

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Rafael Parmeggiani Gering

**Influência do Período de Projeto sobre o Retorno Financeiro
associado aos Custos de Implantação de uma Rodovia**

Santa Maria, RS
2019

Rafael Parmeggiani Gering

**INFLUÊNCIA DO PERÍODO DE PROJETO SOBRE O RETORNO FINANCEIRO
ASSOCIADO AOS CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DE UMA RODOVIA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal de Santa Maria
(UFSM, RS), como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Deividi da Silva Pereira

Santa Maria, RS
2019

Rafael Parmeggiani Gering

**INFLUÊNCIA DO PERÍODO DE PROJETO SOBRE O RETORNO FINANCEIRO
ASSOCIADO AOS CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DE UMA RODOVIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Aprovado em 02 de dezembro de 2019:

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

Rossano Streppel Vieira (UFSM)

Mirela Schramm Tonetto (UFSM)

Santa Maria, RS
2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao professor Deividi que, desde o primeiro momento sempre esteve disponível para discutir sobre o assunto, dar sugestões e contribuir de forma significativa para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço aos meus pais, Nelson e Silvia, por todo o suporte prestado durante minha vida, sempre me inspirando a seguir lutando por meus objetivos através de um caminho ético e justo. Agradeço a Márcia, pela companhia quase diária durante mais de 20 anos da minha vida, vencendo todos os desafios com um sorriso no rosto. Agradeço a UFSM, instituição que oferece oportunidades e conhecimento a todos, mesmo em tempos de crise e descrença por parte da sociedade. Agradeço a todos os professores que tive antes e durante a graduação, pois certamente todos contribuíram de forma direta ou indireta para que esse trabalho fosse realizado. Agradeço a toda minha família, que sempre torceu pelo meu sucesso e esteve presente em todos os momentos. Agradeço a todos os meus amigos e amigas que me ajudam durante a vida acadêmica a me tornar um profissional e uma pessoa melhor.

RESUMO

A necessidade de uma eficiente infraestrutura de transportes para que economicamente, o Brasil e do estado do Rio Grande do Sul, possam competir com seus concorrentes, justifica a ampliação de suas malhas viárias. Dentre as rodovias que apresentam essa necessidade, se encontra a RSC-287, que é responsável por ligar as cidades de Santa Maria e região com a capital Porto Alegre, e que faz parte do plano de concessão do estado do RS sendo sua duplicação parte do escopo da futura concessionária. Tendo isso em vista, o estudo teve como objetivo identificar economicamente a melhor alternativa estrutural para a duplicação, atendendo a um período de projeto de 30 anos, e assim determinando a influência que o período de projeto exerce sobre o retorno financeiro. Dessa forma, desenvolveu-se estruturas de rodovias através do Método do DNER e do programa MeDiNa para posterior comparação econômica dos resultados encontrados. Constatou-se como a melhor alternativa para duplicação da RSC-287, uma rodovia de CA Modificado por Polímero, com 6 anos de vida útil, recebendo reforços de 6 em 6 anos até completar o período de projeto. Além disso, verificou-se que a execução do Concreto Asfáltico é a etapa mais onerosa do projeto, representando mais de 60% dos custos diretos da obra, sendo que, os grandes responsáveis pelo elevado custo desta etapa são os ligantes asfálticos utilizados. Por fim, ainda pode-se concluir que, para as premissas adotadas neste estudo, o Método do DNER encontra-se desatualizado pois dimensiona pavimentos que não atendem ao período de projeto.

ABSTRACT

The need for an efficient transport infrastructure so that economically, Brazil and the state of Rio Grande do Sul, can compete with their competitors, justifies the expansion of their road network. Among the highways that present this need, there is RSC-287, responsible for linking the cities of Santa Maria and region with the capital Porto Alegre and which is part of the RS State concession plan and its duplication is part of the scope of the future dealership. With this in mind, the study aimed to economically identify the best structural alternative for duplication, taking into account a project period of 30 years, and thus determining the influence that the project period has on the financial returns. Thus, road structures were developed through the DNER Method and the MeDiNa program for further economic comparison of the results found. It turned out to be the best alternative for duplicating RSC-287, a 6-year-old Polymer Modified AC highway, receiving reinforcements every 6 years until the project period is completed. In addition, it was found that the implementation of Asphalt Concrete is the most costly stage of the project, representing more than 60% of the direct costs of the work, and it was found that the major responsible for the high cost of this stage are the asphalt binders used. Finally, it can be concluded that, for the assumptions adopted in this study, the DNER Method is outdated because its dimensions structures does not meet the design period.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Mapa da Rodovia RSC-287	11
Figura 2.1 - Curva de dimensionamento de pavimentos flexíveis da Califórnia pelo CBR, 1942.....	17
Figura 2.2 - Determinação de espessuras do pavimento	21
Figura 2.3 - Dimensionamento do pavimento.....	21
Figura 2.4 – Curva Sigmoide Padrão	23
Figura 2.5 - Tela inicial do programa MeDiNa.....	25
Figura 2.6 - Propriedades das camadas	26
Figura 2.7 - Curva de Fadiga.....	27
Figura 2.8 - Malha de Pontos para o Cálculo de Fadiga	28
Figura 2.9 - Aba de resultados do programa MeDiNa	29
Figura 2.10 - Exemplo de Composição Principal.....	33
Figura 2.11 - Método do valor presente líquido	50
Figura 3.1 - Estruturas de Pavimento DNER.....	56
Figura 3.2 – Estruturas de Pavimento MeDiNa	58
Figura 4.1 - Espessuras de Revestimento DNER x MeDiNa.....	68
Figura 4.2 - Custo Global de Implantação DNER x MeDiNa	70
Figura 4.3 – Custo/km por N – DNER x MeDiNa - (Base + Sub-base).....	72
Figura 4.4 – Custo/km por N – DNER x MeDiNa - (Base + Sub-base + Reforço no Subleito)	72
Figura 4.5 – Custo/km por N – DNER x MeDiNa - (Base + Reforço no Subleito)	73
Figura 4.6 - Espessuras de Revestimento Asfáltico – MeDiNa	75
Figura 4.7 - Classificação dos VPL's	83
Figura 4.8 - Participação dos Serviços nos custos de Implantação da Rodovia P30 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20.....	84
Figura 4.9 - Curva ABC da Rodovia P30 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	85
Figura 4.10 - Participação dos Serviços nos custos de Implantação da Rodovia P6 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20.....	85
Figura 4.11 - Curva ABC da Rodovia P6 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20.....	86
Figura 4.12 - Participação dos Serviços nos custos de Implantação da Rodovia P5 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20.....	86
Figura 4.13 - Curva ABC da Rodovia P5 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20.....	87
Figura 4.14 - Porcentagem da Composição dos custos do Reforço	88
Figura 4.15 - Curva ABC do Reforço.....	89
Figura 4.16 - Participação dos Ligantes Asfálticos e do FIC no custo de implantação do Modelo P6 – 2 – Classe IV	90
Figura 4.17 - Intervenções sofridas pela Rodovia P6 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Condições mínimas necessárias para a utilização dos materiais	18
Tabela 2.2 – Granulometria para base regular.....	18
Tabela 2.3 - Fatores de equivalência de carga do DNER	19
Tabela 2.4 - Espessuras mínimas de revestimento betuminoso	20
Tabela 2.5 - Coeficiente de equivalência estrutural.....	22
Tabela 2.6 - Espessuras máximas e mínimas construtivas.....	22
Tabela 2.7 - Hierarquia dos sistemas funcionais.....	26
Tabela 2.8 - Unidades do MeDiNa.	28
Tabela 2.9 - Coeficiente de consumo de combustíveis, lubrificantes, filtros e graxa.	38
Tabela 2.10 - Encargos Sociais do Grupo A no Rio Grande do Sul	40
Tabela 2.11 - Fator de mobiliário das instalações dos canteiros tipo	43
Tabela 2.12 - Fatores de ajuste da distância do canteiro aos centros fornecedores.	44
Tabela 2.13 - Fatores de equivalência de áreas cobertas das instalações	45
Tabela 2.14 - Variação (%) Anual - IPCA janeiro de 1994 a dezembro de 2018	48
Tabela 3.1 - VDM anual	52
Tabela 3.2 - Transformação das categorias utilizadas pela EGR em eixo padrão	52
Tabela 3.3 - FEC por Categoria	53
Tabela 3.4 – N de projeto a cada ano	53
Tabela 3.5 - Propriedades das rochas da Brita Pinhal Industria e Comercio Ltda	55
Tabela 3.6 – Materiais padrão das camadas de base adotados no programa MeDiNa	55
Tabela 3.7 – Revestimentos asfálticos utilizados no programa MeDiNa.....	57
Tabela 3.8 – Espessura das camadas padrão no dimensionamento pelo MeDiNa ..	58
Tabela 3.9 - Módulo de Resiliência dos materiais das camadas existentes.....	59
Tabela 3.10 - Propriedades da camada de revestimento existente.....	59
Tabela 3.11 - Critérios de Projeto.....	60
Tabela 3.12 - Preço dos Ligantes Asfálticos	61
Tabela 3.13 - Distância Média de Transporte dos materiais	61
Tabela 3.14 - Serviços de Implantação da Rodovia	62
Tabela 3.15 - Serviços de Restauração da Rodovia	63
Tabela 4.1 - Pavimentos Dimensionados pelo Método do DNER	66
Tabela 4.2 - Espessuras de Revestimento DNER x MeDiNa	68
Tabela 4.3 - Custo Global por km de Implantação DNER x MeDiNa	70
Tabela 4.4 - Custo por “N” DNER x MeDiNa	71
Tabela 4.5 - Espessuras de Revestimento Asfáltico – MeDiNa	74
Tabela 4.6 – Custos/km da Rodovia ao longo do período de projeto.....	78
Tabela 4.7 - Classificação em ordem crescente dos melhores VPL’s – TMA de 6% até 9%	80
Tabela 4.8 - Classificação em ordem crescente dos melhores VPL’s – TMA de 10% até 13%	81
Tabela 4.9 - Classificação em ordem crescente dos melhores VPL’s – TMA 14% e 15%	82

