,366
		2378	29,88	41,88239	0,11	0,352
		2380	29,88	41,27729	0,11	0,339
		2382	29,88	40,66319	0,11	0,326
		2384	29,88	40,03966	0,11	0,312
		2386	29,88	39,40628	0,11	0,299
		2388	29,88	38,76254	0,11	0,286
		2390	29,88	38,10793	0,11	0,273
		2392	29,88	37,44188	0,11	0,259
		2394	28,55	36,76377	0,11	0,263
		2396	28,55	36,07291	0,11	0,249
		2398	28,55	35,36855	0,11	0,235
		2400	28,55	34,64989	0,11	0,221
		2402	28,55	33,91599	0,11	0,207

		2404	28,55	33,16587	0,11	0,193
		2406	28,55	32,39837	0,11	0,179
		2408	28,55	31,61225	0,11	0,166
		2410	28,55	30,80608	0,11	0,152
		2412	28,55	29,97824	0,11	0,138
		2414	28,55	29,12687	0,11	0,124
		2416	28,55	28,24986	0,11	0,110
		2418	28,55	27,34474	0,11	0,096
		2420	28,55	26,40861	0,11	0,082
		2422	28,55	25,43805	0,11	0,068
		2424	28,55	24,42897	0,11	0,055
		2426	28,55	25,00029	0,11	0,062
		2428	28,55	25,55885	0,11	0,070
		2430	28,55	26,10545	0,11	0,078
		2432	28,55	26,64085	0,11	0,086
		2434	28,55	27,16569	0,11	0,094
2	CURVA 8	2474	45,1	36,09397	0,11	0,117
		2476	45,1	35,90675	0,11	0,115
		2478	45,1	35,71855	0,11	0,113
		2480	45,1	35,52935	0,11	0,110
		2482	45,1	35,33914	0,11	0,108
		2484	45,1	35,1479	0,11	0,106
		2486	45,1	34,95561	0,11	0,103
		2488	45,1	34,76226	0,11	0,101
		2490	45,1	34,56783	0,11	0,099
		2492	45,1	34,37229	0,11	0,096
		2494	45,1	34,17564	0,11	0,094
		2496	45,1	33,97786	0,11	0,092
		2498	45,1	33,77891	0,11	0,089
		2500	45,1	33,57878	0,11	0,087
		2502	45,1	33,37746	0,11	0,085
		2504	45,1	33,17491	0,11	0,082
		2506	45,1	32,97112	0,11	0,080
		2508	45,1	32,76606	0,11	0,077
		2510	45,1	32,55971	0,11	0,075

	2512	45,1	32,35204	0,11	0,073
	2514	45,1	32,14303	0,11	0,070
	2516	45,1	31,93266	0,11	0,068
	2518	45,1	31,72089	0,11	0,066
	2520	45,1	31,50769	0,11	0,063
	2522	45,1	31,29304	0,11	0,061
	2524	45,1	31,07691	0,11	0,059
	2526	45,1	30,85927	0,11	0,056
	2528	45,1	30,64008	0,11	0,054
	2530	45,1	30,41931	0,11	0,052
	2532	45,1	30,19693	0,11	0,049
	2534	45,1	29,9729	0,11	0,047
	2536	45,1	29,74718	0,11	0,044
	2538	45,1	29,51973	0,11	0,042
	2540	45,1	29,29052	0,11	0,040
	2542	45,1	29,0595	0,11	0,037
	2544	45,1	28,82663	0,11	0,035
	2546	45,1	28,59186	0,11	0,033
	2548	45,1	29,09733	0,11	0,038
	2550	45,1	29,59417	0,11	0,043
	2552	45,1	30,0828	0,11	0,048
	2554	45,1	30,56362	0,11	0,053
	2556	45,1	31,03699	0,11	0,058
	2558	45,1	31,50325	0,11	0,063
	2560	45,1	31,96271	0,11	0,068
	2562	45,1	32,41565	0,11	0,073
	2564	45,1	32,86236	0,11	0,079
	2566	45,1	33,30307	0,11	0,084
	2568	45,1	33,73803	0,11	0,089
	2570	45,1	34,16745	0,11	0,094
	2572	45,1	34,59154	0,11	0,099
	2574	45,1	35,01049	0,11	0,104
	2576	45,1	35,42449	0,11	0,109
	2578	45,1	35,83371	0,11	0,114
	2580	45,1	36,2383	0,11	0,119

