

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Lucas Eduardo Deitos da Silva

**ESTUDO COMPARATIVO TÉCNICO-ECONÔMICO ENTRE MÉTODOS
DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS NOVOS:
MÉTODO DO DNER E MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO NACIONAL**

Santa Maria, RS
2019

Lucas Eduardo Deitos da Silva

**ESTUDO COMPARATIVO TÉCNICO-ECONÔMICO ENTRE MÉTODOS DE
DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS NOVOS: MÉTODO DO
DNER E MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO NACIONAL**

Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheiro Civil**.

Orientador: Prof. Dr. Deividi da Silva Pereira

Santa Maria, RS
2019

Lucas Eduardo Deitos da Silva

**ESTUDO COMPARATIVO TÉCNICO-ECONÔMICO ENTRE MÉTODOS DE
DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS NOVOS: MÉTODO DO
DNER E MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO NACIONAL**

Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheiro Civil**.

Aprovado em 12 de julho de 2019:

Prof. Deividi da Silva Pereira, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Prof. Mirela Schramm Tonetto (UFSM)

Bruno Gonçalves, Me. (UFSM)

Santa Maria, RS
2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço:

- Primeiramente à Deus, por ser a minha força para enfrentar todos os momentos de dificuldade.

- À minha família, meus pais João Darci Antunes da Silva e Dulce Eva Deitos da Silva e minhas irmãs Luciana e Daniela, que me apoiaram durante essa longa caminhada longe de casa e não mediram esforços para que eu pudesse estudar com tranquilidade e realizar este sonho.

- À toda comunidade acadêmica da Universidade Federal de Santa Maria, em especial ao Prof. Dr. Deividi da Silva Pereira, meu orientador neste trabalho.

- Às empresas TZ grupo e Neovia Engenharia, pela oportunidade de estágio durante a graduação, experiências que agregaram muito à minha formação e me fazem sentir orgulho de ter feito parte dessas equipes.

- Aos meus amigos e colegas que admiro, principalmente minha namorada Mariana, por serem minha família em Santa Maria.

Enfim, a todos àqueles que, de alguma forma, me ajudaram a crescer ao longo desses 5 anos.

RESUMO

ESTUDO COMPARATIVO TÉCNICO-ECONÔMICO ENTRE MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS NOVOS: MÉTODO DO DNER E MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO NACIONAL

AUTOR: Lucas Eduardo Deitos da Silva
ORIENTADOR: Deividi da Silva Pereira

No presente trabalho foram estudados dois métodos de dimensionamento de pavimentos asfálticos, o método empírico desenvolvido pelo extinto DNER, que é atualmente o mais utilizado no país, e o Método de Dimensionamento Nacional (MeDiNa), que utiliza a metodologia empírico-mecanicista e representa uma evolução importante para os projetos de engenharia rodoviária. Além dos referidos métodos de dimensionamento, estudou-se o Novo Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO), resultado de mais de uma década de estudos e apresentado em 2017 pelo DNIT, trazendo significativas inovações metodológicas aos orçamentos através de seus manuais e relatórios de composições de custos. Em um primeiro momento foram dimensionadas duas estruturas com diferentes configurações de camadas pelos dois métodos, sendo, para isso, utilizados dados de tráfego disponibilizados pelo DNIT em contagem realizada na BR-392/RS km 338 e informações dos fluxos volumétricos do posto nº 046 do Plano Nacional de Contagem de tráfego, localizado na BR-287/RS km 301,6. Em seguida procedeu-se com o orçamento das estruturas através do SICRO, calculando-se o custo por N de cada estrutura. Posteriormente foram analisadas as estruturas dimensionadas pelo método do DNER através do software MeDiNa, verificando o verdadeiro custo por N desses pavimentos e fazendo-se a devida comparação com as estruturas dimensionadas pelo MeDiNa em termos de durabilidade e custo por N. Por fim, foi realizada uma análise de sensibilidade com a estrutura de pavimento dimensionada pelo MeDiNa que apresentou o melhor resultado técnico-econômico, onde variou-se, primeiramente, a classe do concreto asfáltico e, em um segundo momento, o nível de confiabilidade do dimensionamento, sendo avaliados os impactos dessas alterações e as respostas que trazem ao pavimento em termos técnicos e econômicos. Em conclusão, ficou evidente a importância do MeDiNa para a construção de estruturas de pavimentos com desempenho satisfatório, atendendo às necessidades do projeto, uma vez que o método do DNER contém limitações que podem levar à ruptura precoce do pavimento. Além disso, o MeDiNa proporciona a construção de estruturas mais econômicas a longo prazo, evitando desperdício dos recursos públicos destinados a esse fim. Outro resultado importante deste estudo foi a melhoria no custo-benefício do pavimento com a utilização de concreto asfáltico de melhor qualidade, que proporciona vantagem econômica por possibilitar a implantação de pavimentos com camadas de revestimento de menor espessura.

Palavras-chave: Dimensionamento. Pavimento. Orçamento. MeDiNa. SICRO.

ABSTRACT

TECHNICAL-ECONOMIC COMPARATIVE STUDY AMONG METHODS OF DIMENSIONING NEW ASPHALTIC PAVEMENTS: DNER METHOD AND NATIONAL DIMENSIONING METHOD

AUTHOR: Lucas Eduardo Deitos da Silva
ADVISOR: Deividi da Silva Pereira

In the present work two methods of asphalt pavement design were studied, the empirical method developed by the extinct DNER, which is currently the most used in the country, and the National Dimensioning Method (MeDiNa), which uses the empirical-mechanistic methodology and represents an evolution important for road engineering projects. In addition to the referred methods of design, the New System of Reference Costs of Works (SICRO), a result of more than a decade of studies and presented in 2017 by DNIT, was studied, bringing significant methodological innovations to the budgets through its manuals and composition reports of costs. At first, two structures with different configurations were sketched by the two methods, using traffic data provided by DNIT in the BR-392/RS km 338 and volumetric flow information of the National Traffic Counting Plan, located at BR-287/RS km 301.6. Then, the budget of the structures was done through SICRO, calculating the cost per N of each structure. Subsequently, the structures dimensioned by the DNER method were analyzed through the MeDiNa software, verifying the true cost per N of these pavements and making a proper comparison with the structures dimensioned by MeDiNa in terms of durability and cost per N. Finally, a sensitivity analysis was performed with the structure of pavement dimensioned by MeDiNa which presented the best technical-economical result, where the class of asphalt concrete was first varied and, in a second moment, the level of reliability of the design, being evaluated the impacts of these alterations and the answers they bring to the pavement in technical and economic terms. In conclusion, it was evident the importance of MeDiNa for the construction of pavement structures with satisfactory performance, meeting the needs of the project, since the DNER method contains limitations that can lead to early pavement rupture. In addition, MeDiNa provides the construction of more economical structures in the long term, avoiding wastage of the public resources destined to this end. Another important result of this study was the improvement in the cost-benefit of the pavement with the use of asphaltic concrete of better quality, which provides economic advantage by enabling the implementation of pavements with thinner layers of coating.

Keywords: Sizing. Pavement. Budget. MeDiNa. SICRO.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Estrutura do pavimento	25
Figura 2.2 – Ilustração do sistema de camadas de um pavimento e tensões solicitantes	26
Figura 2.3 – Formato dos eixos predominantes no país	29
Figura 3.1 – Projeto geométrico	42
Figura 3.2 – Perfil longitudinal, planimétrico, superelevação e superlargura	43
Figura 3.3 – Representação do alargamento de aterro no projeto geométrico	46
Figura 3.4 – Diagrama de Brückner	47
Figura 3.5 – Localização das jazidas em relação ao trecho da rodovia	48
Figura 3.6 – Representação gráfica da distribuição de peso por eixo	56
Figura 3.7 – Ábaco para determinação de espessuras do pavimento.....	61
Figura 3.8 – Dados do tráfego para o dimensionamento	65
Figura 3.9 – Dados necessários para inserir um novo material asfáltico	66
Figura 3.10 – Dados necessários para inserir um novo material granular	67
Figura 3.11 – Dados necessários para inserir um novo solo.....	68
Figura 3.12 – Interface do MeDiNa	69
Figura 4.1 – Estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo método do DNER.....	78
Figura 4.2 – Estrutura com sub-base dimensionada pelo método do DNER	82
Figura 4.3 – Dados do tráfego para o dimensionamento da estrutura	83
Figura 4.4 – Estrutura com reforço do subleito resultante do dimensionamento.....	86
Figura 4.5 – Representação das camadas constituintes da estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo MeDiNa.....	86
Figura 4.6 – Análise da estrutura com reforço do subleito	87
Figura 4.7 – Resumo da deformação permanente da estrutura ao fim do período de projeto	87
Figura 4.8 – Estrutura com sub-base resultante do dimensionamento	89
Figura 4.9 – Representação das camadas constituintes da estrutura com sub-base dimensionada pelo MeDiNa	90
Figura 4.10 – Análise da estrutura com sub-base.....	90
Figura 4.11 – Resumo da deformação permanente da estrutura ao fim do período de projeto	91
Figura 4.12 – Orçamento da estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo método do DNER	97
Figura 4.13 – Orçamento da estrutura com sub-base dimensionada pelo método do DNER	99
Figura 4.14 – Orçamento da estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo MeDiNa	101
Figura 4.15 – Orçamento da estrutura com sub-base dimensionada pelo MeDiNa	103
Figura 4.16 – Análise da estrutura com reforço do subleito.	105
Figura 4.17 – Análise da estrutura com sub-base.....	107
Figura 4.18 – Comparativo técnico-econômico entre os métodos de dimensionamento para a estrutura com reforço do subleito.....	109

Figura 4.19 – Comparativo técnico-econômico entre os métodos de dimensionamento para a estrutura com sub-base	109
Figura 4.20 – Espessura de revestimento e custo/km em função da classe de CA da estrutura com reforço do subleito.....	112
Figura 4.21 – Espessura de revestimento e custo/km em função da confiabilidade do dimensionamento.....	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Cargas máximas legais permitidas no país	28
Tabela 2.2 - Classificação funcional da via ou confiabilidade.....	31
Tabela 2.3 – Faixas granulométricas recomendadas.....	33
Tabela 2.4 – Evolução dos sistemas de custos do extinto DNER e do DNIT.....	37
Tabela 3.1 – Volumes de corte em cada estaca	44
Tabela 3.2 – Volumes de aterro em cada estaca	45
Tabela 3.3 – Distâncias das jazidas às estacas mais próximas.....	48
Tabela 3.4 – Distâncias médias de transporte	49
Tabela 3.5 – CBR adotado para as camadas do pavimento	50
Tabela 3.6 – Contagem volumétrica classificatória BR-392/RS km 338	51
Tabela 3.7 – Volume médio diário de 2001 BR-287/RS km 301,6	52
Tabela 3.8 – Projeção do tráfego	54
Tabela 3.9 – Fatores de equivalência de carga do USACE	55
Tabela 3.10 – Fatores de equivalência de carga do projeto segundo método do USACE	55
Tabela 3.11 – Fator de veículo.....	57
Tabela 3.12 – Fator climático regional	58
Tabela 3.13 – Número N	60
Tabela 3.14 – Espessura mínima de revestimento betuminoso	62
Tabela 3.15 – Coeficientes de equivalência estrutural	63
Tabela 3.16 – Espessuras construtivas.....	64
Tabela 4.1 – Valor calculado da espessura total sobre o subleito.....	75
Tabela 4.2 – Valor calculado da espessura total sobre o reforço do subleito	76
Tabela 4.3 – Coeficientes de equivalência estrutural K_r , K_b , K_n	76
Tabela 4.4 – Cálculo da espessura da camada de base sobre o reforço do subleito.....	77
Tabela 4.5 – Cálculo da espessura mínima da camada de reforço do subleito	77
Tabela 4.6 – Verificação da espessura mínima do reforço do subleito	78
Tabela 4.7 – Valor calculado da espessura total sobre a sub-base	79
Tabela 4.8 – Coeficientes de equivalência estrutural K_r , K_b , K_s	79
Tabela 4.9 – Cálculo da espessura da camada de base sobre a sub-base	80
Tabela 4.10 – Cálculo da espessura mínima da camada de sub-base	80
Tabela 4.11 – Verificação da espessura mínima da camada de sub-base	81
Tabela 4.12 – Parâmetros para classificação funcional de rodovias.....	84
Tabela 4.13 – Resumo dos dados da estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo método do DNER.....	95
Tabela 4.14 – Resumo dos dados da estrutura com sub-base dimensionada pelo método do DNER	98
Tabela 4.15 – Resumo dos dados da estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo MeDiNa.....	100
Tabela 4.16 – Resumo dos dados da estrutura com sub-base dimensionada pelo MeDiNa.....	102
Tabela 4.17 – Evolução mensal dos danos no pavimento com reforço do subleito	106
Tabela 4.18 – Evolução mensal dos danos no pavimento com sub-base.....	108

Tabela 4.19 – Resultado da variação da classe de CA na estrutura com reforço do subleito.....	111
Tabela 4.20 – Resultado da variação da confiabilidade do dimensionamento	113

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO	American Association of State Highway Officials
AEMC	Análise Elástica de Múltiplas Camadas
ANP	Agência Nacional do Petróleo
B	Espessura de base
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
BGS	Brita Graduada Simples
BGTC	Brita Graduada Tratada com Cimento
BR	Rodovia Federal
CA	Concreto Asfáltico
CAGED	Cadastro Geral de Empregados e Desempregados
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
CBR	Índice de Suporte Califórnia
CAUQ	Concreto Asfáltico Usinado a Quente
CCR	Concreto Compactado com Rolo
CENPES	Centro de Pesquisas da Petrobrás
cm	centímetro
cm ³	centímetros cúbicos
CNT	Confederação Nacional do Transporte
COPPE	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia
DMT	Distância Média de Transporte
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
Eng	Engenheiro
ESRD	Eixo Simples Rodas Duplas
ESRS	Eixo Simples Rodas Simples
ETD	Eixo Tandem Duplo
ETT	Eixo Tandem Triplo
EUA	Estados Unidos da América
FCd	Fator de Correção Sazonal diária
FCg	Fator de Correção Sazonal global
FCh	Fator de Correção Sazonal horária
FCm	Fator de Correção Sazonal mensal
FCZ	Fatores de Correção Sazonais
Fd	Fator de distribuição
FEC	Fator de Equivalência de Carga
Ff	Fator de frota
FIC	Fator de Influência de Chuvas
FIT	Fator de Interferência do Tráfego
Fr	Fator de redução
Fr	Fator climático regional
Fs	Fator de sentido
FV	Fator de Veículo
g	grama
h	hora
h ₂₀	Espessura de sub-base
H ₂₀	Espessura necessária para proteger a sub-base
H _m	Espessura necessária para proteger o subleito

h_n	Espessura de reforço do subleito
H_n	Espessura necessária para proteger o reforço do subleito
IPR	Instituto de Pesquisas Rodoviárias
K	Coeficiente de equivalência estrutural
K_b	Coeficiente de equivalência estrutural da base
km	quilômetro
kN	quiloNewton
K_r	Coeficiente de equivalência estrutural do revestimento
K_{ref}	Coeficiente de equivalência estrutural do reforço do subleito
K_s	Coeficiente de equivalência estrutural da sub-base
LDO	Lei de Diretrizes Orçamentárias
m	metro
m^2	metro quadrado
m^3	metro cúbico
MeDiNa	Método de Dimensionamento Nacional
MH	Macadame Hidráulico
mm	milímetros
MPa	MegaPascal
MS	Macadame Seco
N	Número de dimensionamento
n^0	número
P	Período de projeto
π	Frequência de ocorrência do eixo
PIB	Produto Interno Bruto
PMF	Pré-Misturado a Frio
PMQ	Pré-Misturado a Quente
PNCT	Plano Nacional de Contagem de Tráfego
R	Espessura de revestimento
RS	Estado do Rio Grande do Sul
R\$	reais
SC	Solo Cimento
SICRO	Sistema de Custos Referenciais de Obras
SINCTRAN	Sistema Nacional de Custos de Transportes
SMC	Solo Melhorado com Cimento
t	taxa de crescimento anual
tkm	tonelada-quilômetro
TSD	Tratamento Superficial Duplo
TSS	Tratamento Superficial Simples
TST	Tratamento Superficial Triplo
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
USACE	Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos da América
VDM	Volume Médio Diário de veículos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	OBJETIVO GERAL	23
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1	PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS	25
2.1.1	Estrutura das camadas do pavimento.....	25
2.1.1.1	<i>Subleito.....</i>	26
2.1.1.2	<i>Reforço do subleito.....</i>	26
2.1.1.3	<i>Sub-base</i>	27
2.1.1.4	<i>Base.....</i>	27
2.1.1.5	<i>Revestimento asfáltico.....</i>	27
2.2	TRÁFEGO	27
2.2.1	Eixos	28
2.2.2	Equivalência de cargas (FEC).....	29
2.3	DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS.....	30
2.3.1	Método de dimensionamento do DNER	31
2.3.1.1	<i>Definição dos materiais.....</i>	32
2.3.1.2	<i>Determinação do tráfego</i>	33
2.3.2	Método de Dimensionamento Nacional	33
2.3.2.1	<i>Software MeDiNa v1.0.2.1</i>	34
2.4	NOVO SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS (SICRO)	35
2.4.1	Inovações metodológicas	39
3	METODOLOGIA	41
3.1	DADOS DO PROJETO.....	41
3.1.1	Projeto geométrico	41
3.1.2	Quantitativos do projeto de terraplenagem.....	44
3.1.2.1	<i>Volume total de escavação.....</i>	44
3.1.2.2	<i>Volume total de compactação.....</i>	44
3.1.3	Materiais de jazidas	48
3.1.3.1	<i>Distância média de transporte (DMT)</i>	49
3.1.4	Capacidade de suporte das camadas do pavimento	49
3.1.5	Tráfego	50
3.1.5.1	<i>Cálculo dos fatores de correção sazonais</i>	52
3.1.5.1.1	<i>Fator de correção sazonal horária (FCh)</i>	52
3.1.5.1.2	<i>Fator de correção sazonal diária (FCd).....</i>	53
3.1.5.1.3	<i>Fator de correção sazonal mensal (FCm)</i>	53
3.1.5.1.4	<i>Fator de correção sazonal global (FCg)</i>	53
3.1.5.2	<i>Projeção do tráfego</i>	53
3.1.5.3	<i>Cálculo do fator de equivalência de carga (FEC)</i>	54
3.1.5.4	<i>Cálculo do fator de veículo (FV)</i>	56
3.1.5.5	<i>Fator de frota (Ff).....</i>	57
3.1.5.6	<i>Fator de sentido (Fs).....</i>	58
3.1.5.7	<i>Fator climático regional (Fr)</i>	58
3.1.5.8	<i>Fator de distribuição (Fd).....</i>	58
3.1.5.9	<i>Cálculo do número N</i>	59
3.2	DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DO DNER	60

3.2.1	Espessura total do pavimento (Hm)	60
3.2.2	Espessura mínima de revestimento betuminoso	62
3.2.3	Camadas subjacentes ao revestimento	62
3.2.3.1	<i>Coeficiente de equivalência estrutural (K)</i>	62
3.2.3.2	<i>Determinação das espessuras</i>	63
3.2.3.3	<i>Máximas e mínimas espessuras construtivas</i>	64
3.3	FUNCIONAMENTO DO SOFTWARE MeDiNa V1.0.2.1	65
3.4	COMPOSIÇÕES DE CUSTOS DO NOVO SICRO	69
3.4.1	Composições de custos para os serviços de terraplenagem	70
3.4.2	Composições de custos para os serviços de pavimentação	71
3.4.3	Composições de custos para os serviços de sinalização	72
3.4.4	Composições de custos para os serviços de transporte	73
3.5	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	73
4	RESULTADOS	75
4.1	DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DO DNER	75
4.1.1	Dimensionamento para estrutura com reforço do subleito	75
4.1.2	Dimensionamento da estrutura com sub-base	79
4.2	DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO NACIONAL	82
4.2.1	Dimensionamento da estrutura com reforço do subleito	82
4.2.2	Dimensionamento para a estrutura com sub-base	88
4.3	ORÇAMENTO ATRAVÉS DO NOVO SICRO	91
4.3.1	Quantitativos de insumos	92
4.3.1.1	<i>Terraplenagem</i>	92
4.3.1.2	<i>Pavimentação</i>	93
4.3.1.3	<i>Sinalização</i>	94
4.3.2	Orçamento das estruturas dimensionadas pelo método do DNER	95
4.3.3	Orçamento das estruturas dimensionadas pelo software MeDiNa v1.0.2.1	100
4.4	COMPARATIVO TÉCNICO-ECONÔMICO DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO ATRAVÉS DO CUSTO/N	104
4.5	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE ATRAVÉS DO SOFTWARE MeDiNa	110
4.5.1	Análise através da variação da classe de concreto asfáltico	110
4.5.2	Análise através da variação do nível de confiabilidade do dimensionamento	112
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
	APÊNDICE A – DISTÂNCIAS MÉDIAS DE TRANSPORTES UTILIZADAS NOS ORÇAMENTOS	121
	APÊNDICE B – MEMÓRIA DE CÁLCULO DE SINALIZAÇÃO	122
	APÊNDICE C – INTERFACE DO MEDINA NO DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA COM REFORÇO DO SUBLEITO	123
	APÊNDICE D – INTERFACE DO MEDINA NO DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA COM SUB-BASE	124
	APÊNDICE E – EVOLUÇÃO MENSAL DOS DANOS NA ESTRUTURA COM REFORÇO DO SUBLEITO DIMENSIONADA PELO MÉTODO DO DNER	125
	APÊNDICE F – EVOLUÇÃO MENSAL DOS DANOS NA ESTRUTURA COM SUB-BASE DIMENSIONADA PELO MÉTODO DO DNER	128

APÊNDICE G – EVOLUÇÃO MENSAL DOS DANOS NA ESTRUTURA COM REFORÇO DO SUBLEITO DIMENSIONADA PELO MEDINA	131
APÊNDICE H – EVOLUÇÃO MENSAL DOS DANOS NA ESTRUTURA COM SUB-BASE DIMENSIONADA PELO MEDINA.....	134
APÊNDICE I – COMPOSIÇÕES DO SICRO UTILIZADAS NOS ORÇAMENTOS.....	137

1 INTRODUÇÃO

Conforme o Plano CNT de Transporte e Logística de 2018 a extensão total das rodovias brasileiras em 2017 era de 1.720.700,61 km. Desses, apenas 213.452,8 km eram de rodovias pavimentadas, o que representa cerca de 12,4% do total. Além disso, a grande maioria das rodovias pavimentadas é de pista simples, número que chega a 92,7%. No mesmo ano, a Confederação Nacional do Transporte elaborou uma pesquisa onde foi avaliada toda a malha federal e as principais rodovias estaduais pavimentadas, constatando que 61,8% das vias pesquisadas apresentam algum tipo de problema, sendo classificadas com regular, ruim ou péssima. Esses dados mostram o grave problema enfrentado pelo transporte rodoviário no Brasil, devido à baixa qualidade de sua infraestrutura (CNT, 2018).

Outro fator agravante do problema é o crescimento do número de veículos. Entre 2007 e 2017, o número de veículos no país passou de 49,6 milhões para 97,1 milhões, o que representa um aumento de 95,6%. Nesse mesmo período, o licenciamento de veículos rodoviários de carga, ou seja, caminhões, caminhões-tratores, reboques e semirreboques, também apresentou um expressivo crescimento, chegando a 78,9%, o que comprova o aumento da demanda pelos serviços de transporte rodoviário e, conseqüentemente, um aumento da frota sobre a já deficitária infraestrutura rodoviária do país, que atualmente é responsável pela movimentação de mais de 60% das mercadorias e mais de 90% dos passageiros (CNT, 2018).

Mesmo com o Brasil tendo o sistema rodoviário como modal de transporte predominante, os dados apresentados pela CNT (2018) evidenciam a utilização de métodos ultrapassados na construção das rodovias, além de falhas no gerenciamento e na fiscalização dos serviços de manutenção, prejudicando a durabilidade dos pavimentos e, conseqüentemente, a eficácia dos investimentos.

O método mais utilizado no Brasil para o dimensionamento de pavimentos é o método do extinto Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), atual Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), desenvolvido em 1966 e atualizado pela última vez em 1981. Trata-se de um método empírico com uma abordagem generalista, que leva em conta os ensaios do Índice de Suporte Califórnia (CBR), onde várias situações são tratadas de forma simplificada. Esse método é baseado em regras desenvolvidas a partir de observações e experiências com certos tipos de pavimentos, para determinados tipos de materiais de pavimentação e

condições específicas de clima. Dessa forma, sua maior limitação é que não pode ser generalizado com confiabilidade para outras condições senão àquelas para as quais foi desenvolvido, levando a uma análise superficial sobre a situação e especificidades das diversas variáveis que influenciam no desempenho funcional e estrutural de um pavimento (FRANCO, 2007; COUTINHO, 2011).

Devido a essa limitação significativa, modelos que possibilitem uma análise mais analítica do problema, reduzindo a parcela de empirismo, estão sendo cada vez mais estudados. De acordo com Franco (2007), a metodologia mecanística-empírica é necessária para a melhoria dos projetos de pavimentação em termos de sua eficiência estrutural, possibilitando utilizar novos materiais e considerando efeitos das condições ambientais e de tráfego diferentes daquelas para as quais os métodos empíricos foram desenvolvidos.

Desses estudos originou-se o Método de Dimensionamento Nacional, desenvolvido a partir dos estudos de Filipe Franco, de parcerias entre o Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, a Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE), o Centro de Pesquisas da Petrobrás (CENPES) e diversas universidades do país. O MeDiNa utiliza a metodologia empírico-mecanicista e se corporiza em um software de dimensionamento de fácil manipulação.

A humanidade se encontra em um período de intensa inovação tecnológica, sendo importante a sua utilização para o desenvolvimento de melhorias nos projetos de engenharia, buscando a determinação da estrutura mais adequada para suportar as crescentes solicitações do tráfego de forma durável, econômica e considerando a importância da preservação ambiental. Nesse sentido, conhecer as particularidades de cada método de dimensionamento e saber interpretar as diferenças de seus resultados é de suma importância para que os pavimentos sejam dimensionados de maneira econômica.

Apesar do avanço na metodologia do dimensionamento de pavimentos, é clara a necessidade de se ampliar investimentos no setor de infraestrutura de transportes. Os índices são preocupantes e mostram que a solução passa, necessariamente, por investimentos em infraestrutura, ou seja, precisa-se expandir e melhorar a qualidade da malha viária para que as rodovias não fiquem tão sobrecarregadas. Destaca-se ainda o problema da elevação do custo operacional do transporte, visto que o setor é onerado com um custo adicional na operação de 27%, em média, no Brasil devido às

más condições do pavimento. Contudo, o que se viu nas últimas décadas foi uma significativa redução do investimento público nesse setor. Em 2007, foi investido 0,27% do Produto Interno Bruto (PIB) no setor, o que já é considerado um percentual extremamente baixo. Em 2017, esse percentual caiu ainda mais, para apenas 0,17% do PIB. O transporte rodoviário concentra a maior parte dos investimentos no setor de transportes, com um investimento de 0,12% do PIB (CNT, 2018).

O baixo nível de investimentos públicos destinados ao setor, que são insuficientes para realizar a manutenção adequada das rodovias, torna ainda mais importante o adequado gerenciamento dos recursos. Com isso, a busca pela melhor estimativa de custos para as obras de infraestrutura rodoviária deu origem ao Novo Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) do DNIT. Esse sistema é de importância fundamental no desenvolvimento de um projeto de qualidade, visto que a correta análise dos custos, aliada ao bom planejamento, diminui drasticamente os problemas de execução que causam atraso no cronograma e o desperdício de recursos públicos.

1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral comparar o método de dimensionamento de pavimentos flexíveis do DNER (1981) com o Método de Dimensionamento Nacional (2017), através da análise dos resultados de cada método e seus respectivos orçamentos através do Novo Sistema de Custos Referenciais de Obras (2017) do DNIT.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Com base no objetivo geral, foram definidos os objetivos específicos a seguir:

- a) dimensionar, através do método do DNER, duas alternativas para a estrutura do pavimento, utilizando configurações distintas;
- b) dimensionar, através do Método de Dimensionamento Nacional, utilizando o software MeDiNa versão 1.0.2.1, duas alternativas para estrutura do pavimento, ambas com as mesmas configurações das estruturas dimensionadas no item anterior;
- c) realizar o orçamento das estruturas dimensionadas através do Novo SICRO;

- d) analisar as estruturas dimensionadas pelo ponto de vista técnico e compará-las através do ponto de vista econômico;
- e) utilizando o software MeDiNa versão 1.0.2.1 e o Novo SICRO, elaborar uma análise de sensibilidade, verificando a variação da espessura de revestimento necessária e, conseqüentemente, do custo por km de rodovia a ser implantada, na estrutura que apresentar o melhor desempenho técnico-econômico na análise anterior, através da variação da classe do concreto asfáltico e do nível de confiabilidade do dimensionamento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

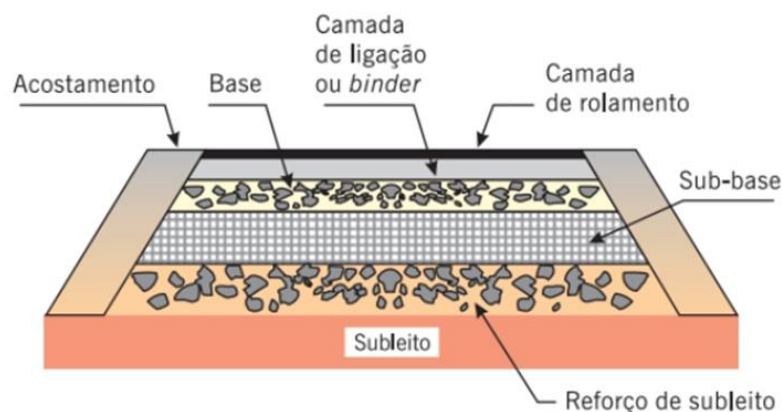
2.1 PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

O pavimento rodoviário é um sistema em camadas, constituído de materiais distintos, construído sobre a superfície final de terraplenagem, destinado técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança (BERNUCCI *et al.*, 2010).

2.1.1 Estrutura das camadas do pavimento

Os pavimentos são formados por quatro camadas principais: revestimento, base, sub-base e reforço do subleito. Dependendo do tráfego e dos materiais disponíveis, pode-se ter ausência de algumas camadas. As camadas da estrutura repousam sobre o subleito, ou seja, a plataforma da estrada terminada após a conclusão dos cortes e aterros (BERNUCCI *et al.*, 2010), como mostra a Figura 2.1.

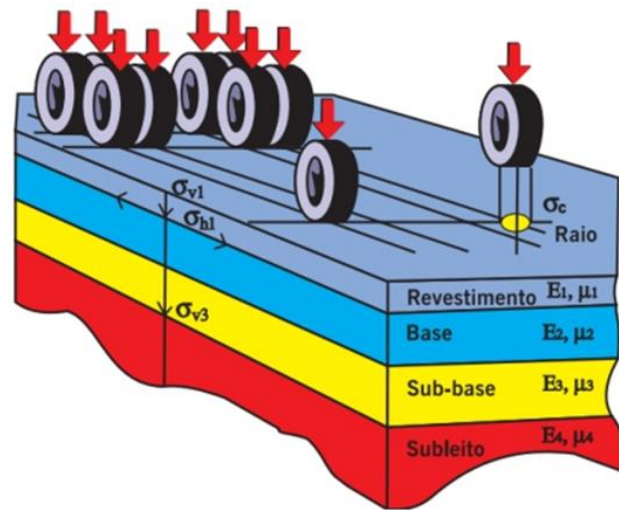
Figura 2.1 – Estrutura do pavimento



Fonte: adaptado de BERNUCCI *et al.*, 2010.

As camadas de base, sub-base e reforço do subleito apresentam grande importância estrutural, visto que têm como função limitar as tensões e deformações na estrutura do pavimento, por meio das combinações de materiais e espessuras das camadas constituintes (BERNUCCI *et al.*, 2010; MEDINA, 1997). A Figura 2.2 ilustra o sistema de camadas e as tensões impostas ao pavimento.

Figura 2.2 – Ilustração do sistema de camadas de um pavimento e tensões solicitantes



Fonte: ALBERNAZ, 1997 *apud* BERNUCCI *et. al.*, 2010.

2.1.1.1 Subleito

O subleito será constituído de material natural consolidado e compactado, por exemplo, nos cortes do corpo estradal, ou por um material transportado e compactado, no caso dos aterros. Eventualmente, será também aterro sobre corte de características medíocres para subleito. Os esforços impostos sobre sua superfície serão aliviados em sua profundidade (normalmente se dispersam no primeiro metro). Deve-se, portanto, ter maior preocupação com seus estratos superiores, onde os esforços solicitantes atuam com maior magnitude. (BALBO, 2007).

2.1.1.2 Reforço do subleito

É uma camada construída acima da regularização do subleito, com características técnicas inferiores às do material da camada sobrejacente e superiores às do material do subleito. O reforço do subleito também resiste e distribui esforços verticais, porém não absorve definitivamente esses esforços, pois essa é uma função do subleito (SENÇO, 2007).

O emprego da camada de reforço do subleito não é obrigatório, pois espessuras maiores de camadas superiores poderiam, em tese, aliviar as pressões sobre um subleito medíocre. Contudo, procura-se utilizá-lo em tais circunstâncias por razões

econômicas, sendo em geral menos custoso o emprego de solos de reforço, em vez de maiores espessuras de camadas granulares ou cimentadas, quaisquer que sejam (BALBO, 2007).

2.1.1.3 *Sub-base*

Quando a camada de base exigida para distribuir os esforços para as camadas inferiores é muito espessa, procura-se, por razões de natureza construtiva e econômica, dividi-las em duas camadas, criando-se, assim, uma sub-base, geralmente de menor custo (BALBO, 2007).

2.1.1.4 *Base*

A base é a camada de pavimentação destinada a resistir aos esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo-os adequadamente à camada subjacente. A camada de base é executada sobre a sub-base, subleito ou reforço do subleito (DNIT, 2009). O pavimento pode ser considerado composto de base e revestimento, sendo que a base poderá ou não ser completada pela sub-base e pelo reforço do subleito (SENÇO, 2007).

2.1.1.5 *Revestimento asfáltico*

O revestimento asfáltico é a camada superior destinada a resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento e melhorar as condições de rolamento como conforto e segurança (BERNUCCI et al., 2010). Os revestimentos asfálticos são muitas vezes subdivididos em duas ou mais camadas por razões técnicas, construtivas e de custo. Assim, é comum encontrar expressões como “camada de rolamento” e “camada de ligação” para descrever um revestimento dividido em duas camadas de diferentes materiais (BALBO, 2007).

2.2 TRÁFEGO

O tráfego se constitui em um importante parâmetro a ser considerado no projeto de um pavimento. As informações sobre volumes de tráfego devem ser tratadas a

partir de metodologia de trabalho específica e adequada às definições necessárias a um perfeito dimensionamento de estrutura de pavimento. Uma adequada previsão de demanda e de crescimento de tráfego, por exemplo, depende fundamentalmente do estabelecimento de critérios para contagem e pesagem de veículos (DAROUS, 2003).

Em resumo, os estudos de tráfego se constituem no instrumento de que se serve a Engenharia de Tráfego para atender às suas finalidades, definidas como sendo o planejamento de vias e da circulação do trânsito nas mesmas, com vistas ao seu emprego para transportar pessoas e mercadorias de forma eficiente, econômica e segura (DNIT, 2006).

Os veículos comerciais rodoviários, ou seja, ônibus e caminhões, são aqueles que efetivamente interessam para situações de dimensionamento e análise de pavimentos, tendo em vista que os veículos leves causam danos insignificantes às estruturas se comparados aos demais (BALBO, 2007).

2.2.1 Eixos

O tráfego rodoviário é composto por veículos com diversificadas configurações de eixos com grande variação de cargas entre eles (BALBO, 2007). A Figura 2.3 ilustra os tipos mais comuns de eixos de caminhões e ônibus no Brasil.

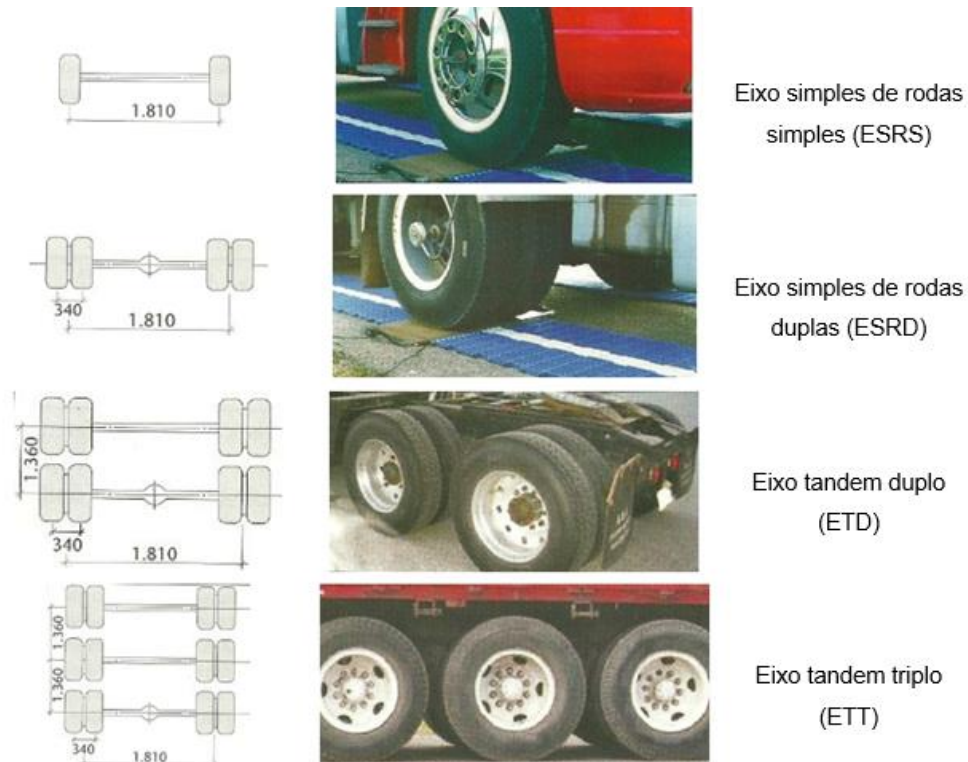
A previsão da evolução do tráfego e, em sua decorrência, a avaliação do poder destrutivo deste sobre o pavimento, são fatores que dificultam a precisão de um dimensionamento, devido à grande variação das cargas dos veículos e seus níveis de repetição (MEDINA, 1997). A Tabela 2.1 mostra as cargas máximas legais permitidas no Brasil para cada tipo de eixo.