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AASHO - *American Association of State Highway and Transportation Officials*
AEMC - Análise Elástica de Múltiplas Camadas
ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
BDI - Benefícios e Despesas Indiretas
BGS - Brita Graduada Simples
CAGED - Cadastro Geral de Empregados e Desempregados
CBO – Classificação Brasileira de Ocupações
CBR – *California Bearing Ratio*
CDH – *California Division Highways*
CENPES – Centro de Pesquisas da Petrobrás
COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia
CMCC – Custo Médio da Construção Civil
CNT – Confederação Nacional do Transporte
DNER – Departamento Nacional de Estradas e Rodagem
DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EGR – Empresa Gaúcha de Rodovias
ESRD – Eixo Simples de Rodas Duplas
FEAC – Fator de Equivalência de Áreas Cobertas
FEC – Fator de Equivalência de Carga
FGTS - Fundo de Garantia do Tempo de Serviço
FIC – Fator de Interferência das Chuvas
FIT – Fator de Interferência do Tráfego
FWD – *Falling Weight Deflectometer*
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INSS - Instituto Nacional do Seguro Social
IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor
IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias
IPVA – Imposto de Propriedade de Veículos Automotores
MEDINA – Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos
PIB – Produto Interno Bruto
SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SESI - Serviço Social da Indústria
SICRO – Sistema de Custos Referenciais de Obras
SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SNIPC – Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor
SPGG – Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão
TMA – Taxa Mínima de Atratividade
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro
USASE – *United States Army Corp of Engineers*
VDM – Volume Diário Médio
VPL – Valor Presente Líquido

SÚMARIO

1.	INTRODUÇÃO	9
1.1.	OBJETIVO GERAL	12
1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.3.	ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1.	MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DO DNER	15
2.1.1.	Dimensionamento	17
2.2.	MÉTODO NACIONAL DE DIMENSIONAMENTO – MEDINA	22
2.3.	SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO	30
2.3.1.	Produção das Equipes e Equipamentos	34
2.3.2.	Mão de Obra	39
2.3.3.	Fatores de Interferência	41
2.3.4.	Canteiro de Obras e Administração Local	42
2.3.5.	Outros custos	45
2.4.	ENGENHARIA ECONÔMICA	46
2.4.1.	Inflação e seus Efeitos	47
2.4.2.	Valor Presente Líquido (VPL)	48
3.	METODOLOGIA	51
3.1.	AVALIAÇÃO DO TRÁFEGO	51
3.2.	PARÂMETROS GEOTÉCNICOS	54
3.3.	DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DO DNER E VERIFICAÇÃO PELO PROGRAMA MEDINA	55
3.4.	DIMENSIONAMENTO PELO PROGRAMA MEDINA	57
3.5.	ORÇAMENTO DOS PAVIMENTOS ATRAVÉS DAS PLANILHAS DO SICRO	60
3.6.	ANÁLISE ECONÔMICA	63
4.	RESULTADOS E ANÁLISES	65
4.1.	DIMENSIONAMENTO ATRAVÉS DO MÉTODO DO DNER E VERIFICAÇÃO PELO PROGRAMA MEDINA	65
4.2.	DIMENSIONAMENTO DE NOVAS ESTRUTURAS ATRAVÉS DO PROGRAMA MEDINA	74
4.3.	ANÁLISE ECONÔMICA DOS PAVIMENTOS DIMENSIONADOS PELO PROGRAMA MEDINA	76
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
	REFERÊNCIAS	94
	APÊNDICE A – COMPOSIÇÃO DE CUSTOS	97

1. INTRODUÇÃO

As primeiras rodovias no Brasil datam do início do século XX, no qual, no ano de 1928, o presidente Washington Luís construiu a primeira estrada asfaltada do país, segundo reportagem do jornal O Globo (2013). No entanto, foi apenas alguns anos mais tarde, durante o governo de Juscelino Kubitschek, na década de 50, que o sistema rodoviário se tornou prioridade na estratégia do governo brasileiro. Atualmente, segundo dados da Confederação Nacional do Transporte – CNT (2019), o setor rodoviário no Brasil representa cerca de 60% das movimentações de carga, possuindo uma malha com mais de 1,7 milhões de quilômetros. Porém, apenas 12% dessas vias são pavimentadas e ainda assim, muitas delas se encontram em condições precárias.

Além da pequena porcentagem de rodovias pavimentadas, é importante ressaltar que o dimensionamento dessas rodovias ainda é realizado pelo método do extinto Departamento Nacional de Estradas e Rodagem (DNER), baseado no método desenvolvido pelo engenheiro Murillo Lopes de Souza, no início da década de 1960, com base em métodos estrangeiros e atualizada no ano de 1981 pelo DNER. Neste método empírico, para critérios de dimensionamento, é levado em consideração apenas as resistências das camadas de base com relação às deformações plásticas cisalhantes. Sendo assim, é desconsiderada a degradação por fadiga, um dos fenômenos mais relevantes de degradação dos pavimentos asfálticos, bem como os afundamentos em trilha de rodas. Desta forma, devido à grande solicitação das rodovias gerada pelo crescente aumento do tráfego, e a desconsideração de fatores importantes de degradação, as estradas brasileiras muitas vezes não apresentam o desempenho desejado ao longo do período de projeto, gerando diversos tipos de problemas. Sendo que justamente com o objetivo de modernizar o dimensionamento das rodovias no país, estudos como o Método MeDiNa vem sendo desenvolvidos.

Os fatores demonstrados estão longe do ideal, e de acordo com estudo do Fórum Econômico Mundial (2017), o Brasil encontra-se na 65ª posição quando relacionado a qualidade da infraestrutura de transportes. Nesta classificação, da escala de 1 a 7, o Brasil conta apenas com 3,7 pontos, ficando atrás de diversos países como África do Sul, China, Índia e Rússia, integrantes do BRICS, além de

países da América do Sul, como Chile e Equador. Além disso, neste mesmo estudo, onde são avaliados 137 países, o Brasil situa-se na 103ª posição na qualidade das estradas.

Ainda é possível destacar os fatores econômicos gerados pela ineficiência dos transportes brasileiros. Segundo dados do CNT (2016), no ano de 2016, dos custos totais envolvendo os processos logísticos, 55% correspondem exclusivamente aos custos com transportes, gerando um impacto negativo na economia nacional. Como comparação, cita-se os Estados Unidos da América, no qual o custo com logística representa cerca de 7,8% do Produto Interno Bruto (PIB), sendo que no Brasil, este índice chegou a 12,3% do PIB em 2016, justamente por possuir um elevado custo com os transportes. Tudo isso gera o chamado custo Brasil, termo utilizado pela CNT (2018), para definir os altos custos com processos logísticos devido aos transportes. Sendo assim, essas dificuldades logísticas nas operações comerciais, encarecem produtos devido à baixa efetividade do setor e diminuem a competitividade do país frente aos seus concorrentes.

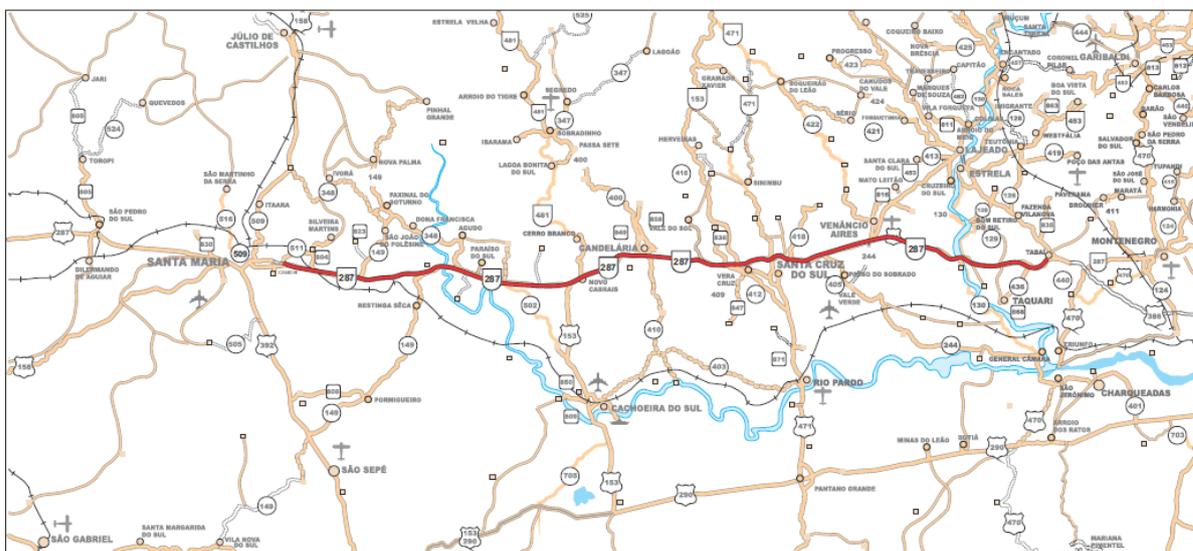
A situação da infraestrutura de transportes no estado do Rio Grande do Sul (RS) também se encontra abaixo do ideal, não diferindo muito das condições do restante do país. Segundo a CNT (2018), o estado gaúcho possui uma malha de mais de 150 mil quilômetros, sendo pavimentado apenas cerca de 7,6%, contando com uma frota de 6 milhões de veículos. Salienta-se que parte da economia do RS depende da agropecuária e da produção industrial, que somados representam mais de 30% do PIB do estado. Por sua vez, esses setores dependem muito das condições apresentadas pela rede de estradas para escoar a produção, sendo que quanto pior forem essas condições, maior será o custo com a logística de transporte dessas mercadorias.

Dentre as importantes rodovias do estado do Rio Grande do Sul encontra-se a RSC-287 que será abordada neste estudo (Figura 1.1), via que liga os municípios de Tabaí e Santa Maria e possui 204,51 km de extensão. Essa rodovia está situada no centro do estado, em uma área predominantemente rural, e ainda assim, segundo dados da Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão - SPGG (2018), os municípios inseridos neste trecho totalizam 634.848 habitantes.

Atualmente, essa rodovia de pista simples, é responsável por escoar parte da produção agrícola gaúcha até o porto de Rio Grande, além de ser um importante meio de ligação entre as cidades do interior com a capital Porto Alegre. Cabe

ressaltar que a RSC-287 possui 156 quilômetros administrados pela Empresa Gaúcha de Rodovias (EGR), do município de Tabai até Paraíso do Sul, com dois postos de pedágio, um no município de Venâncio Aires e outro no município de Candelária. Neste trecho, a empresa é responsável apenas pela manutenção e conservação da via. Além disso, destaca-se que essa estrada faz parte do plano de concessão do estado do RS sendo sua duplicação parte do escopo da futura concessionária.