		2582	45,1	36,63843	0,11	0,124
		2584	45,1	37,03424	0,11	0,129
		2586	45,1	37,42586	0,11	0,135
		2588	45,1	37,81342	0,11	0,140
		2590	45,1	38,19705	0,11	0,145
		2592	45,1	38,57687	0,11	0,150
		2594	45,1	38,95298	0,11	0,155
		2596	45,1	39,3255	0,11	0,160
		2598	45,1	39,69452	0,11	0,165
		2600	45,1	40,06014	0,11	0,170
		2602	45,1	40,42245	0,11	0,175
		2604	45,1	40,78155	0,11	0,180
		2606	45,1	41,13751	0,11	0,185
		2608	45,1	41,49042	0,11	0,191
		2610	45,1	41,84035	0,11	0,196
		2612	45,1	42,18738	0,11	0,201
2	CURVA 9	2690	101,65	54,00939	0,11	0,116
		2692	101,65	54,27868	0,11	0,118
		2694	101,65	54,54663	0,11	0,120
		2696	101,65	54,81327	0,11	0,123
		2698	101,65	55,07862	0,11	0,125
		2700	101,65	55,3427	0,11	0,127
		2702	101,65	55,60553	0,11	0,130
		2704	101,65	55,86712	0,11	0,132
		2706	101,65	56,12749	0,11	0,134
		2708	101,65	56,38665	0,11	0,136
		2710	101,65	56,64463	0,11	0,139
		2712	101,65	56,90145	0,11	0,141
		2714	101,65	57,1571	0,11	0,143
		2716	101,65	57,41162	0,11	0,145
		2718	101,65	57,66502	0,11	0,148
		2720	101,65	57,91731	0,11	0,150
		2722	101,65	58,1685	0,11	0,152
		2724	101,65	58,41862	0,11	0,154
		2726	101,65	58,66766	0,11	0,157

		2728	101,65	58,91566	0,11	0,159
		2730	101,65	59,16261	0,11	0,161
		2732	101,65	59,40854	0,11	0,163
		2734	101,65	58,90513	0,11	0,159
		2736	101,65	58,39739	0,11	0,154
		2738	101,65	57,88518	0,11	0,150
		2740	101,65	57,36841	0,11	0,145
		2742	101,65	56,84694	0,11	0,140
2	CURVA 10	2792	49,32	41,74416	0,11	0,168
		2794	49,32	41,02456	0,11	0,159
		2796	49,32	40,29212	0,11	0,149
		2798	49,32	39,54611	0,11	0,140
		2800	49,32	38,78575	0,11	0,130
		2802	49,32	38,01019	0,11	0,121
		2804	49,32	37,21847	0,11	0,111
		2806	49,32	36,40954	0,11	0,102
		2808	49,32	35,58222	0,11	0,092
		2810	49,32	34,73521	0,11	0,083
		2812	49,32	33,86701	0,11	0,073
		2814	49,32	32,97597	0,11	0,064
		2816	23,8	32,06017	0,11	0,230
		2818	23,8	31,11743	0,11	0,210
		2820	23,8	30,14523	0,11	0,191
		2822	23,8	29,1406	0,11	0,171
		2824	23,8	28,10008	0,11	0,151
		2826	23,8	27,01952	0,11	0,132
		2828	23,8	25,89391	0,11	0,112
		2830	23,8	24,71709	0,11	0,092
		2832	23,8	23,48137	0,11	0,072
		2834	23,8	22,17689	0,11	0,053
		2836	27,02	22,70539	0,11	0,040
		2838	27,02	23,22186	0,11	0,047
		2840	27,02	23,72709	0,11	0,054
		2842	27,02	24,22178	0,11	0,061
		2844	27,02	24,70657	0,11	0,068