Tabela 2.1 - Cargas máximas legais permitidas no país

Eixo	Carga Máxima Legal (kN)	Carga Possível por Pneu (kN)
ESRS	60	30
ESRD	100	25
ETD	170	21,25
ETT	255	21,25

Fonte: BALBO, 2007.

Figura 2.3 – Formato dos eixos predominantes no país



Fonte: adaptado de BALBO, 2007.

2.2.2 Equivalência de cargas (FEC)

O conceito de equivalência entre cargas surge da observação de que, para estruturas idênticas de pavimento, os efeitos destrutivos ocasionados ao longo do tempo, por veículos diferentes, são desiguais, necessitando um critério comparativo entre veículos (BALBO, 2007).

A conversão do tráfego misto em um número equivalente de operações de um eixo considerado padrão é efetuada aplicando-se os chamados Fatores de Equivalência de Cargas (FEC). Estes fatores permitem converter uma aplicação de um eixo solicitado por uma determinada carga em um número de aplicações do eixo-padrão que deverá produzir um efeito equivalente. O método de projeto adota um eixo-padrão de 8,2 t, sendo os fatores de equivalência de carga aqueles desenvolvidos pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos da América (DNIT, 2006).

2.3 DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Dimensionar um pavimento significa determinar as espessuras das camadas e os tipos de materiais a serem utilizados na construção da estrutura do pavimento, garantindo que a estrutura suportará o volume de tráfego ao qual a rodovia estará submetida, nas condições climáticas locais, oferecendo desempenho satisfatório para suas funções (BALBO, 2007).

Os pavimentos rodoviários são dimensionados para um determinado período de serviço, que é o período de projeto ou vida útil do pavimento, durante o qual se prevê um determinado volume de tráfego (DOMINGOS, 2007). A vida útil é o período enquanto o pavimento não apresenta um grau inaceitável de deterioração, tanto estrutural quanto funcional, ou seja, quando se atinge um trincamento generalizado do revestimento, considera-se que a vida útil do pavimento chegou ao fim (FERNANDES, 2016).

As estruturas de pavimentos rodoviários brasileiros têm sido dimensionadas pelo método do DNER, com base no ensaio CBR e nas curvas de dimensionamento do USACE (MEDINA, 1997). O método de dimensionamento do DNER é um método empírico, baseado na experiência acumulada, que correlaciona o desempenho do pavimento com algumas propriedades dos materiais utilizados na construção da sua estrutura (BEZERRA NETO, 2004).

Segundo Bezerra Neto (2004), os métodos empíricos possuem a vantagem de serem facilmente empregados, pois os ensaios de caracterização exigidos são simples e não necessitam de aparelhos sofisticados. No entanto, apresentam significativas limitações, não permitindo a generalização adequada para outras regiões, materiais e cargas de tráfego.

Em um projeto de pavimentação, a confiabilidade do dimensionamento é a probabilidade de que uma seção do pavimento projetado, utilizando um determinado método, irá trabalhar de maneira satisfatória sob as solicitações de tráfego e condições ambientais a que estiver submetida durante o período de projeto (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIALS, 1993). A Tabela 2.2 apresenta a classificação funcional, ou confiabilidade, conforme o tipo de via.

Tabela 2.2 - Classificação funcional da via ou confiabilidade

TIPO DE VIA	CONFIABILIDADE
Sistema Arterial Principal	95%
Sistema Arterial Primário	85%
Sistema Arterial Secundário	75%
Sistema Coletor Primário	85%
Sistema Coletor Secundário	75%
Sistema Local	65%

Fonte: Software MeDiNa, 2018.

A incorporação da confiabilidade no método empírico-mecanístico, compatível com a realidade brasileira, permite identificar as variáveis de incerteza na previsão de desempenho dos pavimentos ao longo do tempo, proporcionando maior eficiência no dimensionamento de pavimentos flexíveis (SANCHEZ & FERNANDES JR., 2015).

Santos (2011) conclui em seus estudos que a confiabilidade de um dimensionamento é uma ferramenta importante para a tomada de decisão quanto a aceitação de uma estrutura de pavimento, pois possibilita determinar o risco que se assume na aceitação.

2.3.1 Método de dimensionamento do DNER

O método do DNER/1966 - 3ª edição revisada em 1981 - foi elaborado pelo Eng. Murillo Lopes de Souza e tem como base o trabalho “*Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume*”, de autoria de Turnbull, Foster e Ahlvin do USACE, corrigido para o tráfego rodoviário, e considera algumas conclusões dos estudos experimentais obtidos na Pista Experimental da AASHTO (DNIT, 2006).

Relativamente aos materiais integrantes do pavimento, são adotados coeficientes de equivalência estrutural tomando por base os resultados obtidos na Pista Experimental da AASHTO, com modificações julgadas oportunas (DNIT, 2006).

O método é dividido em três etapas fundamentais: a definição dos materiais a serem utilizados, a determinação do tráfego e o dimensionamento propriamente dito (BEZERRA NETO, 2004).

2.3.1.1 *Definição dos materiais*

A determinação da capacidade de suporte do subleito e dos materiais constituintes da estrutura do pavimento é feita através do ensaio CBR, adotando-se o método preconizado pelo DNER, em corpos de prova indeformados ou moldados em laboratório para as condições esperadas em campo (DNIT, 2006).

O subleito e as diferentes camadas do pavimento devem ser compactados de acordo com os valores fixados nas especificações gerais do DNIT, recomendando-se que, em nenhum caso, o grau de compactação calculado estaticamente deve ser inferior a 100% do que foi especificado (DNIT, 2006).

Para solos granulares com granulação grossa deve ser empregada a energia de compactação correspondente ao proctor modificado (DNIT, 2006).

Para evitar a ruptura precoce do pavimento, o método exige que os materiais utilizados em sua construção possuam determinadas características. O material do subleito deve apresentar CBR superior ou igual a 2% e expansão inferior a 2%. O material a ser utilizado para reforço do subleito deve apresentar CBR superior ao do subleito e expansão inferior a 1%. O material utilizado na construção da camada de sub-base deve apresentar CBR superior ou igual a 20%, expansão inferior a 1% e índice de grupo igual a zero. O material utilizado na camada de base deve apresentar CBR superior ou igual a 80%, expansão inferior a 0,5%, limite de liquidez igual ou inferior a 25% e índice de plasticidade igual ou inferior a 6%. Caso o limite de liquidez seja superior a 25% e/ou o índice de plasticidade seja superior a 6%, o material pode ser empregado na camada de base quando satisfeitas as demais condições, desde que o equivalente de areia seja superior a 30 (DNIT, 2006).

Os materiais de base devem ainda ser enquadrados numa das seguintes faixas granulométricas conforme a Tabela 2.3. A fração que passa na peneira nº 200 deve ser inferior a 2/3 da fração que passa na peneira nº 40. A fração graúda deve apresentar um desgaste Los Angeles igual ou inferior a 50%. Pode ser aceito um valor de desgaste maior, desde que haja experiência no uso do material (DNIT, 2006).

Tabela 2.3 – Faixas granulométricas recomendadas

Peneiras	Porcentagem em peso passando						Tolerâncias da faixa de projeto
	Para $N > 5 \times 10^6$			Para $N < 5 \times 10^6$			
	A	B	C	D	E	F	
2"	100	100	-	-	-	-	± 7
1"	-	75-90	100	100	100	100	± 7
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	-	-	± 7
nº 4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	10-100	± 5
nº 10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100	± 5
nº 40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70	± 2
nº 200	2-8	5-15	5-15	10-25	6-20	8-25	± 2

Fonte: DNIT, 2006.

2.3.1.2 Determinação do tráfego

O pavimento é dimensionado em função do número de dimensionamento (N), que representa o número de repetições de carga de um eixo padrão a que o pavimento estará sujeito ao longo do período de projeto, sendo adotado como eixo padrão o eixo simples de rodas duplas de 80 kN, com pressão de inflação dos pneus de 0,55 MPa. Para conhecer o dano causado ao pavimento pela passagem de um eixo qualquer em relação ao eixo padrão é necessário calcular o Fator de Equivalência de Carga. O método do DNER utiliza as equações do USACE para o cálculo do FEC. Desta forma, o número N exprime a soma do potencial destrutivo de todos os eixos que passarão sobre o pavimento durante o período de projeto, incluindo as diferentes configurações de eixos e pesos, expresso em relação ao eixo padrão (DNIT, 2006).

2.3.2 Método de Dimensionamento Nacional

O Método de Dimensionamento Nacional (MeDiNa) foi desenvolvido a partir dos estudos de Filipe Franco, do Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE), do Centro de Pesquisas da Petrobrás (CENPES) e de diversas universidades do país, abordando a metodologia empírico-mecanicista e dando origem a um software de dimensionamento de pavimentos, que permite a determinação das espessuras das camadas de um pavimento e reúne informações sobre o tráfego e os materiais que serão utilizados (QUADROS, 2018).

Segundo Motta (2003) os dois principais critérios de ruptura que comandam o dimensionamento de pavimentos de qualquer tipo, no clima tropical, são a fadiga e o afundamento de trilha de roda, que resultam das deformações elásticas e plásticas que acontecem em cada ponto do pavimento a cada passagem de um veículo.

O método mecanístico-empírico tem o objetivo de dimensionar os pavimentos em função principalmente destes dois critérios, levando em consideração as tensões, deformações e deslocamentos que são impostos pelas cargas de tráfego e a capacidade resistente dos materiais que constituem a estrutura (MOTTA, 2003; FRANCO, 2007).

Segundo Franco (2007), o método mecanístico-empírico vem da busca constante de se melhorar os projetos de pavimentação em termos de desempenho estrutural, onde seja possível utilizar materiais dos quais não se tem um devido conhecimento em campo, além de se considerar os efeitos das condições ambientais e de tráfego, diferentes daquelas para as quais os métodos empíricos foram desenvolvidos.

2.3.2.1 Software MeDiNa v1.0.2.1

O software MeDiNa é uma atualização do software SisPav, desenvolvido com base na tese de Franco (2007). O programa permite a análise do tráfego para as mais diversas configurações de eixos, variações sazonais do tráfego e diferentes materiais de comportamento elástico linear ou não linear. Além disso, engloba modelos de previsão de danos desenvolvidos a partir de ensaios brasileiros, parâmetros dos materiais de pavimentação e bacias deflectométricas, calculadas para controle de execução no campo e análise de confiabilidade (QUADROS, 2018).

O software foi desenvolvido em Visual C++. Franco (2007) utilizou a teoria da elasticidade como método para cálculo de tensões, deformações e deslocamentos na estrutura do pavimento, tendo como base a análise elástica de múltiplas camadas (AEMC). O programa analisa e dimensiona estruturas de pavimentos de forma prática, com agilidade nos cálculos e resultados apresentados em relatórios. Para garantir a confiabilidade dos resultados, os dados devem corresponder a realidade de campo (MABONI, 2018; QUADROS, 2018).

2.4 NOVO SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS (SICRO)

A estimativa de custos através de composições de custos de serviços era um fato inédito no país na década de 1970. Com objetivo de obter parâmetros de custos para referenciar a elaboração de orçamentos de projetos e licitações de obras rodoviárias, o extinto DNER manteve uma estrutura administrativa voltada a criar, desenvolver e implantar metodologias que incorporassem as melhores técnicas para o cálculo de custo. O sucesso no seu desenvolvimento se deveu, principalmente, à receptividade dos profissionais em aderir as mais modernas tecnologias disponíveis (DNIT, 2017).

No entanto, com a instabilidade da moeda brasileira na época devido às elevadas inflações, as informações provenientes das composições de serviços tinham validade apenas momentânea e qualquer atraso em sua produção poderia torná-la ultrapassada. Este foi um dos principais problemas identificados naquela época, visto que as tarefas envolvidas no processo de estimativa de custos, principalmente a pesquisa de preços de insumos, são trabalhosas, demoradas e onerosas. Estas circunstâncias fizeram com que o sistema de custos, em operação hoje pelo DNIT, sucessor do extinto DNER, avançasse apenas até a etapa do cálculo de custos unitários de serviços e a consequente emissão de tabelas referenciais de preços nas regiões do país (DNIT, 2017).

Além disso, uma mesma tabela de preços não poderia ser adequada para a elaboração de orçamentos precisos em todos os casos, devido ao fato de que os custos das obras federais, executadas nas mais diversas regiões do país, são sensíveis à localização geográfica e às condições naturais, sociais, econômicas e logísticas encontradas bem como ao próprio plano de mobilização e instalação que o construtor tenha em mente. Assim, seria necessário que o sistema de custos avançasse mais um passo e adentrasse à etapa de elaboração dos orçamentos na fase dos projetos, gerando, para isso, custos unitários específicos para cada obra (DNIT, 2017).

Em meados da década de 1990, acontecimentos como a estabilização monetária, uma maior integração da economia aos mercados externos e a evolução tecnológica experimentada pelo setor de construção e de projetos, com a incorporação de recursos importantes de informática, tanto na área técnico-administrativa, quanto na modernização de equipamentos, alteraram o

comportamento de projetistas, construtores, fornecedores e empresários e, por consequência, modificaram o conceito associado à formação dos custos de referência de suas respectivas atividades, constituindo um fator determinante para a modificação do processo de definição dos custos, deixando claras as necessidades de uma revisão do Manual de Custos Rodoviários do DNER e de um novo sistema de custos rodoviários, o que ocorreu no ano 2000, com a implantação do Sistema de Custos de Obras Rodoviárias (SICRO 2) (DNIT, 2017).

Em 2010, a utilização do SICRO 2 para a elaboração de orçamentos de obras de infraestrutura de transportes com recursos da União passou a ser exigida pela Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO). Posteriormente, o Decreto Presidencial nº 7.983/2013 manteve a necessidade de utilização do SICRO 2 para definição dos custos de referência de obras de infraestrutura de transportes (DNIT, 2017).

Desde a implantação do novo sistema, os fatores envolvidos para uma análise detalhada de custos aumentaram ainda mais. O desenvolvimento de projetos e anteprojetos, o aumento do número de obras dos modais hidroviário e ferroviário, o incremento de recursos financeiros para realização de obras de infraestrutura e a rápida evolução tecnológica de equipamentos e soluções de engenharia evidenciaram a necessidade de um sistema de custos ainda mais completo, com a realização de uma pesquisa de preços de insumos (mão de obra, equipamentos e materiais) mais abrangente nas unidades da federação, para garantir maior confiabilidade aos orçamentos (DNIT, 2017).

Dessa forma, em 2006, o DNIT iniciou os primeiros trabalhos referentes ao desenvolvimento de um Novo Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO), que em sua origem foi denominado Sistema Nacional de Custos de Transportes (SINCTRAN) e, posteriormente, SICRO 3. Ao longo de mais uma década, o projeto contou desde o seu início com a participação relevante de muitos e importantes autores, tais como, órgãos de controle, associações de classe, universidades, centros e fundações de pesquisa. O Novo SICRO apresenta um sistema mais completo, com importantes inovações metodológicas, principalmente na definição de custos referenciais de instalação e manutenção de canteiros, de mobilização e desmobilização, de mão de obra, de administração local, de aquisição e transporte de materiais asfálticos, entre outras (DNIT, 2017).

Considerando a dinâmica das obras de infraestrutura de transportes e o desenvolvimento de tecnologias e serviços, mostra-se imprescindível que o SICRO

seja revisado e atualizado continuamente. Com este objetivo, foi criada a Câmara Técnica do SICRO, constituída por representantes do mercado de execução de obras e de engenharia consultiva, além de observadores de outros segmentos de controle e da área de custos (DNIT, 2017). A Tabela 2.4 apresenta os principais marcos associados ao desenvolvimento dos sistemas de custos do extinto DNER e do atual DNIT.

Tabela 2.4 – Evolução dos sistemas de custos do extinto DNER e do DNIT

Ano	Principais Marcos Históricos
1946	Início da elaboração das primeiras tabelas de preços referenciais
1963	Implantação da Tabela Geral de Preços
1972	Lançamento do Manual de Composições de Custos Rodoviários
1980	Atualização e complementação do Manual de Composições de Custos Rodoviários
1982	Início da utilização da Tabela UNAS – Unidade Assessorial/DG, com pesquisa de preços realizada apenas no município do Rio de Janeiro – RJ
1990	Desativação da Tabela UNAS
	Organização da Gerência de Custos Rodoviários – GEC
1992	Criação e lançamento do SICRO 1 – Sistema de Custos Rodoviários
	Início da expansão da pesquisa de preços para outros estados
1993	Regionalização da pesquisa de preços do SICRO 1
1998	Lançamento do SICRO 2 – Sistema de Custos Rodoviários
2000	Implantação do SICRO 2
2003	Publicação do Manual de Custos Rodoviários do SICRO 2
	Criação da Coordenação-Geral de Custos de Infraestrutura de Transportes
2006	Início do Projeto SINCTRAN (Termo de Cooperação celebrado com o Centro de Excelência em Engenharia de Transportes – CENTRAN / Departamento de Engenharia de Construção do Exército Brasileiro – DEC/EB)
2011	Término do Termo de Cooperação com o DEC/EB
2012	Contratação da Fundação Getúlio Vargas para revisão do SICRO e realização da pesquisa nacional de preços de insumos
2013	Divulgação das tabelas de preços do SICRO 2 para todas as unidades de federação
2014	Instauração da Câmara Técnica do SICRO
2015	Criação das Coordenações Setoriais de Custos Referenciais – CCR, de Preços Novos – CPN e de Orçamentos de Infraestrutura - COI
2017	Implantação do SICRO

Fonte: DNIT, 2017.

O Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes do DNIT (2017) apresenta as metodologias, as premissas e as memórias adotadas para o cálculo dos custos de referência dos serviços necessários à execução de obras de infraestrutura de transportes e suas estruturas auxiliares e encontra-se organizado nos seguintes

volumes, conteúdos e tomos:

- a) volume 01 - Metodologia e Conceitos;
- b) volume 02 - Pesquisa de Preços;
- c) volume 03 – Equipamentos;
- d) volume 04 - Mão de Obra;
 - tomo 01 - Parâmetros do CAGED;
 - tomo 02 - Encargos Sociais;
 - tomo 03 - Encargos Complementares;
 - tomo 04 - Consolidação dos Custos de Mão de Obra;
- e) volume 05 – Materiais;
- f) volume 06 - Fator de Influência de Chuvas;
 - tomo 01 - Índices Pluviométricos - Região Norte;
 - tomo 02 - Índices Pluviométricos - Região Nordeste;
 - tomo 03 - Índices Pluviométricos - Região Centro-Oeste;
 - tomo 04 - Índices Pluviométricos - Região Sudeste;
 - tomo 05 - Índices Pluviométricos - Região Sul;
- g) volume 07 - Canteiros de Obras;
 - tomo 01 - Módulos Básicos e Projetos Tipo (A3);
- h) volume 08 - Administração Local;
- i) volume 09 - Mobilização e Desmobilização;
- j) volume 10 - Manuais Técnicos;
 - conteúdo 01 – Terraplenagem;
 - conteúdo 02 - Pavimentação / Usinagem;
 - conteúdo 03 - Sinalização Rodoviária;
 - conteúdo 04 - Concretos, Agregados, Armações, Fôrmas e Escoramentos;
 - conteúdo 05 - Drenagem e Obras de Arte Correntes;
 - conteúdo 06 - Fundações e Contenções;
 - conteúdo 07 - Obras de Arte Especiais;
 - conteúdo 08 - Manutenção e Conservação Rodoviária;
 - conteúdo 09 – Ferrovias;
 - conteúdo 10 – Hidrovias;
 - conteúdo 11 – Transportes;
 - conteúdo 12 - Obras Complementares e Proteção Ambiental;
- k) volume 11 - Composições de Custos;

l) volume 12 - Produções de Equipes Mecânicas.

2.4.1 Inovações metodológicas

O Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2017) introduz as inovações e alterações apresentadas pelo Novo Sistema de Custos Referenciais de Obras do DNIT em relação aos seus sistemas antecessores. Trata-se de mudanças importantes que conferem características singulares e inéditas ao Novo SICRO. Dentre as principais inovações e alterações metodológicas destacam-se as seguintes:

- a) manutenção de composições de custos mistas;
- b) eliminação dos custos indiretos das composições;
- c) eliminação da generalização de atividades;
- d) fator de influência de chuvas (FIC);
- e) fator de interferência do tráfego (FIT);
- f) eliminação da distinção entre composições de custos de construção e restauração rodoviária no sistema;
- g) alteração na metodologia de cálculo do custo horário dos equipamentos;
- h) metodologia para definição dos custos de referência da mão de obra;
- i) alteração da metodologia para definição dos custos de referência dos insumos da pesquisa de preços;
- j) caminhos de serviços;
 - abertura de caminhos de serviço;
 - manutenção de caminhos de serviço;
- k) inclusão de composições de custos de carga, descarga e manobras;
- l) alteração das velocidades médias para transportes cíclicos;
- m) eliminação da diferenciação de transporte local e comercial;
- n) Inclusão de composições de custos dos modais ferroviário e aquaviário;
- o) ajustes nos fatores de correção;
- p) revisão dos valores residuais e vida útil dos equipamentos;
- q) metodologia para definição dos custos de referência para aquisição e transporte de materiais asfálticos;
- r) atualização das equações tarifárias de transporte rodoviário dos materiais asfálticos;
- s) criação de equações tarifárias de transporte fluvial dos materiais asfálticos;

- t) metodologia para definição dos custos de canteiros de obras;
- u) metodologia para definição dos custos de administração local;
- v) alteração na parcela de bonificação e despesas indiretas.

3 METODOLOGIA

O trabalho consiste, em uma primeira etapa, do dimensionamento da estrutura de um pavimento para uma rodovia com alto volume de tráfego, realizado através de dois métodos distintos para que fosse efetuada, posteriormente, a devida comparação. A segunda etapa foi a elaboração do orçamento para as estruturas dimensionadas através de cada um dos métodos, fazendo-se a análise da diferença no custo direto total para cada uma das estruturas e a verificação da estrutura mais vantajosa economicamente através da análise do custo por N. A terceira e última etapa constitui-se de uma análise de sensibilidade utilizando a estrutura mais vantajosa economicamente encontrada na análise anterior, onde verifica-se, através da alternância da classe de concreto asfáltico e do nível de confiabilidade do dimensionamento, a variação da espessura da camada de revestimento e, conseqüentemente, do custo de implantação desse pavimento.

3.1 DADOS DO PROJETO

O presente estudo emprega o projeto geométrico elaborado na disciplina de Rodovias I e o Projeto de Terraplenagem desenvolvido na disciplina de Rodovias II, projetos que representam o mesmo trecho e, desta forma, estão relacionados. Dando seqüência a estes projetos já desenvolvidos, usufruiu-se de seus resultados, juntamente com os dados de contagem de tráfego da BR-392/RS km 338 e também de informações dos fluxos volumétricos do posto n.º 046 do Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT), localizado no km 301,6 da BR-287/RS, para efetuar o dimensionamento e o orçamento do pavimento, analisando os resultados encontrados no sentido de se obter um projeto econômico e tecnicamente adequado.

3.1.1 Projeto geométrico

O projeto em questão refere-se a uma rodovia de Classe I-B, pista simples, localizada em uma região de relevo montanhoso. A largura das faixas de trânsito é de 3,60 metros e a largura dos acostamentos é de 2,50 metros. O comprimento total da rodovia é de 920,00 metros, ou seja, o trecho compreende 46 estacas. A rodovia possui dois trechos em curva circular simples e o raio de curva circular nos dois trechos é de 120 metros. O projeto geométrico deste estudo está apresentado nas Figuras 3.1 e 3.2.

Figura 3.1 – Projeto geométrico

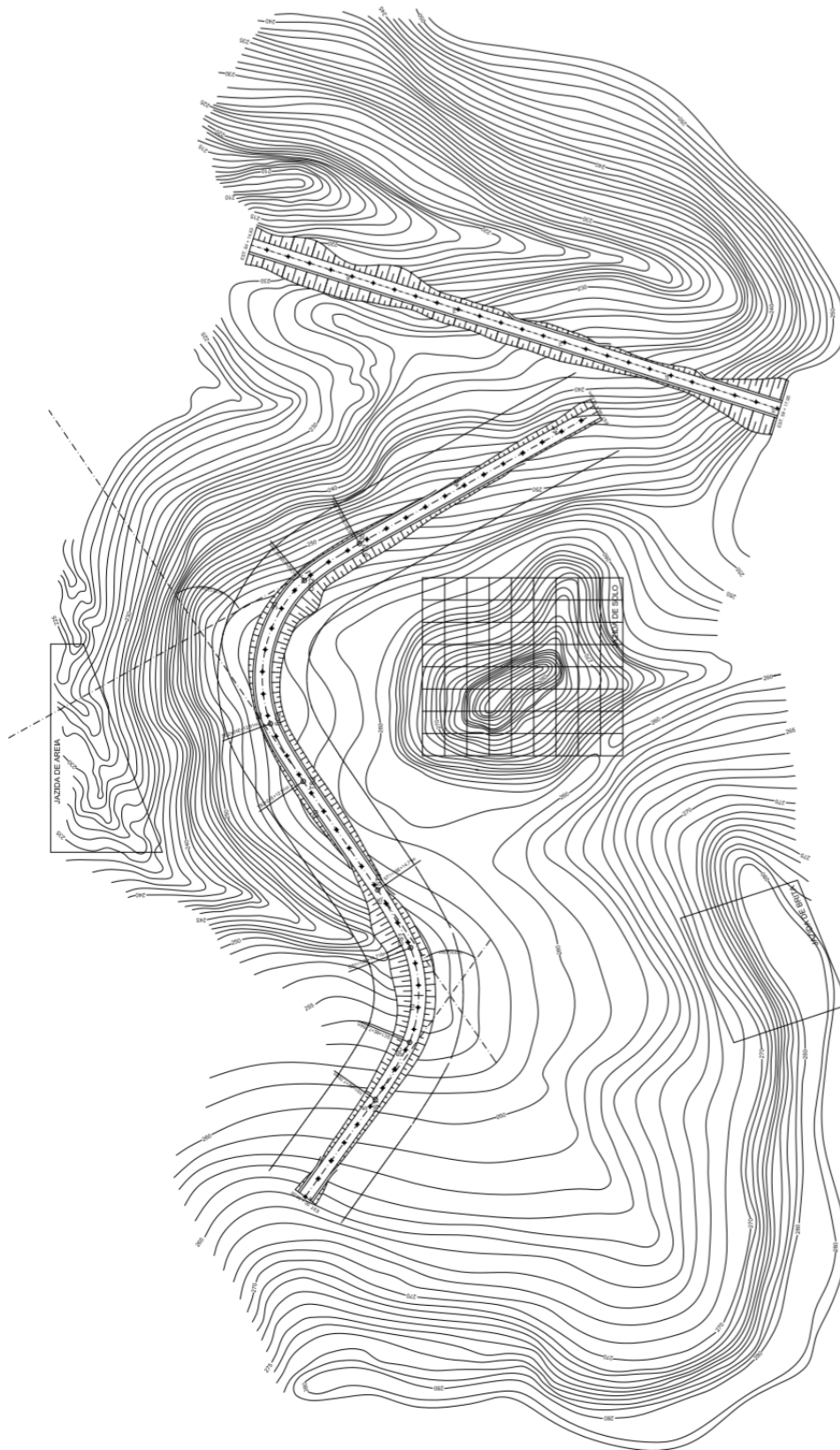
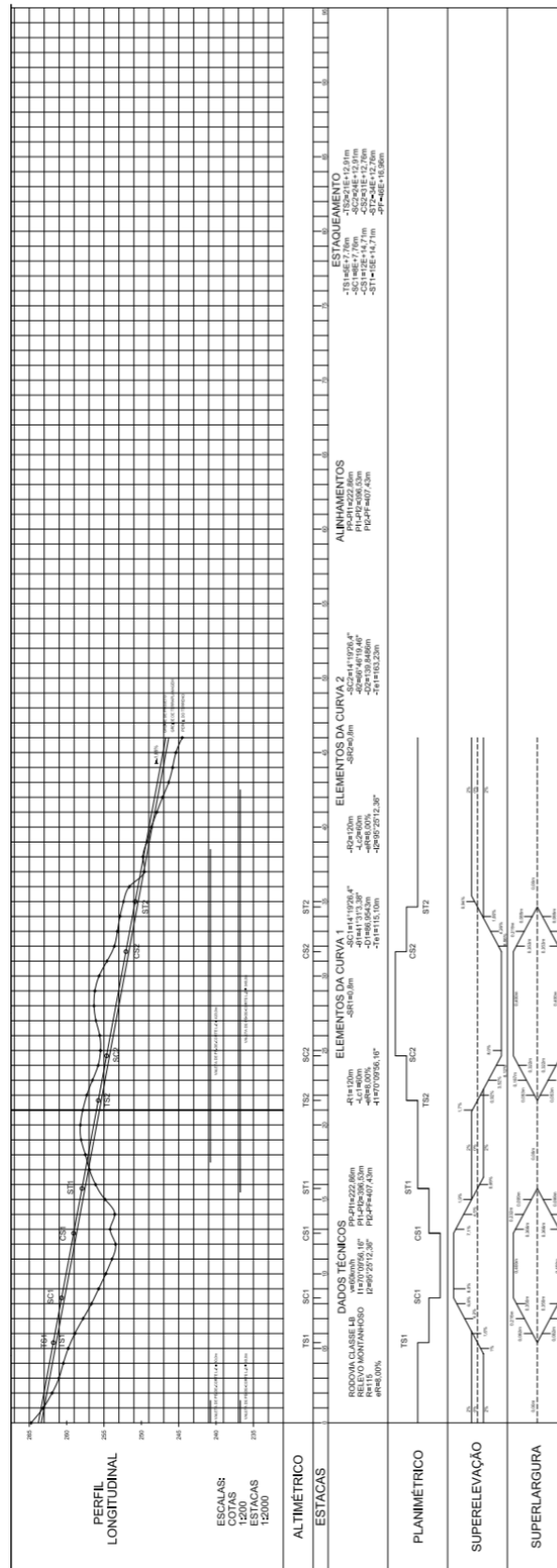


Figura 3.2 – Perfil longitudinal, planimétrico, superelevação e superlargura



Fonte: Autor.

3.1.2 Quantitativos do projeto de terraplenagem

Dentre todas as fases que fazem parte de um projeto de pavimentação, a movimentação de terra é uma das fases que requer atenção especial. Obras deste tipo apresentam grandes distâncias a serem percorridas e intenso trânsito de veículos no canteiro de obras. Sendo assim, o custo do movimento de terra é um dos fatores mais importantes para o estudo da implantação de uma rodovia. O equilíbrio entre volumes de cortes e aterros acarreta em menores custos de terraplenagem.

3.1.2.1 Volume total de escavação

Os volumes de corte em cada estaca são apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Volumes de corte em cada estaca

Estaca	Volume (m ³)	Estaca	Volume (m ³)	Estaca	Volume (m ³)
E-0	0,000	E-16	2,870	E-32	1.763,645
E-1	489,946	E-17	79,665	E-33	1.215,861
E-2	118,701	E-18	334,506	E-34	1.170,313
E-3	0,985	E-19	701,915	E-35	1.146,932
E-4	0,000	E-20	1.015,953	E-36	1.034,166
E-5	0,000	E-21	1.154,239	E-37	797,735
E-6	0,000	E-22	1.122,389	E-38	535,323
E-7	0,000	E-23	986,422	E-39	370,090
E-8	0,000	E-24	805,581	E-40	286,702
E-9	0,000	E-25	747,844	E-41	192,165
E-10	0,000	E-26	892,606	E-42	98,637
E-11	0,000	E-27	1.225,840	E-43	33,604
E-12	0,000	E-28	1.647,373	E-44	1,059
E-13	0,000	E-29	1.931,553	E-45	0,000
E-14	0,000	E-30	1.970,444	E-46	0,000
E-15	0,000	E-31	2.097,702		

Fonte: Autor.

O volume total de escavação é dado pela soma dos volumes de corte de todas as estacas. Neste caso, o volume total de escavação é 25.972,765 m³.

3.1.2.2 Volume total de compactação

Os volumes de aterro em cada estaca, já considerando o fator de redução adotado $Fr = 1,25$, são apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Volumes de aterro em cada estaca

Estaca	Volume (m³)	Estaca	Volume (m³)	Estaca	Volume (m³)
E-0	0,000	E-16	678,273	E-32	0,000
E-1	0,000	E-17	167,049	E-33	0,000
E-2	16,863	E-18	12,764	E-34	0,000
E-3	115,165	E-19	0,000	E-35	0,000
E-4	244,489	E-20	0,000	E-36	0,000
E-5	352,898	E-21	0,000	E-37	0,000
E-6	536,257	E-22	0,000	E-38	0,000
E-7	846,264	E-23	0,000	E-39	0,000
E-8	1.244,421	E-24	0,000	E-40	0,000
E-9	1.631,271	E-25	0,000	E-41	12,278
E-10	1.990,379	E-26	0,000	E-42	54,559
E-11	2.371,736	E-27	0,000	E-43	152,552
E-12	2.626,997	E-28	0,000	E-44	245,328
E-13	2.323,940	E-29	0,000	E-45	281,846
E-14	2.108,685	E-30	0,000	E-46	407,659
E-15	1.650,805	E-31	0,000		

Fonte: Autor.

O volume total de aterro, obtido pela soma dos volumes de aterro de todas as estacas, é de 20.072,448 m³, esse valor já considera o fator de redução adotado de 1,25, ou seja, esse volume refere-se ao solo já compactado. Visto que nesse projeto de terraplenagem existe um volume de bota-fora de 882,205 m³, esse solo foi utilizado para executar alargamento de aterros na rodovia. Dessa forma, esse volume de bota-fora deve ser somado ao volume total de aterro para compor o volume total de compactação, considerando o fator de redução adotado de 1,25. Sendo assim, o volume total de compactação será a soma dos valores do volume total de aterro e do volume de bota-fora já compactado, portanto, o volume total de compactação é 20.778,212 m³. O projeto de terraplenagem está apresentado nas Figuras 3.3 e 3.4.