Figura 1.1 - Mapa da Rodovia RSC-287



Fonte: (Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão – SPGG, 2018)

Tendo em vista todos os fatores apresentados, e a crescente demanda de transportar bens e pessoas com eficiência, segurança e conforto, para que o Brasil se torne um país competitivo frente as grandes potências mundiais, justifica-se a realização de estudos criteriosos e detalhados das diferentes alternativas de rodovias e revestimentos asfálticos para que os recursos sejam empregados da forma mais racional possível. Nessa análise é fundamental avaliar as diferentes alternativas de rodovias através de parâmetros econômicos representados por distintas Taxas Mínimas de Atratividade (TMA). Além disso, entender quais são os principais serviços e insumos que impactam nos custos das obras para tentar propor soluções mais econômicas. E, a partir de tudo isso, diminuir o desperdício de dinheiro com logística, reduzir o número de acidentes e abrandar o chamado custo Brasil.

Com relação a RSC-287, justifica-se a duplicação pois a mesma encontra-se operando no limite máximo de sua capacidade, oferecendo constantes riscos de acidentes aos usuários, apresentando constante lentidão no fluxo de veículos e crescentes demandas por manutenção. Dessa forma, segundo dados da SPGG (2018), através da duplicação é possível aumentar a capacidade da rodovia de 5000/10000 veículos diários para até 10000/20000 veículos diários, além de aumentar a velocidade diretriz da via, solucionando os problemas apresentados atualmente.

1.1. OBJETIVO GERAL

Este estudo possui como objetivo identificar economicamente a melhor alternativa estrutural de rodovia, para a duplicação da RSC-287 que liga os municípios de Santa Maria e Tabaí, atendendo a um período de projeto de 30 anos. Dessa forma, determinar a influência que o período de projeto exerce sobre o retorno financeiro da rodovia, buscando encontrar quais são os serviços de pavimentação asfáltica mais relevantes com relação aos custos de implantação de rodovias.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Além do objetivo geral, este estudo consta com os seguintes objetivos específicos:

- Estimar as perdas econômicas, através do Custo por N, de rodovias dimensionadas pelo Método do DNER que não atingem seu período de projeto;
- Determinar a influência das camadas granulares no dimensionamento de rodovias utilizando o *software* MeDiNa;
- Comparar economicamente a utilização de CA Convencional e CA Modificado por Polímero para diferentes períodos de projeto;
- Verificar a influência que diferentes Taxas Mínimas de Atratividade (TMA) exercem sobre os resultados de Valor Presente Líquido (VPL);

- Verificar detalhadamente o quanto cada um dos serviços necessários para implantação e reforço de rodovias influenciam no custo;
- Identificar a influência do valor dos ligantes asfálticos e do FIC no orçamento dos custos diretos da obra.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho será estruturado em 5 capítulos, contendo a introdução, revisão bibliográfica, metodologia, resultados e análises e por fim as conclusões.

A Introdução, seção presente, consta em uma apresentação do tema proposto, juntamente com as justificativas que fundamentam o estudo. Ainda, nesta, define-se o objetivo principal e os objetivos específicos.

No capítulo de Revisão Bibliográfica serão abordados os temas que baseiam o estudo e dão respaldo teórico para as análises. Durante a revisão, será discutido o Método do DNER, o programa Medina, as planilhas do Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) e técnicas de análise de investimentos através de Engenharia Econômica.

Em seguida, na Metodologia, será apresentado a sequência de passos para a obtenção dos resultados. Além disso, nesta seção vão ser definidos as premissas que irão nortear o estudo.

No capítulo seguinte, em Resultados e Análises serão apresentadas as diferentes alternativas encontradas para responder o objetivo principal, além de serem demonstrados um a um os resultados obtidos para os objetivos específicos.

Por fim, nas Considerações Finais, serão apresentadas as conclusões obtidas no trabalho, além de sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo contém a revisão bibliográfica dos temas abordados. Para tanto, serão descritos os Métodos de dimensionamento de pavimentos do Departamento Nacional de Estradas e Rodagem (DNER) e o Método de Dimensionamento Nacional de pavimentos (MEDINA), além da análise de custos pelas tabelas do SICRO e Engenharia Econômica.

2.1. MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DO DNER

O Método do Extinto DNER foi concebido pelo engenheiro Murillo Lopes de Souza no início da década de 1960, buscando normatizar a construção das rodovias nacionais, e atualizado em 1981 pelo DNER. Atualmente, essa é a forma de dimensionamento recomendada nos Manuais do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) para a construção de estradas (BALBO, 2007; DNIT, 2006).

Na criação do método DNER, Murillo teve como base o estudo do método do *United States Army Corpo of Engineers* (USACE), o qual teve que ser adaptado para rodovias pois originalmente era destinado a pistas de aeroporto. Além disso, o dimensionamento considerou os resultados obtidos na pista experimental da *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHO) para os coeficientes de equivalência estrutural. Ambos são métodos empíricos estudados com o clima e o solo dos Estados Unidos, mas que funcionam adequadamente quando aplicados no Brasil. Essa correlação pode ser feita pelo fato de que no Brasil não ocorrem os efeitos negativos correspondentes ao degelo da primavera, fenômeno apresentado nos solos Americanos (MEDINA E MOTTA, 2005; DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2006).

O Método do DNER tem como finalidade a proteção das camadas de base, sub-base e subleito com relação a formação de deformações plásticas excessivas provocadas por rupturas por cisalhamento durante o período de projeto. Por não apresentar nenhuma consideração sobre o efeito de trincamento por fadiga, esse método pode ser complementado por estudos adicionais que suprem essa necessidade (DNIT, 2006).

Para melhor compreender a concepção do Método DNER, é de suma importância estudar sobre a origem do dimensionamento para pavimentos flexíveis. Ao longo do século passado, dezenas de métodos foram desenvolvidos para buscar soluções para os problemas ocorridos devido ao mau dimensionamento dos pavimentos, esses métodos eram geralmente baseados na experiência dos engenheiros com um pouco de empirismo. O fato de terem sido desenvolvidos diversos métodos pode ser atrelada à inexistência de uma descrição única e exata acerca de como aconteciam as degradações do pavimento (BALBO, 2007).

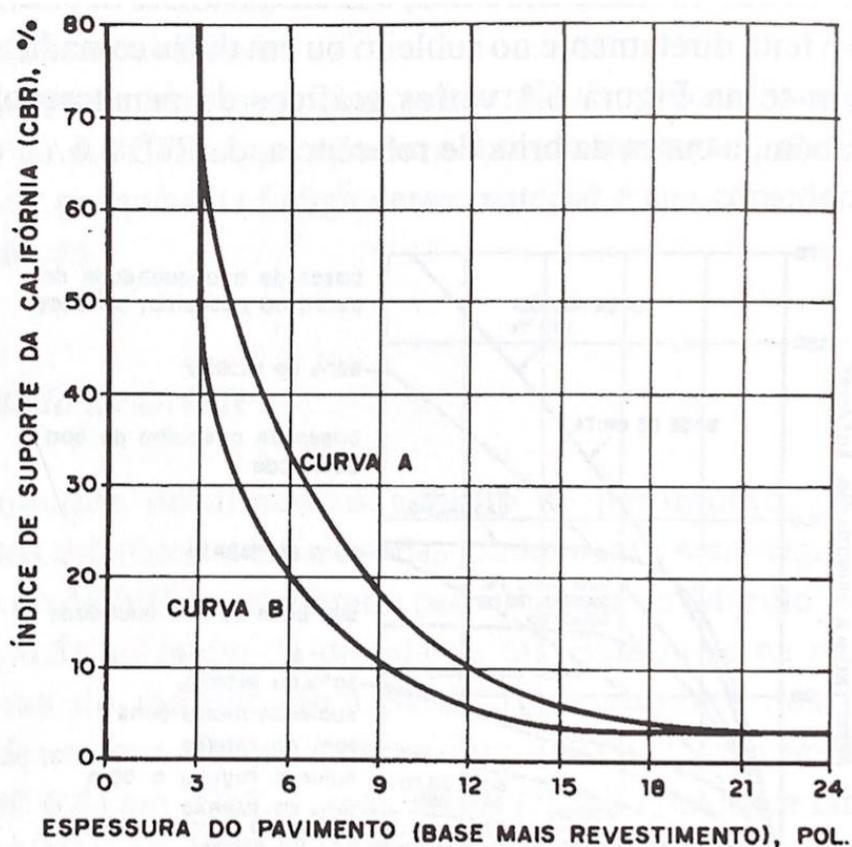
Segundo Balbo (2007), o ensaio de índice de suporte Califórnia (*California Bearing Ratio* - CBR) foi o primeiro método de dimensionamento de pavimentos flexíveis desenvolvido de forma empírica, mas com suficiente número de análises de laboratório. Esse método foi criado em 1929, pelo Engenheiro O. J. Porter do *California Division of Highways* (CDH), que possuía como critério norteador a ruptura por cisalhamento do subleito e das bases granulares, que resultaria no surgimento de sulcos por trilhos de rodas ou rupturas plásticas.

O índice CBR avalia a capacidade de suporte de um determinado material comparando-o com o resultado do ensaio padrão realizado com uma brita de referência. Esse ensaio consiste em mediar a tensão produzida pela penetração de 0,25 cm (0,1 pol) de um pistão com dimensões padronizadas em um corpo de prova com uma amostra de solo, também com dimensões padronizadas. A pressão obtida é então dividida por 70 kgf/cm² (1000 lb/pol²), pressão resultante no ensaio de referência, e o resultado é expresso em porcentagem, ou seja, quanto mais perto de 100%, mais a resistência do material se aproxima da resistência ao cisalhamento da brita de referência (MEDINA E MOTTA, 2005).

Como resultado do método do CBR, o CDH determinou a Curva B, que demonstra a profundidade necessária da camada de proteção em função do índice CBR do subleito, para cargas representativas de 7.000 libras (aproximadamente 30 kN) não considerando a repetição dessas cargas. Porém, devido a mudanças na diretoria do CDH, o estudo desse método foi interrompido, sendo retomado apenas durante a 2ª Guerra Mundial, quando os Estados Unidos necessitavam de um método com critérios simples e eficientes para a construção de pistas de aeroportos militares. A retomada do desenvolvimento do método ficou sob responsabilidade da USACE, que criou a Curva A, com a mesma função da Curva B, mas com cargas representativas de 12.000 libras, oriundas dos aviões pesados da década de 1930.