		2846	27,02	25,18203	0,11	0,075
		2848	27,02	25,64868	0,11	0,082
		2850	27,02	26,10698	0,11	0,089
		2852	27,02	26,55738	0,11	0,096
		2854	35,09	27,00027	0,11	0,054
		2856	35,09	27,43601	0,11	0,059
		2858	35,09	27,86494	0,11	0,064
		2860	35,09	28,28736	0,11	0,070
		2862	35,09	28,70356	0,11	0,075
		2864	35,09	29,11382	0,11	0,080
		2866	35,09	29,51838	0,11	0,086
		2868	35,09	29,91746	0,11	0,091
		2870	35,09	30,3113	0,11	0,096
		2872	35,09	30,70008	0,11	0,101
		2874	35,09	31,08399	0,11	0,107
2	CURVA 11	2968	95,93	45,61858	0,11	0,061
		2970	95,93	45,87782	0,11	0,063
		2972	95,93	46,13561	0,11	0,065
		2974	95,93	46,39197	0,11	0,067
		2976	95,93	46,64691	0,11	0,069
		2978	95,93	46,90048	0,11	0,071
		2980	95,93	47,15267	0,11	0,072
		2982	95,93	47,40353	0,11	0,074
		2984	95,93	47,65307	0,11	0,076
		2986	95,93	47,9013	0,11	0,078
		2988	95,93	48,14826	0,11	0,080
		2990	95,93	48,39395	0,11	0,082
		2992	95,93	48,63841	0,11	0,084
		2994	95,93	48,88164	0,11	0,086
		2996	95,93	49,12367	0,11	0,088
		2998	95,93	49,36451	0,11	0,090
		3000	95,93	49,60418	0,11	0,092
		3002	95,93	49,8427	0,11	0,094
		3004	95,93	50,08008	0,11	0,096
		3006	95,93	50,31635	0,11	0,098

	3008	95,93	50,5515	0,11	0,100
	3010	95,93	50,78558	0,11	0,102
	3012	95,93	51,01857	0,11	0,104
	3014	95,93	51,25051	0,11	0,106
	3016	95,93	51,4814	0,11	0,108
	3018	95,93	51,71126	0,11	0,109
	3020	95,93	51,94011	0,11	0,111
	3022	95,93	52,16795	0,11	0,113
	3024	95,93	52,3948	0,11	0,115
	3026	95,93	52,62067	0,11	0,117
	3028	95,93	52,84557	0,11	0,119
	3030	95,93	53,06953	0,11	0,121
	3032	95,93	53,29254	0,11	0,123
	3034	95,93	53,51462	0,11	0,125
	3036	95,93	53,73579	0,11	0,127
	3038	95,93	53,95604	0,11	0,129
	3040	95,93	54,17541	0,11	0,131
	3042	95,93	54,39388	0,11	0,133
	3044	95,93	54,61149	0,11	0,135
	3046	95,93	54,82823	0,11	0,137
	3048	95,93	55,04412	0,11	0,139
	3050	95,93	55,25916	0,11	0,141
	3052	95,93	55,47337	0,11	0,143
	3054	95,93	55,68675	0,11	0,145
	3056	95,93	55,89933	0,11	0,146
	3058	95,93	56,11109	0,11	0,148
	3060	95,93	56,32206	0,11	0,150
	3062	95,93	56,53224	0,11	0,152
	3064	95,93	56,74165	0,11	0,154
	3066	95,93	56,95028	0,11	0,156
	3068	95,93	57,15815	0,11	0,158
	3070	95,93	57,36527	0,11	0,160
	3072	95,93	57,57165	0,11	0,162
	3074	95,93	57,77728	0,11	0,164
	3076	95,93	57,98219	0,11	0,166

		3078	95,93	58,18638	0,11	0,168
		3080	95,93	58,38985	0,11	0,170
		3082	95,93	58,59262	0,11	0,172
		3084	95,93	58,79468	0,11	0,174
		3086	95,93	58,99606	0,11	0,176
		3088	95,93	59,19675	0,11	0,178
		3090	95,93	59,39676	0,11	0,180
		3092	95,93	59,5961	0,11	0,182
		3094	95,93	59,79477	0,11	0,183
		3096	95,93	59,99279	0,11	0,185
		3098	95,93	60,19015	0,11	0,187
		3100	95,93	60,38687	0,11	0,189
		3102	95,93	60,58296	0,11	0,191
		3104	95,93	60,77841	0,11	0,193
		3106	95,93	60,97323	0,11	0,195
		3108	95,93	61,16743	0,11	0,197
		3110	95,93	61,36102	0,11	0,199
		3112	95,93	61,554	0,11	0,201
		3114	95,93	61,74637	0,11	0,203
		3116	95,93	61,93815	0,11	0,205
		3118	95,93	62,12934	0,11	0,207
		3120	95,93	62,31994	0,11	0,209
		3122	95,93	62,50996	0,11	0,211
		3124	95,93	62,6994	0,11	0,213
		3126	95,93	62,88827	0,11	0,215
		3128	95,93	63,07658	0,11	0,217
		3130	95,93	63,26432	0,11	0,219
		3132	95,93	63,45151	0,11	0,220
		3134	95,93	63,63815	0,11	0,222
		3136	95,93	63,82425	0,11	0,224
		3138	95,93	64,0098	0,11	0,226
		3140	95,93	64,19482	0,11	0,228
3	CURVA 12	3306	50,58	47,98348	0,11	0,248
		3308	50,58	47,15692	0,11	0,236
		3310	50,58	46,3156	0,11	0,224