Figura 3.3 – Representação do alargamento de aterro no projeto geométrico

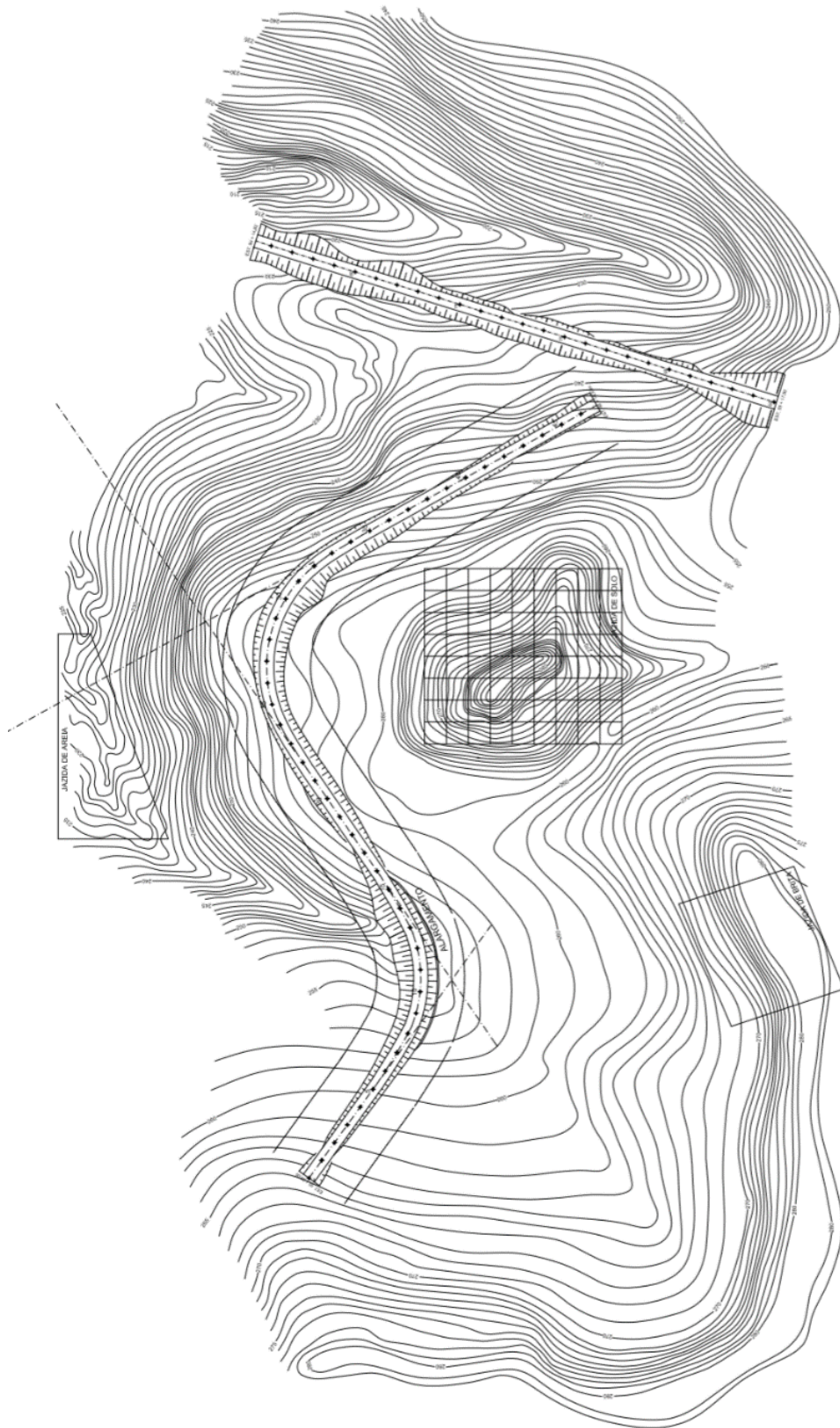
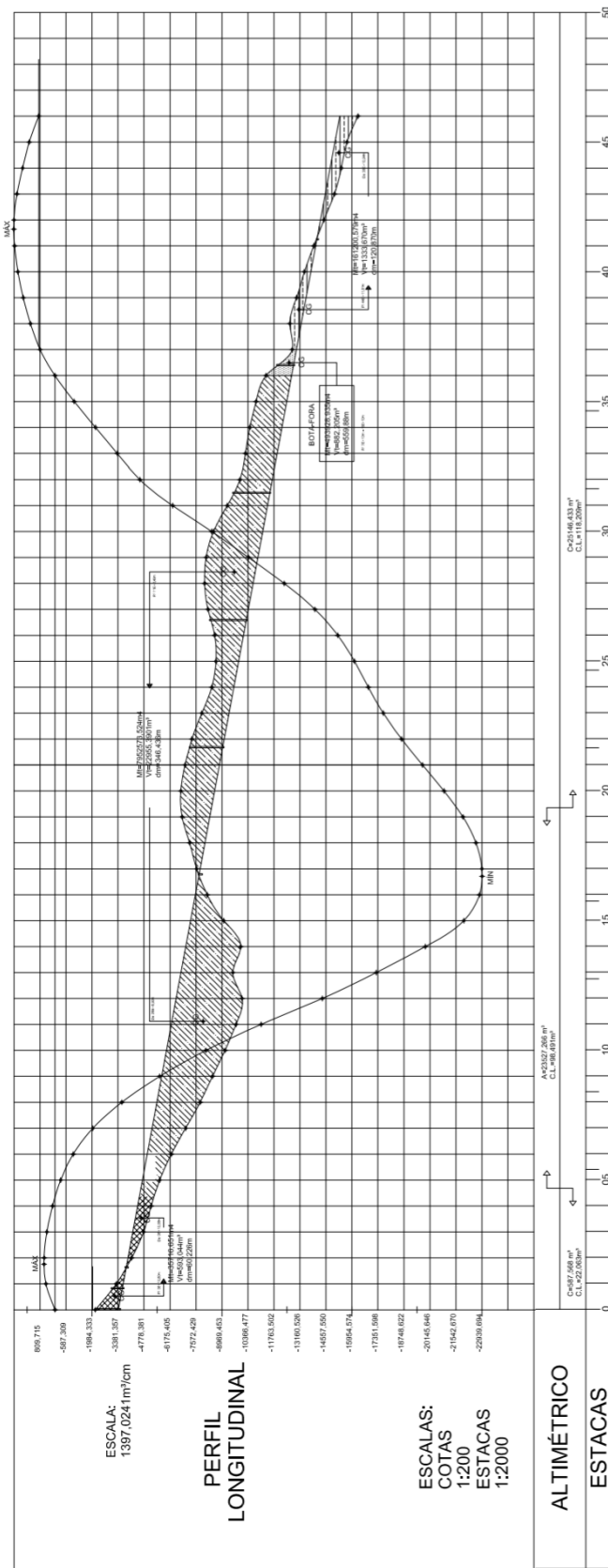


Figura 3.4 – Diagrama de Brückner



Fonte: Autor.

3.1.3 Materiais de jazidas

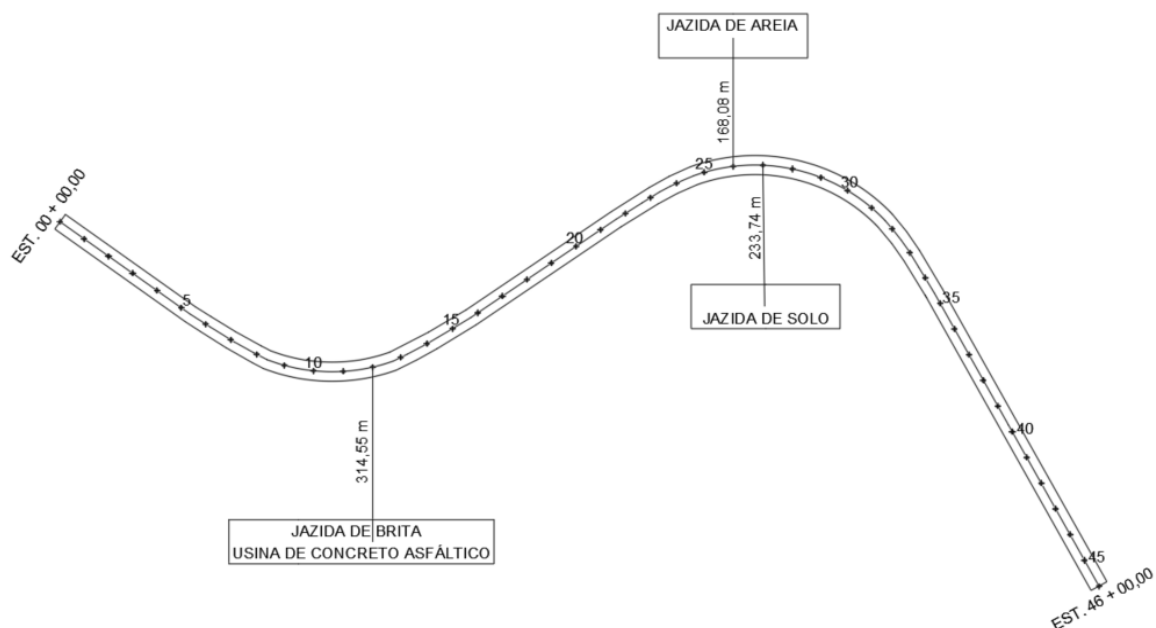
A região designada para elaboração do projeto geométrico, na disciplina de Rodovias I, possui, nas proximidades do traçado da rodovia, jazidas de solo, brita e areia.

Como premissa ao desenvolvimento deste estudo, foi adotado que os materiais necessários para implantação do projeto seriam de origem destas jazidas e, portanto, fez-se necessário a determinação das distâncias das jazidas até a rodovia e até o local escolhido para instalação da usina de concreto asfáltico.

Definiu-se, por critério de funcionalidade, que a usina de concreto asfáltico seria instalada próximo a jazida de brita.

A Figura 3.5 mostra a localização das jazidas em relação ao trecho da rodovia e a Tabela 3.3 apresenta as distâncias das jazidas às estacas mais próximas.

Figura 3.5 – Localização das jazidas em relação ao trecho da rodovia



Fonte: Autor.

Tabela 3.3 – Distâncias das jazidas às estacas mais próximas

Jazida	Estaca mais próxima	Distância (m)
Solo	E-27	233,74
Brita	E-12	314,55
Areia	E-26	168,08

Fonte: Autor.

3.1.3.1 Distância média de transporte (DMT)

Em virtude da necessidade da elaboração de quantitativos para o orçamento do serviço de transporte dos materiais necessários à execução do pavimento, calculou-se as Distâncias Médias de Transporte (DMTs).

A Distância Média de Transporte pode ser entendida como a distância, em projeção horizontal, entre o centro de massa de uma camada do pavimento e o centro de massa da jazida ou usina em questão, que fornecerá o material para a execução desta camada. A DMT pode ser calculada pela Equação 3.1.

$$DMT = \frac{\sum V_i \cdot D_i}{\sum V_i} \quad (3.1)$$

Onde:

D_i = Distância média de transporte correspondente ao segmento de camada "i";

V_i = Volume do segmento de camada "i".

A Tabela 3.4 apresenta as distâncias médias de transporte dos materiais das jazidas.

Tabela 3.4 – Distâncias médias de transporte

Material	DMT (m)
Solo	927,48
Brita	1.089,10
Areia	762,63
Concreto Asfáltico	1.089,10

Fonte: Autor.

3.1.4 Capacidade de suporte das camadas do pavimento

Para o dimensionamento do pavimento pelo método do DNER é fundamental que se conheça a capacidade de suporte do solo de fundação, ou seja, do material constituinte do subleito, e dos materiais constituintes das demais camadas do pavimento, visto que o método considera como critério de ruptura o afundamento plástico no subleito a partir da ruptura por cisalhamento do subleito e demais camadas abaixo do revestimento.

A capacidade de suporte dos materiais é determinada pelo ensaio do Índice de

Suporte Califórnia (CBR). No presente trabalho, por abordar um projeto genérico que representa a continuação dos projetos estudados nas disciplinas de Rodovias I e II, adotou-se valores para a capacidade de suporte dos materiais constituintes das camadas do pavimento. Para as camadas de subleito e reforço do subleito foram utilizados os valores de CBR do projeto da Travessia Urbana de Santa Maria e para a camada de sub-base levou-se em consideração as especificações do Manual de Pavimentação do DNIT. A Tabela 3.5 apresenta os valores adotados para o CBR das camadas do pavimento.

Tabela 3.5 – CBR adotado para as camadas do pavimento

Camada	CBR
Subleito	8%
Reforço do subleito	15%
Sub-base	20%

Fonte: Autor.

3.1.5 Tráfego

Uma das primeiras etapas para concepção do projeto é a contagem volumétrica de veículos para estimativa do número N durante a vida útil do pavimento que segue o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT. O número N consiste no somatório dos eixos simples de rodas duplas (ESRD) de carga padrão 8,2 t e pressão de inflação dos pneus de 0,55 MPa que solicitarão a rodovia ao longo do período de projeto.

Para o presente estudo foi considerado para estimativa do número N o Volume Diário Médio (VDM) da rodovia BR-392/RS km 338, trecho compreendido entre os municípios de Santa Maria – RS e São Sepé – RS. Os dados da contagem volumétrica classificatória foram cedidos pelo DNIT de Santa Maria – RS e são apresentados na Tabela 3.6.

A contagem volumétrica classificatória ocorreu do dia 10 de junho de 2010 ao dia 16 de junho de 2010, ou seja, teve duração de 7 dias. Para tornar os dados mais representativos, fez-se o cálculo de Fatores de Correção Sazonais (FCZ).

Tabela 3.6 – Contagem volumétrica classificatória BR-392/RS km 338

SENTIDO 1: SÃO SEPÉ - SANTA MARIA															
DIAS DO MÊS	PERÍODO/HORÁRIO	PASS./UTILIT.	ÔNIBUS		CAMINHÕES							TOTAL PAS/UTIL	TOT. CAM + ÔNIB	TOTAL SENT. 1	
			2C	3C	2C	3C	2S2	3S2	2S3	3S3	3D4				3T6
10/06/2010 (5ªF)	00:00-24:00	1221	35	38	135	263	30	17	126	363	230	4	1221	1241	2462
11/06/2010 (6ªF)	00:00-24:00	1491	36	50	132	229	36	10	137	327	243	7	1491	1207	2698
12/06/2010 (SÁB)	00:00-24:00	1177	44	33	83	154	24	13	95	263	195	3	1177	907	2084
13/06/2010 (DOM)	00:00-24:00	1487	25	33	30	39	6	8	23	93	151	0	1487	408	1895
14/06/2010 (2ªF)	00:00-24:00	1431	52	38	123	179	36	5	85	237	182	3	1431	940	2371
15/06/2010 (3ªF)	00:00-24:00	980	32	43	122	170	33	10	137	309	229	2	980	1087	2067
16/06/2010 (4ªF)	00:00-24:00	1141	35	43	110	200	27	7	112	249	224	1	1141	1008	2149
SENTIDO 2: SANTA MARIA – SÃO SEPÉ															
DIAS DO MÊS	PERÍODO/HORÁRIO	PASS./UTILIT.	ÔNIBUS		CAMINHÕES							TOTAL PAS/UTIL	TOT. CAM + ÔNIB	TOTAL SENT. 2	
			2C	3C	2C	3C	2S2	3S2	2S3	3S3	3D4				3T6
10/06/2010 (5ªF)	00:00-24:00	1239	38	45	128	235	28	15	112	296	242	7	1239	1146	2385
11/06/2010 (6ªF)	00:00-24:00	1605	46	45	124	235	29	4	126	329	237	3	1605	1178	2783
12/06/2010 (SÁB)	00:00-24:00	1339	27	31	79	136	19	10	72	144	108	3	1339	629	1968
13/06/2010 (DOM)	00:00-24:00	1240	40	38	34	58	11	4	50	166	134	1	1240	536	1776
14/06/2010 (2ªF)	00:00-24:00	1311	47	41	139	207	33	9	130	389	311	4	1311	1310	2621
15/06/2010 (3ªF)	00:00-24:00	952	32	44	122	200	23	7	129	309	284	5	952	1155	2107
16/06/2010 (4ªF)	00:00-24:00	1141	39	47	135	181	28	4	120	322	256	6	1141	1138	2279
AMBOS OS SENTIDOS (1 E 2)															
DIAS DO MÊS	PERÍODO/HORÁRIO	PASS./UTILIT.	ÔNIBUS		CAMINHÕES							TOTAL PAS/UTIL	TOT. CAM + ÔNIB	TOTAL SENT. 2	
			2C	3C	2C	3C	2S2	3S2	2S3	3S3	3D4				3T6
10/06/2010 (5ªF)	00:00-24:00	2460	73	83	263	498	58	32	238	659	472	11	2460	2387	4847
11/06/2010 (6ªF)	00:00-24:00	3096	82	95	256	464	65	14	263	656	480	10	3096	2385	5481
12/06/2010 (SÁB)	00:00-24:00	2516	71	64	162	290	43	23	167	407	303	6	2516	1536	4052
13/06/2010 (DOM)	00:00-24:00	2727	65	71	64	97	17	12	73	259	285	1	2727	944	3671
14/06/2010 (2ªF)	00:00-24:00	2742	99	79	262	386	69	14	215	626	493	7	2742	2250	4992
15/06/2010 (3ªF)	00:00-24:00	1932	64	87	244	370	56	17	266	618	513	7	1932	2242	4174
16/06/2010 (4ªF)	00:00-24:00	2282	74	90	245	381	55	11	232	571	480	7	2282	2146	4428
MÉDIA		2536	75	81	214	355	52	18	208	542	432	7	2536	1984	4521

Fonte: DNIT, 2014.

3.1.5.1 Cálculo dos fatores de correção sazonais

Os FCZ foram baseados nas contagens de sete dias realizadas pelo Consórcio Esteio – Engespro – ECR e também em informações dos fluxos volumétricos do posto n.º 046 do Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT), localizado no km 301,6 da BR-287/RS, entre os municípios de São Pedro do Sul e São Vicente do Sul, operados pelo extinto DNER.

Para a determinação do Fator de Correção Sazonal Mensal (FC_m), foram utilizados os valores das contagens de 2001 do posto n.º 046 da BR-287/RS, por ser esse o posto de contagens mais próximo do segmento em estudo. Os valores coletados deste posto são apresentados na Tabela 3.7, contendo o volume médio diário semanal e o resumo do VDM dos meses de janeiro a dezembro de 2001.

Tabela 3.7 – Volume médio diário de 2001 BR-287/RS km 301,6

Mês	Dia da semana							VDM Mensal
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	
Janeiro	1.967	2.439	2.467	2.341	2.367	2.609	2.032	2.303
Fevereiro	1.857	2.203	2.460	2.422	2.465	2.840	2.181	2.325
Março	1.952	2.260	2.351	2.239	2.342	2.624	2.100	2.258
Abril	2.231	2.350	2.472	2.441	2.770	2.542	2.135	2.389
Mai	2.269	2.386	2.599	2.464	2.631	3.160	2.563	2.559
Junho	1.961	2.123	2.518	2.310	2.647	3.077	2.343	2.438
Julho	2.370	2.600	2.545	2.443	2.699	3.059	2.375	2.551
Agosto	1.857	1.978	2.204	2.195	2.287	2.444	1.904	2.156
Setembro	1.924	2.177	2.214	2.320	2.405	2.350	1.706	2.111
Outubro	1.981	2.165	2.247	2.388	2.602	2.396	1.748	2.204
Novembro	2.070	2.180	2.216	2.168	2.323	1.934	2.073	2.117
Dezembro	0	0	0	0	0	0	0	1.530
VDM Anual = 2.267								

Fonte: DNIT, 2014.

3.1.5.1.1 Fator de correção sazonal horária (FC_h)

O FC_h é obtido pela relação entre os volumes de tráfego das 00h00 às 24h00, ou equivalente carga horária contada, no caso presente, entre 00h00 às 24h00, pelo mesmo período das 00h00 às 24h00, da contagem realizada pelo Consórcio, como mostra a equação 3.2.

$$FC_h = \frac{VDM (00:00 \text{ às } 24:00 \text{ contagem } 2010)}{VDM (00:00 \text{ às } 24:00 \text{ contagem } 2010)} = \frac{4521}{4521} = 1,000 \quad (3.2)$$

3.1.5.1.2 Fator de correção sazonal diária (FC_d)

O FC_d foi obtido pela relação entre o VDM médio nos dias da semana e o VDM total da contagem de sete dias realizada pelo Consórcio. Seu cálculo é apresentado na equação 3.3.

$$FC_d = \frac{VDM \text{ semanal (contagem 2010)}}{VDM \text{ semanal (contagem 2010)}} = \frac{4521}{4521} = 1,000 \quad (3.3)$$

3.1.5.1.3 Fator de correção sazonal mensal (FC_m)

O FC_m a ser aplicado nos valores das contagens realizadas no mês de junho de 2010 foi obtido pela relação entre o VDM no mês de junho de 2001 e o VDM médio anual de 2001 do posto n.º 046 do PNCT. O cálculo desse fator está apresentado na equação 3.4.

$$FC_m = \frac{VDM \text{ (junho/2001)}}{VDM \text{ médio de 2001}} = \frac{2438}{2267} = 1,075 \quad (3.4)$$

3.1.5.1.4 Fator de correção sazonal global (FC_g)

O FC_g foi obtido pelo produto dos três fatores acima calculados, como demonstrado na equação 3.5.

$$FC_g = 1,000 \times 1,000 \times 1,075 = 1,075 \quad (3.5)$$

3.1.5.2 *Projeção do tráfego*

Os dados de tráfego fornecidos datavam do ano de 2010, portanto, fez-se necessário estabelecer a projeção do volume de tráfego para o ano de 2018, que foi considerado como o ano de abertura da rodovia ao tráfego. A partir do volume de tráfego estabelecido para o ano de abertura da rodovia, foi realizada a projeção do tráfego para um período de projeto de dez anos.

Para as projeções do tráfego foram adotadas taxas de crescimento anuais de 3,0% para todos os veículos da frota circulante, conforme recomendado pelo DNIT na

falta de estudos socioeconômicos consistentes. A Tabela 3.8 apresenta a projeção do tráfego para o ano de 2018.

Tabela 3.8 – Projeção do tráfego

Anos	Passeio / Utilitários	Ônibus		Caminhões (rígidos, reboques e semi-reboques)								Totais
		2C	3C	2C	3C	2S2	3S2	2S3	3S3	3D4	3T6	
2010	2359	70	76	199	330	48	16	193	504	402	7	4204
2011	2429	72	78	205	340	50	17	199	519	414	7	4330
2012	2502	74	80	211	350	51	17	205	535	426	7	4460
2013	2577	77	83	217	361	53	18	211	551	439	7	4593
2014	2655	79	85	224	372	54	18	217	568	452	7	4731
2015	2734	81	88	230	383	56	19	224	585	466	8	4873
2016	2816	84	90	237	394	58	20	231	602	480	8	5019
2017	2901	86	93	244	406	59	20	238	620	494	8	5170
2018	2988	89	96	252	418	61	21	245	639	509	8	5325
2019	3077	92	99	259	431	63	21	252	658	524	8	5485
2020	3170	94	102	267	444	65	22	260	678	540	9	5649
2021	3265	97	105	275	457	67	23	267	698	556	9	5819
2022	3363	100	108	283	471	69	23	275	719	573	9	5993
2023	3464	103	111	292	485	71	24	284	741	590	10	6173
2024	3567	106	114	301	500	73	25	292	763	608	10	6358
2025	3675	109	118	310	514	75	25	301	786	626	10	6549
2026	3785	113	121	319	530	77	26	310	809	645	10	6746
2027	3898	116	125	328	546	80	27	319	833	664	11	6948
2028	4015	119	129	338	562	82	28	329	858	684	11	7156

Fonte: Autor.

3.1.5.3 Cálculo do fator de equivalência de carga (FEC)

O Fator de Equivalência de Carga representa o dano causado ao pavimento pela passagem de um eixo qualquer em relação a passagem de um eixo padrão, que é adotado como o eixo simples de rodas duplas (ESRD) de carga padrão de 8,2 t e pressão de inflação dos pneus de 0,55 Mpa.

Para calcular o FEC é necessário conhecer o mecanismo de ruptura do pavimento. O DNIT assume o mesmo critério do USACE, o afundamento plástico no subleito a partir da ruptura por cisalhamento do subleito e demais camadas abaixo do revestimento. A Tabela 3.9 apresenta os Fatores de Equivalência de Carga segundo o método do USACE.

Tabela 3.9 – Fatores de equivalência de carga do USACE

Tipos de eixo	Faixas de cargas (t)	Equações (P em t)
Dianteiro simples e traseiro simples	0 – 8	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,0175}$
	≥ 8	$FC = 1.8320 \times 10^{-6} \times P^{6,2542}$
Tandem duplo	0 -11	$FC = 1,5920 \times 10^{-4} \times P^{3,472}$
	≥ 11	$FC = 1,5280 \times 10^{-6} \times P^{5,484}$
Tandem triplo	0 – 18	$FC = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$
	≥ 18	$FC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$

Onde P é o peso bruto total sobre o eixo.

Fonte: DNIT, 2006.

No presente estudo foi adotado, para o cálculo do Fator de Equivalência de Carga, que todos os veículos comerciais trafegam na rodovia com a carga máxima legal regulamentada pela Resolução Nº 210 de 2006 do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), considerando o disposto no artigo 99 do Código de Trânsito Brasileiro (CTB). O eixo especial, composto por um eixo com duas rodas e outro com quatro rodas, não possui uma equação específica para o cálculo do FEC segundo o critério do USACE, sendo assim, utilizou-se a sua carga máxima legal permitida pelo CONTRAN e a equação referente ao ETD com carga maior ou igual a 11 toneladas para a determinação do FEC. A Figura 3.6 mostra a representação gráfica de cada eixo considerado e a sua carga máxima legal. A Tabela 3.10 apresenta os Fatores de Equivalência de Carga do projeto em estudo.

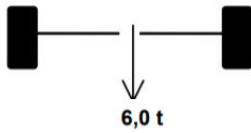
Tabela 3.10 – Fatores de equivalência de carga do projeto segundo método do USACE

Fator de Equivalência de Carga Para Cada Eixo (USACE)		
Eixo	Carga (t)	FEC
ESRS	6	0,278
ESRD	10	3,289
EIXO ESPECIAL	13,5	2,415
ETD	17	8,549
ETT	25,5	9,300

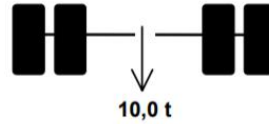
Fonte: Autor.

Figura 3.6 – Representação gráfica da distribuição de peso por eixo

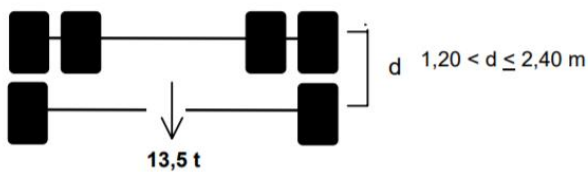
Eixo isolado, com 2 (dois) pneumáticos:



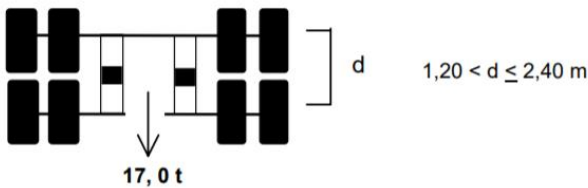
Eixo isolado com 4 (quatro) pneumáticos:



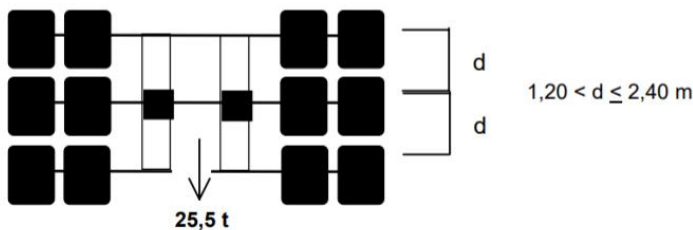
Conjunto de 2 (dois) eixos sendo um com 2 (dois) pneumáticos, e outro com 4 (quatro) pneumáticos, com suspensão especial:



Conjunto de 2 (dois) eixos em tandem com 4 (quatro) pneumáticos por eixo:



Conjunto de 3 (três) eixos em tandem, com 4 (quatro) pneumáticos por eixo:



Fonte: Autor.

3.1.5.4 Cálculo do fator de veículo (FV)

O Fator de Veículo é o índice representativo do potencial destrutivo médio dos veículos comerciais que trafegam na rodovia em relação ao eixo padrão, ou seja, o Fator de Veículo transforma a solicitação de um veículo qualquer, com um carregamento qualquer, em uma quantidade de solicitações equivalentes do eixo padrão. O cálculo do Fator de Veículo se dá pela Equação 3.6.

$$FV = \frac{\sum_{i=1}^n (pi_{(\%)} \times FEC_{i,p})}{100} \quad (3.6)$$

Onde:

FV = fator de Veículo;

pi(%) = frequência de ocorrência do eixo;

FEC = fator de equivalência de carga do eixo.

Neste estudo, foi calculado o FV para cada veículo separadamente, com o intuito de se obter um número N para cada tipo de veículo e, posteriormente, determinar o número N de projeto através do somatório dos números N de todos os veículos. Como foi considerado que todos os veículos trafegam na rodovia com a carga máxima legal, o FV de cada veículo foi calculado como a soma dos Fatores de Equivalência de Carga de todos os eixos que este veículo possui. A Tabela 3.11 apresenta os Fatores de Veículo calculados para todos os tipos de veículos que trafegam na rodovia.

Tabela 3.11 – Fator de veículo

Fator de Veículo (USACE)					
VEÍCULO	EIXOS	QUANTIDADE POR SENTIDO	t	P	FV
Ônibus	2C	45	0,03	10	3,567
Ônibus	3C	48	0,03	10	2,693
Caminhão	2C	126	0,03	10	3,567
Caminhão	3C	210	0,03	10	8,827
Caminhão	2S2	31	0,03	10	12,116
Caminhão	3S2	11	0,03	10	17,376
Caminhão	2S3	123	0,03	10	12,867
Caminhão	3S3	320	0,03	10	18,127
Caminhão	3D4	255	0,03	10	25,924
Caminhão	3T6	5	0,03	10	34,473

Fonte: Autor.

3.1.5.5 Fator de frota (Ff)

O fator de frota corresponde a porcentagem do VDM composta por veículos comerciais. Neste caso, o Ff foi considerado igual 1,0 ou 100%, visto que, para o cálculo do número N de cada veículo, foi considerado no VDM apenas os veículos comerciais.

3.1.5.6 Fator de sentido (F_s)

O fator de sentido corresponde a porcentagem dos veículos do VDM que trafegam em um sentido. Geralmente o F_s é igual a 0,5, ou seja, 50%. Neste estudo, o valor do VDM considerado para calcular o número N de cada veículo foi a quantidade de veículos por sentido, portanto, adotou-se F_s igual a 1,0 ou 100%.

3.1.5.7 Fator climático regional (F_r)

Um pavimento apresenta resistências diferentes em diferentes condições climáticas. Isso ocorre porque a umidade presente no subleito e no interior de uma estrutura de pavimento é variável em função do regime de chuvas de determinada região. Conseqüentemente, são diferentes as respostas estruturais de pavimentos com mesma estrutura e submetidos ao mesmo carregamento, mas sob condições de umidade diferentes, refletindo assim no aumento ou diminuição da sua vida útil de serviço.

Na tentativa de minimizar este efeito no dimensionamento de pavimentos, o método do DNER propôs a adoção de um Fator Climático Regional, em função da precipitação pluviométrica anual, e que deve ser adotado no cálculo do número N . A Tabela 3.12 mostra os valores a serem adotados para o Fator Climático Regional.

Tabela 3.12 – Fator climático regional

Altura média de Chuva (mm)	Fator Climático Regional (F_r)
Até 800 mm	0,7
De 800 mm a 1.500 mm	1,4
Mais de 1.500 mm	1,8

Fonte: DNIT, 2006.

No presente trabalho foi adotado F_r igual a 1,0, valor normalmente adotado com base em resultados de pesquisas desenvolvidas pelo IPR.

3.1.5.8 Fator de distribuição (F_d)

O fator de distribuição corresponde a porcentagem dos veículos comerciais que trafegam na faixa mais carregada, normalmente a faixa da direita. Se a rodovia possui

apenas uma faixa por sentido, então o valor do Fator de Distribuição é 1,0. Para faixas múltiplas por sentido, devem-se realizar levantamentos específicos. Geralmente, para rodovias com duas faixas por sentido, o Fator de Distribuição fica entre 0,7 e 0,96 e, para rodovias com 3 ou mais faixas por sentido, o Fator de Distribuição fica entre 0,5 e 0,96.

Neste estudo, a rodovia em questão apresenta apenas uma faixa de rolamento por sentido, portanto, o valor do Fd é 1,0.

3.1.5.9 Cálculo do número N

O número N representa o número de operações equivalentes do eixo padrão sobre a faixa mais carregada ao longo do período de projeto considerando o crescimento do tráfego ao longo deste período, que pode ser considerado de forma linear ou geométrica. Seu cálculo se dá através das Equações 3.7 e 3.8:

a) crescimento linear do tráfego:

$$N = 365 \cdot VDM \cdot \left[\frac{(1 + P \cdot t)^2 - 1}{2 \cdot t} \right] \cdot FV \cdot Ff \cdot Fs \cdot Fd \cdot Fr \quad (3.7)$$

b) crescimento geométrico do tráfego:

$$N = 365 \cdot VDM \cdot \frac{[(1 + t)^P - 1]}{\ln(1 + t)} \cdot FV \cdot Ff \cdot Fs \cdot Fd \cdot Fr \quad (3.8)$$

Onde:

- VDM = Volume Diário Médio. Neste caso, representa a quantidade de veículos de um determinado tipo que trafega na rodovia, em um único sentido;
- P = Período de projeto em anos. Representa a vida útil do pavimento. Neste caso, o período de projeto é de dez anos;
- t = taxa de crescimento do tráfego. Neste projeto, foi adotada taxa de crescimento anual de 3,0% para todos os veículos da frota circulante;
- FV = Fator de Veículo. Calculado para todos os veículos comerciais que trafegam na rodovia;
- Ff = Fator de frota;
- Fs = Fator de Sentido;
- Fd = Fator de Distribuição;
- Fr = Fator Climático Regional.

Neste estudo foi considerado crescimento linear do tráfego. Para determinar o

número N, foi calculado um número N para cada veículo comercial que trafega na rodovia e, posteriormente, obtido o número N total fazendo-se o somatório dos números N de todos os veículos. Seu cálculo se deu através da Equação 3.7.

A Tabela 3.13 apresenta o número N calculado para cada veículo e também o número N total, sendo este último utilizado para os dimensionamentos.

Tabela 3.13 – Número N

VEÍCULO	EIXOS	N CALCULADO	N ADOTADO
Ônibus	2C	673833,5335	6,74E+05
Ônibus	3C	542519,6407	5,43E+05
Caminhão	2C	1886733,894	1,89E+06
Caminhão	3C	7780528,904	7,78E+06
Caminhão	2S2	1576587,873	1,58E+06
Caminhão	3S2	802271,0568	8,02E+05
Caminhão	2S3	6643233,296	6,64E+06
Caminhão	3S3	24347547,49	2,43E+07
Caminhão	3D4	27748418,44	2,77E+07
Caminhão	3T6	723504,6101	7,24E+05
TOTAL		72725178,74	7,27E+07

Fonte: Autor.

3.2 DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DO DNER

O método do DNER é um método empírico, utilizado desde a década de 1960 até os dias atuais em todo o território nacional, onde a estrutura do pavimento é dimensionada de modo a garantir a proteção das camadas granulares e do solo de fundação quanto a ruptura por cisalhamento e excessivas deformações permanentes. Nesse sentido, o método considera a capacidade de suporte do subleito, medida através do ensaio de Índice de Suporte Califórnia (CBR).

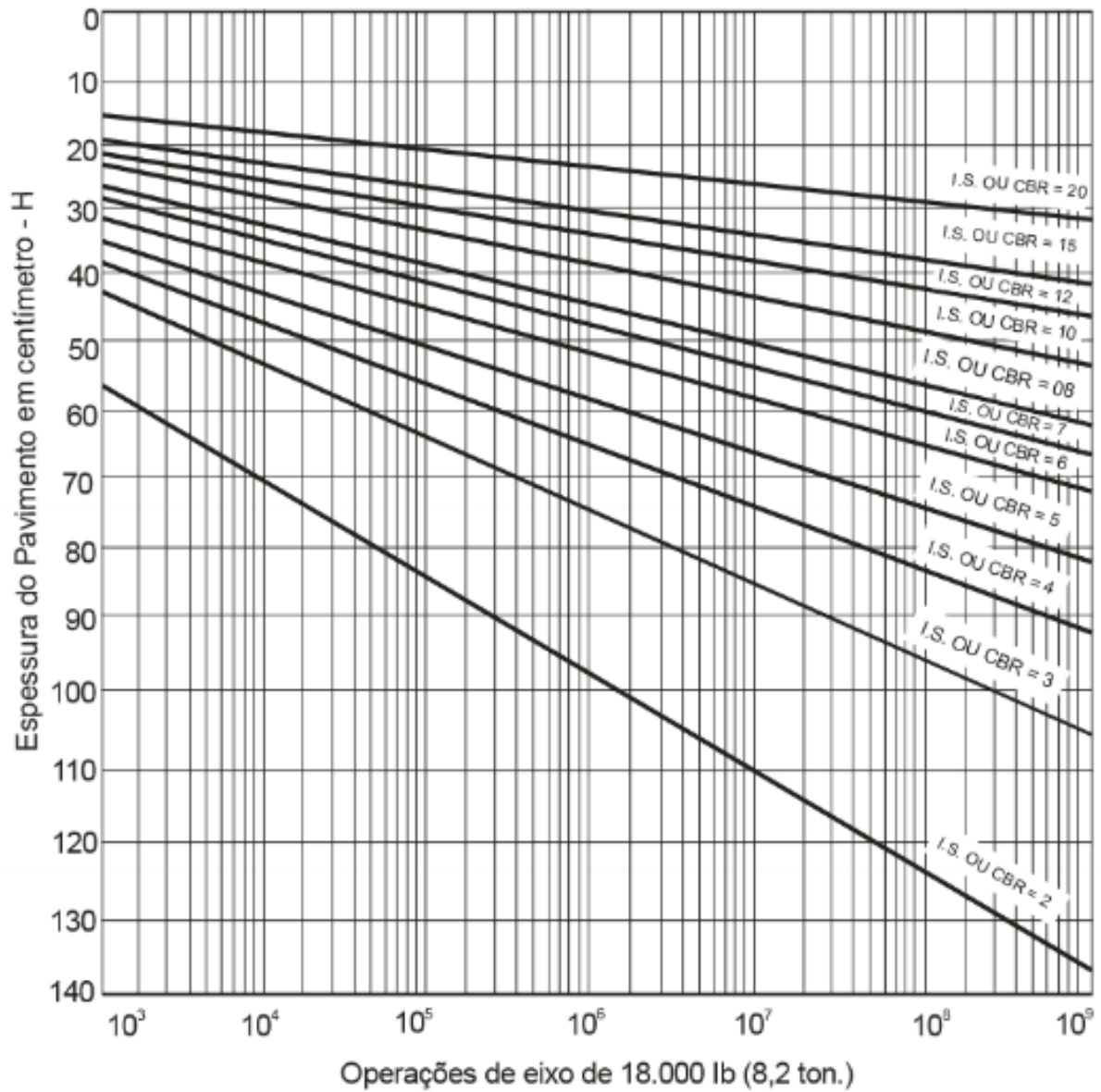
3.2.1 Espessura total do pavimento (H_m)

O dimensionamento das camadas do pavimento foi iniciado considerando a estrutura mais simplificada possível, contendo apenas a camada de base e a camada de revestimento.

Determinou-se a espessura total do pavimento acima do subleito (H_m) correlacionando os valores do número N e do CBR da camada a ser protegida. Para

isso utilizou-se o ábaco da Figura 3.7, construído por Souza (1981).

Figura 3.7 – Ábaco para determinação de espessuras do pavimento



Fonte: DNIT, 2006.

A espessura total do pavimento (H_m) também pode ser encontrada através de cálculo. Balbo (2007) cita a Equação 3.9 como solução para as retas contidos no ábaco.

$$H_t = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598} \quad (3.9)$$

Sendo:

H_m = Espessura de material granular acima do subleito;

N = Número de operações do eixo padrão;

CBR = capacidade de suporte da camada a ser protegida.