Os resultados da Curva A e Curva B podem ser comparados na Figura 2.1. Essas cargas posteriormente foram extrapoladas para valores de carga rodoviários e de outros tipos de aeronaves. Além disso, o método USACE introduziu o conceito de repetição de carga. Para utilização deste conceito, definiu-se como sendo uma cobertura, quando todos os pontos da faixa lateral útil são solicitados pelas rodas pelo menos uma vez. Sendo assim, verifica-se após 5.000 coberturas, o estado do pavimento quanto as deformações plásticas (BALBO, 2007).

Figura 2.1 - Curva de dimensionamento de pavimentos flexíveis da Califórnia pelo CBR, 1942



Fonte: (MEDINA, 1997, p. 288)

2.1.1. Dimensionamento

De acordo com o Manual do DNIT (2006), a primeira etapa do dimensionamento pelo do Método do DNER é a determinação da capacidade de suporte dos materiais do subleito e demais materiais utilizados na construção do

pavimento. Essa determinação é realizada através do índice CBR, e utiliza amostras indeformadas retiradas do campo, ou moldadas com as condições que apresentarão na rodovia. São apresentadas, na Tabela 2.1, as condições mínimas necessárias para a utilização dos materiais.

Além dessas características, a base deve apresentar um Limite de liquidez menor que 25%, e Índice de plasticidade menor que 6%. Com relação à granulometria, os materiais da base devem respeitar as características apresentadas na Tabela 2.2.

Tabela 2.1 - Condições mínimas necessárias para a utilização dos materiais

Camada do Pavimento	Valor de CBR	Expansibilidade
Subleito	≥ 2%	≤ 2%
Reforço do Subleito	≥ CBR do Subleito	≤ 1%
Sub-base	≥ 20%	≤ 1%
Base	≥ 80%	≤ 0,5%

Fonte: (DNIT, 2006)

Tabela 2.2 – Granulometria para base regular

Tipos Peneiras	Para N > 5x10 ⁶			Para N < 5x10 ⁶			Tolerâncias da faixa de projeto
	A	B	C	D	E	F	
	% em peso passando						
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)

Em seguida, é determinado o número equivalente de operações (N) de um eixo adotado como padrão. Para o método do DNER, o eixo padrão é o eixo simples de rodas duplas (ESRD) com 80 kN de carga. O valor de N depende do período de projeto (t), Volume diário médio (VDM) e alguns outros fatores, e pode ser determinado para um VDM aumentando linearmente (1) ou geometricamente (2) (BALBO, 2007).

$$N = 365 \times VDM \times \frac{(1 + P)^2 - 1}{2t} \times FV \times Ff \times Fs \times Fd \times Fr \quad (1)$$

$$N = 365 \times VDM \times \frac{(1+t)^p - 1}{\ln(1+t)} \times FV \times Ff \times Fs \times Fd \times Fr \quad (2)$$

O Fator de Veículo (FV) significa o potencial médio destrutivo dos veículos que trafegam na rodovia, e pode ser calculado através da Equação 3, onde p_i é a quantidade registrada de um determinado eixo, com uma determinada carga, obtida na pesagem amostral da rodovia, dividido pelo número total de veículos amostrados. Sendo que a pesagem amostral é feita somente com veículos comerciais, ou seja, veículos que transportam carga (BALBO, 2007).

$$FV = \sum_{i=1}^n FEC_i \times p_i(\%) \quad (3)$$

Segundo Pinto e Preussler (2010), o Fator de equivalência de carga (FEC) transforma diferentes solicitações geradas pelo tráfego em um valor relativo à solicitação do eixo padrão. Por levar em consideração os efeitos causados pela deformação permanente, ou afundamento em trilha de roda, o método do DNER utiliza as fórmulas empíricas de FEC determinadas pela USACE, que possuem a mesma finalidade. As fórmulas estão apresentadas na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Fatores de equivalência de carga do DNER

Tipo de Eixo		Faixa de Carga	Equações (P em tf)
Dianteiro Simples e Traseiro Simples		0 - 8	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,0175}$
		≥ 8	$FC = 1,832 \times 10^{-6} \times P^{6,2542}$
Tandem Duplo		0 - 11	$FC = 1,592 \times 10^{-4} \times P^{3,472}$
		≥ 11	$FC = 1,528 \times 10^{-6} \times P^{5,484}$
Tandem Triplo		0 - 18	$FC = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$
		≥ 18	$FC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$

Fonte: (PINTO E PREUSSLER, 2010)

O Fator de frota (Ff) representa a porcentagem de veículos comerciais do total de veículos que trafegam na rodovia, caso no cálculo do VDM só sejam computados os veículos comerciais, esse fator terá seu valor igual a 1. Outro fator a ser levado em consideração no cálculo do N, é o Fator de sentido (Fs). Ele existe pois o volume de tráfego acumulado deve ser adotado para apenas um sentido da rodovia, e como geralmente o VDM é computado nos dois sentidos da rodovia esse valor é igual a 0,5. No caso específico de lugares em que a contagem acontece levando em consideração apenas um sentido, como por exemplo corredores de ônibus, o valor desse fator é 1 (BALBO, 2007).

Os próximos fatores a serem atribuídos para cálculo do N são o Fator de distribuição de frota por faixa (Fd) e o Fator climático regional (Fr). O primeiro fator é atribuído para rodovias com mais de uma faixa por sentido, sendo o valor relacionado a porcentagem de veículos comerciais que trafegam pela faixa mais carregada. Quando a rodovia possui apenas uma faixa o valor do Fd é igual a 1. O Fator climático regional (Fr) existe para ser considerado no cálculo do N a condição de variação de umidade do pavimento ao longo do ano, porém conforme estudos do IPR/DNER, tem-se adotado esse valor igual a 1 pois este representa o resultado médio dos diferentes coeficientes sazonais apresentados por rodovias com estruturas granulares (DNIT, 2006).

Depois de calculado o valor de N e o índice CBR dos materiais, são dimensionadas as espessuras necessárias para a proteção total da estrutura e de cada uma das camadas integrantes frente à ruptura por cisalhamento. O dimensionamento pode ser feito através da Figura 2.2, ou pela Equação 4, e o valor de espessura obtido é considerando o material com Coeficiente de equivalência estrutural (K) igual a 1. Para a estimativa da espessura de revestimento é utilizado a Tabela 2.4, e os valores reais das demais camadas estruturais ajustados posteriormente utilizando as Inequações 5, 6 e 7, esquematizados na Figura 2.3, com os valores de coeficiente estrutural de cada material, que podem ser conferidos na Tabela 2.5. Por fim, é importante ressaltar que as camadas devem respeitar os limites construtivos de cada material apresentados na Tabela 2.6 (DNIT, 2006).

Tabela 2.4 - Espessuras mínimas 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, p.147)

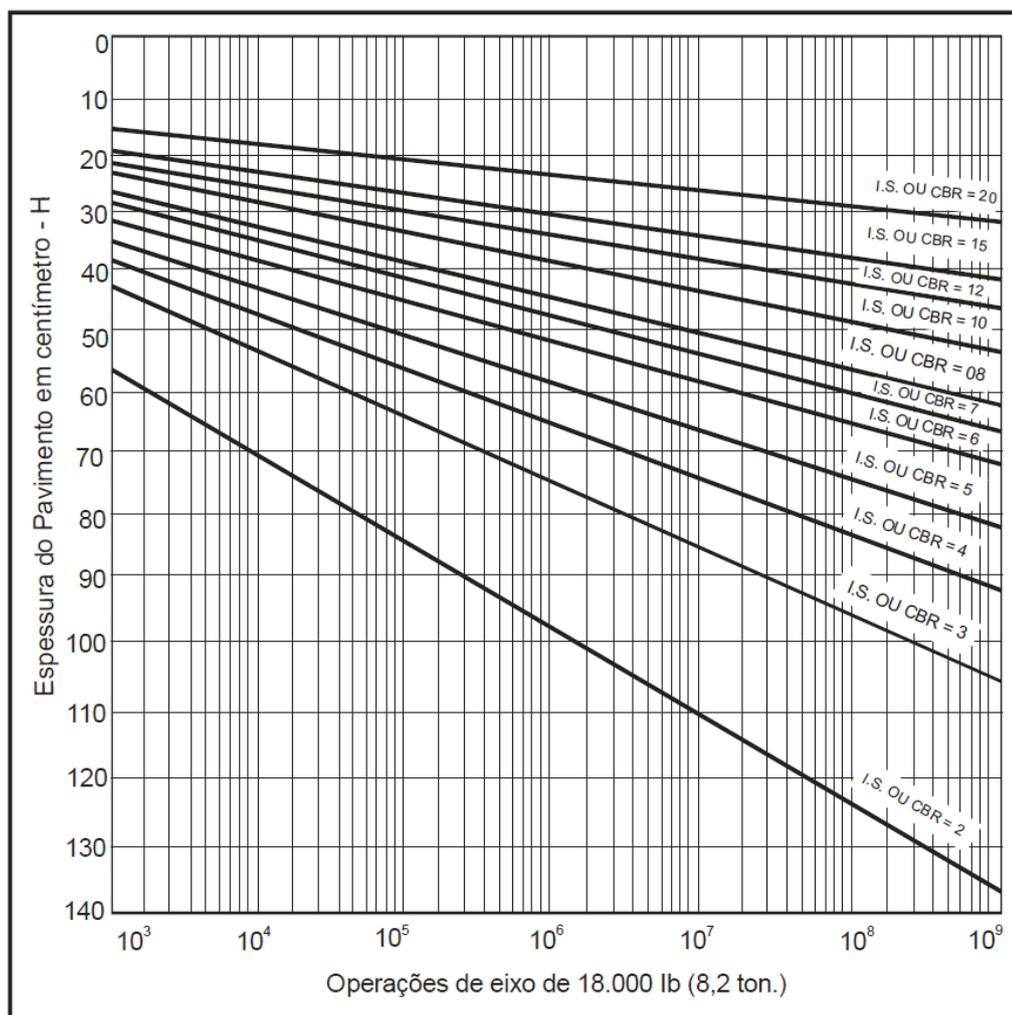
$$Ht = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598} \quad (4)$$

$$RK_R + BK_B \geq H_{20} \quad (5)$$

$$RK_R + BK_B + h_{20}K_S \geq H_n \quad (6)$$

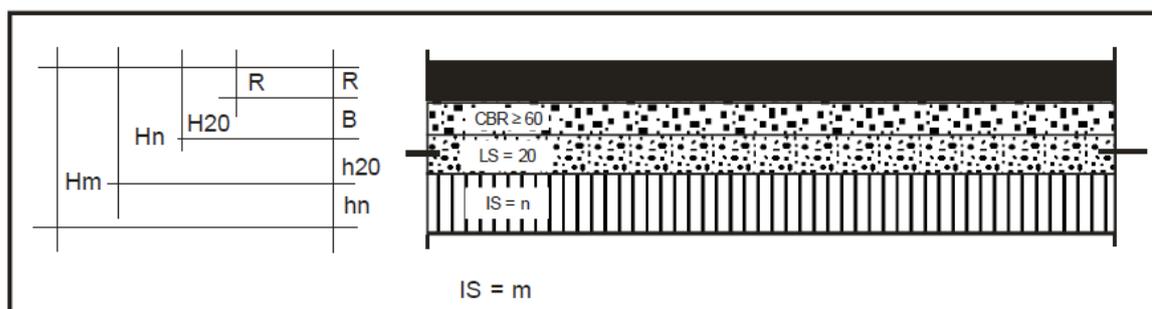
$$RK_R + BK_B + h_{20}K_S + h_nK_{Ref} \geq H_m \quad (7)$$