		3312	50,58	45,45871	0,11	0,212
		3314	50,58	44,58536	0,11	0,199
		3316	50,58	43,69456	0,11	0,187
		3318	50,58	42,78522	0,11	0,175
		3320	50,58	41,85612	0,11	0,163
		3322	50,58	40,90592	0,11	0,150
		3324	50,58	39,93313	0,11	0,138
		3326	50,58	38,93603	0,11	0,126
		3328	50,58	37,91272	0,11	0,114
		3330	50,58	36,86102	0,11	0,102
		3332	50,58	35,77841	0,11	0,089
		3334	50,58	34,66201	0,11	0,077
		3336	50,58	33,50843	0,11	0,065
		3338	50,58	32,31369	0,11	0,053
		3340	29,44	31,07305	0,11	0,148
		3342	29,44	31,27642	0,11	0,152
		3344	29,44	31,47848	0,11	0,155
		3346	29,44	31,67925	0,11	0,158
		3348	29,44	31,87875	0,11	0,162
		3350	29,44	32,07701	0,11	0,165
		3352	29,44	32,27406	0,11	0,169
		3354	29,44	32,4699	0,11	0,172
		3356	29,44	32,66458	0,11	0,175
		3358	29,44	32,8581	0,11	0,179
		3360	29,44	33,05049	0,11	0,182
		3362	29,44	33,24176	0,11	0,186
		3364	29,44	33,43194	0,11	0,189
		3366	29,44	33,62104	0,11	0,192
		3368	29,44	33,80909	0,11	0,196
		3370	29,44	33,9961	0,11	0,199
		3372	29,44	34,18208	0,11	0,203
3	CURVA 13	3456	110,49	41,24287	0,11	0,011
		3458	110,49	41,39631	0,11	0,012
		3460	110,49	41,54918	0,11	0,013
		3462	110,49	41,70149	0,11	0,014

		3464	110,49	41,85325	0,11	0,015
		3466	110,49	42,00446	0,11	0,016
		3468	110,49	42,15513	0,11	0,017
		3470	110,49	42,30526	0,11	0,018
		3472	110,49	42,45485	0,11	0,018
		3474	110,49	42,60393	0,11	0,019
		3476	110,49	42,75248	0,11	0,020
		3478	110,49	42,90052	0,11	0,021
		3480	110,49	43,04805	0,11	0,022
		3482	110,49	43,19508	0,11	0,023
		3484	110,49	43,3416	0,11	0,024
		3486	110,49	43,48764	0,11	0,025
		3488	110,49	43,63318	0,11	0,026
		3490	110,49	43,77824	0,11	0,027
		3492	110,49	43,92283	0,11	0,027
		3494	110,49	44,06693	0,11	0,028
		3496	110,49	44,21057	0,11	0,029
		3498	110,49	44,35374	0,11	0,030
		3500	110,49	44,49646	0,11	0,031
		3502	110,49	44,63871	0,11	0,032
		3504	110,49	44,78052	0,11	0,033
		3506	110,49	44,92187	0,11	0,034
		3508	110,49	45,06279	0,11	0,035
		3510	110,49	45,20326	0,11	0,036
		3512	110,49	45,3433	0,11	0,037
3	CURVA 14	3548	138,01	47,79388	0,11	0,020
		3550	138,01	47,92635	0,11	0,021
		3552	138,01	48,05845	0,11	0,022
		3554	138,01	48,19019	0,11	0,022
		3556	138,01	48,32158	0,11	0,023
		3558	138,01	48,4526	0,11	0,024
		3560	138,01	48,58328	0,11	0,025
		3562	138,01	48,7136	0,11	0,025
		3564	138,01	48,84357	0,11	0,026
		3566	138,01	48,9732	0,11	0,027