3.2.2 Espessura mínima de revestimento betuminoso

A espessura do revestimento (R) é estabelecida por critério empírico, seguindo recomendações baseadas na experiência nacional dos anos 1960 para evitar a ruptura do revestimento. O parâmetro determinante para que se estabeleça a espessura mínima da camada de revestimento betuminoso, bem como a sua técnica construtiva, é o número N , ou seja, o tráfego ao qual o pavimento será solicitado durante o período de projeto. A Tabela 3.14 mostra as espessuras mínimas de revestimento conforme o número N .

Tabela 3.14 – Espessura mínima de revestimento betuminoso

N	Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos Superficiais Betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos Betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto Betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto Betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto Betuminoso com 12,5 cm de espessura

Fonte: DNIT, 2006.

Se empregados tratamentos superficiais, as bases granulares deverão possuir coesão, pelo menos aparente (capilaridade ou entrosamento de partículas).

3.2.3 Camadas subjacentes ao revestimento

Determinadas a espessura total do pavimento (H_m) e a espessura do revestimento (R), calculou-se as espessuras das demais camadas, que variam conforme a solicitação do tráfego no local, utilizando seus respectivos coeficientes de equivalência estrutural (K).

3.2.3.1 Coeficiente de equivalência estrutural (K)

O coeficiente de equivalência estrutural (K) é um número empírico que

relaciona a capacidade de difusão das tensões sobre o subleito que um determinado material possui em relação ao material padrão, a brita graduada.

Os coeficientes de equivalência estrutural para os diferentes materiais utilizados em pavimentação são fornecidos na Tabela 3.15.

Tabela 3.15 – Coeficientes de equivalência estrutural

Material da camada	Materiais típicos	Coeficiente estrutural (K)
Base ou revestimento de concreto asfáltico usinado a quente	CAUQ	2,0
Base ou revestimento de pré-misturado a quente, de graduação densa	PMQ	1,7
Base ou revestimento de pré-misturado a frio, de graduação densa	PMF	1,4
Base ou revestimento betuminoso por penetração	PMAF, MB, TSS, TSD, TST	1,2
Camadas de materiais granulares	BGS, MH, BC, SB	1,0
Sub-base granular		0,77
Reforço do subleito de qualquer natureza		0,71
Material estabilizado com cimento com resistência à compressão a 7 dias superior a 4,5 MPa	BGTC, SC	1,7
Material estabilizado com cimento com resistência à compressão a 7 dias entre 2,8 MPa e 4,5 MPa	SC	1,4
Material estabilizado com cimento com resistência à compressão a 7 dias entre 2,1 MPa e 2,8 MPa	SMC	1,2
Material estabilizado com cal	Solo-cal	1,2

Fonte: DNIT, 2006.

3.2.3.2 Determinação das espessuras

As espessuras das camadas de base (B), sub-base (h_{20}) e do reforço do subleito (h_n) foram obtidas pela resolução sucessiva das Inequações 3.10, 3.11 e 3.12:

$$R \times K_r + B \times K_b \geq H_{20} \quad (3.10)$$

$$R \times K_r + B \times K_b + h_{20} \times K_s \geq H_n \quad (3.11)$$

$$R \times K_r + B \times K_b + h_{20} \times K_s + h_n \times K_{ref} \geq H_m \quad (3.12)$$

Onde:

- R = espessura da camada de revestimento;
- K_r = coeficiente de equivalência estrutural do material do revestimento;
- B = espessura da camada de base;
- K_b = coeficiente de equivalência estrutural do material da base;
- H_{20} = espessura de pavimento necessária para proteger a sub-base;
- K_s = coeficiente de equivalência estrutural do material da sub-base;
- h_{20} = espessura da sub-base;
- H_n = espessura de pavimento necessária para proteger o reforço do subleito;
- K_{ref} = coeficiente de equivalência estrutural do material do reforço do subleito;
- h_n = espessura do reforço do subleito;
- H_m = espessura total do pavimento necessária para proteger o subleito.

Os valores de H_{20} , H_n e H_m são determinados através do ábaco da Figura 3.7, podendo ainda serem calculados através da Equação 3.9.

3.2.3.3 Máximas e mínimas espessuras construtivas

Fez-se necessário analisar o valor encontrado para as espessuras de cada camada e verificar se é possível a sua execução, obedecendo aos limites estabelecidos pelo DNIT. A Tabela 3.16 fornece as mínimas e máximas espessuras construtivas para compactação dos materiais a serem utilizados nas diferentes camadas da estrutura do pavimento.

Tabela 3.16 – Espessuras construtivas

Material	Espessura mínima (cm)	Espessura máxima (cm)	Especificação de serviço	Espessuras usuais (cm)
Concreto Asfáltico	-	-	DNIT 031/2006 - ES	2,5 a 7,5
Brita Graduada Simples	10	20	DNIT 141/2010 - ES	12 a 20
Macadame Seco	16	21	DAER-ES-P 07/91	16 a 21
Reforço do Subleito	10	20	DNIT 138/2010 - ES	15 a 20

Fonte: Autor.

No caso das camadas de base e sub-base, quando compostas por materiais granulares, não se deve realizar a sobreposição de camadas do mesmo material, pois estas trabalhariam de maneira distinta, provocando alteração do seu coeficiente de equivalência estrutural (K).

3.3 FUNCIONAMENTO DO SOFTWARE MeDiNa V1.0.2.1

O software MeDiNa apresenta uma interface muito simples e prática, unindo agilidade nos cálculos e facilidade na manipulação de resultados. Ao abrir o programa, a tela apresentada mostra com clareza os locais onde devem ser inseridos os dados para o dimensionamento. O primeiro passo foi o preenchimento dos dados do tráfego, que incluem o tipo de via, o volume diário médio de veículos (VDM), o fator de veículo (FV), o número de operações equivalentes do eixo padrão (N), a porcentagem de veículos na faixa de projeto, a taxa de crescimento do tráfego e o período de projeto (P), como ilustrado na Figura 3.8.

Figura 3.8 – Dados do tráfego para o dimensionamento

+ EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO	
- DADOS DO TRÁFEGO	
Tipo de Via:	Sistema Arterial Primário
VMD (1º ano):	1370
FV:	1,000
N anual total:	5,00e+05
% Veículos na faixa de projeto:	100
N Anual da faixa:	5,00e+05
Taxa de crescimento (%):	0,0
Período de projeto (anos):	10
N Eq:	5,00e+06

Fonte: Autor.

Em seguida, fez-se a composição da estrutura do pavimento, acrescentando ou removendo camadas e escolhendo a camada a ser dimensionada, a qual é identificada através do símbolo “>><<”. Cada camada pode ser personalizada, alterando-se o seu material. O software traz inclusive uma base de dados de materiais com ensaios realizados pela COPPE/UFRJ como sugestão, o que não impede o

projetista de inserir novos materiais.

Para inserir um novo material asfáltico, necessita-se informar os seguintes dados: coeficiente de Poisson, tipo de contato, Módulo de Resiliência em MPa e os coeficientes de regressão k1 e k2. Além destes, incorpora-se algumas características adicionais: tipo de CAP, faixa granulométrica, teor de asfalto (%), volume de vazios (%), abrasão Los Angeles (%) e massa específica (g/cm³). A Figura 3.9 mostra como esses dados são organizados no programa.

Figura 3.9 – Dados necessários para inserir um novo material asfáltico

The screenshot displays a software interface titled 'Propriedades da Camada 1'. On the left, a 'BASE DE DADOS' list shows various material types, with 'Projeto' selected. The main area is divided into sections for 'CONCRETO ASFÁLTICO', 'Parâmetros', 'Módulo (MPa)', 'Características', and 'Curva de Fadiga'. Each section contains specific input fields and values, with some fields having dropdown menus or ellipses.

CONCRETO ASFÁLTICO	
Material	Projeto
Parâmetros	
Espessura (cm)	0,0
Coeficiente de Poisson	0,00
Contato	Aderido
Módulo (MPa)	
Modelo Constituinte	Resiliente Linear
Módulo (MPa)	0
Características	
Tipo de CAP	...
Faixa Granulométrica	...
Teor de asfalto (%)	...
Volume de vazios (%)	...
Abrasão Los Angeles (%)	...
Norma ou Especificação	DNIT ES 31
Massa específica (g/cm ³)	...
Curva de Fadiga	
Modelo:	k1 .(et ^ k2)
Coeficiente de Regressão (k1):	...
Coeficiente de Regressão (k2):	...

Buttons at the bottom: Excluir, Atualizar, Salvar, OK, Cancel.

Fonte: Autor.

Para adicionar ao programa um material granular, deve-se informar: o coeficiente de Poisson, o tipo de contato, o modelo constituinte (resiliente linear ou

não linear), o Módulo de Resiliência em MPa (no caso de modelo resiliente linear), os coeficientes de regressão de deformação permanente Ψ_1 , Ψ_2 , Ψ_3 e Ψ_4 . Outras características são: energia de compactação, abrasão Los Angeles (%), massa específica (g/cm^3) e umidade ótima (%). A Figura 3.10 mostra a interface do software para este procedimento.

Figura 3.10 – Dados necessários para inserir um novo material granular

Propriedades da Camada 3

BASE DE DADOS	
Projeto	
Brita Graduada - Gnaiss C1	
Brita Graduada - Gnaiss C2	
Brita Graduada - Gnaiss C3	
Brita Graduada - Gnaiss C4	
Brita Graduada - Gnaiss C5	
Brita Graduada - Gnaiss C6	
Brita Graduada - Gnaiss C7	
Solo Brita - M3 (LG' s:1521)	
Solo Brita - M4 (NG' s:1494)	
Solo Brita - M5 (LG' s:1521)	
BG A1 - C1	
BG A1 - C2	
BG A1 - C3	
BG A1 - C4	
BG A2 - C5	
BG A2 - C6	
BG A2 - C7	

MATERIAL GRANULAR	
Material	Projeto
Parâmetros	
Espessura (cm)	0,0
Coefficiente de Poisson	0,00
Contato	Não Aderido
Módulo (MPa)	
Modelo Constituinte	Resiliente Não Linear
Coefficiente de Regressão (k1):	0,00
Coefficiente de Regressão (k2):	0,000
Coefficiente de Regressão (k3):	0,000
Coefficiente de Regressão (k4):	0,000
Características	
Energia Compactação	...
Descrição do Material	Estabilizado granulometricamente
Abrasão Los Angeles (%)	...
Norma ou Especificação	DNIT ES 141
Massa específica (g/cm^3)	...
Umidade Ótima (%)	...
Deformação Permanente	
Modelo:	$ep = \psi_1.(s_3^{\psi_2}).(sd^{\psi_3}).(N^{\psi_4})$
Coefficiente de Regressão (k1 ou ψ_1):	...
Coefficiente de Regressão (k2 ou ψ_2):	...
Coefficiente de Regressão (k3 ou ψ_3):	...
Coefficiente de Regressão (k4 ou ψ_4):	...

Modelo Constituinte
 $MR = k_1 \times (s_3)^{k_2} \times (sd)^{k_3} \times (I)^{k_4}$

Excluir Atualizar Salvar OK Cancel

Fonte: Autor.

Para inclusão de um novo solo, os dados necessários são: o coeficiente de Poisson, o modelo constituinte (resiliente linear ou não linear), coeficientes de regressão k_1 , k_2 , k_3 e k_4 (no caso de modelo resiliente não linear), Módulo de Resiliência em MPa (no caso de modelo resiliente linear), coeficientes de regressão de deformação permanente Ψ_1 , Ψ_2 , Ψ_3 e Ψ_4 . Outras características são: a energia

de compactação, grupo MCT, coeficiente c' , coeficiente e' , massa específica (g/m^3) e umidade ótima (%). A Figura 3.11 apresenta os campos de inserção desses dados no programa.

Figura 3.11 – Dados necessários para inserir um novo solo

Propriedades do Subleito

BASE DE DADOS

- Projeto
- Solo Silteso NS'
- Solo Fino NA
- Solo CI
- Solo TR
- Solo JC

SUBLEITO	
Material	Projeto
Parâmetros	
Espessura (cm)	0,0
Coeficiente de Poisson	0,00
Contato	-
Módulo (MPa)	
Modelo Constituinte	Resiliente Não Linear
Coeficiente de Regressão (k1):	0,00
Coeficiente de Regressão (k2):	0,000
Coeficiente de Regressão (k3):	0,000
Coeficiente de Regressão (k4):	0,000
Características	
Energia Compactação	...
Descrição do Material	...
Grupo MCT	...
MCT - Coeficiente c'	...
MCT - Índice e'	...
Norma ou Especificação	DNIT ES 137
Massa específica (g/cm^3)	...
Umidade Ótima (%)	...
Defominação Permanente	
Modelo:	$ep = psi1.(s3^{psi2}).(sd^{psi3}).(N^{psi4})$
Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1):	...
Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2):	...
Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3):	...
Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4):	...

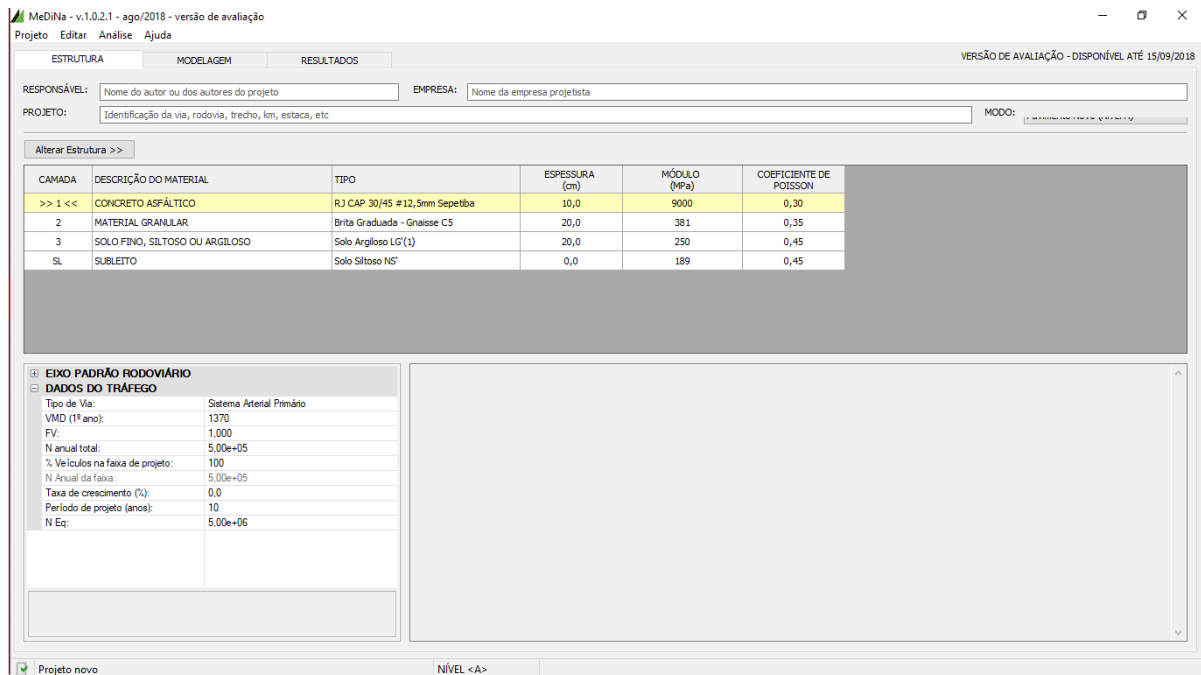
Modelo Constituinte
 $MR = k1 \times (s3)^{k2} \times (sd)^{k3} \times (I)^{k4}$

Excluir Atualizar Salvar OK Cancel

Fonte: Autor.

A Figura 3.12 apresenta a interface inicial do software, com os campos onde devem ser inseridos os dados de tráfego e a configuração da estrutura desejada.

Figura 3.12 – Interface do MeDiNa



Fonte: Autor.

Iniciando-se o dimensionamento, o software verifica, em um primeiro momento, o critério de fadiga e, posteriormente, efetua a análise através do critério da deformação permanente total. Para a estrutura ser considerada adequada para o tráfego em questão, os limites máximos para a área trincada estimada do pavimento e para o afundamento de trilha de roda ao fim do período são, respectivamente, 30,0% e 25,4 mm. Finalizado o dimensionamento, o programa gera as seguintes informações: nível de confiabilidade da análise, área trincada estimada do pavimento ao fim do período de projeto (%) e deformação permanente total.

O software MeDiNa fornece ainda relatórios da evolução mensal dos danos e das bacias de deflexão, um resumo da deformação permanente da estrutura ao fim do período de projeto e um relatório completo da análise.

3.4 COMPOSIÇÕES DE CUSTOS DO NOVO SICRO

Para elaborar o orçamento das diferentes estruturas propostas para o pavimento da rodovia em estudo utilizou-se o Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO), desenvolvido pelo DNIT, onde são apresentados os Manuais de Custos com informações de cada serviço e os Relatórios Analítico e Sintético de

composições de custos, que são específicos para cada região do país.

O Relatório Analítico de Composições de Custos apresenta a quantidade de equipamentos e de mão de obra necessários para uma equipe, a produção dessa equipe, os custos horários dos equipamentos e da mão de obra, as quantidades e custos unitários dos materiais, das atividades auxiliares, do tempo fixo e do momento de transporte. Além disso, fazem parte das composições de custo, quando necessário, o fator de influência de chuvas e o fator de interferência do tráfego. Por fim, cada composição de custo tem calculado seu custo unitário direto total, que representa efetivamente o custo unitário do serviço em questão a ser considerado no orçamento da obra. Para o orçamento do presente trabalho, considerou-se as composições de custos do estado do Rio Grande do Sul, sendo o mês de referência maio de 2018.

Desta forma, estudou-se todas as composições de custos necessárias para o orçamento completo dos custos diretos da obra, considerando todos os serviços que devem ser executados. Dentro de cada composição de custo, fez-se necessário o aprofundamento em todas as atividades auxiliares e transportes necessários ao serviço em questão, visando automatizar as planilhas de orçamento de forma que, quando se mostrasse necessária qualquer alteração no quantitativo de materiais, o valor do custo direto total da obra fosse conhecido instantaneamente pelo orçamentista.

As planilhas do orçamento foram desenvolvidas no software Excel, mantendo as planilhas das composições de custos nos moldes do Relatório Analítico de Composições de Custos apresentado pelo DNIT. Através das composições de custos, considerando os dados do projeto e as premissas e considerações adotadas durante o trabalho, desenvolveu-se a planilha com o resumo do orçamento, contendo os serviços necessários para as atividades de terraplenagem, pavimentação e sinalização, bem como as suas características como unidade, quantidade, valor unitário e valor total. Por fim, efetuada a soma do valor total de todos os serviços, apresentou-se o valor total da obra sem o BDI.

3.4.1 Composições de custos para os serviços de terraplenagem

As planilhas com as composições de custos dos serviços da etapa de terraplenagem que foram considerados nos orçamentos desse trabalho estão apresentadas nos apêndices. Foram consideradas as seguintes composições:

- a) código 5502114: “Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria – DMT de 1.000 a 1.200 m – caminho de serviço em leito natural – com escavadeira e caminhão basculante de 14 m³”, custo unitário direto total de R\$ 7,13/m³;
- b) código 5503041: “Compactação de aterros a 100% do Proctor Intermediário”, custo unitário direto total de R\$ 5,14/m³.

3.4.2 Composições de custos para os serviços de pavimentação

Para elaborar a relação de custos das composições referentes aos serviços de pavimentação, além dos manuais e dos relatórios de composições de custos do SICRO, foi necessário consultar a tabela de preços da Agência Nacional do Petróleo (ANP) para determinar o preço do asfalto diluído, da emulsão asfáltica, do cimento asfáltico e do asfalto modificado por polímero. Foram utilizados os preços de referência do estado do Rio Grande do Sul, sendo agosto o mês de referência para o asfalto diluído, emulsão asfáltica e cimento asfáltico, e julho o mês de referência para o asfalto modificado por polímero, devido não constar na tabela o preço de referência desse material no mês de agosto.

As planilhas com as composições de custos dos serviços da etapa de pavimentação que foram considerados nos orçamentos desse estudo estão apresentadas nos apêndices. Foram consideradas as seguintes composições:

- a) código 4011209: “Regularização do subleito”, custo unitário direto total de R\$ 0,73/m²;
- b) código 4011211: “Reforço do subleito com material de jazida”, custo unitário direto total de R\$ 8,71/m³;
- c) código 4816096: “Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica”, custo unitário direto total de R\$ 0,90/m³;
- d) código 4011280: “Base ou sub-base de macadame seco com brita produzida”, custo unitário direto total de R\$ 74,56/m³;
- e) código 4816012: “Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h”, custo unitário direto total de R\$ 47,29/m³;
- f) código: 4816010: “Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira”, custo unitário direto total de R\$ 49,16/m³;
- g) código 4011275: “Base ou sub-base de brita graduada com brita produzida”,

- custo unitário direto total de R\$ 89,59/m³;
- h) código 6416039: “Usinagem de brita graduada com brita produzida em usina de 300 t/h”, custo unitário direto total de R\$ 78,65/m³;
 - i) código 4011351: “Imprimação com asfalto diluído”, custo unitário direto total de R\$ 4,26/m²;
 - j) código 4011353: “Pintura de ligação”, custo unitário direto total de R\$ 0,86/m²;
 - k) código 4011462: “Concreto asfáltico – faixa C – areia extraída, brita produzida”, custo unitário direto total de R\$ 211,38/t;
 - l) código 6416077: “Usinagem de concreto asfáltico – faixa C – areia extraída e brita produzida”, custo unitário direto total de R\$ 193,16/t;
 - m) código 4011465: “Concreto asfáltico com asfalto polímero – faixa C – areia extraída, brita produzida”, custo unitário direto total de R\$ 245,14/t;
 - n) código 6416247: “Usinagem de concreto asfáltico com asfalto polímero – faixa C – areia extraída e brita produzida”, custo unitário direto total de R\$ 226,26/t;
 - o) código 4816020: “Areia extraída com draga de sucção tipo bomba”, custo unitário direto total de R\$ 13,25/m³;
 - p) código 4011371: “Tratamento Superficial duplo com banho diluído – brita produzida”, custo unitário direto total de R\$ 6,04/m².

3.4.3 Composições de custos para os serviços de sinalização

As planilhas com as composições de custos dos serviços da etapa de sinalização que foram considerados no orçamento estão apresentadas nos apêndices. Foram consideradas as seguintes composições:

- a) código 5213401: “Pintura de faixa – tinta base acrílica – espessura de 0,6 mm”, custo unitário direto total de R\$ 21,84/m²;
- b) código 5213466: “Fornecimento e implantação de placa de advertência em aço, lado de 1,00 m – película retrorrefletiva tipo I e SI”, custo unitário direto total de R\$ 698,39/unidade;
- c) código 5213414: “Confecção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI”, custo unitário direto total de R\$ 657,81/m²;
- d) código 5212552: “Pintura eletrostática a pó com tinta poliéster em chapa de

- aço”, custo unitário direto total de R\$ 12,76/m²;
- e) código 5213449: “Fornecimento e implantação de placa de regulamentação em aço, R2 lado 0,80 m – película retrorrefletiva tipo I + SI”, custo unitário direto total de R\$ 222,68/unidade;
- f) código 5213360: “Tacha refletiva bidirecional – fornecimento e colocação”, custo unitário direto total de R\$ 17,32/unidade.

3.4.4 Composições de custos para os serviços de transporte

As composições de custos para os serviços de transporte estão incluídas em todas as composições que possuem momento de transporte, sejam principais ou auxiliares. O preço do transporte foi determinado e posteriormente considerado nas composições que o contém. As planilhas com as composições de custos dos serviços de transporte que foram considerados no orçamento de cada pavimento estão apresentadas nos apêndices. Foram consideradas as seguintes composições:

- a) código 5914374: “Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia com revestimento primário”, custo unitário direto total de R\$ 0,56/tkm;
- b) código 5914389: “Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada”, custo unitário direto total de R\$ 0,45/tkm;
- c) código 5914479: “Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada”, custo unitário direto total de R\$ 0,45/tkm;
- d) código 5915324: “Transporte com caminhão carroceria de 5 t - rodovia pavimentada”, custo unitário direto total de R\$ 0,91/tkm.

3.5 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Uma análise de sensibilidade é uma avaliação que procura estimar o resultado final de acordo com oscilações das variáveis determinantes. Em uma análise de sensibilidade podem ser testadas diversas variáveis diferentes para se entender o efeito que cada uma produz no resultado final do processo.

A principal vantagem deste tipo de análise é permitir a montagem de cenários a fim de ajustar o orçamento disponível do projeto às eventualidades e intercorrências futuras. Além disso, alterando variáveis é possível identificar as potencialidades e as oportunidades de melhoria dentro de um planejamento das atividades de um projeto.

4 RESULTADOS

4.1 DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DO DNER

No presente estudo fez-se o dimensionamento pelo método do DNER de duas estruturas distintas para o pavimento, utilizando-se, para o dimensionamento de ambas, o software Excel. A primeira delas foi dimensionada considerando a estrutura do pavimento constituída pelas camadas de reforço do subleito com solo argiloso, base de BGS e revestimento em concreto asfáltico. A segunda estrutura foi dimensionada considerando as camadas de sub-base de macadame seco, base de BGS e revestimento em concreto asfáltico. Essas estruturas foram escolhidas devido a presença de jazidas de brita e solo na região próxima ao traçado da rodovia.

Poder-se-ia, ainda, dimensionar um pavimento composto de todas as camadas, ou seja, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento, no entanto, optou-se pela ausência de uma ou outra camada visando a elaboração de um projeto tanto quanto possível econômico, visto que as características do tráfego existente não exigem uma estrutura de maior robustez. A escolha da configuração da estrutura do pavimento é uma atividade que faz parte do projeto de uma rodovia e faz-se visando um projeto econômico e satisfatório do ponto de vista técnico.

4.1.1 Dimensionamento para estrutura com reforço do subleito

O dimensionamento foi iniciado pela determinação da espessura total do pavimento em termos de material granular, utilizando-se a Equação 3.9. Nesse caso, a camada a ser protegida inicialmente é o subleito, portanto, utilizou-se o valor do seu CBR na Equação 3.9, bem como o número de operações do eixo padrão (N). A Tabela 4.1 apresenta o valor calculado para a espessura total sobre o subleito.

Tabela 4.1 – Valor calculado da espessura total sobre o subleito

ESPESSURA TOTAL SOBRE O SUBLEITO (H_m)	
CBR (%) =	8
Hm (cm) =	53,60

Fonte: Autor.

Em seguida, determinou-se a espessura mínima do revestimento. Segundo os

dados da Tabela 3.14, observa-se que, para um valor de número N superior a 5×10^7 , como é o caso neste projeto, a espessura mínima da camada de revestimento para que o pavimento tenha desempenho técnico satisfatório, suportando a solicitação do tráfego, deve ser composta de concreto asfáltico com 12,5 cm de espessura.

Considerando a utilização de uma camada de reforço do subleito, determinou-se, através da Equação 3.9, a espessura de pavimento necessária para proteger esta camada. O resultado desse cálculo é apresentado na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Valor calculado da espessura total sobre o reforço do subleito

ESPESSURA TOTAL SOBRE O REFORÇO DO SUBLEITO (H_n)	
CBR (%) =	15
H_n (cm) =	36,80

Fonte: Autor.

Por fim, foram realizados os cálculos das espessuras das camadas subjacentes ao revestimento. Para isso fez-se necessário conhecer seus respectivos coeficientes de equivalência estrutural (K), os quais são apresentados na Tabela 4.3, considerando os materiais utilizados na sua construção.

Tabela 4.3 – Coeficientes de equivalência estrutural K_r , K_b , K_n

Material da Camada	K
Concreto Asfáltico	2,00
BGS	1,00
Reforço do Subleito	0,71

Fonte: Autor.

Para determinação das espessuras das demais camadas utilizou-se as Inequações 3.10 e 3.12. Os cálculos das espessuras das camadas de base e reforço do subleito são apresentados nas Tabelas 4.4 e 4.5.

Tabela 4.4 – Cálculo da espessura da camada de base sobre o reforço do subleito

$R \times K_r + B \times K_b \geq H_n$	
$12,5 \times 2 + B \times 1 \geq 36,8$	
$B \geq$	11,80
$B_{\text{adotado}} \text{ (cm)} =$	12,00

Fonte: Autor.

Tabela 4.5 – Cálculo da espessura mínima da camada de reforço do subleito

$R \times K_r + B \times K_b + h_n \times K_n \geq H_m$	
$12,5 \times 2 + 12 \times 1 + h_n \times 0,71 \geq 53,60$	
$h_n \geq$	23,38
aumentando BGS para viabilizar RS	
B adotado (cm) =	15,00
h_n adotado (cm) =	20,00

Fonte: Autor.

Observa-se que o valor calculado para a espessura da camada de base foi de 11,80 cm, porém, segundo a Tabela 3.16, a espessura construtiva mínima usual para camadas constituídas de brita graduada simples é 12 cm, sendo, portanto, a espessura adotada.

Por outro lado, utilizando-se a espessura de 12 cm para a camada de base, encontrou-se, através do cálculo, a espessura de 23,38 cm para a camada de reforço do subleito, o que inviabiliza a execução desta estrutura visto que, segundo a Tabela 3.16, a máxima espessura construtiva para o reforço do subleito é 20 cm.

Uma solução possível para este caso é dividir a camada de reforço do subleito em duas camadas sobrepostas de 15,0 cm. Nas camadas do pavimento constituídas de solos é possível a compactação em camadas sobrepostas sem causar impacto negativo a estrutura, desde que seja respeitada a espessura mínima construtiva de 15,0 cm. Porém, essa alternativa impactaria na execução da obra e no orçamento, pois demandaria tempo, mão de obra, equipamentos, combustível, entre outros, visto que seria necessário realizar duas vezes o processo construtivo da camada de reforço do subleito, incluindo sua compactação.

Outra alternativa para esse caso seria aumentar a espessura do revestimento, porém, isso tornaria o projeto antieconômico, uma vez que a camada de revestimento

é a que causa o maior impacto no orçamento. Feitas tais considerações, a opção escolhida para solucionar este entrave foi aumentar a espessura da camada de base, de 12,0 cm para 15,0 cm, possibilitando assim a adoção da camada de reforço do subleito com a espessura máxima construtiva de 20,0 cm.

Fazendo-se novamente o cálculo da espessura mínima necessária para o reforço do subleito, considerando o aumento na espessura da camada de base, verificou-se o correto dimensionamento da estrutura. A Tabela 4.6 apresenta o cálculo para essa verificação.

Tabela 4.6 – Verificação da espessura mínima do reforço do subleito

$$\begin{array}{r} \hline R \times K_r + B \times K_b + h_n \times K_n \geq H_m \\ \hline 12,5 \times 2 + 15 \times 1 + h_n \times 0,71 \geq 53,60 \\ \hline h_n \geq \qquad \qquad \qquad 19,15 \\ \hline \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{OK!} \\ \hline \end{array}$$

Fonte: Autor.

Observa-se que aumentando a espessura da camada de base para 15,0 cm, a camada mínima necessária para o reforço do subleito diminuiu para 19,15 cm, ou seja, menor que a espessura adotada de 20,0 cm. Logo, a estrutura está corretamente dimensionada do ponto de vista técnico, como ilustra a Figura 4.1.

Figura 4.1 – Estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo método do DNER



Fonte: Autor.

4.1.2 Dimensionamento da estrutura com sub-base

Para iniciar o dimensionamento fez-se necessária a determinação da espessura total do pavimento. Tanto as características do tráfego como o material considerado para o subleito da estrutura composta por sub-base foram os mesmos da estrutura composta por reforço do subleito anteriormente dimensionada, logo, seu CBR também foi o mesmo e, portanto, a espessura total do pavimento é mostrada na tabela 4.1 e corresponde a 53,60 cm.

Posteriormente foi determinada a espessura mínima e o tipo de revestimento. Essa determinação depende, unicamente, do número de operações do eixo padrão (N). Sendo este parâmetro igual para ambas as estruturas a serem dimensionadas, a camada de revestimento deve ser composta por concreto asfáltico com, no mínimo, 12,5 cm de espessura, conforme os dados da Tabela 3.14.

Em seguida, foi determinada a espessura de pavimento necessária para proteger a camada de sub-base. Para isso foi utilizada a Equação 3.9. O valor desse cálculo é apresentado na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Valor calculado da espessura total sobre a sub-base

ESPESSURA TOTAL SOBRE A SUB-BASE (H_{20})	
CBR (%) =	20
H_{20} (cm) =	30,99

Fonte: Autor.

Finalmente, calculou-se as espessuras das demais camadas do pavimento. A tabela 4.8 apresenta os coeficientes de equivalência estrutural (K) para cada uma delas.

Tabela 4.8 – Coeficientes de equivalência estrutural K_r , K_b , K_s

Material da Camada	K
Concreto Asfáltico	2,00
BGS	1,00
Macadame Seco	0,77

Fonte: Autor.

Os cálculos das espessuras das camadas de base e sub-base foram efetuados utilizando-se as Inequações 3.10 e 3.11. Esses cálculos, bem como seus resultados, são apresentados nas Tabelas 4.9 e 4.10.

Tabela 4.9 – Cálculo da espessura da camada de base sobre a sub-base

$R \times K_r + B \times K_b \geq H_{20}$	
$12,5 \times 2 + B \times 1 \geq 30,99$	
$B \geq$	5,99
B_{adotado} (cm) =	12,00

Fonte: Autor.

Tabela 4.10 – Cálculo da espessura mínima da camada de sub-base

$R \times K_r + B \times K_b + h_{20} \times K_{20} \geq H_m$	
$12,5 \times 2 + 12 \times 1 + h_{20} \times 0,77 \geq 53,60$	
$h_n \geq$	21,56
aumentando BGS para viabilizar MS	
B adotado (cm) =	13,00
h₂₀ adotado (cm) =	21,00

Fonte: Autor.

Segundo a Tabela 3.16 a espessura mínima construtiva usual para uma camada composta de brita graduada simples é 12,0 cm. Portanto, como a espessura mínima calculada para a camada de base, $B = 5,99$ cm, é inferior a espessura mínima construtiva para este tipo de material, adotou-se para a camada de base a espessura mínima construtiva usual, $B = 12,0$ cm.

Por outro lado, considerando as informações da Tabela 3.16, observa-se que as espessuras construtivas mínima e máxima para camadas de macadame seco são, respectivamente, 16,0 cm e 21,0 cm. Dessa forma, não é possível executar a estrutura com espessuras de revestimento de 12,5 cm, base de 12,0 cm e sub-base de 21,56 cm, como indica o resultado do dimensionamento.

Sabe-se, de acordo com as informações do capítulo 3, que não é admitido que as camadas de base e sub-base, quando compostas por material granular, sejam subdivididas em mais camadas de menor espessura buscando a adequada compactação, em virtude de que a execução de camadas sobrepostas desse mesmo

material acarretam alteração no seu coeficiente de equivalência estrutural, devido às camadas trabalharem de maneira distinta.

Buscando-se um projeto o tanto quanto possível econômico, optou-se por adotar o aumento da espessura do revestimento apenas quando não houvesse outra alternativa de menor custo. Assim, a opção escolhida para solucionar este entrave foi aumentar a espessura da camada de base, de 12,0 cm para 13,0 cm, viabilizando a adoção da espessura máxima construtiva para a camada de sub-base, ou seja, 21,0 cm.

Para verificar o correto dimensionamento da estrutura, foi feito novamente o cálculo da espessura mínima necessária para a camada de sub-base, considerando o aumento de apenas 1,0 cm na espessura da camada de base. Esse cálculo está apresentado na Tabela 4.11.

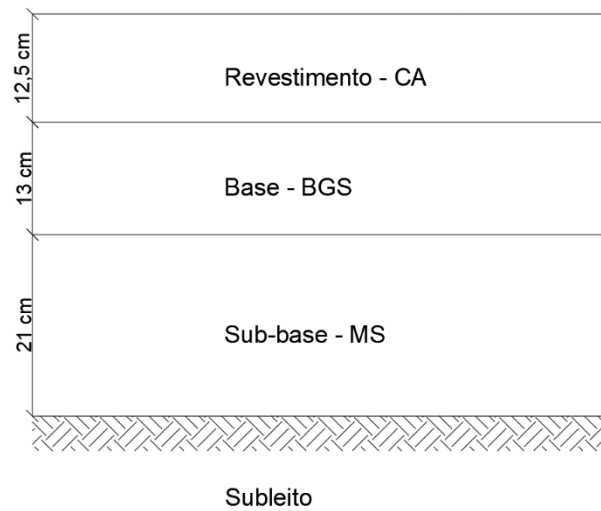
Tabela 4.11 – Verificação da espessura mínima da camada de sub-base

$$\begin{array}{r}
 \hline
 R \times K_r + B \times K_b + h_{20} \times K_{20} \geq H_m \\
 \hline
 12,5 \times 2 + 13 \times 1 + h_{20} \times 0,77 \geq 53,60 \\
 \hline
 h_n \geq \qquad \qquad \qquad 20,26 \\
 \hline
 \text{OK!} \\
 \hline
 \end{array}$$

Fonte: Autor.

Nota-se, que a partir do aumento da espessura da camada de base de 12,0 cm para 13,0 cm, a espessura mínima necessária para a camada de sub-base diminuiu de 21,56 cm para 20,26 cm, ou seja, menor que a espessura máxima construtiva de 21,0 cm, a qual veio a ser adotada. Portanto, confirma-se o correto dimensionamento da estrutura do ponto de vista técnico, conforme ilustra a Figura 4.2.

Figura 4.2 – Estrutura com sub-base dimensionada pelo método do DNER



Fonte: Autor.