Figura 2.2 - Determinação de espessuras do pavimento



Fonte: (DNIT, 2006, p.149)

Figura 2.3 - Dimensionamento do pavimento



Fonte: (DNIT, 2006, p.149)

Tabela 2.5 - Coeficiente de equivalência estrutural

Material da Camada	Valor de K
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,7
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,4
Base ou revestimento betuminosa por penetração	1,2
Camadas de materiais granulares	1
Sub-base de Granular Brita Graduada Simples (BGS)	0,77
Ref. do Subleito – de qualquer natureza	0,71
Solo cimento com resistência a compressão a 7 dias, superior a 45 kg/cm	1,7
Idem, com resistência a compressão a 7 dias, entre 45 kg/cm e 28 kg/cm	1,4
Idem, com resistência a compressão a 7 dias, entre 28 kg/cm e 21 kg/cm	1,2

Fonte: (Adaptado de: DNIT, 2006)

Tabela 2.6 - Espessuras máximas e mínimas construtivas

Material	Espessura mínima (cm)	Espessura máxima (cm)
BGS	12	20
Macadame Seco	16	21
Solos	15	20
BGTC, SC, CCR	10	20
CA	2,5	7,5

Fonte: (DNIT, 2006)

2.2. MÉTODO NACIONAL DE DIMENSIONAMENTO – MeDiNa

O *software* hoje denominado MeDiNa (Método de Dimensionamento Nacional de pavimentos) foi uma evolução do sistema concebido originalmente por Franco (2007) em sua tese de doutorado e seu nome é uma homenagem ao professor da UFRJ, Jacques de Medina, falecido em janeiro de 2019. Inicialmente, esse programa era conhecido como SisPavBR e só foi denominado MeDiNa através do “Termo de execução descentralizado” firmado de 2015 a 2018 entre o Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR e o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Destaca-se que o referido método contou ainda com a participação de diversas Universidades do Brasil e do Centro de Pesquisas da Petrobrás - CENPES. Por sua vez, o SisPavBR tem sua origem do programa PAVE, também desenvolvido por Franco (2000) (FRANCO E MOTTA, 2018; JÚNIOR, 2018).

A principal evolução do programa PAVE para o SisPavBR é que o segundo programa possui a ferramenta de dimensionamento automático, otimizando a melhor solução em face aos problemas que podem ser apresentados na via. Salienta-se

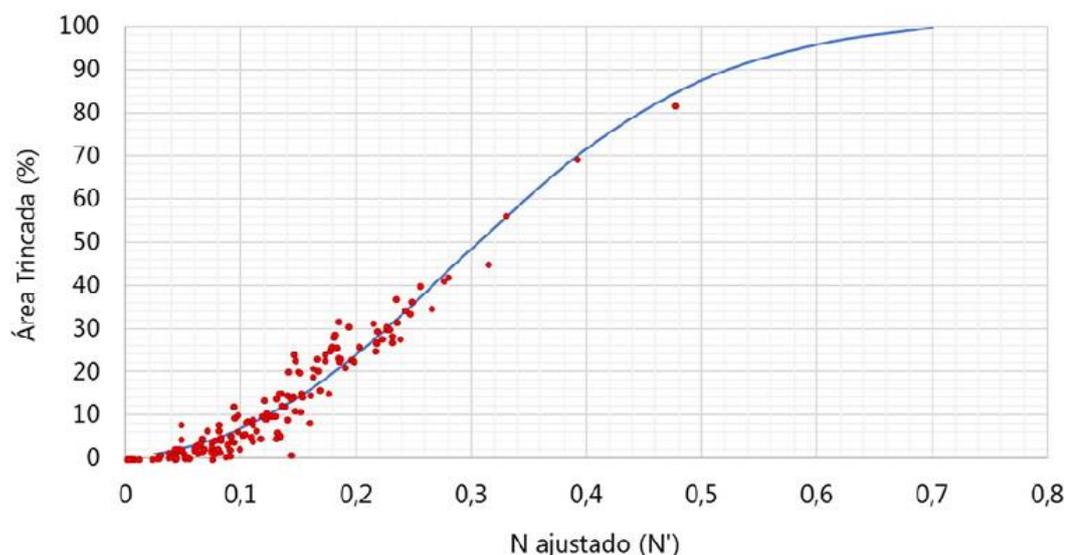
que, o programa PAVE servia apenas para avaliar o desempenho de um projeto com relação aos danos de fadiga, deformação permanente e deformação no topo do subleito (FRANCO E MOTTA, 2018).

Segundo Franco e Motta (2018, p. 4), o *software* MeDiNa pode ser definido como:

[...] um programa de computador que realiza a verificação e o dimensionamento de estruturas de pavimentos mecanístico-empírico, por meio da rotina AEMC de análise de camadas elásticas de múltiplas camadas.

Sendo assim, com a intenção de gerar agilidade nos cálculos matemáticos, esse programa foi desenvolvido na linguagem de programação Visual C++ e conta com modelos de previsão que calculam as tensões de fadiga e deformações permanentes causadas por um eixo padrão rodoviário adotado. Para a calibração do programa, Fritzen (2016) empregou uma curva de transferência sigmoide para representar a evolução da área trincada devido ao crescimento do N' equivalente, ilustrada na Figura 2.4.

Figura 2.4 – Curva Sigmoide Padrão



Fonte: (FRANCO E MOTTA, 2018, p. 14)

Para ajustar os valores da curva, Fritzen (2016) utilizou 30 seções de estudo, obtendo os parâmetros Z e n igual a 0,25 e 5 respectivamente. Em seguida, para

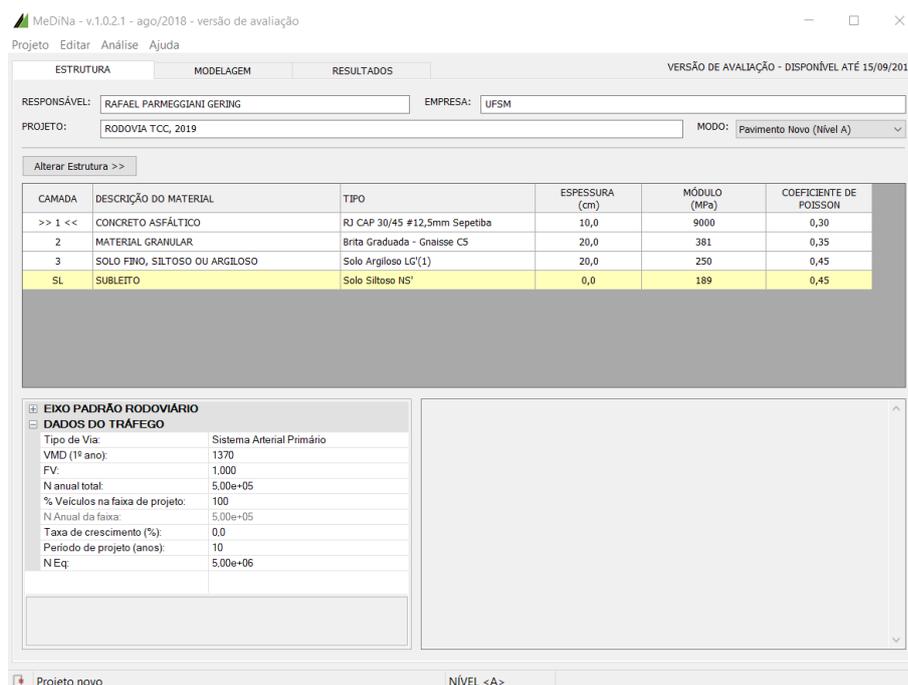
simplificar o processo, verificou-se que com apenas 20 pontos era possível correlacionar os fatores de deslocamento, com as propriedades estruturais do pavimento. Por fim, alcançou-se a atualização da Função de Transferência que transforma o dano nos pontos adotados em área trincada prevista (FRANCO E MOTTA, 2018).

Por ser um programa mecânico-empírico, é fundamental o conhecimento, através de ensaios de laboratório, das propriedades dos materiais que vão ser empregados na rodovia e simulados pelo MeDiNa. Isso acontece, pois, o programa é muito sensível a pequenas mudanças de valores nas propriedades dos materiais, dessa forma, os resultados passam a não ser confiáveis quando existe uma discrepância do que foi simulado e o que realmente vai ser empregado na pista. Algumas propriedades importantes são o módulo de resiliência e o coeficiente de Poisson para solos e materiais granulares constituintes da base, sub-base, reforço do subleito e subleito. Além dessas propriedades, o programa apresenta características pré-definidas para materiais produzidos em usinas e centrais que podem ser seguidas pelos projetistas, ou então, estes podem definir as propriedades desejadas. Também é importante ressaltar a grande sensibilidade do programa com relação ao número de solicitações N , desta forma, é importante que os dados do tráfego sejam apurados com precisão (FRANCO E MOTTA, 2018).