		3568	138,01	49,10249	0,11	0,028
		3570	138,01	49,23144	0,11	0,028
		3572	138,01	49,36005	0,11	0,029
		3574	138,01	49,48833	0,11	0,030
		3576	138,01	49,61627	0,11	0,030
		3578	138,01	49,74389	0,11	0,031
		3580	138,01	49,87118	0,11	0,032
3	CURVA 15	3676	139,67	55,63969	0,11	0,065
		3678	139,67	55,75352	0,11	0,065
		3680	139,67	55,86712	0,11	0,066
		3682	139,67	55,98048	0,11	0,067
		3684	139,67	56,09362	0,11	0,067
		3686	139,67	56,20654	0,11	0,068
		3688	139,67	56,31922	0,11	0,069
		3690	139,67	56,43168	0,11	0,070
		3692	139,67	56,54392	0,11	0,070
		3694	139,67	56,65593	0,11	0,071
		3696	139,67	56,76773	0,11	0,072
		3698	139,67	56,8793	0,11	0,072
		3700	139,67	56,99065	0,11	0,073
		3702	139,67	57,10179	0,11	0,074
		3704	139,67	57,21271	0,11	0,075
		3706	139,67	57,32342	0,11	0,075
		3708	139,67	57,43392	0,11	0,076
		3710	139,67	57,5442	0,11	0,077
		3712	139,67	57,65427	0,11	0,077
		3714	139,67	57,76413	0,11	0,078
		3716	139,67	57,87378	0,11	0,079
		3718	139,67	57,98323	0,11	0,080
		3720	139,67	58,09247	0,11	0,080
		3722	139,67	58,2015	0,11	0,081
		3724	139,67	58,31033	0,11	0,082
		3726	139,67	58,41896	0,11	0,082
		3728	139,67	58,52738	0,11	0,083
		3730	139,67	58,63561	0,11	0,084

	3732	139,67	58,74363	0,11	0,085
	3734	139,67	58,85146	0,11	0,085
	3736	139,67	58,95909	0,11	0,086
	3738	139,67	59,06653	0,11	0,087
	3740	139,67	59,17377	0,11	0,087
	3742	139,67	59,28081	0,11	0,088
	3744	139,67	59,38766	0,11	0,089
	3746	139,67	59,49432	0,11	0,090
	3748	139,67	59,60079	0,11	0,090
	3750	196,13	59,70707	0,11	0,033
	3752	196,13	59,81316	0,11	0,034
	3754	196,13	59,91907	0,11	0,034
	3756	196,13	60,02478	0,11	0,035
	3758	196,13	60,13031	0,11	0,035
	3760	196,13	60,23566	0,11	0,036
	3762	196,13	60,34082	0,11	0,036
	3764	196,13	60,4458	0,11	0,037
	3766	196,13	60,5506	0,11	0,037
	3768	196,13	60,65521	0,11	0,038
	3770	196,13	60,75965	0,11	0,038
	3772	196,13	60,8639	0,11	0,039
	3774	196,13	60,96798	0,11	0,039
	3776	196,13	61,07188	0,11	0,040
	3778	196,13	61,1756	0,11	0,040
	3780	196,13	61,27915	0,11	0,041
	3782	196,13	61,38253	0,11	0,041
	3784	196,13	61,48573	0,11	0,042
	3786	196,13	61,58875	0,11	0,042
	3788	196,13	61,69161	0,11	0,043
	3790	196,13	61,79429	0,11	0,043
	3792	196,13	61,89681	0,11	0,044
	3794	196,13	61,99915	0,11	0,044
	3796	196,13	62,10133	0,11	0,045
	3798	196,13	62,20333	0,11	0,045
	3800	196,13	62,30517	0,11	0,046