4.2 DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO NACIONAL

Nesta etapa do estudo, realizou-se o dimensionamento pelo Método de Dimensionamento Nacional (MeDiNa), com o uso do software MeDiNa v1.0.2.1.

Assim como no método do DNER, foram dimensionadas duas estruturas com diferentes configurações de camadas, sendo a primeira com as camadas de reforço do subleito, base e revestimento; e a segunda constituída pelas camadas de sub-base, base e revestimento.

4.2.1 Dimensionamento da estrutura com reforço do subleito

A primeira etapa para o dimensionamento consistiu em abrir o programa e inserir os dados do tráfego no local designado. A Figura 4.3 mostra esse local com os respectivos dados já inseridos no programa.

Figura 4.3 – Dados do tráfego para o dimensionamento da estrutura

+ EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO	
- DADOS DO TRÁFEGO	
Tipo de Via:	Sistema Arterial Primário
VMD (1º ano):	19918
FV:	1,000
N anual total:	7,27e+06
% Veículos na faixa de projeto:	100
N Anual da faixa:	7,27e+06
Taxa de crescimento (%):	0,0
Período de projeto (anos):	10
NEq:	7,27e+07

Fonte: Autor.

O tipo de via é definido de acordo com sua função. Neste estudo, temos uma rodovia classificada como Sistema Arterial Primário. As rodovias deste sistema têm por característica o alto nível de mobilidade para grandes volumes de tráfego, sendo sua principal função atender ao tráfego de longa distância e proporcionando ao tráfego velocidades de operação de 50 a 100 km/h. A Tabela 4.12 apresenta os parâmetros para a classificação funcional de rodovias.

Tabela 4.12 – Parâmetros para classificação funcional de rodovias

SISTEMAS FUNCIONAIS		FUNÇÕES BÁSICAS	PARÂMETROS DE REFERÊNCIA
ARTERIAL	PRINCIPAL	Viagens internacionais e inter-regionais. Elevados níveis de mobilidade. Formar sistema contínuo na região. Articulação com rodovias similares em regiões vizinhas. Conectar capitais e cidades com pop. > 150.000 hab.	Extensão: 2 a 3 ¹ / ₂ % da rede. Serviço: 30 a 35% dos vpd.km. Ext. média de viagens: 120 km. Veloc. operação: 60 a 120 km/h.
	PRIMÁRIO	Viagens inter-regionais e interestaduais. Atender função essencial de mobilidade. Formar sistema contínuo na região. Conectar cidades com pop. ± 50.000 hab.	Extensão: 1 ¹ / ₂ a 3 ¹ / ₂ % da rede. Serviço: 15 a 20% dos vpd.km. Ext. média de viagens: 80 km. Veloc. operação: 50 a 100 km/h.
	SECUNDÁRIO	Viagens intra-estaduais e não servidas pelos sistemas superiores. Formar sistema contínuo com rodovias dos sistemas superiores, atendendo função essencial de mobilidade. Conectar cidades com pop. > 10.000 hab.	Extensão: 2 ¹ / ₂ a 5% da rede. Serviço: 10 a 20% dos vpd.km. Ext. média de viagens: 60 km. Veloc. operação: 40 a 80 km/h.
COLETOR	PRIMÁRIO	Viagens intermunicipais. Acesso a geradores de tráfego (portos, mineração, parques turísticos, produção agrícola, etc.). Conectar cidades com pop. > 5.000 hab.	Extensão: 4 a 8% da rede. Serviço: 8 a 10% dos vpd.km. Ext. média de viagens: 50 km. Veloc. operação: 30 a 70 km/h.
	SECUNDÁRIO	Ligas áreas servidas com o sistema coletor primário ou com o sistema arterial. Acesso a grandes áreas de baixa densidade populacional. Conectar centros com pop. > 2.000 hab. e sedes municipais não servidas por sistemas superiores.	Extensão: 10 a 15% da rede. Serviço: 7 a 10% dos vpd.km. Ext. média de viagens: 35 km. Veloc. operação: 30 a 60 km/h.
LOCAL		Viagens intra-municipais. Acesso de pequenas localidades e áreas rurais às rodovias de sistemas superiores.	Extensão: 65 a 80% da rede. Serviço: 5 a 30% dos vpd.km. Ext. média de viagens: 20 km. Veloc. operação: 20 a 50 km/h.

Fonte: Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER, 1999.

Os demais dados foram completados de acordo com os dados de projeto já apresentados no capítulo 3.

Em seguida foram adicionadas as camadas desejadas para compor a estrutura do pavimento e seus respectivos materiais. Foram utilizados materiais que já estavam inclusos na base de dados do programa. O módulo de resiliência foi o critério utilizado para a escolha dos materiais.

No revestimento, camada constituída de concreto asfáltico, adotou-se CA classe 3, pois, dentre as classes de CA que não utilizam polímero em sua composição, essa foi a que apresentou o melhor desempenho na estrutura frente a análise realizada pelo software.

Bernucci et al (2010), indica que o módulo de resiliência para bases constituídas de BGS varia entre 100 e 400 MPa. Sendo assim, foi escolhido para a base o material

tipo brita graduada – Gnaisse C5, com módulo de resiliência de 381 MPa.

Nesta estrutura, foi incluída uma camada de reforço do subleito. O critério para a escolha do material determina que o solo do reforço seja de melhor qualidade em relação ao solo do subleito, ou seja, tenha como característica maior módulo de resiliência e, conseqüentemente, maior capacidade de suporte. Deste modo, considerando que o material adotado para o subleito foi do tipo solo siltoso NS' com módulo de resiliência de 189 MPa, foi escolhido para reforço do subleito o material do tipo solo argiloso LG'(1), com módulo de resiliência de 250 MPa.

Inicialmente adotou-se as espessuras mínimas construtivas para todas as camadas. Notou-se que o pavimento não suportaria o tráfego durante todo o período de projeto, então aumentou-se gradativamente a espessura da camada de reforço do subleito até a espessura máxima construtiva e, em seguida, aumentou-se também a espessura da camada de base até a espessura máxima construtiva, não sendo suficiente para a aceitação da estrutura.

Observou-se que, utilizando as mínimas espessuras construtivas para as camadas de reforço do subleito e base, ou as máximas espessuras construtivas para essas camadas, ao solicitar ao programa o dimensionamento da camada de concreto asfáltico, essa camada necessitava de espessura mínima de 20,1 cm, independentemente das espessuras das camadas subjacentes.

Além disso, a análise da estrutura indicou um agravamento na degradação do pavimento com o aumento das camadas de reforço do subleito e base. Na estrutura com 15 cm de reforço do subleito e 12 cm de base, ou seja, com as espessuras mínimas construtivas, a análise apresentou área trincada estimada do pavimento ao fim da vida útil de 29,6% e deformação permanente total de 1,2 mm. Enquanto isso, na estrutura com 20 cm de reforço do subleito e 20 cm de base, ou seja, as espessuras máximas construtivas, a análise apresentou área trincada estimada do pavimento ao fim da vida útil de 29,8 % e afundamento de trilha de roda de 1,6 mm.

Feita esta análise, optou-se pela estrutura que apresentou a melhor resposta, atendendo as necessidades técnicas da forma mais econômica possível nesta configuração. A Figura 4.4 mostra a estrutura escolhida e a descrição de seus materiais e a Figura 4.5 ilustra a configuração das camadas constituintes desta estrutura.

Figura 4.4 – Estrutura com reforço do subleito resultante do dimensionamento

MeDiNa - v.1.0.2.1 - ago/2018 - versão de avaliação
 Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA	MODELAGEM	RESULTADOS			
RESPONSÁVEL:	Lucas Eduardo Deitos da Silva	EMPRESA: UFSM - TCC			
PROJETO:	BR-392 - SÃO SEPÉ / SANTA MARIA				
Alterar Estrutura >>					
CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)	MÓDULO (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON
>> 1 <<	CONCRETO ASFÁLTICO	Classe 3	5,1	14614	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO	Classe 3	15,0	14614	0,30
3	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C5	12,0	381	0,35
4	SOLO FINO, SILTOSO OU ARGILOSO	Solo Argiloso LG'(1)	15,0	250	0,45
SL	SUBLEITO	Solo Siltoso NS'	0,0	189	0,45

Fonte: Autor.

Figura 4.5 – Representação das camadas constituintes da estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo MeDiNa



Fonte: Autor.

A análise da estrutura dimensionada, que é feita instantaneamente pelo programa, mostra como informações o nível de confiabilidade da análise, a área trincada estimada do pavimento ao fim do período de projeto e a deformação permanente total. A Figura 4.6 mostra o resultado dessa análise.

Figura 4.6 – Análise da estrutura com reforço do subleito

--- DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO NOVO ---
 Seção do pavimento dimensionada considerando os dados inseridos pelo Engenheiro Projetista no programa MeDiNa.
 Nível de confiabilidade da análise: 85%
 Área Trincada Estimada do pavimento no fim do período: 29,6%
 Deformação Permanente Total: 1,2mm
 Os resultados obtidos pelo programa devem ser avaliados criteriosamente antes de serem aprovados para a execução de campo.

Fonte: Autor.

O software fornece ainda um resumo da deformação permanente da estrutura ao fim do período de projeto e um relatório da evolução mensal dos danos. A Figura 4.7 mostra o resumo da deformação permanente ao fim da vida útil do pavimento. O relatório completo da evolução mensal dos danos sofridos pelo pavimento e a interface do MeDiNa contendo os dados de tráfego, a estrutura dimensionada, o nível de confiabilidade do dimensionamento e o resultado da análise de degradação do pavimento ao fim da vida útil são apresentados nos apêndices.

Figura 4.7 – Resumo da deformação permanente da estrutura ao fim do período de projeto

MeDiNa - v.1.0.2.1 - ago/2018 - versão de avaliação

Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA		MODELAGEM		RESULTADOS	
Danos Mensais		Def Permanente		Bacias de campo	
				Completo	
CAMADA				Deformação Permanente (mm)	
CONCRETO ASFÁLTICO				0,00	
CONCRETO ASFÁLTICO				0,00	
MATERIAL GRANULAR				0,52	
SOLO FINO, SILTOSO OU ARGILOSO				0,24	
SUBLEITO				0,44	
TOTAL				1,2	

Fonte: Autor.

4.2.2 Dimensionamento para a estrutura com sub-base

Para iniciar o dimensionamento foram inseridos no programa os dados de tráfego, sendo os mesmos do dimensionamento da estrutura com reforço do subleito, dimensionada anteriormente. Os dados estão apresentados na Figura 4.3.

Em seguida foram adicionadas as camadas constituintes da estrutura do pavimento e seus respectivos materiais. Novamente foram utilizados materiais que já estavam inclusos na base de dados do programa, sendo o módulo de resiliência o critério utilizado para a escolha dos materiais.

No revestimento, utilizou-se o mesmo tipo de material adotado para a camada de revestimento da estrutura com reforço do subleito, ou seja, CA classe 3.

Para o material da camada de base, também foi utilizado o mesmo tipo de material da camada de base da estrutura com reforço do subleito, ou seja, brita graduada – Gnaisse C5, com módulo de resiliência de 381 MPa.

Os valores de módulo de resiliência do macadame seco não podem ser medidos em laboratório. Porém, podem ser estimados através do processo de retroanálise de bacias de deflexão. Segundo Núñez (1997) o valor médio do módulo de resiliência para o macadame seco é 235 MPa. Com isso, foi escolhido como material para a sub-base o material tipo brita graduada – gnaisse C1, que possui módulo de resiliência de 259 MPa, valor próximo ao valor médio encontrado por Núñez (1997) em seus ensaios.

Inicialmente adotou-se as espessuras mínimas construtivas para todas as camadas. Notou-se que o pavimento não suportaria o tráfego durante todo o período de projeto, então aumentou-se gradativamente a espessura da camada de sub-base até a espessura máxima construtiva e, em seguida, aumentou-se também a espessura da camada de base até a espessura máxima construtiva, verificando-se que a mudança na espessura dessas camadas causava pouco impacto na durabilidade da estrutura, não sendo suficientes para sua aceitação.

Utilizando as mínimas espessuras construtivas para as camadas de sub-base e base, e solicitando ao programa dimensionar a espessura necessária para a camada de revestimento, o resultado foi uma camada de revestimento de 20,2 cm. Para esta estrutura, a análise indicou uma área trincada estimada do pavimento ao fim do período de projeto de 29,0% e deformação permanente total de 1,9 mm.

Por outro lado, utilizando as máximas espessuras construtivas para as

camadas de sub-base e base, e solicitando ao programa dimensionar a espessura mínima necessária para a camada de revestimento, o resultado foi uma camada de revestimento de 20,3 cm. Para esta estrutura, a análise indicou uma área trincada estimada do pavimento ao fim do período de projeto de 28,3% e deformação permanente total de 2,4 mm.

Assim, observou-se que utilizar as máximas espessuras construtivas para as camadas de sub-base e base não representa melhora relevante na estrutura do pavimento. Verificou-se, no caso, uma redução de apenas 0,7% na área trincada estimada do pavimento ao fim de sua vida útil e um aumento de 0,5 mm na deformação permanente total.

Embora as duas estruturas estejam aceitáveis do ponto de vista técnico, optou-se pela estrutura com as mínimas espessuras construtivas para as camadas de sub-base e base, visto que, ao utilizar menor volume de material, temos um pavimento mais econômico e igualmente satisfatório do ponto de vista técnico. A Figura 4.8 mostra a estrutura escolhida e a descrição de seus materiais e a Figura 4.9 ilustra a configuração das camadas constituintes desta estrutura.

Figura 4.8 – Estrutura com sub-base resultante do dimensionamento

MeDiNa - v.1.0.2.1 - ago/2018 - versão de avaliação
 Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA	MODELAGEM	RESULTADOS			
RESPONSÁVEL:	Lucas Eduardo Deitos da Silva	EMPRESA: UFSM - TCC			
PROJETO:	BR-392 - SÃO SEPÉ / SANTA MARIA				
Alterar Estrutura >>					
CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)	MÓDULO (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON
>> 1 <<	CONCRETO ASFÁLTICO	Classe 3	5,2	14614	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO	Classe 3	15,0	14614	0,30
3	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C5	12,0	381	0,35
4	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C1	16,0	259	0,35
SL	SUBLEITO	Solo Siltosos NS ¹	0,0	189	0,45

Fonte: Autor.

Figura 4.9 – Representação das camadas constituintes da estrutura com sub-base dimensionada pelo MeDiNa



Fonte: Autor.

A análise da estrutura dimensionada, que é feita instantaneamente pelo programa, mostra como informações o nível de confiabilidade da análise, a área trincada estimada do pavimento ao fim do período de projeto e a deformação permanente total. A Figura 4.10 mostra o resultado dessa análise.

Figura 4.10 – Análise da estrutura com sub-base

```

--- DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO NOVO ---
Seção do pavimento dimensionada considerando os dados inseridos pelo Engenheiro Projetista no programa MeDiNa.

Nível de confiabilidade da análise: 85%
Área Trincada Estimada do pavimento no fim do período: 29,0%
Deformação Permanente Total: 1,9mm

Os resultados obtidos pelo programa devem ser avaliados criteriosamente antes de serem aprovados para a execução de campo.

```

Fonte: Autor.

O software fornece ainda um resumo da deformação permanente da estrutura ao fim do período de projeto e um relatório da evolução mensal dos danos. A Figura 4.11 mostra o resumo da deformação permanente ao fim da vida útil do pavimento. O relatório completo da evolução mensal dos danos sofridos pelo pavimento e a interface do MeDiNa contendo os dados de tráfego, a estrutura dimensionada, o nível de

confiabilidade do dimensionamento e o resultado da análise de degradação do pavimento ao fim da vida útil são apresentados nos apêndices.

Figura 4.11 – Resumo da deformação permanente da estrutura ao fim do período de projeto

MeDiNa - v.1.0.2.1 - ago/2018 - versão de avaliação

Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA		MODELAGEM		RESULTADOS	
Danos Mensais		Def Permanente		Bacias de campo	
				Completo	
CAMADA				Deformação Permanente (mm)	
CONCRETO ASFÁLTICO				0,00	
CONCRETO ASFÁLTICO				0,00	
MATERIAL GRANULAR				0,52	
MATERIAL GRANULAR				0,90	
SUBLEITO				0,44	
TOTAL				1,9	

Fonte: Autor.

4.3 ORÇAMENTO ATRAVÉS DO NOVO SICRO

Dimensionadas as duas soluções propostas para a estrutura do pavimento pelo método do DNER e pelo Método de Dimensionamento Nacional (MeDiNa), procedeu-se com o orçamento dessas estruturas com base nas planilhas de composição de custos do Novo SICRO, para possibilitar a análise do custo por N de cada estrutura e, através disso, concluir qual a estrutura mais econômica.

Para o orçamento foram elaboradas planilhas do software Excel, onde foram inseridas todas as composições de custos necessárias para o orçamento de todas as estruturas propostas. Cada composição permite definir as quantidades e os consumos dos insumos (mão de obra, equipamentos, materiais, atividades auxiliares e transportes) necessários para a realização do serviço em questão. Essas quantidades e consumos, ponderados por seus custos unitários, resultam no custo unitário direto total do serviço.

Em seguida, foi elaborada uma planilha resumo para cada estrutura a ser orçada, com as atividades necessárias para sua execução, terraplenagem, pavimentação e sinalização, contendo todos os serviços que as constituem, bem como suas unidades de medida, quantidades, valores unitários e valores totais.

A planilha resumo apresenta ainda um resumo das características do projeto geométrico e do dimensionamento da estrutura do pavimento. Esse resumo contém dados necessários ao cálculo dos quantitativos de insumos, que estão inseridos em células vinculadas, visando automatizar o cálculo em uma eventual necessidade de ajuste ou alteração dos seus valores.

No orçamento das estruturas dimensionadas pelo método do DNER, as células destacadas necessitam que o orçamentista insira os dados manualmente, as demais são completadas automaticamente através das informações contidas na planilha de dimensionamento.

Para estruturas dimensionadas pelo software MeDiNa, além dos dados referentes as características da rodovia, os dados da estrutura do pavimento também devem ser inseridos manualmente pelo orçamentista, pois foram determinados com o uso do software.

Visando a automatização do processo de orçamento, deixou-se as células das planilhas do software Excel vinculadas através de equações, de modo que, ao alterar algum dos dados inseridos, seja do projeto, do dimensionamento, ou das composições de custos, o programa recalcula imediatamente o novo valor para o orçamento.

Por fim, somou-se o valor total de cada serviço, resultando no custo unitário direto total da obra.

4.3.1 Quantitativos de insumos

Os quantitativos de insumos para o orçamento foram obtidos através dos dados oriundos do dimensionamento de cada estrutura e dos projetos de terraplenagem e sinalização.

4.3.1.1 Terraplenagem

As quantidades dos serviços considerados na etapa de terraplenagem são:

- a) "Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria – DMT de 1.000

a 1.200 m – caminho de serviço em leito natural – com escavadeira e caminhão basculante de 14m³”: sua quantidade é o volume total escavado na terraplenagem, determinado no Projeto de Terraplenagem, elaborado na disciplina de Rodovias II;

- b) “Compactação de aterros a 100% do Proctor Intermediário”: de acordo com o estabelecido no Projeto de Terraplenagem, todo o material escavado deve ser utilizado em aterros ou alargamento de aterros, no caso do material de bota-fora, portanto, a quantidade a ser compactada na terraplenagem é a mesma de escavação, ou seja, o volume total escavado na terraplenagem.

4.3.1.2 Pavimentação

As quantidades dos serviços considerados na etapa de pavimentação são:

- a) “Regularização do subleito”: a quantidade representa a área superficial da rodovia em metros quadrados, considerando os acostamentos;
- b) “Reforço do subleito com material de jazida”: a quantidade representa o volume de material utilizado no reforço do subleito, que será colocado na pista e nos acostamentos. Este volume é obtido através do dimensionamento do pavimento.
- c) “Base ou sub-base de macadame seco com brita produzida”: a quantidade representa o volume de material utilizado na sub-base, que será colocado na pista e nos acostamentos. Este volume é obtido através do dimensionamento do pavimento.
- d) “Imprimação com asfalto diluído”: a quantidade representa a área superficial da rodovia em metros quadrados, considerando os acostamentos;
- e) “Pintura de ligação”: a quantidade desse serviço depende da espessura da camada de revestimento. Se a espessura do revestimento for maior que 2,5 cm e menor ou igual a 5 cm, tem-se uma pintura de ligação. No entanto, se a espessura da camada de revestimento for maior que 5 cm e menor ou igual a 10 cm, são necessárias duas pinturas de ligação, e assim sucessivamente. Dessa forma, a quantidade do serviço de pintura de ligação será a área superficial da pista em metros quadrados multiplicada pelo número de pinturas de ligação necessárias na pista, somada a área superficial dos acostamentos em metros quadrados multiplicada pelo número de pinturas

de ligação necessárias nos acostamentos. Lembrando que, da pista para o acostamento, o revestimento sempre deve ter um desnível de 5 cm, sendo assim, os acostamentos terão um menor número de pinturas de ligação em relação a pista da mesma rodovia;

- f) “Concreto asfáltico – faixa C – areia extraída, brita produzida”: a quantidade representa o peso, em toneladas, do concreto asfáltico utilizado na camada de revestimento do pavimento. Este peso é conhecido através de cálculo. Sabendo-se a extensão e a largura da rodovia e a espessura da camada de revestimento obtida através do dimensionamento, calcula-se o volume de concreto asfáltico. Em seguida, multiplica-se esse volume pela densidade do concreto asfáltico. Com isso, tem-se quantidade de concreto asfáltico em toneladas;
- g) “Tratamento Superficial duplo com banho diluído – brita produzida”: o TSD foi utilizado como revestimento para os acostamentos. Portanto, sua quantidade é definida como a área superficial dos acostamentos em metros quadrados.

4.3.1.3 Sinalização

As quantidades dos serviços considerados na etapa de sinalização são:

- a) “Pintura de faixa – tinta base acrílica – espessura de 0,6 mm”: para determinar a quantidade de pintura de faixa, foi feita uma estimativa da quantidade total de tinta acrílica necessária, considerando o projeto de sinalização desenvolvido pelo DNIT para a rodovia BR-392/RS, entre o km 269,7 e o km 348,23. Conhecendo-se a quantidade de tinta acrílica utilizada e a extensão do trecho do referido projeto, estimou-se quanto seria a quantidade necessária de tinta acrílica para a pintura de faixa, ou seja, a sinalização horizontal, do trecho em estudo no presente trabalho. A quantidade total de tinta acrílica necessária, em metros quadrados, representa a quantidade do serviço de pintura de faixa;
- b) “Fornecimento e implantação de placa de advertência em aço, lado de 1,00 m – película retrorrefletiva tipo I e SI”: para determinar a quantidade deste serviço, foi feita uma estimativa da quantidade total de placas de advertência, considerando o projeto de sinalização desenvolvido pelo DNIT para a rodovia

BR-392/RS, entre o km 269,7 e o km 348,23. Conhecendo-se a quantidade de cada placa existente no trecho do referido projeto, estimou-se quanto seria a quantidade necessária de placas de advertência para o trecho em estudo no presente trabalho. A unidade para esse serviço é o número de unidades de placas de advertência necessárias;

- c) “Fornecimento e implantação de placa de regulamentação em aço, R2 lado 0,80 m – película retrorrefletiva tipo I + SI”: a quantidade de placas de regulamentação foi determinada da mesma maneira que a quantidade de placas de advertência;
- d) “Tacha refletiva bidirecional – fornecimento e colocação”: nas linhas de borda as tachas refletivas são colocadas a cada 16 metros. Nas linhas de eixo de fluxos opostos as tachas refletivas são colocadas a cada 16 metros em tangente ou a cada 4 metros nos trechos que antecedem obstáculos ou obras de arte, ao longo de uma extensão de 150 metros. Visto que o trecho estudado no presente trabalho não contempla obstáculos ou obras de arte, considerou-se tachas refletivas colocadas a cada 16 metros, tanto no eixo quanto nas bordas da rodovia. A unidade para esse serviço é o número de unidades de tachas refletivas colocadas.

4.3.2 Orçamento das estruturas dimensionadas pelo método do DNER

A Tabela 4.13 apresenta o resumo dos dados referentes ao projeto geométrico da rodovia e à estrutura dimensionada pelo método do DNER composta pelas camadas de reforço do subleito, base e revestimento.

Tabela 4.13 – Resumo dos dados da estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo método do DNER

Dados da pista		Dados dos acostamentos	
Extensão da rodovia	0,92 km	Extensão dos acostamentos	0,92 km
Largura da rodovia	7,20 m	Largura dos acostamentos	5,00 m
Espessura do revestimento	12,50 cm	Espessura do revestimento	2,50 cm
Espessura da base	15,00 cm	Espessura da base	20,00 cm
Espessura da sub-base	0,00 cm	Espessura da sub-base	0,00 cm
Espessura do reforço do subleito	20,00 cm	Espessura do reforço do subleito	20,00 cm
Número de pinturas de ligação	3		

Fonte: Autor.

A Figura 4.12 apresenta a planilha resumo do orçamento da estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo método do DNER.

Figura 4.12 – Orçamento da estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo método do DNER

1. Terraplenagem						R\$ 319.035,22
Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	Valor Total
1.1	5502114	Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 1.000 a 1.200 m - caminho de serviço em leito natural - com escavadeira e caminhão basculante de 14 m³	m³	R\$ 7,13	26003,0731	R\$ 185.487,47
1.2	5503041	Compactação de aterros a 100% do Proctor intermediário	m³	R\$ 5,14	26003,0731	R\$ 133.547,76
2. Pavimentação						R\$ 715.968,11
Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	Valor Total
2.1	4011209	Regularização do subleito	m²	R\$ 0,73	11224	R\$ 8.215,12
2.2	4011211	Reforço do subleito com material de jazida	m³	R\$ 8,71	2244,8	R\$ 19.550,65
2.2.1	4816096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica	m³	R\$ 0,90	-	-
2.3	4011280	Base ou sub-base de macadame seco com brita produzida	m³	R\$ 74,56	0	-
2.3.1	4816012	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$ 47,29	-	-
2.3.1.1	4816010	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	-
2.4	4011275	Base ou sub-base de brita graduada com brita produzida	m³	R\$ 89,59	1913,6	R\$ 171.444,35
2.4.1	6416039	Usinagem de brita graduada com brita produzida em usina de 300 t/h	m³	R\$ 78,65	-	-
2.4.1.1	4816012	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$ 47,29	-	-
2.4.1.1.1	4816010	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	-
2.5	4011351	Imprimação com asfalto diluído	m²	R\$ 4,26	11224	R\$ 47.791,92
2.6	4011353	Pintura de ligação	m²	R\$ 0,86	24472	R\$ 21.140,79
2.7	4011462	Concreto asfáltico - faixa C - areia extraída, brita produzida	t	R\$ 211,38	1987,2	R\$ 420.052,87
2.7.1	6416077	Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia extraída e brita produzida	t	R\$ 193,16	-	-
2.7.1.1	4816020	Areia extraída com draga de sucção tipo bomba	m³	R\$ 13,25	-	-
2.7.1.2	4816012	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$ 47,29	-	-
2.7.1.2.1	4816010	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	-
2.8	4011371	Tratamento superficial duplo com banho diluído - brita produzida	m²	R\$ 6,04	4600	R\$ 27.772,40
3. Sinalização						R\$ 15.106,66
Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	Valor Total
3.1	5213401	Pintura de faixa - tinta base acrílica - espessura de 0,6 mm	m²	R\$ 21,84	403,0430	R\$ 8.801,46
3.2	5213466	Fornecimento e implantação de placa de advertência em aço, lado de 1,00 m - película retrorrefletiva tipo I e SI	Unidade	R\$ 698,39	3	R\$ 2.162,37
3.2.1	5213414	Confecção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI	m²	R\$ 657,81	-	-
3.2.1.1	5212552	Pintura eletrostática a pó com tinta poliéster em chapa de aço	m²	R\$ 12,76	-	-
3.3	5213449	Fornecimento e implantação de placa de regulamentação em aço, R2 lado 0,80 m - película retrorrefletiva tipo I e SI	Unidade	R\$ 222,68	5	R\$ 1.154,35
3.3.1	5213414	Confecção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI	m²	R\$ 657,81	-	-
3.3.1.1	5212552	Pintura eletrostática a pó com tinta poliéster em chapa de aço	m²	R\$ 12,76	-	-
3.4	5213360	Tacha refletiva bidirecional - fornecimento e colocação	Unidade	R\$ 17,32	173	R\$ 2.988,48
Total sem BDI						R\$ 1.050.109,99

Fonte: Autor.

A Tabela 4.14 apresenta o resumo dos dados referentes ao projeto geométrico da rodovia e à estrutura dimensionada pelo método do DNER composta pelas camadas de sub-base, base e revestimento.

Tabela 4.14 – Resumo dos dados da estrutura com sub-base dimensionada pelo método do DNER

Dados da pista			Dados dos acostamentos		
Extensão da rodovia	0,92	km	Extensão dos acostamentos	0,92	km
Largura da rodovia	7,20	m	Largura dos acostamentos	5,00	m
Espessura do revestimento	12,50	cm	Espessura do revestimento	2,50	cm
Espessura da base	13,00	cm	Espessura da base	18,00	cm
Espessura da sub-base	21,00	cm	Espessura da sub-base	21,00	cm
Espessura do reforço do subleito	0,00	cm	Espessura do reforço do subleito	0,00	cm
Número de pinturas de ligação	3				

Fonte: Autor.

A Figura 4.13 apresenta o quadro resumo do orçamento da estrutura com sub-base dimensionada pelo método do DNER.

Figura 4.13 – Orçamento da estrutura com sub-base dimensionada pelo método do DNER

1. Terraplenagem						R\$ 319.035,22
Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	Valor Total
1.1	5502114	Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 1.000 a 1.200 m - caminho de serviço em leito natural - com escavadeira e caminhão basculante de 14 m³	m³	R\$ 7,13	26003,0731	R\$ 185.487,47
1.2	5503041	Compactação de aterros a 100% do Proctor intermediário	m³	R\$ 5,14	26003,0731	R\$ 133.547,76
2. Pavimentação						R\$ 852.040,58
Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	Valor Total
2.1	4011209	Regularização do subleito	m²	R\$ 11224	11224	R\$ 8.215,12
2.2	4011211	Reforço do subleito com material de jazida	m³	R\$ 8,71	0	R\$ -
2.2.1	4816096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica	m³	R\$ 0,90	-	R\$ -
2.3	4011280	Base ou sub-base de macadame seco com brita produzida	m³	R\$ 74,56	2357,04	R\$ 175.734,86
2.3.1	4816012	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$ 47,29	-	R\$ -
2.3.1.1	4816010	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	R\$ -
2.4	4011275	Base ou sub-base de brita graduada com brita produzida	m³	R\$ 89,59	1689,12	R\$ 151.332,61
2.4.1	6416039	Usinagem de brita graduada com brita produzida em usina de 300 t/h	m³	R\$ 78,65	-	R\$ -
2.4.1.1	4816012	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$ 47,29	-	R\$ -
2.4.1.1.1	4816010	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	R\$ -
2.5	4011351	Imprimação com asfalto diluído	m²	R\$ 4,26	11224	R\$ 47.791,92
2.6	4011353	Pintura de ligação	m²	R\$ 0,86	24472	R\$ 21.140,79
2.7	4011462	Concreto asfáltico - faixa C - areia extraída, brita produzida	t	R\$ 211,38	1987,2	R\$ 420.052,87
2.7.1	6416077	Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia extraída e brita produzida	t	R\$ 193,16	-	R\$ -
2.7.1.1	4816020	Areia extraída com draga de sucção tipo bomba	m³	R\$ 13,25	-	R\$ -
2.7.1.2	4816012	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$ 47,29	-	R\$ -
2.7.1.2.1	4816010	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	R\$ -
2.8	4011371	Tratamento superficial duplo com banho diluído - brita produzida	m²	R\$ 6,04	4600	R\$ 27.772,40
3. Sinalização						R\$ 15.106,66
Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	Valor Total
3.1	5213401	Pintura de faixa - tinta base acrílica - espessura de 0,6 mm	m²	R\$ 21,84	403,0430	R\$ 8.801,46
3.2	5213466	Fornecimento e implantação de placa de advertência em aço, lado de 1,00 m - película retrorrefletiva tipo I e SI	Unidade	R\$ 698,39	3	R\$ 2.162,37
3.2.1	5213414	Confecção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI	m²	R\$ 657,81	-	R\$ -
3.2.1.1	5212552	Pintura eletroestática a pó com tinta poliéster em chapa de aço	m²	R\$ 12,76	-	R\$ -
3.3	5213449	Fornecimento e implantação de placa de regulamentação em aço, R2 lado 0,80 m - película retrorrefletiva tipo I e SI	Unidade	R\$ 222,68	5	R\$ 1.154,35
3.3.1	5213414	Confecção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI	m²	R\$ 657,81	-	R\$ -
3.3.1.1	5212552	Pintura eletroestática a pó com tinta poliéster em chapa de aço	m²	R\$ 12,76	-	R\$ -
3.4	5213360	Tacha refletiva bidirecional - fornecimento e colocação	Unidade	R\$ 17,32	173	R\$ 2.988,48
Total sem BDI						R\$ 1.186.182,46

Fonte: Autor.

Observa-se que a estrutura composta por sub-base, base e revestimento obteve um orçamento consideravelmente mais elevado em relação a estrutura composta por reforço do subleito, base e revestimento.

Analisando o custo por quilômetro, a estrutura com sub-base apresentou um custo de implantação de aproximadamente R\$ 1.289.328,76 enquanto a estrutura com reforço do subleito apresentou um custo aproximado de R\$ 1.141.423,90, ou seja, uma diferença de quase R\$ 148.000,00 por quilômetro de rodovia construída.

A discrepância dos orçamentos é explicada devido ao preço do macadame seco, material utilizado na camada de sub-base, ser superior ao preço do solo utilizado no reforço do subleito.

Dessa forma, comparando-se as duas alternativas de estrutura para o pavimento dimensionadas pelo método do DNER, levando em consideração única e exclusivamente o fator econômico, verifica-se como vantajosa a estrutura constituída de reforço do subleito, base e revestimento.

4.3.3 Orçamento das estruturas dimensionadas pelo software MeDiNa v1.0.2.1

A Tabela 4.15 apresenta o resumo dos dados referentes ao projeto geométrico da rodovia e à estrutura dimensionada pelo software MeDiNa composta pelas camadas de reforço do subleito, base e revestimento.

Tabela 4.15 – Resumo dos dados da estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo MeDiNa

Dados da pista			Dados dos acostamentos		
Extensão da rodovia	0,92	km	Extensão dos acostamentos	0,92	km
Largura da rodovia	7,20	m	Largura dos acostamentos	5,00	m
Espessura do revestimento	20,10	cm	Espessura do revestimento	2,50	cm
Espessura da base	12,00	cm	Espessura da base	24,60	cm
Espessura da sub-base	0,00	cm	Espessura da sub-base	0,00	cm
Espessura do reforço do subleito	15,00	cm	Espessura do reforço do subleito	15,00	cm
Número de pinturas de ligação	5				

Fonte: Autor.

A Figura 4.14 apresenta o quadro resumo do orçamento da estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo MeDiNa.

Figura 4.14 – Orçamento da estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo MeDiNa

1. Terraplenagem						R\$ 319.035,22
Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	Valor Total
1.1	5502114	Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 1.000 a 1.200 m - caminho de serviço em leito natural - com escavadeira e caminhão basculante de 14 m³	m³	R\$ 7,13	26003,0731	R\$ 185.487,47
1.2	5503041	Compactação de aterros a 100% do Proctor intermediário	m³	R\$ 5,14	26003,0731	R\$ 133.547,76
2. Pavimentação						R\$ 979.071,19
Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	Valor Total
2.1	4011209	Regularização do subleito	m²	R\$ 0,73	11224	R\$ 8.215,12
2.2	4011211	Reforço do subleito com material de jazida	m³	R\$ 8,71	1683,6	R\$ 14.662,99
2.2.1	4816096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica	m³	R\$ 0,90	-	-
2.3	4011280	Base ou sub-base de macadame seco com brita produzida	m³	R\$ 74,56	0	R\$ -
2.3.1	4816012	Brita produzida em central e britagem de 80 m²/h	m³	R\$ 47,29	-	-
2.3.1.1	4816010	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	-
2.4	4011275	Base ou sub-base de brita graduada com brita produzida	m³	R\$ 89,59	1928,48	R\$ 172.598,30
2.4.1	6416039	Usinagem de brita graduada com brita produzida em usina de 300 t/h	m³	R\$ 78,65	-	-
2.4.1.1	4816012	Brita produzida em central e britagem de 80 m²/h	m³	R\$ 47,29	-	-
2.4.1.1.1	4816010	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	-
2.5	4011351	Imprimação com asfalto diluído	m²	R\$ 4,26	11224	R\$ 47.791,92
2.6	4011353	Brita de ligação	m²	R\$ 0,86	37720	R\$ 32.585,44
2.7	4011462	Concreto asfáltico - faixa C - areia extraída, brita produzida	t	R\$ 211,38	3195,4176	R\$ 675.445,01
2.7.1	6416077	Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia extraída e brita produzida	t	R\$ 193,16	-	-
2.7.1.1	4816020	Areia extraída com draga de sucção tipo bomba	m³	R\$ 13,25	-	-
2.7.1.2	4816012	Brita produzida em central e britagem de 80 m²/h	m³	R\$ 47,29	-	-
2.7.1.2.1	4816010	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	-
2.8	4011371	Tratamento superficial duplo com banho diluído - brita produzida	m²	R\$ 6,04	4600	R\$ 27.772,40
3. Sinalização						R\$ 15.106,66
Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	Valor Total
3.1	5213401	Pintura de faixa - tinta base acrílica - espessura de 0,6 mm	m²	R\$ 21,84	403,0430	R\$ 8.801,46
3.2	5213466	Fornecimento e implantação de placa de advertência em aço, lado de 1,00 m - película retrorrefletiva tipo I e SI	Unidade	R\$ 698,39	3	R\$ 2.162,37
3.2.1	5213414	Confecção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI	m²	R\$ 657,81	-	-
3.2.1.1	5212552	Pintura eletrostática a pó com tinta poliéster em chapa de aço	m²	R\$ 12,76	-	-
3.3	5213449	Fornecimento e implantação de placa de regulamentação em aço, R2 lado 0,80 m - película retrorrefletiva tipo I e SI	Unidade	R\$ 222,68	5	R\$ 1.154,35
3.3.1	5213414	Confecção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI	m²	R\$ 657,81	-	-
3.3.1.1	5212552	Pintura eletrostática a pó com tinta poliéster em chapa de aço	m²	R\$ 12,76	-	-
3.4	5213360	Tacha refletiva bidirecional - fornecimento e colocação	Unidade	R\$ 17,32	173	R\$ 2.988,48
Total sem BDI R\$ 1.313.213,07						

Fonte: Autor.