A interface inicial do programa, apresentada na Figura 2.5, possui 4 opções no menu principal e 3 abas que facilitam a navegação. A primeira opção do menu principal é relativa ao Projeto, onde é possível escolher entre um pavimento novo ou um reforço, além da possibilidade de importar os dados dos materiais que irão ser utilizados. Na opção Editar, segundo item do menu principal, é possível navegar entre as abas de Estrutura e Modelagem do programa. Ainda no menu principal, em Análise existe a opção de dimensionar a estrutura, com atalho na tecla (F2) e a opção de apenas avaliar a estrutura existente com atalho na tecla (F3). Por último, na opção Ajuda, é possível acessar o “Manual de utilização do MeDiNa” (FRANCO E MOTTA, 2018).

As três abas que aparecem logo abaixo do menu principal, são divididas em Estrutura, Modelagem e Resultados. A primeira delas é apresentada quando o programa é inicializado, ela já possui uma configuração de pavimento padrão com quatro camadas, que serve de exemplo para o projetista e pode ser facilmente alterada, sendo permitido no mínimo três e no máximo oito camadas.

Figura 2.5 - Tela inicial do programa MeDiNa.



Fonte: (FRANCO E MOTTA, 2018)

Na descrição do material, é possível alterar o tipo de material da camada, sendo que a primeira camada possui três opções de concretos asfálticos e uma opção de tratamento superficial, as demais possuem oito opções entre concretos asfálticos, materiais granulares e solos. Para dar mais precisão ao programa, é possível selecionar diferentes propriedades de um tipo de material através da base de dados, como pode ser verificado na Figura 2.6. No banco de dados do programa existem diversas configurações pré-estabelecidas para os materiais, sendo que estas podem ser editadas, ou ainda, pode-se criar outro material com as configurações conforme os dados que o projetista possui. Dentre as configurações pré-estabelecidas, estão as Classe I e IV que representam as propriedades, respectivamente, dos Concretos Asfálticos Convencionas e Concretos Asfálticos Modificados por Polímero. Além dos diferentes tipos de materiais, é possível determinar a espessura de cada camada, respeitando um valor mínimo e máximo, respectivamente de 5 cm e 15 cm para camadas asfálticas, e de 10 cm e de 40 cm para materiais granulares (FRANCO E MOTTA, 2018).

Outro componente importante na aba Estrutura são os dados relativos ao tráfego, sendo possível calcular o Fator de veículo no próprio *software*, desde que

informados o tipo de eixo, com sua carga aplicada e fator relativo ao número de veículos amostrados. Vale ressaltar que o MeDiNa, assim como os outros métodos de dimensionamento estudados, utiliza o eixo simples de rodas duplas com 8,2 tonf de carga e 0,52 MPa de pressão de inflação nos pneus como eixo padrão. Adicionalmente, é importante selecionar o tipo de via tendo em vista a confiabilidade desejada no projeto, na Tabela 2.7 pode ser conferido os modelos de via seguindo a hierarquia dos sistemas funcionais publicados pelo DNIT, além dos valores de critério de parada de dimensionamento (FRANCO E MOTTA, 2018).

Figura 2.6 - Propriedades das camadas

BASE DE DADOS		CONCRETO ASFÁLTICO	
Projeto		Material	Classe 1
Classe 1		Parâmetros	
Classe 2		Espessura (cm)	5,0
Classe 3		Coefficiente de Poisson	0,30
Classe 4		Contato	Não Aderido
RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba		Módulo (MPa)	
RJ CAP 30/45 #12,5mm Sepetiba		Modelo Constituinte	Resiliente Linear
RJ CAP 30/45 #19,1mm Sepetiba		Módulo (MPa)	8950
RJ CAP 50/70 #19,1mm Sepetiba		Características	
		Tipo de CAP	...
		Massa específica (g/cm³)	2,4
		Norma ou Especificação	DNIT ES 31
		Comentários	Este material deve ser obtido em laborat..
		Curva de Fadiga	
		Modelo:	k1 .(et ^ k2)
		Coefficiente de Regressão (k1):	3,1e-13
		Coefficiente de Regressão (k2):	-3,704
		Classe de Fadiga:	1
		FFM (100µ a 250µ):	0,62

Fonte: (FRANCO E MOTTA, 2018)

Tabela 2.7 - Hierarquia dos sistemas funcionais

Tipo de Via	Confiabilidade	Área Trincada	Def. Permanente
Sistema Arterial Principal	95%	30%	10mm
Sistema Arterial Primário	85%	30%	13mm
Sistema Arterial Secundário	75%	30%	20mm
Sistema Coletor Primário	85%	30%	13mm
Sistema Coletor Secundário	75%	30%	20mm
Sistema Local	65%	30%	20mm

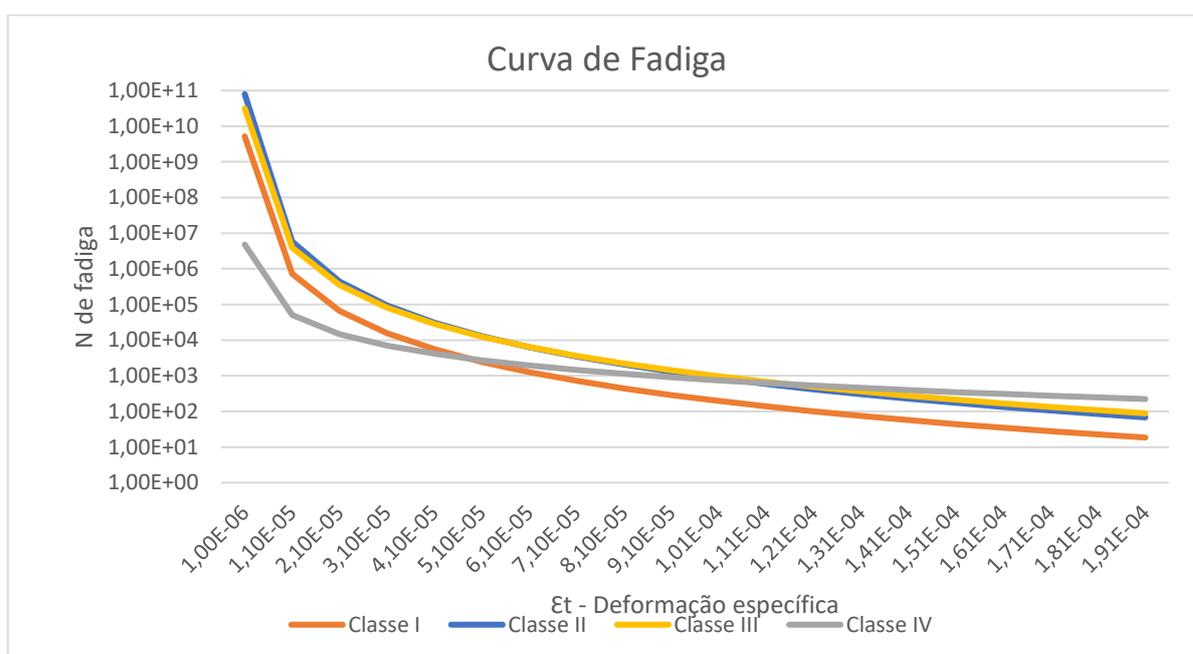
Fonte: (FRANCO E MOTTA, 2018, p. 31)

Na segunda aba de navegação, em Modelagem, é possível observar e editar os modelos de calibração utilizados e seus respectivos coeficientes. Para a versão do MeDiNa utilizado neste trabalho, outubro de 2018, os modelos de calibração relativos aos danos por fadiga em termo de área trincada são baseados no trabalho

de Fritzen (2016) e os modelos de deformação permanente são avaliados conforme a modelagem elaborada por Guimarães (2009).

Ainda na aba Modelagem, o programa dispõe de classes de comportamento a fadiga programadas, essas curvas estão dispostas na Figura 2.7, onde para uma mesma deformação específica, quanto maior o N, melhor a resistência do material frente a fadiga. Nota-se que, para deformações específicas abaixo de 6×10^{-5} , as curvas de fadiga das Classes I e IV se cruzam, indicando que para deformações específicas muito pequenas, os concretos asfálticos pertencentes a Classe I possuem um maior N de fadiga se comparados com os concretos asfálticos pertencentes a Classe IV. Existe ainda, além das curvas de fadiga originais do programa, a possibilidade de editar os coeficientes da curva de fadiga para camadas asfálticas, de acordo com os resultados obtidos em ensaios de compressão diametral de tração indireta. Com relação à deformação permanente por afundamento em trilho de roda, as camadas asfálticas podem ser desconsideradas desde que o desempenho da classe no *Flow Number* seja acima do limite. Já para os materiais granulares e solos, o programa apresenta modelos de deformação permanente que também podem ser editados conforme as propriedades obtidas em ensaios de laboratório (FRANCO E MOTTA, 2018).

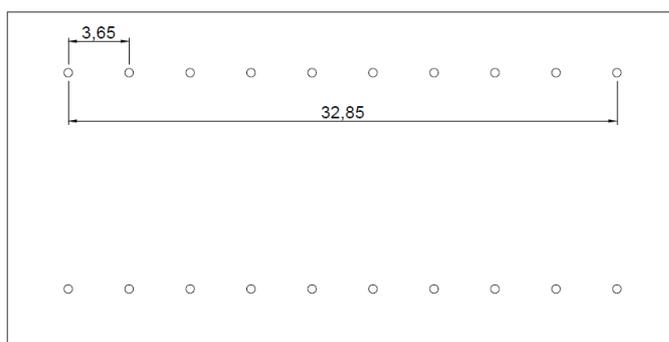
Figura 2.7 - Curva de Fadiga



Fonte: (Adaptado de FRANCO E MOTTA, 2018)

Em relação aos cálculos de fadiga, o *software* realiza o cálculo do estado de tensões em dez pontos da superfície, com espaçamento de 3,65cm, e dez pontos na fibra inferior da última camada de asfalto, sendo que após isso, é realizada uma média do dano sofrido pelo conjunto de pontos. A Figura 2.8 ilustra a distribuição dos pontos.

Figura 2.8 - Malha de Pontos para o Cálculo de Fadiga



Fonte: (Adaptado de FRANCO E MOTTA, 2018)

Por outro lado, para o cálculo da deformação permanente, o programa utiliza o estado de tensões na metade da camada sob a roda e entre as rodas. Além disso, é verificado se a deformação permanente individual da camada ultrapassa 5% de sua espessura (FRANCO E MOTTA, 2018).