		3802	196,13	62,40685	0,11	0,046
		3804	196,13	62,50836	0,11	0,047
		3806	196,13	62,6097	0,11	0,047
		3808	196,13	62,71088	0,11	0,048
		3810	196,13	62,8119	0,11	0,048
		3812	196,13	62,91275	0,11	0,049
		3814	196,13	63,01345	0,11	0,049
		3816	196,13	63,11398	0,11	0,050
		3818	196,13	63,21435	0,11	0,050
		3820	196,13	63,31457	0,11	0,051
		3822	196,13	63,41462	0,11	0,051
		3824	196,13	63,51452	0,11	0,052
		3826	196,13	63,61426	0,11	0,052
		3828	196,13	63,71385	0,11	0,053
3	CURVA 16	4010	339,71	72,20343	0,11	0,011
		4012	339,71	72,29118	0,11	0,011
		4014	339,71	72,37883	0,11	0,011
		4016	339,71	72,46637	0,11	0,012
		4018	339,71	72,55381	0,11	0,012
		4020	339,71	72,64114	0,11	0,012
		4022	339,71	72,72836	0,11	0,013
		4024	339,71	72,81548	0,11	0,013
		4026	339,71	72,9025	0,11	0,013
		4028	339,71	72,98941	0,11	0,013
		4030	339,71	73,07622	0,11	0,014
		4032	339,71	73,16293	0,11	0,014
		4034	339,71	73,24954	0,11	0,014
		4036	339,71	73,33604	0,11	0,015
		4038	339,71	73,42244	0,11	0,015
		4040	339,71	73,50874	0,11	0,015
		4042	339,71	73,59494	0,11	0,016
		4044	339,71	73,68103	0,11	0,016
		4046	339,71	73,76703	0,11	0,016
		4048	339,71	73,85293	0,11	0,016
		4050	339,71	73,93872	0,11	0,017

		4052	339,71	74,02442	0,11	0,017
		4054	339,71	74,11002	0,11	0,017
		4056	339,71	74,19552	0,11	0,018
		4058	339,71	74,28092	0,11	0,018
		4060	339,71	74,36622	0,11	0,018
		4062	339,71	74,45142	0,11	0,018
		4064	339,71	74,53653	0,11	0,019
		4066	339,71	74,62154	0,11	0,019
		4068	339,71	74,70646	0,11	0,019
		4070	339,71	74,79127	0,11	0,020
		4072	339,71	74,876	0,11	0,020
		4074	339,71	74,96062	0,11	0,020
		4076	339,71	75,04515	0,11	0,021
		4078	339,71	75,12959	0,11	0,021
		4080	339,71	75,21393	0,11	0,021
		4082	339,71	75,29817	0,11	0,021
		4084	339,71	75,38232	0,11	0,022
		4086	339,71	75,46638	0,11	0,022
		4088	339,71	75,55035	0,11	0,022
		4090	339,71	75,63422	0,11	0,023
		4092	339,71	75,71799	0,11	0,023
		4094	339,71	75,80168	0,11	0,023
		4096	339,71	75,88527	0,11	0,023
		4098	339,71	75,96877	0,11	0,024
		4100	339,71	76,05218	0,11	0,024
		4102	339,71	76,1355	0,11	0,024
		4104	339,71	76,21873	0,11	0,025
		4106	339,71	76,30187	0,11	0,025
		4108	339,71	76,38491	0,11	0,025
		4110	339,71	76,46787	0,11	0,026
		4112	339,71	76,55073	0,11	0,026
		4114	339,71	76,63351	0,11	0,026
		4116	339,71	76,7162	0,11	0,026
		4118	339,71	76,79879	0,11	0,027
		4120	339,71	76,8813	0,11	0,027

	4122	339,71	76,96372	0,11	0,027
	4124	339,71	77,04606	0,11	0,028
	4126	339,71	77,1283	0,11	0,028
	4128	339,71	77,21046	0,11	0,028
	4130	339,71	77,29253	0,11	0,028
	4132	339,71	77,37451	0,11	0,029
	4134	339,71	77,4564	0,11	0,029
	4136	339,71	77,53821	0,11	0,029
	4138	339,71	77,61994	0,11	0,030
	4140	339,71	77,70157	0,11	0,030
	4142	339,71	77,78313	0,11	0,030
	4144	339,71	77,86459	0,11	0,031
	4146	339,71	77,94597	0,11	0,031
	4148	339,71	78,02727	0,11	0,031
	4150	339,71	78,10848	0,11	0,031
	4152	339,71	78,18961	0,11	0,032
	4154	339,71	78,27065	0,11	0,032
	4156	339,71	78,35161	0,11	0,032
	4158	339,71	78,43248	0,11	0,033
	4160	339,71	78,51328	0,11	0,033
	4162	339,71	78,59399	0,11	0,033
	4164	339,71	78,67461	0,11	0,033
	4166	339,71	78,75516	0,11	0,034
	4168	339,71	78,83562	0,11	0,034
	4170	339,71	78,916	0,11	0,034
	4172	339,71	78,9963	0,11	0,035
	4174	339,71	79,07651	0,11	0,035
	4176	339,71	79,15665	0,11	0,035