A Tabela 4.16 apresenta o resumo dos dados referentes ao projeto geométrico da rodovia e à estrutura dimensionada pelo software MeDiNa composta pelas camadas de sub-base, base e revestimento.

Tabela 4.16 – Resumo dos dados da estrutura com sub-base dimensionada pelo MeDiNa

Dados da pista			Dados dos acostamentos		
Extensão da rodovia	0,92	km	Extensão dos acostamentos	0,92	km
Largura da rodovia	7,20	m	Largura dos acostamentos	5,00	m
Espessura do revestimento	20,20	cm	Espessura do revestimento	2,50	cm
Espessura da base	12,00	cm	Espessura da base	24,70	cm
Espessura da sub-base	16,00	cm	Espessura da sub-base	16,00	Cm
Espessura do reforço do subleito	00,00	cm	Espessura do reforço do subleito	0,00	cm
Número de pinturas de ligação	5				

Fonte: Autor.

A Figura 4.15 apresenta a o quadro resumo do orçamento da estrutura com sub-base dimensionada pelo MeDiNa.

Figura 4.15 – Orçamento da estrutura com sub-base dimensionada pelo MeDiNa

Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	R\$
1. Terraplenagem						
1.1	55021114	Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 1.000 a 1.200 m - caminho de serviço em leito natural - com escavadeira e caminhão basculante de 14 m³	m³	R\$ 7,13	26003,0731	R\$ 185.487,47
1.2	5503041	Compactação de aterros a 100% do Proctor intermediário	m³	R\$ 5,14	26003,0731	R\$ 133.547,76
						R\$ 319.035,22
						Valor Total
2. Pavimentação						
Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	R\$
2.1	4011209	Regularização do subleito	m²	R\$ 0,73	11224	R\$ 8.215,12
2.2	4011211	Reforço do subleito com material de jazida	m³	R\$ 8,71	0	R\$ -
2.2.1	4816096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica	m³	R\$ 0,90	-	-
2.3	4011280	Base ou sub-base de macadame seco com brita produzida	m³	R\$ 74,56	1795,84	R\$ 133.893,23
2.3.1	4816012	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$ 47,29	-	-
2.3.1.1	4816010	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	-
2.4	4011275	Base ou sub-base de brita graduada com brita produzida	m³	R\$ 89,59	1931,08	R\$ 173.010,43
2.4.1	6416039	Usinagem de brita graduada com brita produzida em usina de 300 t/h	m³	R\$ 78,65	-	-
2.4.1.1	4816012	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$ 47,29	-	-
2.4.1.1.1	4816010	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	-
2.5	4011351	Imprimação com asfalto diluído	m²	R\$ 4,26	11224	R\$ 47.791,92
2.6	4011353	Pintura de ligação	m²	R\$ 0,86	37720	R\$ 32.585,44
2.7	4011462	Concreto asfáltico - faixa C - areia extraída, brita produzida	t	R\$ 211,38	3211,3152	R\$ 678.805,43
2.7.1	6416077	Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia extraída e brita produzida	t	R\$ 193,16	-	-
2.7.1.1	4816020	Areia extraída com draga de sucção tipo bomba	m³	R\$ 13,25	-	-
2.7.1.2	4816012	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$ 47,29	-	-
2.7.1.2.1	4816010	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m³	R\$ 49,16	-	-
2.8	4011371	Tratamento superficial duplo com banho diluído - brita produzida	m²	R\$ 6,04	4600	R\$ 27.772,40
						R\$ 1.102.073,97
						Valor Total
3. Sinalização						
Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário	Quantidade	R\$
3.1	5213401	Pintura de faixa - tinta base acrílica - espessura de 0,6 mm	m²	R\$ 21,84	403,0430	R\$ 8.801,46
3.2	5213466	Fornecimento e implantação de placa de advertência em aço, lado de 1,00 m - película retrorrefletiva tipo I e SI	Unidade	R\$ 698,39	3	R\$ 2.162,37
3.2.1	5213414	Confecção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI	m²	R\$ 657,81	-	-
3.2.1.1	5212552	Pintura eletroestática a pó com tinta poliéster em chapa de aço	m²	R\$ 12,76	-	-
3.3	5213449	Fornecimento e implantação de placa de regulamentação em aço, R2 lado 0,80 m - película retrorrefletiva tipo I e SI	Unidade	R\$ 222,68	5	R\$ 1.154,35
3.3.1	5213414	Confecção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI	m²	R\$ 657,81	-	-
3.3.1.1	5212552	Pintura eletroestática a pó com tinta poliéster em chapa de aço	m²	R\$ 12,76	-	-
3.4	5213360	Tacha refletiva bidirecional - fornecimento e colocação	Unidade	R\$ 17,32	173	R\$ 2.988,48
						R\$ 15.106,66
						Valor Total
						R\$ 1.436.215,86
						Total sem BDI

Fonte: Autor.

Neste caso, novamente, constatou-se que a estrutura composta por sub-base, base e revestimento obteve um orçamento significativamente mais elevado em relação à estrutura composta por reforço do subleito, base e revestimento.

Analisando o custo por quilômetro, a estrutura com sub-base apresentou um custo de implantação de aproximadamente R\$ 1.561.104,20 enquanto a estrutura com reforço do subleito apresentou um custo aproximado de R\$ 1.427.405,51, ou seja, uma diferença de quase R\$ 133.700,00 por quilômetro de rodovia construída.

A divergência dos orçamentos se dá pelo exposto anteriormente, o preço do macadame seco, material utilizado na camada de sub-base, tem um preço mais elevado em relação ao solo utilizado no reforço do subleito.

Sendo assim, considerando única e exclusivamente o fator econômico, verifica-se como vantajosa a estrutura constituída de reforço do subleito, base e revestimento.

4.4 COMPARATIVO TÉCNICO-ECONÔMICO DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO ATRAVÉS DO CUSTO/N

As estruturas dimensionadas pelo método do DNER foram inseridas no software MeDiNa e analisadas, com o objetivo de verificar a durabilidade dessas estruturas, possibilitando, assim, conhecer e interpretar as diferenças em seus resultados.

Através dessa análise, tornou-se possível o cálculo do custo por N de cada estrutura, ou seja, o custo que implica cada passagem do eixo padrão na rodovia devido a degradação gerada ao pavimento.

Em um primeiro momento, a estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo método do DNER foi inserida no programa. A Figura 4.16 mostra o resultado da análise realizada pelo software MeDiNa e a Tabela 4.17 apresenta o relatório da evolução mensal dos danos no pavimento até a ruptura.

Observou-se que o pavimento que fora dimensionado pelo método do DNER para uma vida útil de 120 meses, ao ser verificado pelo software MeDiNa, apresentou durabilidade de apenas 19 meses, suportando um N de $1,151 \times 10^7$, valor muito inferior a $7,27 \times 10^7$ que foi o N de projeto utilizado no dimensionamento.

Considerando o custo por quilômetro de R\$ 1.141.423,90, calculou-se o custo por N para implantação de um quilômetro desse pavimento, que resultou em R\$ 0,099168.

Figura 4.16 – Análise da estrutura com reforço do subleito.

MeDiNa - v.1.0.2.1 - ago/2018 - versão de avaliação
 Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA MODELAGEM RESULTADOS

RESPONSÁVEL: EMPRESA:

PROJETO:

[Alterar Estrutura >>](#)

CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)	MÓDULO (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON
>> 1 <<	CONCRETO ASFÁLTICO	Classe 3	12,5	14614	0,30
2	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnoisse C5	15,0	381	0,35
3	SOLO FINO, SILTOSO OU ARGILOSO	Solo Argiloso LG(1)	20,0	250	0,45
SL	SUBLEITO	Solo Siltoso NS'	0,0	189	0,45

EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO

DADOS DO TRÁFEGO

Tipo de Via:	Sistema Arterial Primário
VMD (1º ano):	19918
FV:	1,000
N anual total:	7,27e+06
% Veículos na faixa de projeto:	100
N Anual da faixa:	7,27e+06
Taxa de crescimento (%):	0,0
Período de projeto (anos):	10
NEq:	7,27e+07

--- ANÁLISE DO PAVIMENTO NOVO ---
 Seção do pavimento analisada considerando os dados inseridos pelo Engenheiro Projetista no programa MeDiNa.

Nível de confiabilidade da análise: 85%
 Área Trincada Estimada do pavimento no fim do período: 99,0%
 Deformação Permanente Total: 2,8mm

--- ALERTAS ---
 Tráfego elevado para a estrutura proposta.

Fonte: Autor.

Tabela 4.17 – Evolução mensal dos danos no pavimento com reforço do subleito

Mês	N equivalente	Área Trincada (%)	Deformação Permanente Total (mm)
1	6,058E+05	2,55	2,02
2	1,212E+06	3,57	2,12
3	1,818E+06	4,51	2,18
4	2,423E+06	5,45	2,23
5	3,029E+06	6,43	2,26
6	3,635E+06	7,46	2,29
7	4,241E+06	8,56	2,32
8	4,847E+06	9,74	2,34
9	5,453E+06	11,00	2,36
10	6,058E+06	12,36	2,38
11	6,664E+06	13,80	2,39
12	7,270E+06	15,35	2,41
13	7,876E+06	16,99	2,42
14	8,482E+06	18,73	2,43
15	9,088E+06	20,57	2,45
16	9,693E+06	22,51	2,46
17	1,030E+07	24,54	2,47
18	1,091E+07	26,65	2,48
19	1,151E+07	28,86	2,49
20	1,212E+07	31,14	2,50

Fonte: Autor.

Posteriormente, a estrutura com sub-base dimensionada pelo método do DNER também foi inserida no programa. A Figura 4.17 mostra o resultado da análise realizada pelo software MeDiNa e a Tabela 4.18 apresenta o relatório da evolução mensal dos danos no pavimento até a ruptura.

Curiosamente, o resultado da análise para a estrutura com sub-base, em relação a vida útil do pavimento, foi muito semelhante ao da estrutura com reforço do subleito. O pavimento com sub-base, que havia sido dimensionado pelo método do DNER para um período de projeto de 120 meses, ao ser verificado pelo software MeDiNa, apresentou capacidade de resistir ao tráfego imposto ao pavimento por apenas 19 meses, suportando um N de $1,151 \times 10^7$, valor muito inferior a $7,27 \times 10^7$ que foi o N de projeto utilizado no dimensionamento.

Considerando o custo por quilômetro de R\$ 1.289.328,76, calculou-se o custo por N para implantação de um quilômetro desse pavimento, que resultou em R\$ 0,112018.

Figura 4.17 – Análise da estrutura com sub-base

MeDiNa - v.1.0.2.1 - ago/2018 - versão de avaliação
 Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA MODELAGEM RESULTADOS

RESPONSÁVEL: EMPRESA:

PROJETO:

[Alterar Estrutura >>](#)

CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)	MÓDULO (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON
>> 1 <<	CONCRETO ASFÁLTICO	Classe 3	12,5	14614	0,30
2	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C5	13,0	381	0,35
3	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C1	21,0	259	0,35
SL	SUBLEITO	Solo Silteoso NS'	0,0	189	0,45

EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO

DADOS DO TRÁFEGO

Tipo de Via:	Sistema Arterial Primário
VMD (1º ano):	19918
FV:	1.000
N anual total:	7,27e+06
% Veículos na faixa de projeto:	100
N Anual da faixa:	7,27e+06
Taxa de crescimento (%):	0,0
Período de projeto (anos):	10
N Eq:	7,27e+07

--- ANÁLISE DO PAVIMENTO NOVO ---

Seção do pavimento analisada considerando os dados inseridos pelo Engenheiro Projetista no programa MeDiNa.

Nível de confiabilidade da análise: 85%

Área Trincada Estimada do pavimento no fim do período: 99,0%

Deformação Permanente Total: 3,6mm

--- ALERTAS ---

Tráfego elevado para a estrutura proposta.

Fonte: Autor.

Tabela 4.18 – Evolução mensal dos danos no pavimento com sub-base

Mês	N equivalente	Área Trincada (%)	Deformação Permanente Total (mm)
1	6,058E+05	2,56	2,48
2	1,212E+06	3,58	2,62
3	1,818E+06	4,53	2,71
4	2,423E+06	5,48	2,77
5	3,029E+06	6,46	2,82
6	3,635E+06	7,50	2,86
7	4,241E+06	8,62	2,90
8	4,847E+06	9,81	2,93
9	5,453E+06	11,09	2,95
10	6,058E+06	12,46	2,98
11	6,664E+06	13,92	3,00
12	7,270E+06	15,49	3,02
13	7,876E+06	17,15	3,04
14	8,482E+06	18,91	3,06
15	9,088E+06	20,77	3,07
16	9,693E+06	22,73	3,09
17	1,030E+07	24,79	3,11
18	1,091E+07	26,94	3,12
19	1,151E+07	29,17	3,13
20	1,212E+07	31,48	3,15

Fonte: Autor.

Ao analisar somente o custo por quilômetro, sem atentar ao desempenho da estrutura, verificou-se que as estruturas dimensionadas pelo método do DNER apresentam um custo significativamente inferior, o que é facilmente explicado visto que a espessura de revestimento exigida pelo MeDiNa foi muito maior. Contudo, como mostrou a análise através do software, as estruturas dimensionadas pelo método empírico suportam menos de 16% do tráfego para o qual foram dimensionadas.

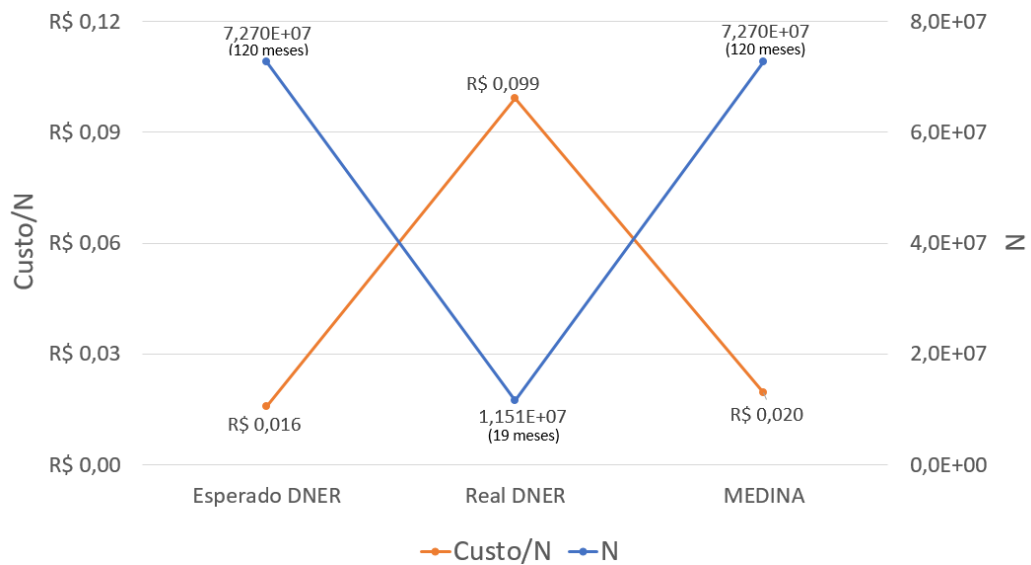
Nesse sentido, fez-se o cálculo do custo por N para as estruturas dimensionadas pelo software MeDiNa, visando comparar os métodos do ponto de vista econômico, porém considerando a durabilidade de cada pavimento.

O pavimento com reforço do subleito dimensionado pelo MeDiNa apresentou um custo por quilômetro de R\$ 1.427.405,51. Assim, calculou-se o custo por N para implantação de um quilômetro desse pavimento, que resultou em R\$ 0,019634.

A outra estrutura de pavimento dimensionada pelo MeDiNa, ou seja, pavimento com sub-base, apresentou um custo por quilômetro de R\$ 1.561.104,20. A partir disso,

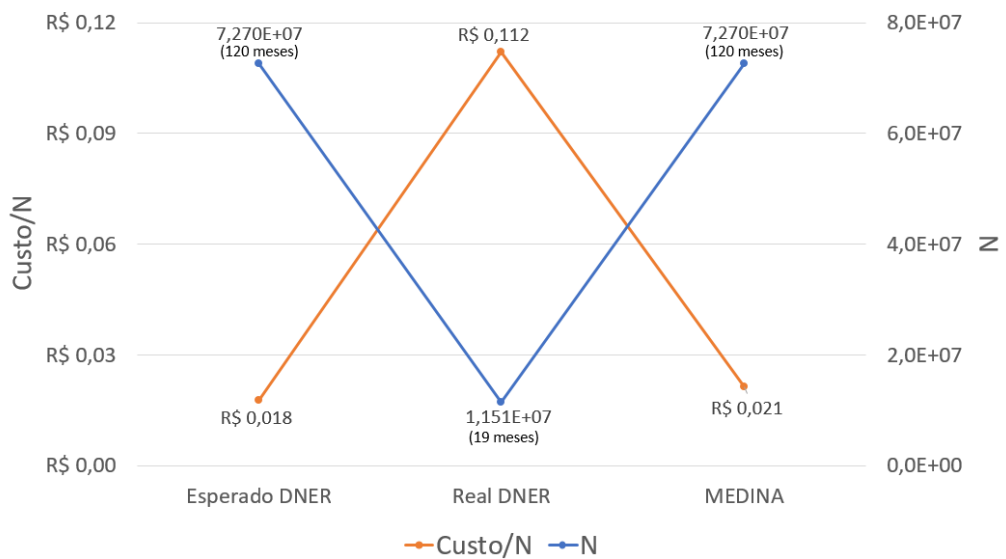
calculou-se o custo por N para implantação de um quilômetro desse pavimento, que resultou em R\$ 0,021473. As Figuras 4.18 e 4.19 apresentam o comparativo técnico-econômico entre os métodos de dimensionamento, relacionando a durabilidade e o custo/N para as estruturas propostas em cada um dos métodos de dimensionamento.

Figura 4.18 – Comparativo técnico-econômico entre os métodos de dimensionamento para a estrutura com reforço do subleito



Fonte: Autor.

Figura 4.19 – Comparativo técnico-econômico entre os métodos de dimensionamento para a estrutura com sub-base



Fonte: Autor.

A partir desses valores, notou-se que o Método de Dimensionamento Nacional, materializado pelo software MeDiNa, apresenta melhoria tão significativa no desempenho dos pavimentos que, mesmo gerando um maior custo inicial, os pavimentos dimensionados por ele podem ser considerados como os mais econômicos devido a sua durabilidade. Considerando as estruturas dimensionadas nesse trabalho, o pavimento que se mostrou o mais vantajoso nesta análise técnica-econômica, de acordo com os dados acima, foi o pavimento constituído por uma camada de 15 cm de solo de reforço do subleito, uma camada de 12 cm de BGS para base e duas camadas de revestimento em concreto asfáltico, totalizando um revestimento de 20,1 cm.

4.5 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE ATRAVÉS DO SOFTWARE MeDiNa

A análise de sensibilidade realizada nesse trabalho consistiu de duas análises, onde foram adotadas diferentes premissas. As análises foram feitas pelo software MeDiNa, considerando a estrutura de pavimento que apresentou o melhor resultado técnico-econômico, ou seja, a estrutura com reforço do subleito dimensionada pelo Método de Dimensionamento Nacional.

Em um primeiro momento, variou-se a classe do concreto asfáltico utilizado no revestimento do pavimento, sendo utilizadas as classes 1, 2, e 3 e, também, classe 4 com asfalto modificado por polímero (AMP). Neste caso, foi mantida a configuração da estrutura do pavimento e o nível de confiabilidade do dimensionamento.

Em seguida, para a segunda análise, o nível de confiabilidade do dimensionamento foi variado, fixando-se a classe 3 para o concreto asfáltico do revestimento e, novamente, mantendo-se a configuração original da estrutura.

O objetivo dessas análises foi avaliar a variação da espessura de revestimento necessária e, conseqüentemente, do custo por km de rodovia a ser implantada, quando alterado o nível de confiabilidade do dimensionamento e a classe do material que representa o maior impacto no orçamento.

4.5.1 Análise através da variação da classe de concreto asfáltico

A Tabela 4.19 refere-se a estrutura com reforço do subleito. Nela estão apresentados resumidamente os resultados dos dimensionamentos feitos pelo

software e os respectivos custos por quilômetro para implantação da rodovia, quando alterada a classe de CA.

Tabela 4.19 – Resultado da variação da classe de CA na estrutura com reforço do subleito

Classe de CA	Espessura de revestimento (cm)	Custo/km (R\$)
Classe 1	25,4	1.650.957,04
Classe 2	21,3	1.476.612,67
Classe 3	20,1	1.427.405,51
Classe 4	23,8	1.717.974,47

Fonte: Autor.

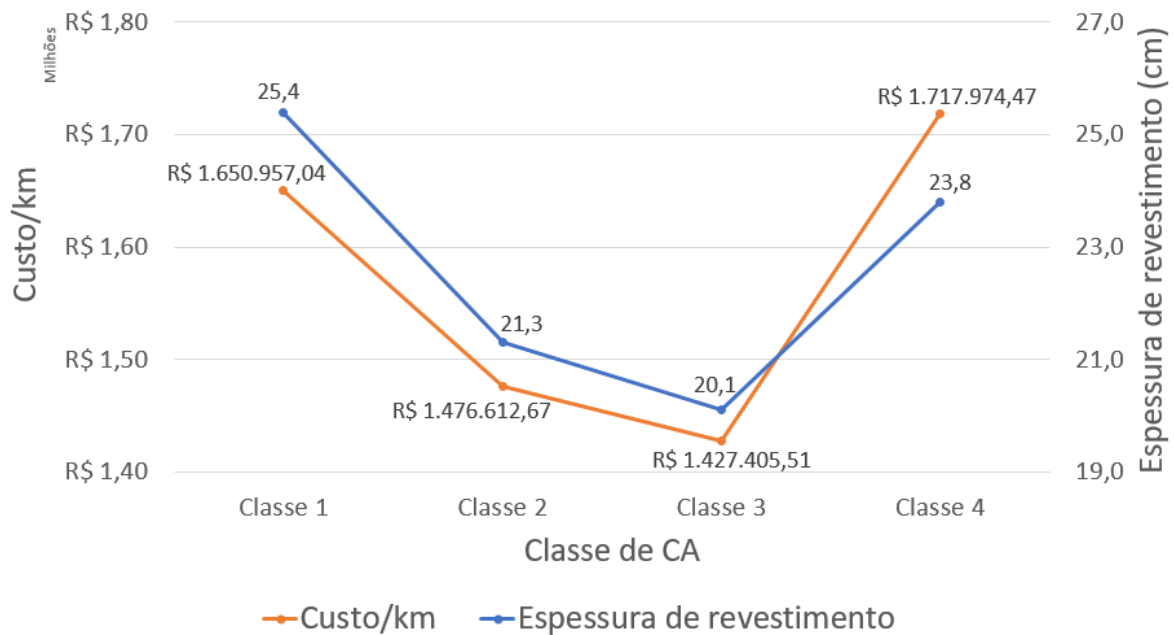
A partir desses resultados verificou-se que, quando utilizado CA com CAP, o custo por quilômetro do pavimento diminui conforme aumenta a classe do concreto asfáltico e, conseqüentemente, a sua qualidade, devido a diminuição da espessura necessária para a camada de revestimento.

Entretanto, quando se utiliza CA classe 4, que contém AMP, o custo por quilômetro do pavimento aumenta consideravelmente devido a utilização do asfalto modificado por polímero e também do aumento na espessura de revestimento necessária. Acredita-se que esse aumento na espessura devido a utilização de CA classe 4 seja uma falha do software MeDiNa v1.0.2.1, que se encontra em fase de aperfeiçoamento, com novas versões sendo apresentadas periodicamente, visto que essa classe apresenta características que a conferem melhor desempenho frente às anteriores, esperando-se, portanto, que espessura da camada de revestimento necessária fosse a menor dentre todas as classes CA.

Dessa forma, o pavimento obteve melhor custo/benefício com CA classe 3, necessitando de 20,1 cm de espessura para a camada de revestimento e gerando um custo de R\$ 1.427.405,51 para implantação de 1 km de rodovia com essa estrutura.

A Figura 4.20 relaciona os tipos de concreto asfáltico utilizados na análise com os respectivos resultados de espessura mínima para a camada de revestimento e custo por quilômetro de rodovia.

Figura 4.20 – Espessura de revestimento e custo/km em função da classe de CA da estrutura com reforço do subleito



Fonte: Autor.

Através do gráfico da Figura 4.20 percebe-se a vantagem econômica em se utilizar um concreto asfáltico com classe superior, ou seja, de melhor qualidade. Utilizando concreto asfáltico classe 3, obtém-se uma diminuição de 20,85% na espessura de revestimento necessária em relação a utilização de concreto asfáltico classe 1, gerando uma redução de mais de 13,5% no custo por quilômetro de pavimento.

4.5.2 Análise através da variação do nível de confiabilidade do dimensionamento

A segunda análise consistiu na variação do nível de confiabilidade do dimensionamento. Com isso, fez-se a verificação do impacto desta alteração sobre a espessura de revestimento necessária e, conseqüentemente, sobre o custo por km de rodovia a ser implantada. A Tabela 4.20 apresenta os níveis de confiabilidade utilizados na análise, a espessura de revestimento equivalente de cada dimensionamento e o respectivo custo por quilômetro para implantação do pavimento.

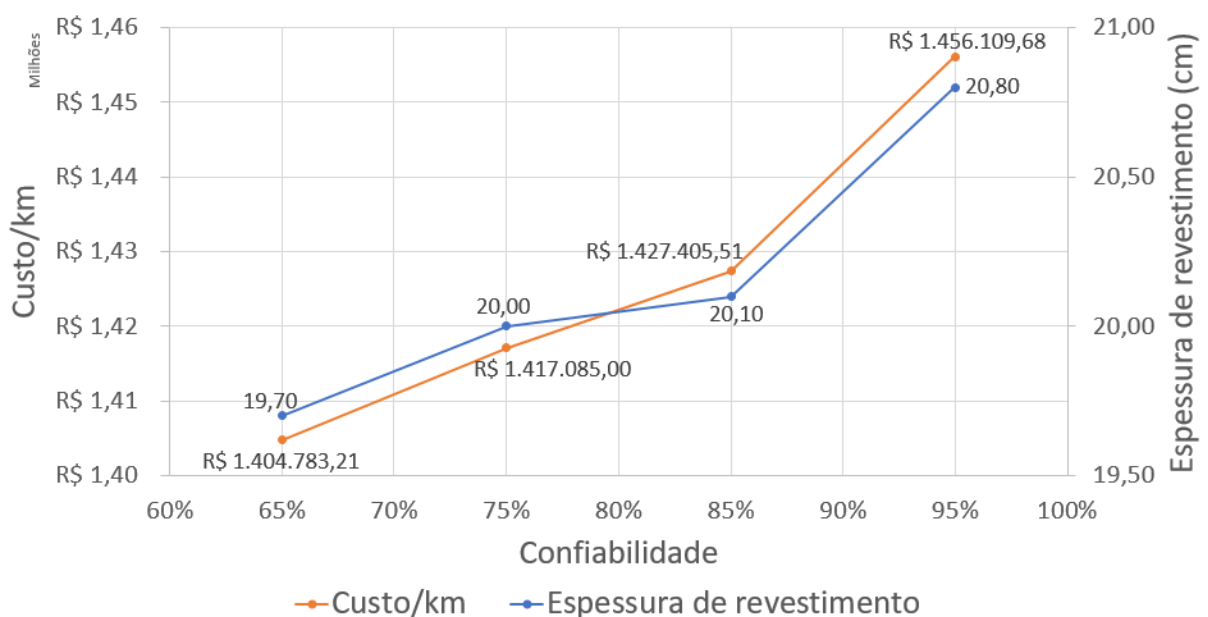
Tabela 4.20 – Resultado da variação da confiabilidade do dimensionamento

Nível de Confiabilidade	Espessura de revestimento (cm)	Custo/km (R\$)
65%	19,7	1.404.783,21
75%	20,0	1.417.085,00
85%	20,1	1.427.405,51
95%	20,8	1.456.109,68

Fonte: Autor.

De acordo com os dados da Tabela 4.20, percebe-se que variando a confiabilidade do dimensionamento do nível mínimo, 65%, para o máximo, 95%, obteve-se um aumento na espessura de revestimento necessária de quase 5,6% e, conseqüentemente, um acréscimo de 3,65% no custo por quilômetro. Isso comprova que rodovias com maior volume de tráfego, ou seja, que necessitam de maior confiabilidade no dimensionamento, exigem um pavimento mais robusto, implicando em um aumento no custo de implantação. A Figura 4.21 relaciona os níveis de confiabilidade do dimensionamento com as respectivas espessuras necessárias de revestimento e o custo por quilômetro para cada caso analisado.

Figura 4.21 – Espessura de revestimento e custo/km em função da confiabilidade do dimensionamento



Fonte: Autor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal do estudo foi realizar uma comparação, fundamentada em análises técnicas e econômicas, entre os métodos de dimensionamento do DNER e MeDiNa, através do dimensionamento de estruturas de pavimento pelos dois métodos e a elaboração de seus orçamentos pelo Novo SICRO. Com base nisso, buscou-se desenvolver uma análise de sensibilidade através da variação da classe do concreto asfáltico e do nível de confiabilidade do dimensionamento.

Realizada a comparação, ficou evidente que o método mecanístico-empírico resulta em estruturas mais resistentes e de maior durabilidade, pois considera fatores adicionais como efeitos climáticos e o módulo de resiliência dos materiais, além de considerar de forma detalhada as suas características, enquanto o método empírico apresenta limitações por considerar apenas a ruptura por cisalhamento, deixando de lado fatores importantes como a fadiga e a deformação permanente, o que pode levar à configurações de estruturas inadequadas e ocasionar a ruptura precoce do pavimento.

Ao submeter as estruturas dimensionadas pelo método empírico à análise do software MeDiNa V1.0.2.1, verificou-se que as estruturas suportariam menos de 16% do período de projeto adotado para o dimensionamento. Para efeitos comparativos, foram utilizadas as estruturas que apresentaram menor custo para implantação de um quilômetro da rodovia em estudo. No caso do dimensionamento pelo DNER, o pavimento gerou um custo por N de R\$ 0,099168, enquanto o custo por N da estrutura dimensionada pelo método mecanístico-empírico foi de 0,019634, ou seja, a estrutura dimensionada pelo MeDiNa apresentou uma economia a longo prazo de mais de 80% se considerada a durabilidade de cada pavimento. Esses números comprovam a importância do método mecanístico-empírico visto que o método atualmente adotado pelo DNIT implicaria em desperdício dos já escassos recursos públicos destinados à infraestrutura rodoviária.

Através da análise de sensibilidade buscou-se conhecer o impacto que algumas particularidades do dimensionamento causam sobre o seu resultado. Em relação aos materiais, optou-se pela variação da classe do concreto asfáltico. Foram utilizadas as classes 1, 2, 3 e 4 sendo essa última composta por asfalto modificado por polímero (AMP). A estrutura que utilizou CA classe 3 obteve como resultado do dimensionamento uma espessura necessária de revestimento de 20,1 cm, espessura

5,63% inferior ao CA classe 2 e 20,87% inferior ao CA classe 1, que necessitaram de espessuras de revestimento de 21,3 cm e 25,4 cm, respectivamente. É importante salientar que o custo por quilômetro diminuiu a medida em que a espessura de revestimento diminuiu, logo, a estrutura com CA classe 3 foi a mais econômica, com custo 3,33% inferior ao CA classe 2 e 13,54% inferior ao CA classe 1. Quando utilizado CA classe 4, o custo por quilômetro aumentou consideravelmente devido a utilização de asfalto modificado por polímero e ao aumento na espessura necessária para a camada de revestimento. Acredita-se que esse aumento na espessura devido a utilização de CA classe 4 seja uma falha de dimensionamento do software MeDiNa v1.0.2.1, que se encontra em fase de aperfeiçoamento, com novas versões sendo apresentadas periodicamente, visto que essa classe apresenta características que a conferem um melhor desempenho técnico frente às anteriores, esperando-se, portanto, que a espessura necessária para a camada de revestimento fosse a menor dentre todas as classes CA.

Para analisar a influência do nível de confiabilidade do dimensionamento sobre o seu resultado, foi variado o tipo de via, possibilitando a análise da estrutura com confiabilidades de 65%, 75%, 85% e 95%. Como esperado, a medida em que se aumentou o nível de confiabilidade do dimensionamento a espessura de revestimento necessária cresceu e, conseqüentemente, o valor do custo por quilômetro subiu. Variando a confiabilidade de 65% para 95%, observou-se um aumento de 5,58% na espessura necessária para o revestimento e, com isso, um acréscimo de 3,65% no custo por quilômetro.

Após a conclusão do trabalho ficou clara a importância de projetos bem elaborados, de forma a garantir um pavimento econômico e que suporte as solicitações do tráfego durante o período de projeto. Nesse sentido, inovações como o MeDiNa e o novo SICRO representam um grande avanço para esse setor da engenharia e, portanto, deverão ter seus estudos e pesquisas continuados, promovendo as atualizações adequadas e proporcionando precisão ao trabalho de projetistas e orçamentistas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Tabela de preços materiais asfálticos**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos/precos-de-distribuicao>>. Acesso em set.2018.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO). **Guide for Design of Pavement Structures**. Washington, D.C., 1993.

BALBO, J.T. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo, Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, L.B. et al. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro, ABDEA, 2008.

BEZERRA NETO, R.S. **Análise Comparativa de Pavimentos Dimensionados através dos Métodos Empírico do DNER e Mecanístico e Proposta de um Catálogo Simplificado de Pavimentos para a Região de Campo Grande (MS)**. 2004. Dissertação (Mestrado Escola de Engenharia São Carlos) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2004.

CASSOL, V. **Fundamentos Básicos de Orçamentação Constante no Novo SICRO**. 2018. 85p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES (CNT). **Plano CNT de Transporte e Logística 2018**. Disponível em: <<http://planotransporte.cnt.org.br/>>. Acesso em 07 mar. 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES (CNT). **Relatório Geral de Pesquisa CNT de Rodovias 2018**. Disponível em: <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/relatorio-gerencial>>. Acesso em 01 mar. 2018.

COUTINHO, J. C. P. **Dimensionamento de Pavimento Asfáltico: Comparação do Método do DNER com um Método Mecanístico-Empírico aplicada a um trecho**. Mestrado Profissional em Engenharia Geotécnica da UFOP, 2011.

DAROUS, J. **Estudo Comparativo entre Sistemas de Cálculo de Tensões e Deformações utilizados em Dimensionamento de Pavimentos Novos**. Dissertação Mestrado COPPE. UFRJ. RIO DE JANEIRO, RJ, 2003.

DOMINGOS, P. M. G. **Reforço de Pavimentos Rígidos: Modelação do Comportamento Estrutural**. Instituto Superior Técnico. Lisboa, Universidade Técnica de Lisboa, 2007.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis**. Rio de Janeiro, 1981.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes**. 1. ed. Brasília, 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Estudos de Tráfego**. 1. ed. Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Pavimentação** 3. ed. Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES (DNIT). **Relatório Analítico das Composições de Custos – maio de 2018, versão Rio Grande do Sul**. 1. ed. Brasília, 2018.

FERNANDES, W. D. **Análise comparativa entre os métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis do Brasil e o método da AASHTO**. 2016. 169 p. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

FRANCO, F. A. C. de P. **Método de dimensionamento mecanístico-empírico de pavimentos asfálticos – SisPav**. 2007. 294p. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – COPPE/UFRJ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MABONI, P. **Avaliação das soluções de restauração da RSC 287 a partir da análise mecanicista**. 2018. 81p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2018.

MEDINA, J. **Mecânica dos pavimentos**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, RJ, 1997.

MOTTA, L. M. G. **Noções de Mecânica dos Pavimentos**. Laboratório de Geotecnia – Programa de Engenharia Civil, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, RJ, 2003.

NÚÑEZ, W. P. **Análise Experimental de Pavimentos Rodoviários com Basaltos Alterados**. 1997. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

QUADROS, M.G. **Dimensionamento de Pavimentos Asfálticos com o Método Mecanístico-Empírico: Uso do Novo Método de Dimensionamento Nacional**. 2018. 120p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2018.

SÁNCHEZ, L. H.; FERNANDES JR, J. L. **Análise Estrutural de Pavimentos Flexíveis através do Conceito de Confiabilidade e do Método de Elementos Finitos**. CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTES DA ANPET, 29. Ouro Preto: ANPET, MG, 2015.

SANTOS, C. R. G. **Dimensionamento e Análise do Ciclo de Vida de Pavimentos Rodoviários: Uma Abordagem Probabilística**. Tese de Doutorado EP. USP. São Paulo, SP, 2011.