As unidades utilizadas no *software* podem ser conferidas na Tabela 2.8:

Tabela 2.8 - Unidades do MeDiNa.

Grandeza	Unidade
Espessura e distâncias	cm
Raio do Carregamento	cm
Deslocamentos	μm
Deflexões	0,01 mm ($\times 10^{-2}\text{mm}$)
Deformações específicas	m/m
Área de contato	cm^2
Pressão de inflação e tensões	MPa
Carga de eixo ou de roda	ton
Massa específica aparente seca	g/cm^3

Fonte: (FRANCO E MOTTA, 2018)

Depois de configurado o programa com as características do pavimento e de seus materiais constituintes, é possível solicitar a avaliação ou o dimensionamento tanto para uma estrutura nova, quanto para um reforço de pavimento existente. No entanto, o MeDiNa tem a capacidade de dimensionar apenas uma camada por vez, sendo assim, a seleção da camada a ser dimensionada acontece na aba Estrutura, e aparece indicada entre duas setas (>> Camada <<). O primeiro critério de dimensionamento a ser atendido pelo programa é o limite de 30% de área trincada por fadiga ao final do período de projeto, tanto para pavimentos novos quanto para reforços. Para isso, o programa realiza diversas análises que alteram a espessura da camada indicada. Em seguida, para os pavimentos novos, o programa continua as verificações para que seja verificado o critério de máxima deformação permanente. Para reforços de pavimentos existentes o programa apenas realiza as análises de fadiga (FRANCO E MOTTA, 2018).

Quando solicitado o dimensionamento, se as dimensões necessárias ultrapassam os limites máximos construtivos das camadas, o programa envia uma mensagem de erro. Além dos máximos limites construtivos, pode ser enviado mensagem de erro devido à alguma camada apresentar deformação permanente acima de 5%, subleito com deformação maior que 5mm, ou camada abaixo da camada estabilizada com deflexão acima de 0,01mm (JÚNIOR, 2018).

Por fim, a última aba do programa trata sobre os Resultados, eles são gerados a partir do momento em que é solicitada a avaliação do pavimento ou o dimensionamento dele. O *software* então apresenta quatro relatórios divididos novamente em abas, como pode ser conferido na Figura 2.9.

Figura 2.9 - Aba de resultados do programa MeDiNa

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

Mês	N equiv	ÁREA TRINCADA (%)	DEF PERM TOTAL (mm)
1	4,167e+04	1,24%	3,41
2	8,334e+04	1,60%	3,58
3	1,250e+05	1,87%	3,68
4	1,667e+05	2,10%	3,75
5	2,084e+05	2,31%	3,81

Fonte: (FRANCO E MOTTA, 2018)

Na primeira aba, em Danos Mensais, é apresentado a evolução mensal do N equivalente, a porcentagem da área trincada e da deformação permanente, permitindo a avaliação detalhada pelo projetista. Em seguida, na aba Deformação Permanente, são exibidos os dados de deformação de cada camada ao fim do período de projeto, assim como a deformação total. Na terceira aba, é exposto as Bacias de Deflexão no topo de cada camada e no topo do subleito, seguindo os parâmetros informados pelo projetista que simula os equipamentos *Falling Weight Deflectometer* (FWD) e *Viga Benkelman*. Finalmente, na aba Completo, é apresentado um relatório contendo todas as informações utilizadas no dimensionamento da estrutura (FRANCO E MOTTA, 2018).

2.3. SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

No Estado brasileiro, vem de longa data, a atenção com o desenvolvimento das rodovias. Tal percepção é possível pois um dos marcos iniciais a respeito das rodovias é a aprovação do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) no ano de 1944, mesmo que nesse período, as ferrovias ainda tinham um papel predominante no planejamento estratégico nacional. Destaca-se que foi apenas na década seguinte, que as estradas de rodagem passaram a ser tratadas como modal prioritário, tendo sua participação vista como fundamental para o funcionamento logístico do país (GALVÃO, 1996).

Contudo, a gestão de custos era tão importante, que mesmo quando as rodovias não eram o modal prioritário, o DNER já possuía tabelas referenciais de preço. Posteriormente, com o aumento das rodovias foi acrescida ainda mais a preocupação com o gerenciamento financeiro das obras. Tendo isso em vista, no ano de 1972 o DNER lançou o Manual de Custos Rodoviários, explicando a metodologia utilizada nos cálculos dos custos de obras rodoviárias. Esse manual instituiu alguns conceitos importantes que serviram como base para publicações de órgãos posteriores, inclusive para o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), que substituiu o DNER e criou o Sistemas de Custos Referenciais de Obras (SICRO) (BERTÚLIO E SANTOS, 2017).

Quanto ao SICRO, sua penúltima edição foi o SICRO 2, o qual teve sua última atualização em novembro de 2016, sendo que em janeiro de 2017 foi

apresentada uma nova metodologia denominada novo SICRO. Salienda-se que foram introduzidas algumas mudanças importantes na nova metodologia apresentada pelo DNIT no novo SICRO, entre elas, cita-se: a remuneração das obras devido à influência das chuvas e do tráfego, os benefícios e despesas indiretas (BDI) diferenciados para cada tipo de obra, e o canteiro de obras inserido na planilha de custos. Essas mudanças, em conformidade com a Lei 8.666/93, atenderam as solicitações tanto das empreiteiras quanto dos órgãos de controle, tornando o processo orçamentário das obras mais preciso e verossímil (BERTÚLIO E SANTOS, 2017).

Além das composições de custo para rodovias, o novo SICRO apresenta composições para serviços ferroviários e hidroviários, ampliando ainda mais o controle sobre o valor das obras. Ao mesmo tempo é importante salientar que devido as proporções continentais do nosso país e a grande diferença econômica e cultural de uma região para outra, os valores unitários para as composições de custos são calculados de forma independente entre os estados da federação. Desse modo, para o melhor entendimento, os manuais de custos de infraestrutura de transportes são divididos em volumes e os quais são apresentados a seguir:

- a) Volume 1 – Metodologia e Conceitos.
- b) Volume 2 – Pesquisa de Preços.
- c) Volume 3 – Equipamentos.
- d) Volume 4 – Mão de Obra (Parâmetros do CAGED, Encargos Sociais, Encargos Complementares, Consolidação dos Custos de Mão de Obra).
- e) Volume 5 – Materiais.
- f) Volume 6 – Fator de Influência de Chuvas.
- g) Volume 7 – Canteiros de Obras (Módulos Básicos e Projetos Tipo A3).
- h) Volume 8 – Administração Local.
- i) Volume 9 – Mobilização e Desmobilização.
- j) Volume 10 – Manuais Técnicos (Terraplenagem; Pavimentação/Usinagem; Sinalização Rodoviária; Concretos, Agregados, Armações, Fôrmas e Escoramentos; Drenagem e Obras de Arte Correntes; Fundações e Contenção; Obras de Arte Especiais; Manutenção e Conservação Rodoviária; Ferrovias; Hidrovias; Transportes; Obras Complementares e Proteção Ambiental).
- k) Volume 11 – Composições de Custos.

l) Volume 12 – Produções de Equipes Mecânicas.

Antes de apresentar a metodologia utilizada pelo SICRO, é importante definir alguns conceitos apresentados pelo DNIT, sendo o primeiro deles, a diferença entre preço de referência e preço de venda. Salienta-se que o primeiro deles consiste em uma estatística feita através de uma pesquisa coletando informações do mercado, desta forma, não inclui características do preço transacional dos produtos, servindo apenas como parâmetro. Já o preço de venda, leva em consideração no seu cálculo os custos do produto, além de serem inclusas as despesas indiretas e bonificações desejadas (DNIT, 2017a).

Outros conceitos que devem ser definidos são o custo direto e indireto de uma obra. Segundo o DNIT (2017a), custo direto significa a soma de todos os dispêndios que fazem parte da execução de algum serviço, sendo que seu valor pode ser calculado pela quantidade de insumos utilizados nos serviços, multiplicados pelos seus custos. Por outro lado, como custo indireto designa-se:

[...] o custo de toda a infraestrutura necessária para a sua execução e corresponde à soma dos custos auxiliares de apoio, tais como instalação e manutenção de canteiros de obras, alojamentos, instalações industriais, administração local, mobilização e desmobilização de equipamentos e pessoas. Embora não possam ser caracterizados como custos diretos, uma vez que não ocorrem especificamente em função da execução de determinado serviço, as atividades acima citadas terão tratamento analítico e deverão compor a planilha como itens de serviços independentes e com critério objetivo de medição (DNIT, 2017a, p.10).

Por fim, define-se o custo unitário do serviço, que é o somatório de custos de todos os insumos necessários e atividades auxiliares para a confecção de uma unidade. Já, o custo unitário de referência é uma composição de custos definida em função de parâmetros locais de preço, que leva em consideração além dos custos unitários dos serviços, elementos como momento de transporte, fator de interferência das chuvas (FIC) e fator de interferência do tráfego (FIT) (DNIT, 2017a).

A composição de custos do SICRO, é a organização dos custos unitários de serviço em uma planilha, que serve como uma ferramenta que auxilia na determinação dos insumos necessários para uma obra, tanto qualitativamente quanto quantitativamente. Para elaborá-las são necessárias diversas informações,

como produção do serviço, consumo dos insumos e materiais, taxas de utilização de mão de obra e materiais, atividades auxiliares, momentos de transporte e bonificações e despesas indiretas. As composições de custos podem ser em unidades horárias, quando representam ciclos de um processo, ou podem ser unitárias quando representam as quantidades de um determinado insumo. Também é comum nas planilhas do SICRO composições mistas que possuem parte da composição horária e parte unitária (DNIT, 2017a).

Segundo DNIT (2017a), as composições de custos podem ser consideradas principais ou auxiliares. As composições principais demonstram os serviços diretamente necessários para a execução de uma determinada obra, e nela estão contidas o BDI e os custos relativos aos momentos de transporte. Por outro lado, as composições auxiliares representam apenas parte de um determinado serviço, e geralmente está atrelado a algum insumo que faz parte de uma composição principal. Como exemplo de composição auxiliar, pode-se citar a usinagem do concreto asfáltico que faz parte da composição de aplicação do concreto asfáltico. Contudo, nas tabelas do SICRO, todas as composições são apresentadas como principais, sendo diferenciadas conforme a planilha criada pelo projetista, na Figura 2.10 é apresentado a composição relativa à implantação do Concreto Asfáltico como exemplo.