SENÇO, W. **Pavimentação**. São Paulo, Grêmio Politécnico, 1978.

APÊNDICE A – DISTÂNCIAS MÉDIAS DE TRANSPORTES UTILIZADAS NOS ORÇAMENTOS

DISTÂNCIAS MÉDIAS DE TRANSPORTES		
PAVIMENTAÇÃO	DMT (km)	SINALIZAÇÃO
Materiais em transporte	DMT (km)	Materiais em transporte
Jazida de SOLO - Trecho de disposição do solo	0,92748	Microesferas de vidro refletiva tipo I-B
Jazida de BRITA - Trecho de disposição da brita/MS	1,0891	Microesferas de vidro refletiva tipo II-A
Jazida de AREIA - Usinagem CA	0,76263	Solvente para tinta à base de resina acrílica pint de faixa
Usinagem do CA - Trecho de disposição do CA	1,0891	Tinta para pré-marcação de pintura de faixa
BRITA produzida em central de 80 m ³ /h	0,5	Tinta refletiva acrílica para pintura de faixa
CAL HIDRATADA para usinagem CA	90	Confecção de placa para fornecimento e implantação
TUBO PE para areia extraída com draga de sucção tipo bomba	300	Chapa de aço galvanizado para confecção de placa
		Película retrorrefletiva tipo I + SI para confecção de placa
		Tinta poliester em pó para pintura da placa
		Tacha refletiva bidirecional
		DMT (km)
		300
		300
		300
		300
		1,0891
		300
		300
		300
		300

APÊNDICE B – MEMÓRIA DE CÁLCULO DE SINALIZAÇÃO

Tachas	
Linhas de Borda – tachas monodirecionais ou bidirecionais brancas com elementos refletivos brancos, com espaçamento a cada 16m.	
Linhas de Eixo de Fluxos Opostos – tachas bidirecionais amarelas com elementos refletivos amarelos espaçados a cada 16m em tangente ou a cada 4m nos trechos que antecedem obstáculos ou obras de arte numa extensão de 150m.	
Total de tachas	173

Sinalização vertical	
Tipos de placas	Quant. (unid)
Regulamentação	221
Advertência	132
Indicativa	87
Delineadores de tráfego	80
Marcos quilométricos	76
Parada de ônibus	90
Indicativas em pórticos (6 pórticos)	17
Turística	5
Marcadores de perigo	3
TOTAL =	711

Reg+Adv	353,00
% Reg	0,62606
% Adv	0,37394
Total Reg	445
Total Adv	266
Total Geral	711

Total Reg	5
Total Adv	3
Total Geral	8

Sinalização horizontal	
trecho:	total de tinta acrílica base de água (m ²) = 34.609,13
EXTENSÃO TOTAL DA VIA (km)	79,00
Total de tinta acrílica a base de água (m²)	403,043

APÊNDICE C – INTERFACE DO MEDINA NO DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA COM REFORÇO DO SUBLEITO

MeDiNa - v.1.0.2.1 - ago/2018 - versão de avaliação
 Projeto Editar Análise Ajuda

VERSÃO DE AVALIAÇÃO - DISPONÍVEL ATÉ 15/09/2018

ESTRUTURA

MODELAGEM

RESULTADOS

RESPONSÁVEL: EMPRESA:

PROJETO: MODO:

[Alterar Estrutura >>](#)

CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)	MÓDULO (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON
>> 1 <<	CONCRETO ASFÁLTICO	Classe 3	5,1	14614	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO	Classe 3	15,0	14614	0,30
3	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaíse CS	12,0	381	0,35
4	SOLO FINO, SILTOSO OU ARGILOSO	Solo Argiloso LG(1)	15,0	250	0,45
SL	SUBLEITO	Solo Siltoso IS'	0,0	189	0,45

EIXO PADRÃO RODVIÁRIO

DADOS DO TRÁFEGO

Tipo de Via:	Sistema Aterial Primário
VMD (1º ano):	1998
FV:	1,000
N anual total:	7,27e+06
% Veículos na faixa de projeto:	100
N Anual da faixa:	7,27e+06
Taxa de crescimento (%):	0,0
Período de projeto (anos):	10
NEq:	7,27e+07

--- DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO NOVO ---
 Seção do pavimento dimensionada considerando os dados inseridos pelo Engenheiro Projetista no programa MeDiNa.
 Nível de confiabilidade da análise: 85%
 Área Trincada Estimada do pavimento no fim do período: 29,6%
 Deformação Permanente Total: 1,2mm

Os resultados obtidos pelo programa devem ser avaliados criteriosamente antes de serem aprovados para a execução de campo.

APÊNDICE D – INTERFACE DO MEDINA NO DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA COM SUB-BASE

MeDiNa - v.1.0.2.1 - ago/2018 - versão de avaliação
 Projeto Editar Análise Ajuda

VERSÃO DE AVALIAÇÃO - DISPONÍVEL ATÉ 15/09/2018

ESTRUTURA

MODELAGEM

RESULTADOS

RESPONSÁVEL: Lucas Eduardo Deitos da Silva

EMPRESA: UFSM - TCC

PROJETO: BR-392 - SÃO SEBÉ / SANTA MARIA

MODOS:

Alterar Estrutura >>>

CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)	MÓDULO (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON
>> 1 <<	CONCRETO ASFÁLTICO	Classe 3	5,2	14614	0,30
2	CONCRETO ASFÁLTICO	Classe 3	15,0	14614	0,30
3	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Grasse C5	12,0	381	0,35
4	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Grasse C1	16,0	259	0,35
5L	SUBLEITO	Solo Silteoso NS'	0,0	189	0,45

+ EIXO PADRÃO RODOVÁRIO

+ DADOS DO TRAFEGO

Tipo de Via:	Sistema Aterial Primário
VMD (1º ano)	19918
FV:	1.000
N anual total:	7.27e+06
% Veículos na faixa de projeto:	100
N Anual da faixa:	7.27e+06
Taxa de crescimento (%):	0,0
Período de projeto (anos):	10
NEq:	7.27e+07

--- DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO NOVO ---

Seção do pavimento dimensionado considerando os dados inseridos pelo Engenheiro Projetista no programa MeDiNa.

Nível de confiabilidade da análise: 85%

Área Trincada Estimada do pavimento no fim do período: 29,0%

Deformação Permanentemente Total: 1,9mm

Os resultados obtidos pelo programa devem ser avaliados criteriosamente antes de serem aprovados para a execução de campo.

APÊNDICE E – EVOLUÇÃO MENSAL DOS DANOS NA ESTRUTURA COM REFORÇO DO SUBLEITO DIMENSIONADA PELO MÉTODO DO DNER

(continua)

Mês	N equivalente	Área Trincada (%)	Deformação Permanente Total (mm)
1	6,058E+05	2,55	2,02
2	1,212E+06	3,57	2,12
3	1,818E+06	4,51	2,18
4	2,423E+06	5,45	2,23
5	3,029E+06	6,43	2,26
6	3,635E+06	7,46	2,29
7	4,241E+06	8,56	2,32
8	4,847E+06	9,74	2,34
9	5,453E+06	11,00	2,36
10	6,058E+06	12,36	2,38
11	6,664E+06	13,80	2,39
12	7,270E+06	15,35	2,41
13	7,876E+06	16,99	2,42
14	8,482E+06	18,73	2,43
15	9,088E+06	20,57	2,45
16	9,693E+06	22,51	2,46
17	1,030E+07	24,54	2,47
18	1,091E+07	26,65	2,48
19	1,151E+07	28,86	2,49
20	1,212E+07	31,14	2,50
21	1,272E+07	33,50	2,51
22	1,333E+07	35,92	2,51
23	1,393E+07	38,40	2,52
24	1,454E+07	40,94	2,53
25	1,515E+07	43,51	2,54
26	1,575E+07	46,11	2,54
27	1,636E+07	48,74	2,55
28	1,696E+07	51,39	2,56
29	1,757E+07	54,03	2,56
30	1,818E+07	56,68	2,57
31	1,878E+07	59,31	2,58
32	1,939E+07	61,92	2,58
33	1,999E+07	64,50	2,59
34	2,060E+07	67,04	2,59
35	2,120E+07	69,54	2,60
36	2,181E+07	71,99	2,60
37	2,242E+07	74,38	2,61
38	2,302E+07	76,71	2,61
39	2,363E+07	78,98	2,62

(continuação)

40	2,423E+07	81,17	2,62
41	2,484E+07	83,29	2,63
42	2,545E+07	85,33	2,63
43	2,605E+07	87,29	2,64
44	2,666E+07	89,16	2,64
45	2,726E+07	90,96	2,65
46	2,787E+07	92,67	2,65
47	2,847E+07	94,30	2,65
48	2,908E+07	95,84	2,66
49	2,969E+07	97,31	2,66
50	3,029E+07	98,69	2,67
51	3,090E+07	99,00	2,67
52	3,150E+07	99,00	2,67
53	3,211E+07	99,00	2,68
54	3,272E+07	99,00	2,68
55	3,332E+07	99,00	2,68
56	3,393E+07	99,00	2,69
57	3,453E+07	99,00	2,69
58	3,514E+07	99,00	2,69
59	3,574E+07	99,00	2,70
60	3,635E+07	99,00	2,70
61	3,696E+07	99,00	2,70
62	3,756E+07	99,00	2,71
63	3,817E+07	99,00	2,71
64	3,877E+07	99,00	2,71
65	3,938E+07	99,00	2,72
66	3,999E+07	99,00	2,72
67	4,059E+07	99,00	2,72
68	4,120E+07	99,00	2,73
69	4,180E+07	99,00	2,73
70	4,241E+07	99,00	2,73
71	4,301E+07	99,00	2,73
72	4,362E+07	99,00	2,74
73	4,423E+07	99,00	2,74
74	4,483E+07	99,00	2,74
75	4,544E+07	99,00	2,74
76	4,604E+07	99,00	2,75
77	4,665E+07	99,00	2,75
78	4,726E+07	99,00	2,75
79	4,786E+07	99,00	2,76
80	4,847E+07	99,00	2,76
81	4,907E+07	99,00	2,76
82	4,968E+07	99,00	2,76
83	5,028E+07	99,00	2,76

(conclusão)

84	5,089E+07	99,00	2,77
85	5,150E+07	99,00	2,77
86	5,210E+07	99,00	2,77
87	5,271E+07	99,00	2,77
88	5,331E+07	99,00	2,78
89	5,392E+07	99,00	2,78
90	5,453E+07	99,00	2,78
91	5,513E+07	99,00	2,78
92	5,574E+07	99,00	2,79
93	5,634E+07	99,00	2,79
94	5,695E+07	99,00	2,79
95	5,755E+07	99,00	2,79
96	5,816E+07	99,00	2,79
97	5,877E+07	99,00	2,80
98	5,937E+07	99,00	2,80
99	5,998E+07	99,00	2,80
100	6,058E+07	99,00	2,80
101	6,119E+07	99,00	2,80
102	6,180E+07	99,00	2,81
103	6,240E+07	99,00	2,81
104	6,301E+07	99,00	2,81
105	6,361E+07	99,00	2,81
106	6,422E+07	99,00	2,81
107	6,482E+07	99,00	2,82
108	6,543E+07	99,00	2,82
109	6,604E+07	99,00	2,82
110	6,664E+07	99,00	2,82
111	6,725E+07	99,00	2,82
112	6,785E+07	99,00	2,83
113	6,846E+07	99,00	2,83
114	6,907E+07	99,00	2,83
115	6,967E+07	99,00	2,83
116	7,028E+07	99,00	2,83
117	7,088E+07	99,00	2,83
118	7,149E+07	99,00	2,84
119	7,209E+07	99,00	2,84
120	7,270E+07	99,00	2,84

APÊNDICE F – EVOLUÇÃO MENSAL DOS DANOS NA ESTRUTURA COM SUB-BASE DIMENSIONADA PELO MÉTODO DO DNER

(continua)

Mês	N equivalente	Área Trincada (%)	Deformação Permanente Total (mm)
1	6,058E+05	2,56	2,48
2	1,212E+06	3,58	2,62
3	1,818E+06	4,53	2,71
4	2,423E+06	5,48	2,77
5	3,029E+06	6,46	2,82
6	3,635E+06	7,50	2,86
7	4,241E+06	8,62	2,90
8	4,847E+06	9,81	2,93
9	5,453E+06	11,09	2,95
10	6,058E+06	12,46	2,98
11	6,664E+06	13,92	3,00
12	7,270E+06	15,49	3,02
13	7,876E+06	17,15	3,04
14	8,482E+06	18,91	3,06
15	9,088E+06	20,77	3,07
16	9,693E+06	22,73	3,09
17	1,030E+07	24,79	3,11
18	1,091E+07	26,94	3,12
19	1,151E+07	29,17	3,13
20	1,212E+07	31,48	3,15
21	1,272E+07	33,86	3,16
22	1,333E+07	36,31	3,17
23	1,393E+07	38,82	3,18
24	1,454E+07	41,38	3,19
25	1,515E+07	43,97	3,20
26	1,575E+07	46,60	3,21
27	1,636E+07	49,25	3,22
28	1,696E+07	51,92	3,23
29	1,757E+07	54,59	3,24
30	1,818E+07	57,25	3,25
31	1,878E+07	59,89	3,26
32	1,939E+07	62,52	3,26
33	1,999E+07	65,11	3,27
34	2,060E+07	67,66	3,28
35	2,120E+07	70,16	3,29
36	2,181E+07	72,62	3,30
37	2,242E+07	75,01	3,30
38	2,302E+07	77,34	3,31
39	2,363E+07	79,60	3,32

(continuação)

40	2,423E+07	81,79	3,32
41	2,484E+07	83,90	3,33
42	2,545E+07	85,93	3,34
43	2,605E+07	87,88	3,34
44	2,666E+07	89,74	3,35
45	2,726E+07	91,52	3,35
46	2,787E+07	93,22	3,36
47	2,847E+07	94,83	3,37
48	2,908E+07	96,36	3,37
49	2,969E+07	97,80	3,38
50	3,029E+07	99,00	3,38
51	3,090E+07	99,00	3,39
52	3,150E+07	99,00	3,39
53	3,211E+07	99,00	3,40
54	3,272E+07	99,00	3,40
55	3,332E+07	99,00	3,41
56	3,393E+07	99,00	3,41
57	3,453E+07	99,00	3,42
58	3,514E+07	99,00	3,42
59	3,574E+07	99,00	3,43
60	3,635E+07	99,00	3,43
61	3,696E+07	99,00	3,44
62	3,756E+07	99,00	3,44
63	3,817E+07	99,00	3,44
64	3,877E+07	99,00	3,45
65	3,938E+07	99,00	3,45
66	3,999E+07	99,00	3,46
67	4,059E+07	99,00	3,46
68	4,120E+07	99,00	3,47
69	4,180E+07	99,00	3,47
70	4,241E+07	99,00	3,47
71	4,301E+07	99,00	3,48
72	4,362E+07	99,00	3,48
73	4,423E+07	99,00	3,48
74	4,483E+07	99,00	3,49
75	4,544E+07	99,00	3,49
76	4,604E+07	99,00	3,50
77	4,665E+07	99,00	3,50
78	4,726E+07	99,00	3,50
79	4,786E+07	99,00	3,51
80	4,847E+07	99,00	3,51
81	4,907E+07	99,00	3,51
82	4,968E+07	99,00	3,52
83	5,028E+07	99,00	3,52
84	5,089E+07	99,00	3,52

(conclusão)

85	5,150E+07	99,00	3,53
86	5,210E+07	99,00	3,53
87	5,271E+07	99,00	3,53
88	5,331E+07	99,00	3,54
89	5,392E+07	99,00	3,54
90	5,453E+07	99,00	3,54
91	5,513E+07	99,00	3,55
92	5,574E+07	99,00	3,55
93	5,634E+07	99,00	3,55
94	5,695E+07	99,00	3,56
95	5,755E+07	99,00	3,56
96	5,816E+07	99,00	3,56
97	5,877E+07	99,00	3,56
98	5,937E+07	99,00	3,57
99	5,998E+07	99,00	3,57
100	6,058E+07	99,00	3,57
101	6,119E+07	99,00	3,58
102	6,180E+07	99,00	3,58
103	6,240E+07	99,00	3,58
104	6,301E+07	99,00	3,58
105	6,361E+07	99,00	3,59
106	6,422E+07	99,00	3,59
107	6,482E+07	99,00	3,59
108	6,543E+07	99,00	3,59
109	6,604E+07	99,00	3,60
110	6,664E+07	99,00	3,60
111	6,725E+07	99,00	3,60
112	6,785E+07	99,00	3,61
113	6,846E+07	99,00	3,61
114	6,907E+07	99,00	3,61
115	6,967E+07	99,00	3,61
116	7,028E+07	99,00	3,62
117	7,088E+07	99,00	3,62
118	7,149E+07	99,00	3,62
119	7,209E+07	99,00	3,62
120	7,270E+07	99,00	3,62

**APÊNDICE G – EVOLUÇÃO MENSAL DOS DANOS NA ESTRUTURA COM
REFORÇO DO SUBLEITO DIMENSIONADA PELO MEDINA**

(continua)

Mês	N equivalente	Área Trincada (%)	Deformação Permanente Total (mm)
1	6,058E+05	1,24	0,85
2	1,212E+06	1,61	0,90
3	1,818E+06	1,88	0,92
4	2,423E+06	2,11	0,94
5	3,029E+06	2,32	0,96
6	3,635E+06	2,51	0,97
7	4,241E+06	2,69	0,98
8	4,847E+06	2,86	0,99
9	5,453E+06	3,03	1,00
10	6,058E+06	3,19	1,01
11	6,664E+06	3,35	1,01
12	7,270E+06	3,51	1,02
13	7,876E+06	3,66	1,03
14	8,482E+06	3,81	1,03
15	9,088E+06	3,96	1,04
16	9,693E+06	4,12	1,04
17	1,030E+07	4,27	1,05
18	1,091E+07	4,42	1,05
19	1,151E+07	4,57	1,06
20	1,212E+07	4,72	1,06
21	1,272E+07	4,87	1,06
22	1,333E+07	5,02	1,07
23	1,393E+07	5,17	1,07
24	1,454E+07	5,32	1,07
25	1,515E+07	5,47	1,08
26	1,575E+07	5,63	1,08
27	1,636E+07	5,78	1,08
28	1,696E+07	5,94	1,09
29	1,757E+07	6,10	1,09
30	1,818E+07	6,26	1,09
31	1,878E+07	6,42	1,10
32	1,939E+07	6,58	1,10
33	1,999E+07	6,75	1,10
34	2,060E+07	6,91	1,10
35	2,120E+07	7,08	1,11
36	2,181E+07	7,25	1,11
37	2,242E+07	7,42	1,11
38	2,302E+07	7,59	1,11
39	2,363E+07	7,76	1,11

(continuação)

40	2,423E+07	7,94	1,12
41	2,484E+07	8,12	1,12
42	2,545E+07	8,30	1,12
43	2,605E+07	8,48	1,12
44	2,666E+07	8,66	1,12
45	2,726E+07	8,85	1,13
46	2,787E+07	9,03	1,13
47	2,847E+07	9,22	1,13
48	2,908E+07	9,42	1,13
49	2,969E+07	9,61	1,13
50	3,029E+07	9,81	1,13
51	3,090E+07	10,01	1,14
52	3,150E+07	10,21	1,14
53	3,211E+07	10,41	1,14
54	3,272E+07	10,61	1,14
55	3,332E+07	10,82	1,14
56	3,393E+07	11,03	1,14
57	3,453E+07	11,24	1,15
58	3,514E+07	11,46	1,15
59	3,574E+07	11,68	1,15
60	3,635E+07	11,89	1,15
61	3,696E+07	12,12	1,15
62	3,756E+07	12,34	1,15
63	3,817E+07	12,57	1,15
64	3,877E+07	12,80	1,16
65	3,938E+07	13,03	1,16
66	3,999E+07	13,26	1,16
67	4,059E+07	13,50	1,16
68	4,120E+07	13,74	1,16
69	4,180E+07	13,98	1,16
70	4,241E+07	14,22	1,16
71	4,301E+07	14,47	1,16
72	4,362E+07	14,72	1,17
73	4,423E+07	14,97	1,17
74	4,483E+07	15,22	1,17
75	4,544E+07	15,48	1,17
76	4,604E+07	15,74	1,17
77	4,665E+07	16,00	1,17
78	4,726E+07	16,27	1,17
79	4,786E+07	16,53	1,17
80	4,847E+07	16,80	1,17
81	4,907E+07	17,07	1,18
82	4,968E+07	17,35	1,18
83	5,028E+07	17,63	1,18
84	5,089E+07	17,91	1,18

(conclusão)

85	5,150E+07	18,19	1,18
86	5,210E+07	18,47	1,18
87	5,271E+07	18,76	1,18
88	5,331E+07	19,05	1,18
89	5,392E+07	19,34	1,18
90	5,453E+07	19,64	1,19
91	5,513E+07	19,94	1,19
92	5,574E+07	20,24	1,19
93	5,634E+07	20,54	1,19
94	5,695E+07	20,84	1,19
95	5,755E+07	21,15	1,19
96	5,816E+07	21,46	1,19
97	5,877E+07	21,77	1,19
98	5,937E+07	22,09	1,19
99	5,998E+07	22,41	1,19
100	6,058E+07	22,73	1,19
101	6,119E+07	23,05	1,20
102	6,180E+07	23,37	1,20
103	6,240E+07	23,70	1,20
104	6,301E+07	24,03	1,20
105	6,361E+07	24,36	1,20
106	6,422E+07	24,70	1,20
107	6,482E+07	25,03	1,20
108	6,543E+07	25,37	1,20
109	6,604E+07	25,71	1,20
110	6,664E+07	26,06	1,20
111	6,725E+07	26,40	1,20
112	6,785E+07	26,75	1,20
113	6,846E+07	27,10	1,21
114	6,907E+07	27,45	1,21
115	6,967E+07	27,81	1,21
116	7,028E+07	28,16	1,21
117	7,088E+07	28,52	1,21
118	7,149E+07	28,88	1,21
119	7,209E+07	29,25	1,21
120	7,270E+07	29,61	1,21

APÊNDICE H – EVOLUÇÃO MENSAL DOS DANOS NA ESTRUTURA COM SUB-BASE DIMENSIONADA PELO MEDINA

(continua)

Mês	N equivalente	Área Trincada (%)	Deformação Permanente Total (mm)
1	6,058E+05	1,24	1,27
2	1,212E+06	1,60	1,34
3	1,818E+06	1,87	1,39
4	2,423E+06	2,10	1,42
5	3,029E+06	2,30	1,45
6	3,635E+06	2,49	1,47
7	4,241E+06	2,67	1,48
8	4,847E+06	2,84	1,50
9	5,453E+06	3,01	1,51
10	6,058E+06	3,17	1,53
11	6,664E+06	3,33	1,54
12	7,270E+06	3,48	1,55
13	7,876E+06	3,63	1,56
14	8,482E+06	3,78	1,57
15	9,088E+06	3,93	1,58
16	9,693E+06	4,08	1,58
17	1,030E+07	4,23	1,59
18	1,091E+07	4,38	1,60
19	1,151E+07	4,53	1,61
20	1,212E+07	4,67	1,61
21	1,272E+07	4,82	1,62
22	1,333E+07	4,97	1,63
23	1,393E+07	5,12	1,63
24	1,454E+07	5,27	1,64
25	1,515E+07	5,42	1,64
26	1,575E+07	5,57	1,65
27	1,636E+07	5,73	1,65
28	1,696E+07	5,88	1,66
29	1,757E+07	6,04	1,66
30	1,818E+07	6,19	1,67
31	1,878E+07	6,35	1,67
32	1,939E+07	6,51	1,67
33	1,999E+07	6,67	1,68
34	2,060E+07	6,83	1,68
35	2,120E+07	7,00	1,69
36	2,181E+07	7,16	1,69
37	2,242E+07	7,33	1,69
38	2,302E+07	7,50	1,70

(continuação)

39	2,363E+07	7,67	1,70
40	2,423E+07	7,84	1,70
41	2,484E+07	8,01	1,71
42	2,545E+07	8,19	1,71
43	2,605E+07	8,37	1,71
44	2,666E+07	8,55	1,72
45	2,726E+07	8,73	1,72
46	2,787E+07	8,91	1,72
47	2,847E+07	9,10	1,73
48	2,908E+07	9,29	1,73
49	2,969E+07	9,48	1,73
50	3,029E+07	9,67	1,73
51	3,090E+07	9,86	1,74
52	3,150E+07	10,06	1,74
53	3,211E+07	10,26	1,74
54	3,272E+07	10,46	1,75
55	3,332E+07	10,66	1,75
56	3,393E+07	10,87	1,75
57	3,453E+07	11,07	1,75
58	3,514E+07	11,28	1,76
59	3,574E+07	11,50	1,76
60	3,635E+07	11,71	1,76
61	3,696E+07	11,93	1,76
62	3,756E+07	12,14	1,76
63	3,817E+07	12,37	1,77
64	3,877E+07	12,59	1,77
65	3,938E+07	12,82	1,77
66	3,999E+07	13,04	1,77
67	4,059E+07	13,28	1,78
68	4,120E+07	13,51	1,78
69	4,180E+07	13,74	1,78
70	4,241E+07	13,98	1,78
71	4,301E+07	14,22	1,78
72	4,362E+07	14,47	1,79
73	4,423E+07	14,71	1,79
74	4,483E+07	14,96	1,79
75	4,544E+07	15,21	1,79
76	4,604E+07	15,46	1,79
77	4,665E+07	15,72	1,80
78	4,726E+07	15,98	1,80
79	4,786E+07	16,24	1,80
80	4,847E+07	16,50	1,80
81	4,907E+07	16,77	1,80
82	4,968E+07	17,03	1,80
83	5,028E+07	17,30	1,81

(continuação)

84	5,089E+07	17,58	1,81
85	5,150E+07	17,85	1,81
86	5,210E+07	18,13	1,81
87	5,271E+07	18,41	1,81
88	5,331E+07	18,69	1,81
89	5,392E+07	18,98	1,82
90	5,453E+07	19,27	1,82
91	5,513E+07	19,56	1,82
92	5,574E+07	19,85	1,82
93	5,634E+07	20,14	1,82
94	5,695E+07	20,44	1,82
95	5,755E+07	20,74	1,83
96	5,816E+07	21,04	1,83
97	5,877E+07	21,35	1,83
98	5,937E+07	21,66	1,83
99	5,998E+07	21,97	1,83
100	6,058E+07	22,28	1,83
101	6,119E+07	22,59	1,83
102	6,180E+07	22,91	1,84
103	6,240E+07	23,23	1,84
104	6,301E+07	23,55	1,84
105	6,361E+07	23,87	1,84
106	6,422E+07	24,20	1,84
107	6,482E+07	24,53	1,84
108	6,543E+07	24,86	1,84
109	6,604E+07	25,19	1,85
110	6,664E+07	25,53	1,85
111	6,725E+07	25,86	1,85
112	6,785E+07	26,20	1,85
113	6,846E+07	26,55	1,85
114	6,907E+07	26,89	1,85
115	6,967E+07	27,24	1,85
116	7,028E+07	27,58	1,85
117	7,088E+07	27,93	1,86
118	7,149E+07	28,29	1,86
119	7,209E+07	28,64	1,86
120	7,270E+07	29,00	1,86

APÊNDICE I – COMPOSIÇÕES DO SICRO UTILIZADAS NOS ORÇAMENTOS

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO									
Rio Grande do Sul			FIC 0,03164						
Maio/2018			Produção da equipe		221,33 m³				
5502114 Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 1.000 a 1.200 m - caminho de serviço em leito natural - com escavadeira e caminhão basculante de 14 m³			DMT de 1.000 a 1.200 m - caminho de serviço em leito natural - com		Valores em reais (R\$)				
A - EQUIPAMENTOS									
Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo				
	Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário	Total			
E9667	5,00000	0,93	0,07	65,9815	282,7101	1.337,6955			
E9515	1,00000	1,00	0,00	76,8011	175,3323	175,3323			
					Custo horário total de equipamentos		1.513,0278		
B - MÃO DE OBRA									
P9824	1,00000	h		Custo Horário	Custo Horário Total				
					17,3618	17,3618			
					Custo horário total de mão de obra	17,3618			
					Custo horário total de execução	1.530,3896			
					Custo unitário de execução	6,9145			
					Custo do FIC	0,2188			
					Custo do FIT	-			
C - MATERIAL									
Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário					
				Custo Unitário					
D - ATIVIDADES AUXILIARES									
Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário					
				Custo total de atividades auxiliares					
		Subtotal		7,1333					
E - TEMPO FIXO									
Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário				
				Custo Unitário total de tempo fixo					
F - MOMENTO DE TRANSPORTE									
Quantidade	Unidade	LN	DMT	RP	P	Custo Unitário			
						Custo unitário total de transporte			
						Custo unitário direto total			
						7,13			

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO
Custo Unitário de Referência
5503041 Compactação de aterros a 100% do Proctor intermediário

Rio Grande do Sul
 Maio/2018
 FIC 0,03164
 Produção da equipe
 76,89 m³
 Valores em reais (R\$)

	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
A - EQUIPAMENTOS						
E9571 Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW	1,00000	0,45	0,55	175,9480	49,2433	106,2604
E9518 Grade de 24 discos rebocável de 24"	1,00000	0,24	0,76	2,3317	1,6208	1,7914
E9524 Motoniveladora - 93 kW	1,00000	0,13	0,87	179,1610	79,4445	92,4076
E9685 Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropeido de 11,6 t - 82 kW	1,00000	1,00	0,00	121,3288	55,2489	121,3288
E9577 Trator agrícola - 77 kW	1,00000	0,24	0,76	81,0808	31,8084	43,6338
B - MÃO DE OBRA						
P9824 Servente	1,00000			17,3618		17,3618
				Custo horário total de mão de obra		17,3618
				Custo horário total de execução		382,7839
				Custo unitário de execução		4,9783
				Custo do FIC		0,1575
				Custo do FIT		-
C - MATERIAL						
				Preço Unitário		Custo Unitário
				Custo unitário total de material		-
D - ATIVIDADES AUXILIARES						
				Custo Unitário		Custo Unitário
				Custo total de atividades auxiliares		-
E - TEMPO FIXO						
				Subtotal		5,1358
				Custo unitário total de tempo fixo		-
F - MOMENTO DE TRANSPORTE						
				DMT		Custo Unitário
				RP		Custo Unitário
				LN		Custo Unitário
				P		Custo Unitário
				Custo unitário total de transporte		5,14
				Custo unitário direto total		5,14

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

Custo Unitário de Referência

4011209 Regularização do subleito

Rio Grande do Sul
Maio/2018FIC 0,03164
Produção da equipe841,00 m²

Valores em reais (R\$)

	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
A - EQUIPAMENTOS						
E9571 Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW	1,00000	0,76	0,24	175,9480	49,2433	145,5389
E9518 Grade de 24 discos rebocável de 24"	1,00000	0,52	0,48	2,3317	1,6208	1,9905
E9524 Motoniveladora - 93 kW	1,00000	0,55	0,45	179,1610	79,4445	134,2886
E9762 Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,00000	0,72	0,28	139,7708	64,6300	118,7314
E9685 Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW	1,00000	1,00	0,00	121,3288	55,2489	121,3288
E9577 Trator agrícola - 77 kW	1,00000	0,52	0,48	81,0808	31,8084	57,4300
B - MÃO DE OBRA				Custo horário total de equipamentos		579,3081
P9824 Servente	1,00000			Custo Horário		17,3618
						17,3618
				Custo horário total de mão de obra		17,3618
				Custo horário total de execução		596,6699
				Custo unitário de execução		0,7095
				Custo do FIC		0,0224
				Custo do FIT		-
C - MATERIAL				Preço Unitário		Custo Unitário
				Custo unitário total de material		-
D - ATIVIDADES AUXILIARES				Custo Unitário		Custo Unitário
				Custo total de atividades auxiliares		-
				Subtotal		0,7319
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
				Custo unitário total de tempo fixo		-
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	LN	DMT	RP	P
						Custo Unitário
				Custo unitário total de transporte		0,73
				Custo unitário direto total		0,73

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO									
Custo Unitário de Referência			Rio Grande do Sul			FIC 0,03164		221,33 m³	
4816096 Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica			Maio/2018			Produção da equipe		Valores em reais (R\$)	
A - EQUIPAMENTOS									
E9515	Escavadeira hidráulica sobre esteira com caçamba com capacidade de 1,5 m³ - 110 kW	Quantidade	Utilização	Operativa	Improdutiva	Produutivo	Improdutivo	Custo Horário	Custo Horário Total
		1,00000	1,00	0,00		175,3323	76,8011		175,3323
						Custo horário total de equipamentos			175,3323
B - MÃO DE OBRA									
P9824	Servente	Quantidade	Unidade					Custo Horário	Custo Horário Total
		1,00000	h			17,3618			17,3618
						Custo horário total de mão de obra			17,3618
						Custo horário total de execução			192,6941
						Custo unitário de execução			0,8706
						Custo do FIC			0,0275
						Custo do FIT			-
C - MATERIAL								Preço Unitário	Custo Unitário
		Quantidade	Unidade						
D - ATIVIDADES AUXILIARES									
		Quantidade	Unidade					Custo unitário total de material	
								Custo Unitário	Custo Unitário
								Custo total de atividades auxiliares	
E - TEMPO FIXO									
		Código	Quantidade	Unidade				Subtotal	0,8982
								Custo Unitário	Custo Unitário
								Custo unitário total de tempo fixo	
F - MOMENTO DE TRANSPORTE									
		Quantidade	Unidade	LN		DMT	RP	P	Custo Unitário
						Custo unitário total de transporte			
						Custo unitário direto total			0,90

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

Custo Unitário de Referência

4011211 Reforço do subleito com material de jazida

Rio Grande do Sul

Maio/2018

FIC 0,03164

Produção da equipe

168,20 m³

Valores em reais (R\$)

	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
A - EQUIPAMENTOS						
E9571 Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW	1,00000	0,93	0,07	175,9480	49,2433	167,0787
E9518 Grade de 24 discos rebocável de 24"	1,00000	0,52	0,48	2,3317	1,6208	1,9905
E9524 Motoniveladora - 93 kW	1,00000	0,78	0,22	179,1610	79,4445	157,2234
E9762 Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,00000	0,72	0,28	139,7708	64,6300	118,7314
E9685 Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW	1,00000	1,00	0,00	121,3288	55,2489	121,3288
E9577 Trator agrícola - 77 kW	1,00000	0,52	0,48	81,0808	31,8084	57,4300
				Custo horário total de equipamentos		623,7827
B - MÃO DE OBRA						
P9824 Servente	1,00000	h		17,3618		17,3618
				Custo horário total de mão de obra		17,3618
				Custo horário total de execução		641,1445
				Custo unitário de execução		3,8118
				Custo do FIC		0,1206
				Custo do FIT		-
				Preço Unitário		Custo Unitário
				Custo unitário total de material		-
D - ATIVIDADES AUXILIARES						
4816096 Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica	1,10000	m³		0,8982		0,9880
				Custo total de atividades auxiliares		0,9880
				Subtotal		4,9204
E - TEMPO FIXO						
4816096 Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica - Caminhão basculante 10 m³	5914354	t		1,3200		2,7225
				Custo unitário total de tempo fixo		2,7225
F - MOMENTO DE TRANSPORTE						
4816096 Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica - Caminhão basculante 10 m³	2,06250	tkm	LN	DMT	RP	P
				0,92748		0,557480689
				Custo unitário total de transporte		1,0664
				Custo unitário direto total		8,71

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO
 Custo Unitário de Referência
 4011280 Base ou sub-base de macadame seco com brita produzida

Rio Grande do Sul
 Maio/2018
 FIC 0,01054
 Produção da equipe
 135,77 m³
 Valores em reais (R\$)

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9514 Distribuidor de agregados autopropelido - 130 kW	1,00000	1,00	0,00	202,0816	89,8568	202,0816
E9530 Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW	1,00000	0,63	0,37	136,8864	59,3817	108,2097
				Custo horário total de equipamentos		310,2913
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total
P9824 Servente	2,00000	h		17,3618		34,7236
				Custo horário total de mão de obra		34,7236
				Custo horário total de execução		345,0149
				Custo unitário de execução		2,5412
				Custo do FIC		0,0268
				Custo do FIT		-
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário
				Custo unitário total de material		-
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade		Custo Unitário		Custo Unitário
4816012 Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h	1,40000	m³		47,2853		66,1995
				Custo total de atividades auxiliares		66,1995
				Subtotal		68,7674
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
4816012 Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h - Caminhão basculante 10 m³	5915411	2,10000	t	2,1500		4,5150
				Custo unitário total de tempo fixo		4,5150
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade		DMT		Custo Unitário
				RP		
4816012 Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h - Caminhão basculante 10 m³	2,10000	tkm		1,0891		0,557480689
				Custo unitário total de transporte		1,2750
				Custo unitário direto total		74,56

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		Produção da equipe		113,18 m³	
Custo Unitário de Referência		Maio/2018				Valores em reais (R\$)	
6416039 Usinagem de brita graduada com brita produzida em usina de 300 t/h							
A - EQUIPAMENTOS							
E9511	Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3 m³ - 213 kW	Quantidade	Utilização	Custo Horário	Custo	Horário Total	
		1,00000	Operativa 0,79	321,4648	280,6307		
E9779	Grupo gerador - 100/110 KVA	1,00000	Improdutiva 0,21	127,0169	54,2127		
E9615	Usina misturadora de solos com capacidade de 300 t/h	1,00000	0,00	5,5913	135,2635		
			0,00	92,1439	470,1069		
				Custo horário total de equipamentos	470,1069		
B - MÃO DE OBRA							
P9824	Servente	Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo Horário Total		
		5,00000	h	17,3618	86,8090		
				Custo horário total de mão de obra	86,8090		
				Custo horário total de execução	556,9159		
				Custo unitário de execução	4,9206		
				Custo do FIC	-		
				Custo do FIT	-		
C - MATERIAL							
		Quantidade	Unidade	Preço Unitário	Custo Unitário		
D - ATIVIDADES AUXILIARES							
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h	Quantidade	Unidade	Custo unitário total de material	Custo Unitário		
		1,46667	m³	47,2853	69,3520		
				Custo total de atividades auxiliares	69,3520		
				Subtotal	74,2726		
E - TEMPO FIXO							
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h - Caminhão basculante 10 m³	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário	
		5915407	2,20001	t	1,7100	3,7620	
				Custo unitário total de tempo fixo	3,7620		
F - MOMENTO DE TRANSPORTE							
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h - Caminhão basculante 10 m³	Quantidade	Unidade	DMT	RP	P	Custo Unitário
		2,20001	tkm	0,5			0,5575
				Custo unitário total de transporte			0,6132
				Custo unitário direto total			78,65

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		FIC 0,01054		113,18 m ²	
Custo Unitário de Referência		Maio/2018		Produção da equipe		Valores em reais (R\$)	
4011275 Base ou sub-base de brita graduada com brita produzida							
A - EQUIPAMENTOS							
E9571	Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW	Quantidade	Operativa	Utilização	Produção	Custo Horário	Custo
E9514	Distribuidor de agregados autopropelido - 130 kW	1,00000	0,34	Improdutiva	175,9480	Improdutivo	Horário Total
E9524	Motoniveladora - 93 kW	1,00000	0,80	0,20	202,0816	89,8568	92,3229
E9762	Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,00000	0,52	0,48	179,1610	79,4445	179,6366
E9530	Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW	1,00000	0,65	0,35	139,7708	64,6300	131,2971
		1,00000	0,52	0,48	136,8864	59,3817	113,4715
					Custo horário total de equipamentos		616,4123
B - MÃO DE OBRA							
P9824	Servente	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total
		1,00000	h		17,3618		17,3618
					Custo horário total de mão de obra		17,3618
					Custo horário total de execução		633,7741
					Custo unitário de execução		5,5997
					Custo do FIC		0,0590
					Custo do FIT		-
C - MATERIAL							
		Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário
					Custo unitário total de material		-
D - ATIVIDADES AUXILIARES							
6416039	Usinagem de brita graduada com brita produzida em usina de 300 t/h	Quantidade	Unidade		Custo Unitário		Custo Unitário
		1,00000	m ³		78,6478		78,6478
					Custo total de atividades auxiliares		78,6478
					Subtotal		84,3066
E - TEMPO FIXO							
6416039	Usinagem de brita graduada com brita produzida em usina de 300 t/h - Caminhão basculante 10 m ³	Código	Quantidade	Unidade		Custo Unitário	Custo Unitário
		5914652	2,10000	t		1,9100	4,0110
					Custo unitário total de tempo fixo		4,0110
F - MOMENTO DE TRANSPORTE							
6416039	Usinagem de brita graduada com brita produzida em usina de 300 t/h - Caminhão basculante 10 m ³	Quantidade	Unidade	LN	RP	P	Custo Unitário
		2,10000	tkm		1,0891		0,5575
					Custo unitário total de transporte		1,2750
					Custo unitário direto total		89,59

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		FIC 0,00527		1125,00 m ²	
Custo Unitário de Referência		Mato/2018		Produção da equipe		Valores em reais (R\$)	
4011351 Imprimação com asfalto diluído							
A - EQUIPAMENTOS							
E9509	Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 7 kW/ 136 kW	Quantidade	Operativa	Improdutiva	Produção	Improdutiva	Custo Horário Total
		1,00000	1,00	0,00	144,1513	45,7611	144,1513
E9558	Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l	1,00000	1,00	0,00	18,9468	12,9128	18,9468
E9577	Trator agrícola - 77 kW	1,00000	0,35	0,65	81,0808	31,8084	49,0537
E9544	Vassoura mecânica rebocável	1,00000	0,35	0,65	5,4370	3,4952	4,1748
					Custo horário total de equipamentos		216,3267
B - MÃO DE OBRA							
P9824	Servente	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total
		2,00000	h		17,3618		34,7236
					Custo horário total de mão de obra		34,7236
					Custo horário total de execução		251,0503
					Custo unitário de execução		0,2232
					Custo do FIC		0,0012
					Custo do FIT		-
C - MATERIAL							
M0104	Asfalto diluído CM 30	Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário
		0,00120	t		3.361,4000		4,0337
					Custo unitário total de material		4,0337
D - ATIVIDADES AUXILIARES							
		Quantidade	Unidade		Custo Unitário		Custo Unitário
					Custo total de atividades auxiliares		-
					Subtotal		4,2580
E - TEMPO FIXO							
		Código	Quantidade	Unidade		Custo Unitário	Custo Unitário
					Custo unitário total de tempo fixo		-
F - MOMENTO DE TRANSPORTE							
		Quantidade	Unidade	LN	DMT	RP	P
					Custo unitário total de transporte		Custo Unitário
					Custo unitário direto total		4,26

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

Custo Unitário de Referência

4011353 Pintura de ligação

Rio Grande do Sul
Maio/2018

FIC 0,00527

Produção da equipe

1500,00 m²

Valores em reais (R\$)

	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
A - EQUIPAMENTOS						
E9509 Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 7 kW/ 136 kW	1,00000	1,00	0,00	144,1513	45,7611	144,1513
E9558 Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l	2,00000	1,00	0,00	18,9468	12,9128	37,8936
E9577 Trator agrícola - 77 kW	1,00000	0,47	0,53	81,0808	31,8084	54,9664
E9544 Vassoura mecânica rebocável	1,00000	0,47	0,53	5,4370	3,4952	4,4078
				Custo horário total de equipamentos		241,4192
B - MÃO DE OBRA						
P9824 Servente	2,00000			Custo Horário		Custo Horário Total
				17,3618		34,7236
				Custo horário total de mão de obra		34,7236
				Custo horário total de execução		276,1428
				Custo unitário de execução		0,1841
				Custo do FIC		0,0010
				Custo do FIT		-
C - MATERIAL						
M1946 Emulsão asfáltica RR-1C	0,00045			Preço Unitário		Custo Unitário
				1.508,4700		0,6788
				Custo unitário total de material		0,6788
D - ATIVIDADES AUXILIARES						
				Custo Unitário		Custo Unitário
				Custo total de atividades auxiliares		-
E - TEMPO FIXO						
				Subtotal		0,8639
				Custo Unitário		Custo Unitário
				Custo unitário total de tempo fixo		-
F - MOMENTO DE TRANSPORTE						
				DMT		Custo Unitário
				RP		Custo Unitário
				LN		Custo Unitário
				P		Custo Unitário
				Custo unitário total de transporte		0,86
				Custo unitário direto total		0,86

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO									
Custo Unitário de Referência			Rio Grande do Sul		FIC 0,03164		20,00 m³		
4816020 Areia extraída com draga de sucção tipo bomba			Maio/2018		Produção da equipe		Valores em reais (R\$)		
A - EQUIPAMENTOS									
Quantidade	Operativa	Improdutiva	Produutivo	Improdutivo	Custo Horário		Custo		
					Horário	Improdutivo	Horário Total	Improdutivo	Horário Total
1,00000	0,15	0,85	136,6822	56,4851			68,5147		
1,00000	1,00	0,00	117,0859	47,5142			117,0859		
Carregadeira de pneus com capacidade de 1,53 m³ - 106 kW									
Draga de sucção para extração de areia com tubo de descarga de 150 mm - 100 kW									
Custo horário total de equipamentos							185,6006		
B - MÃO DE OBRA									
Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total					
4,00000	h	17,3618		69,4472					
Servente									
Custo horário total de mão de obra							69,4472		
Custo horário total de execução							255,0478		
Custo unitário de execução							12,7524		
Custo do FIC							0,4035		
Custo do FIT							-		
C - MATERIAL									
Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário					
0,00100	m	94,7763		0,0948					
Tubo PE 100 PN10 com flanges - D = 160 mm									
Custo unitário total de material							0,0948		
D - ATIVIDADES AUXILIARES									
Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário					
Custo total de atividades auxiliares							-		
Subtotal							13,2507		
E - TEMPO FIXO									
Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário				
5914655	0,00001	t	22,9800		0,0001				
Tubo PE 100 PN10 com flanges - D = 160 mm - Caminhão carroceria 15 t									
Custo unitário total de tempo fixo							0,0001		
F - MOMENTO DE TRANSPORTE									
Quantidade	Unidade	LN	RP	DMT	Custo Unitário				
0,00001	tkm			300					
Tubo PE 100 PN10 com flanges - D = 160 mm - Caminhão carroceria 15 t							0,4544		
Custo unitário total de transporte							0,0007		
Custo unitário direto total							13,25		

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO									
Custo Unitário de Referência			Rio Grande do Sul			FIC 0,00527		83,00 t	
4011462 Concreto asfáltico - faixa C - areia extraída, brita produzida			Maio/2018			Produção da equipe		Valores em reais (R\$)	
A - EQUIPAMENTOS									
Quantidade	Operativa	Improdutiva	Produutivo	Improdutivo	Custo Horário	Custo Horário	Custo Horário Total		
E9762	1,00000	0,59	0,41	64,6300	139,7708	64,6300	108,9631		
E9530	1,00000	0,51	0,49	59,3817	136,8864	59,3817	98,9081		
E9545	1,00000	0,89	0,11	97,3287	200,5938	97,3287	189,2346		
B - MÃO DE OBRA					Custo horário total de equipamentos	Custo Horário Total	397,1068		
P9824	8,00000	h			17,3618		138,8944		
					Custo horário total de mão de obra		138,8944		
					Custo horário total de execução		536,0012		
					Custo unitário de execução		6,4578		
					Custo do FIC		0,0340		
					Custo do FIT		-		
C - MATERIAL									
Quantidade	Unidade	Unidade	Preço Unitário	Custo Unitário	Custo Unitário	Custo Unitário	Custo Unitário		
D - ATIVIDADES AUXILIARES									
6416077	1,02000	t		193,1628			197,0261		
					Custo unitário total de material		-		
					Custo Unitário		197,0261		
					Subtotal		203,5180		
E - TEMPO FIXO									
Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário	Custo Unitário	Custo Unitário	Custo Unitário		
6416077	5914649	t		7,1000			7,2420		
					Custo unitário total de tempo fixo		7,2420		
F - MOMENTO DE TRANSPORTE									
Quantidade	Unidade	LN	RP	P	DMT	Custo Unitário	Custo Unitário		
6416077	1,02000	tkm	1,0891			0,5675	0,6193		
					Custo unitário total de transporte		211,38		
					Custo unitário direto total		211,38		

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

Rio Grande do Sul

Custo Unitário de Referência

Maio/2018

83,00 t

6416247 Usinagem de concreto asfáltico com asfalto polímero - faixa C - areia extraída e brita produzida

Produção da equipe

Valores em reais (R\$)

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9559 Aquecedor de fluido térmico - 12 kW	1,00000	1,00	0,00	41,3508	19,1915	41,3508
E9584 Carregadeira de pneus com capacidade de 1,53 m³ - 106 kW	1,00000	0,57	0,43	136,6822	56,4851	102,1974
E9021 Grupo gerador - 456 kVA	1,00000	1,00	0,00	213,4504	9,8583	213,4504
E9558 Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l	2,00000	1,00	0,00	18,9468	12,9128	37,8936
E9689 Usina de asfalto a quente gravimétrica com capacidade de 100/140 t/h - 260 kW	1,00000	1,00	0,00	761,0406	406,4085	761,0406
B - MÁO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo horário total de equipamentos		1.155,9328
P9824 Servente	8,00000		h	Custo Horário		Custo Horário Total
				17,3618		138,8944
				Custo horário total de mão de obra		138,8944
				Custo horário total de execução		1.294,8272
				Custo unitário de execução		15,6003
				Custo do FIC		-
				Custo do FIT		-
C - MATERIAL		Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário
M0345 Cal hidratada	66,03774		kg	0,4188		27,6566
M1955 Cimento asfáltico CAP 50/70 com polímero	0,05660		t	2,610,3206		147,7441
M1941 Óleo combustível 1A	8,00000		l	1,8000		14,4000
				Custo unitário total de material		189,8007
D - ATIVIDADES AUXILIARES		Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
4816020 Areia extraída com draga de sucção tipo bomba	0,37736		m³	13,2500		5,0000
4816012 Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h	0,20755		m³	47,2900		9,8150
				Custo total de atividades auxiliares		14,8151
				Subtotal		220,2161
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
M0345 Cal hidratada - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,06604	t	22,9800		1,5175
4816020 Areia extraída com draga de sucção tipo bomba - Caminhão basculante 10 m³	5915407	0,56604	t	1,7100		0,9679
4816012 Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h - Caminhão basculante 10 m³	5915407	0,31133	t	1,7100		0,5324
				Custo unitário total de tempo fixo		3,0178
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	LN	RP	P	Custo Unitário
M0345 Cal hidratada - Caminhão carroceria 15 t	0,06604	tkm			90	0,4544
4816020 Areia extraída com draga de sucção tipo bomba - Caminhão basculante 10 m³	0,56604	tkm		0,76263		0,5575
4816012 Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h - Caminhão basculante 10 m³	0,31133	tkm		0,5		0,5575
				Custo unitário total de transporte		3,0279
				Custo unitário direto total		226,26

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		FIC 0,00527	
Custo Unitário de Referência		Maio/2018		Produção da equipe 83,00 t	
4011465 Concreto asfáltico com asfalto polímero - faixa C - areia extraída, brita produzida				Valores em reais (R\$)	
A - EQUIPAMENTOS		Quantidade	Utilização	Custo Horário	Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo
E9762	Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,00000	0,41	139,7708	64,6300
E9530	Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW	1,00000	0,49	136,8864	59,3817
E9545	Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras - 82 kW	1,00000	0,11	200,5938	97,3287
				Custo horário total de equipamentos	397,1068
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo Horário Total
P9824	Servente	8,00000	h	17,3618	138,8944
				Custo horário total de mão de obra	138,8944
				Custo horário total de execução	536,0012
				Custo unitário de execução	6,4578
				Custo do FIC	0,0340
				Custo do FIT	-
C - MATERIAL		Quantidade	Unidade	Preço Unitário	Custo Unitário
D - ATIVIDADES AUXILIARES		Quantidade	Unidade	Custo unitário total de material	Custo Unitário
6416247	Usinagem de concreto asfáltico com asfalto polímero - faixa C - areia extraída e brita produzida	1,02000	t	226,2619	230,7871
				Custo total de atividades auxiliares	230,7871
E - TEMPO FIXO		Código	Quantidade	Unidade	Subtotal
6416247	Usinagem de concreto asfáltico com asfalto polímero - faixa C - areia extraída e brita produzida - Caminhão basculante 10 m³	5914649	1,02000	t	7,1000
				Custo unitário total de tempo fixo	7,1000
F - MOMENTO DE TRANSPORTE		Quantidade	Unidade	DMT	Custo Unitário
6416247	Usinagem de concreto asfáltico com asfalto polímero - faixa C - areia extraída e brita produzida - Caminhão basculante 10 m³	1,02000	tkm	1,0891	0,5575
				Custo unitário total de transporte	0,6193
				Custo unitário direto total	245,14

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		FIC 0,00527		
Custo Unitário de Referência		Maio/2018		Produção da equipe		
4011371 Tratamento superficial duplo com banho diluído - brita produzida				459,70 m ²		
				Valores em reais (R\$)		
A - EQUIPAMENTOS						
E9509	Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 7 kW/ 136 KW	Quantidade	Operativa	Utilização	Produção	Custo
		1,00000	1,00	Improdutiva	Improdutiva	Horário Total
				0,00	45,7611	144,1513
E9583	Distribuidor de agregados rebocável com capacidade de 1,9 m ³	1,00000	0,55	0,45	6,5574	4,2155
E9762	Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 KW	1,00000	0,39	0,61	139,7708	64,6300
E9558	Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l	2,00000	1,00	0,00	18,9468	12,9128
E9577	Trator agrícola - 77 kW	1,00000	0,28	0,72	81,0808	31,8084
E9544	Vassoura mecânica rebocável	1,00000	0,28	0,72	5,4370	3,4952
					31,4952	4,0389
					331,1269	331,1269
B - MÃO DE OBRA						
P9824	Servente	Quantidade	Unidade		Custo Horário	Custo Horário Total
		8,00000	h		17,3618	138,8944
						138,8944
						470,0213
						1,0225
						0,0054
						-
C - MATERIAL						
M2097	Emulsão asfáltica RR-2C	Quantidade	Unidade		Preço Unitário	Custo Unitário
		0,00250	t		1,544,5624	3,8614
						3,8614
D - ATIVIDADES AUXILIARES						
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h	Quantidade	Unidade		Custo Unitário	Custo Unitário
		0,02233	m ³		47,2853	1,0559
						1,0559
						5,9451
						0,0720
E - TEMPO FIXO						
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h - Caminhão basculante 10 m ³	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário
		5915411	0,03350	t	2,1500	0,0720
						0,0720
F - MOMENTO DE TRANSPORTE						
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h - Caminhão basculante 10 m ³	Quantidade	Unidade	LN	RP	P
		0,03350	tkm		1,0891	0,5575
						0,5575
						0,0203
						6,04

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		Produção da equipe		149,40 m ²	
Custo Unitário de Referência		Maio/2018		Valores em reais (R\$)			
5213401 Pintura de faixa - tinta base acrílica - espessura de 0,6 mm							
A - EQUIPAMENTOS							
E9687	Caminhão carroceria com capacidade de 5 t - 115 kW	Quantidade	Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Custo Horário Total
E9644	Caminhão para pintura a frio com demarcador de faixas - 28 kW/ 115 kW	1,00000	0,50	0,50	113,8399	37,4379	75,6389
		1,00000	1,00	0,00	263,7311	126,5934	263,7311
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo horário total de equipamentos		Custo Horário Total	339,3700
P9853	Pré-marcador	1,00000	h	20,0014		20,0014	20,0014
P9824	Servente	5,00000	h	17,3618		86,8090	106,8104
				Custo horário total de mão de obra		106,8104	
				Custo horário total de execução		446,1804	
				Custo unitário de execução		2,9665	
				Custo do FIC		-	
				Custo do FIT		-	
C - MATERIAL							
M2037	Microesferas de vidro refletiva tipo I-B	Quantidade	Unidade	Preço Unitário	Custo Unitário		1,0620
M2038	Microesferas de vidro refletiva tipo II-A	0,15000	kg	7,0800			1,0620
M2034	Solvente para tinta à base de resina acrílica	0,25000	kg	5,9400			1,4850
M2044	Tinta para pré-marcação	0,03000	l	8,8020			0,2641
M2027	Tinta refletiva acrílica	0,03000	l	18,2962			0,5489
		0,60000	l	25,1277			15,0766
				Custo unitário total de material		18,4366	
D - ATIVIDADES AUXILIARES							
		Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário		
				Custo total de atividades auxiliares			
				Subtotal		21,4230	
E - TEMPO FIXO							
M2037	Microesferas de vidro refletiva tipo I-B - Caminhão carroceria 5 t	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		0,0029
M2038	Microesferas de vidro refletiva tipo II-A - Caminhão carroceria 5 t	5915474	0,00015	t	19,6400		0,0029
M2034	Solvente para tinta à base de resina acrílica - Caminhão carroceria 5 t	5915474	0,00025	t	19,6400		0,0049
		5915474	0,00003	t	19,6400		0,0006
M2044	Tinta para pré-marcação - Caminhão carroceria 5 t	5915474	0,00005	t	19,6400		0,0010
M2027	Tinta refletiva acrílica - Caminhão carroceria 5 t	5915474	0,00093	t	19,6400		0,0183
				Custo unitário total de tempo fixo		0,0277	
F - MOMENTO DE TRANSPORTE							
M2037	Microesferas de vidro refletiva tipo I-B - Caminhão carroceria 5 t	Quantidade	Unidade	LN	RP	P	Custo Unitário
M2038	Microesferas de vidro refletiva tipo II-A - Caminhão carroceria 5 t	0,00015	tkm			300	0,9144
M2034	Solvente para tinta à base de resina acrílica - Caminhão carroceria 5 t	0,00025	tkm			300	0,9144
		0,00003	tkm			300	0,9144
M2044	Tinta para pré-marcação - Caminhão carroceria 5 t	0,00005	tkm			300	0,9144
M2027	Tinta refletiva acrílica - Caminhão carroceria 5 t	0,00093	tkm			300	0,9144
				Custo unitário total de transporte		0,3868	
				Custo unitário direto total		21,84	

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

Rio Grande do Sul

Maio/2018

Produção da equipe

3,00000 un

Valores em reais (R\$)

Custo Unitário de Referência

5213466 Fornecimento e implantação de placa de advertência em aço, lado de 1,00 m - película retrorrefletiva tipo I e SI

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário	Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva		
E9687 Caminhão carroceria com capacidade de 5 t - 115 kW	1,00000	0,30	0,70	113,8399	37,4379
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo Horário Total	
P9830 Montador	1,00000	h	25,8473	25,8473	
P9824 Servente	2,00000	h	17,3618	34,7236	
			Custo horário total de mão de obra	60,5709	
			Custo horário total de execução	120,9294	
			Custo unitário de execução	40,3098	
			Custo do FIC	-	
			Custo do FIT	-	
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Preço Unitário	Custo Unitário	
			Custo unitário total de material	-	
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário	
5213414 Confeção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI	1,00000	m²	657,8088	657,8088	
			Custo total de atividades auxiliares	657,8088	
			Subtotal	698,1186	
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário
5213414 Confeção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI - Caminhão carroceria 5 t	5915474	0,01327	t	19,6400	0,2606
			Custo unitário total de tempo fixo	0,2606	
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	LN	DMT	Custo Unitário
				RP	
5213414 Confeção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI - Caminhão carroceria 5 t	0,01327	tkm		1,0891	0,9144
				Custo unitário total de transporte	0,0132
				Custo unitário direto total	698,39

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO										
Rio Grande do Sul					Produção da equipe					3,00000 un
Maio/2018										Valores em reais (R\$)
Custo Unitário de Referência										
5213449 Fornecimento e implantação de placa de regulamentação em aço, R2 lado 0,80 m - película retrorrefletiva tipo I e SI										
A - EQUIPAMENTOS										
E9687	Caminhão carroceria com capacidade de 5 t - 115 kW	Quantidade	Operativa	Utilização	Improdutiva	Produtiva	Custo Horário	Improdutivo	Custo Horário Total	
		1,00000	0,30	0,70		113,8399	37,4379		60,3585	
							Custo horário total de equipamentos		60,3585	
B - MÃO DE OBRA										
P9830	Montador	Quantidade	Unidade				Custo Horário		Custo Horário Total	
		1,00000	h				25,8473		25,8473	
P9824	Servente	2,00000	h				17,3618		34,7236	
							Custo horário total de mão de obra		60,5709	
							Custo horário total de execução		120,9294	
							Custo unitário de execução		40,3098	
							Custo do FIC		-	
							Custo do FIT		-	
C - MATERIAL										
		Quantidade	Unidade				Preço Unitário		Custo Unitário	
D - ATIVIDADES AUXILIARES										
5213414	Confeção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI	Quantidade	Unidade				Custo Unitário		Custo Unitário	
		0,27713	m²				657,8088		182,2986	
							Custo unitário total de material		-	
							Custo total de atividades auxiliares		182,2986	
							Subtotal		222,6084	
E - TEMPO FIXO										
5213414	Confeção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI - Caminhão carroceria 5 t	Código	Quantidade	Unidade			Custo Unitário		Custo Unitário	
		5915474	0,00368	t			19,6400		0,0722	
							Custo unitário total de tempo fixo		0,0722	
F - MOMENTO DE TRANSPORTE										
5213414	Confeção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI - Caminhão carroceria 5 t	Quantidade	Unidade	LN	RP	P			Custo Unitário	
		0,00368	tkm				1,0891		0,9144	
							Custo unitário total de transporte		0,0037	
							Custo unitário direto total		222,68	

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO
 Custo Unitário de Referência
 5213360 Tacha refletiva bidirecional - fornecimento e colocação

Rio Grande do Sul
 Maio/2018

Produção da equipe 80,32 un
 Valores em reais (R\$)

	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
A - EQUIPAMENTOS						
E9887 Caminhão carroceria com capacidade de 5 t - 115 kW	1,00000	1,00	0,00	113,8399	37,4379	113,8399
E9521 Grupo gerador - 2,5/3 KVA	1,00000	1,00	0,00	2,2904	0,2107	2,2904
E9675 Martelete perfurador/rompedor elétrico - 1,5 kW	1,00000	1,00	0,00	0,5033	0,2771	0,5033
				Custo horário total de equipamentos		116,6336
B - MÃO DE OBRA				Custo Horário		Custo Horário Total
P9830 Montador	2,00000	h		25,8473		51,6946
P9824 Servente	4,00000	h		17,3618		69,4472
				Custo horário total de mão de obra		121,1418
				Custo horário total de execução		237,7754
				Custo unitário de execução		2,9604
				Custo do FIC		-
				Custo do FIT		-
C - MATERIAL				Preço Unitário		Custo Unitário
M2041 Cola poliester	0,08000	kg		17,2000		1,3760
M2084 Tacha refletiva bidirecional	1,00000	un		12,9000		12,9000
				Custo unitário total de material		14,2760
D - ATIVIDADES AUXILIARES				Custo Unitário		Custo Unitário
				Custo total de atividades auxiliares		-
				Subtotal		17,2364
E - TEMPO FIXO				Custo Unitário		Custo Unitário
M2084 Tacha refletiva bidirecional - Caminhão carroceria 5 t	5915474	t		19,6400		0,0059
				Custo unitário total de tempo fixo		0,0059
F - MOMENTO DE TRANSPORTE				DMT		Custo Unitário
				RP		
				LN		
				P		
M2084 Tacha refletiva bidirecional - Caminhão carroceria 5 t	0,00030	tkm		300		0,9144
				Custo unitário total de transporte		0,0823
				Custo unitário direto total		17,32

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		FIC 0,03164		311,25 tkm	
Custo Unitário de Referência		Maio/2018		Produção da equipe		Valores em reais (R\$)	
5914374 Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia com revestimento primário							
A - EQUIPAMENTOS							
E9579	Caminhão basculante com capacidade de 10 m³ - 188 kW	Quantidade	Utilização	Produção	Custo Horário	Custo	
		1,00000	Operativa 1,00	Improdutiva 0,00	168,1942	168,1942	
					44,9444	168,1942	
					Custo horário total de equipamentos	168,1942	
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade		Custo Horário	Custo Horário Total	
					Custo horário total de mão de obra	-	
					Custo horário total de execução	168,1942	
					Custo unitário de execução	0,5404	
					Custo do FIC	0,0171	
					Custo do FIT	-	
C - MATERIAL		Quantidade	Unidade		Preço Unitário	Custo Unitário	
					Custo unitário total de material	-	
D - ATIVIDADES AUXILIARES		Quantidade	Unidade		Custo Unitário	Custo Unitário	
					Custo total de atividades auxiliares	-	
E - TEMPO FIXO		Código	Quantidade	Unidade		Subtotal	
						Custo Unitário	0,5575
						Custo Unitário	-
F - MOMENTO DE TRANSPORTE		Quantidade	Unidade	LN	DMT	Custo Unitário	
					RP	Custo Unitário	
					P	Custo Unitário	
					Custo unitário total de transporte	Custo Unitário	
					Custo unitário direto total	0,56	

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		Produção da equipe		373,50 tkm
Custo Unitário de Referência		Maio/2018				Valores em reais (R\$)
5914389 Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada						
A - EQUIPAMENTOS						
E9579	Caminhão basculante com capacidade de 10 m³ - 188 kW	Quantidade	Operativa	Utilização	Produção	Custo
		1,00000	1,00	Improdutiva	Improdutiva	Horário Total
				0,00	168,1942	168,1942
					44,9444	168,1942
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo Horário	Custo Horário Total
				Custo horário total de equipamentos		168,1942
				Custo horário total de mão de obra		-
				Custo horário total de execução		168,1942
				Custo unitário de execução		0,4503
				Custo do FIC		-
				Custo do FIT		-
C - MATERIAL						
		Quantidade	Unidade	Preço Unitário	Custo Unitário	Custo Unitário
				Custo unitário total de material		-
D - ATIVIDADES AUXILIARES						
		Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário	Custo Unitário
				Custo total de atividades auxiliares		-
				Subtotal		0,4503
E - TEMPO FIXO						
		Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário
				Custo unitário total de tempo fixo		-
F - MOMENTO DE TRANSPORTE						
		Quantidade	Unidade	DMT	Custo Unitário	Custo Unitário
			LN	RP	P	
				Custo unitário total de transporte		0,45
				Custo unitário direto total		0,45

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

Custo Unitário de Referência

5914479 Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

Rio Grande do Sul
Maio/2018

Produção da equipe

373,50 tkm

Valores em reais (R\$)

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo	
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário Total	Horário Total
E9592 Caminhão carroceria com capacidade de 15 t - 188 kW	1,00000	1,00	0,00	169,7040	45,7697	169,7040	169,7040
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total	
				Custo horário total de mão de obra		169,7040	
				Custo horário total de execução		0,4544	
				Custo do FIC		-	
				Custo do FIT		-	
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário	
				Custo unitário total de material		-	
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade		Custo Unitário		Custo Unitário	
				Custo total de atividades auxiliares		-	
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
				Subtotal		0,4544	
				Custo unitário total de tempo fixo		-	
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	LN	DMT	RP	P	Custo Unitário
				Custo unitário total de transporte			0,45
				Custo unitário direto total			0,45

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		Produção da equipe		124,50 tkm
Custo Unitário de Referência		Maio/2018				Valores em reais (R\$)
5915324 Transporte com caminhão carroceria de 5 t - rodovia pavimentada						
A - EQUIPAMENTOS						
E9687	Caminhão carroceria com capacidade de 5 t - 115 KW	Quantidade	Utilização	Produção	Custo Horário	Custo Horário Total
		1,00000	Operativa 1,00 Improdutiva 0,00	Produtivo 113,8399 Improdutivo 37,4379	113,8399	113,8399
				Custo horário total de equipamentos		113,8399
B - MÃO DE OBRA						
		Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total
				Custo horário total de mão de obra		-
				Custo horário total de execução		113,8399
				Custo unitário de execução		0,9144
				Custo do FIC		-
				Custo do FIT		-
C - MATERIAL						
		Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário
				Custo unitário total de material		-
D - ATIVIDADES AUXILIARES						
		Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
				Custo total de atividades auxiliares		-
				Subtotal		0,9144
E - TEMPO FIXO						
		Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário
				Custo unitário total de tempo fixo		-
F - MOMENTO DE TRANSPORTE						
		Quantidade	Unidade	LN	DMT	Custo Unitário
					RP	
					P	
						Custo Unitário total de transporte
						Custo unitário direto total
						0,91

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO									
Custo Unitário de Referência			Rio Grande do Sul		FIC 0,00527		36,62 m³		
4816010 Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira			Maio/2018		Produção da equipe		Valores em reais (R\$)		
A - EQUIPAMENTOS									
E9672	Gaminhão basculante para rocha com capacidade de 12 m³ - 323 kW	1,00000	Utilização		Custo Horário		Custo		251,0035
			Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário	Total	
			0,82	0,18	290,6999	70,1646			
E9117	Carregadeira de pneus para rocha com capacidade de 2,9 m³ - 96 kW	1,00000	0,38	0,62	186,4355	85,8433			124,0683
E9517	Compressor de ar portátil de 912 PCM - 184 kW	1,00000	1,00	0,00	148,5249	27,0834			148,5249
E9527	Martelete perfurador/rompedor a ar comprimido de 25 kg	1,00000	1,00	0,00	23,1140	22,2040			23,1140
E9574	Perfuratriz sobre esteiras - 145 kW	1,00000	1,00	0,00	304,5743	138,3981			304,5743
E9540	Trator de esteiras com lâmina - 112 kW	1,00000	0,10	0,90	182,6327	74,9251			85,6959
					Custo horário total de equipamentos				936,9809
B - MÃO DE OBRA									
P9892	Auxiliar de blaster	2,00000	h		27,0844				54,1688
P9852	Blaster	1,00000	h		31,1091				31,1091
					Custo horário total de mão de obra				86,2779
					Custo horário total de execução				1.022,2588
					Custo unitário de execução				27,9153
					Custo do FIC				0,1471
					Custo do FIT				-
C - MATERIAL									
M2062	Coroa para perfuratriz T38 - D = 2 1/2"	0,00042	un		483,4640				0,2031
M2042	Emulsão explosiva encartuchada	0,56000	kg		10,2000				5,7120
M2065	Haste para perfuratriz de esteira T38 de 1 1/2" x 3 m	0,00033	un		853,2758				0,2816
M2066	Luva para perfuratriz de esteira T38 - D = 1 1/2"	0,00033	un		188,0604				0,0621
M2138	Nonel de coluna com 12 m	0,02000	un		16,8734				0,3375
M2141	Nonel de iniciação para fogacho com 6 m	0,30000	un		12,7454				3,8236
M2143	Nonel de ligação	0,00786	un		18,1000				0,1423
M2146	Nonel iniciador com 150 m	0,00071	un		299,8194				0,2129
M2067	Punho para perfuratriz de esteira T38 - D = 1 1/2"	0,00027	un		734,0234				0,1982
M2145	Série de brocas S-12 - D = 22 mm	0,01923	un		526,3762				10,1222
					Custo unitário total de material				21,0953
D - ATIVIDADES AUXILIARES									
Custo Unitário									
Custo total de atividades auxiliares									
					Subtotal				49,1578
E - TEMPO FIXO									
Custo Unitário									
Custo unitário total de tempo fixo									
									-
F - MOMENTO DE TRANSPORTE									
DMT									
RP									
P									
Custo Unitário									
Custo unitário total de transporte									
					Custo unitário direto total				49,16

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO									
Rio Grande do Sul					Produção da equipe				
Maio/2018					4,00000 m ²				
Custo Unitário de Referência					Valores em reais (R\$)				
5213414 Confeção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI									
A - EQUIPAMENTOS									
Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo				
	Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário	Total			
E9568	0,15060	1,00	0,00	0,0784	0,1184	0,0784			
E9066	0,48193	1,00	0,00	1,9031	8,8930	1,9031			
E9623	0,20080	1,00	0,00	3,8983	6,1473	3,8983			
E9622	0,48193	1,00	0,00	2,8990	4,5715	2,8990			
Custo horário total de equipamentos									
					7.7412				
B - MÃO DE OBRA									
Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total					
P9801	2,00000	h	20,1399	40,2798					
P9830	1,00000	h	25,8473	25,8473					
P9823	1,00000	h	21,1948	21,1948					
P9824	2,00000	h	17,3618	34,7236					
Custo horário total de mão de obra									
					122,0455				
Custo horário total de execução									
					129,7867				
Custo unitário de execução									
					32,4467				
Custo do FIC									
					-				
Custo do FIT									
					-				
C - MATERIAL									
Quantidade	Unidade	Preço Unitário	Custo Unitário						
M1367	11,77500	kg	4,7179	55,5533					
M3229	1,00000	m ²	555,0768	555,0768					
Custo unitário total de material									
					610,6301				
D - ATIVIDADES AUXILIARES									
Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário					
5212552	1,00000	m ²	12,7579	12,7579					
Custo total de atividades auxiliares									
					12,7579				
E - TEMPO FIXO									
Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário						
M1367	5914333	t	18,1200	0,2134					
M3229	5915474	t	19,6400	0,0104					
Custo unitário total de tempo fixo									
					0,2238				
F - MOMENTO DE TRANSPORTE									
Quantidade	Unidade	LN	RP	P	Custo Unitário				
M1367	0,01178	tkm	300		0,4544				
M3229	0,00053	tkm	300		0,9144				
Custo unitário total de transporte									
					1,7504				
Custo unitário direto total									
					657,81				

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO
Custo Unitário de Referência
5212552 Pintura eletrostática a pó com tinta poliéster em chapa de aço

Rio Grande do Sul
 Maio/2018

Produção da equipe 9,96000 m²
 Valores em reais (R\$)

	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
A - EQUIPAMENTOS						
E9076 Equipamento de pintura com cabine de 7,00 kW e estufa de 80.000 kCal para pintura eletrostática	1,00000	1,00	0,00	33,8738	29,9761	33,8738
E9066 Grupo gerador - 13 / 14 kVA	1,00000	1,00	0,00	8,9930	1,9031	8,9930
				Custo horário total de equipamentos		42,7668
B - MÃO DE OBRA						
P9801 Ajudante	1,00000	h		20,1399		20,1399
P9822 Pintor	1,00000	h		22,1611		22,1611
P9824 Servente	1,00000	h		17,3618		17,3618
				Custo horário total de mão de obra		59,6628
				Custo horário total de execução		102,4296
				Custo unitário de execução		10,2841
				Custo do FIC		-
				Custo do FIT		-
C - MATERIAL						
M3153 Tinta poliéster em pó	0,08450	kg		29,1165		2,4603
				Custo unitário total de material		2,4603
D - ATIVIDADES AUXILIARES						
				Custo Unitário		Custo Unitário
				Custo total de atividades auxiliares		-
				Subtotal		12,7444
E - TEMPO FIXO						
M3153 Tinta poliéster em pó - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,00008	t		22,9800	0,0019
				Custo unitário total de tempo fixo		0,0019
F - MOMENTO DE TRANSPORTE						
M3153 Tinta poliéster em pó - Caminhão carroceria 15 t	0,00008	tkm				
				DMT		Custo Unitário
				RP		Custo Unitário
				LN		Custo Unitário
				P		Custo Unitário
					300	0,4544
				Custo unitário total de transporte		0,0115
				Custo unitário direto total		12,76