Figura 2.10 - Exemplo de Composição Principal

CGCIT		DNIT					
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul	FIC 0,00527				
Custo Unitário de Referência		Outubro/2018	Produção da equipe 83,00000 t				
4011462 Concreto asfáltico - 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	0,59	0,41	144,3583	68,8580	113,4032
E9530	Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW	1,00000	0,51	0,49	134,8612	60,1367	98,2462
E9545	Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras - 82 kW	1,00000	0,89	0,11	198,0275	97,7214	186,9938
				Custo horário total de equipamentos			398,6432
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo Horário Total		
P9824	Servente	8,00000	h	17,5188	140,1504		
				Custo horário total de mão de obra	140,1504		
				Custo horário total de execução	538,7936		
				Custo unitário de execução	6,4915		
				Custo do FIC	0,0342		
				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		
6416077	Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia extraída e brita produzida	1,02000	t	77,5000	79,0500		
				Custo total de atividades auxiliares	79,0500		
				Subtotal	85,5757		
E - TEMPO FIXO		Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário	
6416077	Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia extraída e brita produzida - Caminhão basculante 10 m³	5914649	1,02000	t	6,8700	7,0074	
				Custo unitário total de tempo fixo	7,0074		
F - MOMENTO DE TRANSPORTE		Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário
				LN	RP	P	
6416077	Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia extraída e brita produzida - Caminhão basculante 10 m³	1,02000	tkm	5914359	5914374	5914389	
				Custo unitário total de transporte			
				Custo unitário direto total			92,58

Obs:

Fonte: (DNIT, 2018)

Como padrão, todas as composições de custo possuem na parte superior o código do serviço, a data base e o estado de referência, a produção horária da equipe e o Fator de Interferência da Chuva. Em seguida, na letra A, é exposto os equipamentos que compõe o serviço, juntamente com suas quantidades, taxas de utilização e custo horário produtivo e improdutivo. A letra B, que quantifica a mão de obra necessária, é somada a letra A e a partir disso, obtém-se o custo horário de execução, que em seguida é transformado em custo unitário. Em seguida, a planilha demonstra as Letras C, D e E, que representam, respectivamente, os custos unitários relativos ao Material, Atividades Auxiliares e Tempo Fixo. Por fim, a composição apresenta a letra F, relativa aos Momentos de Transporte do Serviço, onde o SICRO informa apenas os custos unitários para os diferentes tipos de pavimentação. Destaca-se que esse item pode contribuir significativamente para o valor da obra, sendo assim cabe ao projetista completar os valores de distância de forma coerente.

A seguir, serão demonstradas as metodologias utilizadas no SICRO para determinar o custo unitário dos principais componentes dos serviços.

2.3.1. Produção das Equipes e Equipamentos

Nas composições do SICRO, para obter o custo unitário de produção é necessário conhecer a quantidade produzida de um serviço em um determinado período e o custo dessa produção. Sendo assim, é imprescindível entender os itens que compõe a produção horária das equipes e os componentes dos custos. O primeiro item a ser calculado, para obtenção da produção horária, é o ciclo de duração da operação realizada pelo equipamento, que começa com a partida de uma determinada posição até o seu retorno. Uma vez que existe a necessidade de mais de um equipamento para produção de um determinado serviço, é dimensionado e equilibrado através dos ciclos de duração de cada equipamento a quantidade de equipamentos da equipe. Esse conjunto é denominado patrulha, e ela busca o aproveitamento máximo do conjunto com o objetivo de reduzir o tempo de ociosidade das máquinas. Salienta-se que geralmente quando existe mais de um equipamento, a produção da equipe é fixada pela produção mecânica do líder da patrulha, o qual condiciona a atuação do restante da equipe (DNIT, 2017a).

Devido ao fato de que o ciclo individual de produção do equipamento, nem sempre corresponde ao ciclo produtivo de sua equipe, o SICRO considera dois

períodos de tempo diferentes na atuação dos equipamentos. O primeiro deles corresponde ao período produtivo do equipamento, ou seja, quando a máquina está efetivamente executando sua tarefa na frente de serviço. E o segundo corresponde ao período de tempo improdutivo do equipamento, que acontece quando o equipamento se encontra desligado, esperando que outro membro da equipe conclua sua tarefa (DNIT, 2017a).

Com relação a produção mecânica individual dos equipamentos, os métodos utilizados pelo SICRO levam em consideração os catálogos dos equipamentos, informação de fabricantes, conhecimento de profissionais, conferências realizadas em campo e critérios técnicos de engenharia. E as principais variáveis, segundo DNIT (2017a, p.25), são “capacidade, velocidade, tempo de ciclo, consumos específicos, espessura, afastamento, espaçamento, profundidade e fatores de correção”.

Como fatores de correção utilizados tem-se:

- a) Fator de Eficiência – Corresponde a relação entre o tempo de produção efetivo e o nominal do equipamento, sendo que o tempo efetivo é inferior devido as atividades de manutenção e preparação das máquinas no campo.
- b) Fator de Conversão – Determina o ajuste da capacidade nominal dos equipamentos com relação aos critérios de pagamento do serviço.
- c) Fator de Carga – Relação entre a capacidade nominal e a capacidade geométrica real do equipamento.

Depois de determinada a produção das equipes é necessário estabelecer critérios para obtenção do custo dessa produção. Para isso, o SICRO exige o conhecimento de diversos parâmetros acerca dos equipamentos, entre eles o custo de propriedade, o custo de manutenção e o custo de operação. A seguir, será apresentado sobre cada um desses custos individualmente e o que compõe cada um deles. Além disso, será apresentado quais custos compõe o período produtivo e o improdutivo (DNIT, 2017a).

O primeiro custo, referente à propriedade, é originado de três fatores, quais sejam: a depreciação do capital, a remuneração do capital e os custos referentes a impostos e seguros (DNIT, 2017a).

A depreciação do capital, Equação 8, consiste na parte do custo operacional devido à obsolescência da máquina e do seu desgaste durante sua vida útil. Apesar

dos valores de mercado dos equipamentos variarem conforme marca, modelo, ano e outros fatores as composições do SICRO consideram essa depreciação linear, calculada em termos médios, e as tomadas de preços dos valores de aquisição são estaduais. A vida útil, a qual depende muito das condições de uso dos equipamentos, igualmente é estimada em valores médios (DNIT, 2017a).

$$Dh = \frac{Va - Vr}{n - HTA} \quad (8)$$

Onde:

Dh = depreciação horária (R\$/h);

Va = valor de aquisição do equipamento (R\$);

Vr = valor residual (R\$);

n = vida útil (anos);

HTA = representa o total de horas trabalhadas por ano.

Para compensar o capital que poderia estar investido em alguma aplicação financeira, e está imobilizado para o desenvolvimento de algum serviço, o SICRO estabelece o custo horário dos juros dessa oportunidade. Para isso, é utilizado uma taxa de juros anual de 6,0%, e o valor médio investido pode ser calculado através da Equação 9 (DNIT, 2017a).

$$Vm = \frac{n + 1}{2n} x Va \quad (9)$$

Onde:

Vm = valor médio do investimento (R\$);

Va = valor de aquisição do equipamento (R\$);

n = vida útil (anos);

O último custo relativo à propriedade são os impostos e o seguros pagos nos equipamentos. Para os automóveis, esses custos são o Imposto de Propriedade de Veículos Automotores - IPVA e o Seguro Obrigatório. Porém, para os equipamentos de grande porte, por ocorrer uma baixa frequência de sinistros e o custo do seguro ser muito alto, muitas vezes os donos dos equipamentos arcam com esses riscos. A incidência destes dois itens geralmente não ultrapassa 2,5% do valor total do veículo, e é compensado pelo SICRO segundo a Equação 10 (DNIT, 2017a).

$$Ih = \frac{0,025 \times Vm}{HTA} \quad (10)$$

Onde:

Ih = custo horário dos seguros e impostos (R\$/h);

Vm = valor médio do investimento (R\$);

HTA = total de horas trabalhadas por ano.

O segundo item considerado no cálculo do custo, referente a propriedade, é a manutenção, apresentada na Equação 11. Nesse cálculo diversos coeficientes de manutenção dos equipamentos são resumidos por um fator k, dentre esses coeficientes, fornecidos pelos fabricantes e estimados por séries históricas, estão: a manutenção corretiva e preventiva, reparos em geral, substituição de peças e componentes, perda de produtividade devido ao tempo de manutenção e mão de obra da manutenção. A tabela completa com os coeficientes k pode ser consultada nos manuais do SICRO (DNIT, 2017a).

$$Mh = \frac{Va \times k}{n \times HTA} \quad (11)$$

Onde:

Mh = custo de manutenção horária (R\$/h);

Va = valor de aquisição do veículo (R\$);

k = coeficiente de manutenção;

n = vida útil (anos);

HTA = total de horas trabalhadas por ano.

Por fim, os manuais do SICRO consideram ainda o custo de operação dos equipamentos, neste item estão inclusos os custos com combustível, lubrificantes, filtros e graxas. Destaca-se que o custo com combustível é muito variável, dependendo de fatores como o tipo de equipamento, a função desempenhada e as condições de trabalho, sendo assim, as composições do SICRO consideram uma média dos valores fornecidos pelos fabricantes. Já o custo com lubrificantes, filtros e graxas é estabelecido como 15% do custo com combustíveis. Os coeficientes de consumo por tipo equipamentos estão resumidos na Tabela 2.9, e o cálculo do custo de operação apresentado na Equação 12 (DNIT, 2017a).

Além da remuneração devido aos custos dos combustíveis e demais insumos, o SICRO remunera a mão de obra dessas operações. Sua remuneração depende do equipamento e da complexidade de suas operações (DNIT, 2017a).

Tabela 2.9 - Coeficiente de consumo de combustíveis, lubrificantes, filtros e graxa

Descrição dos Equipamentos	Coef. de Consumo
Equipamentos a diesel	0,18 l/kWh
Caminhões e veículos a diesel	0,18 l/kWh
Equipamentos e veículos a gasolina	0,20 l/kWh
Equipamentos elétricos	0,85 kWh/kWh
Veículos a álcool	0,28 l/kWh

Fonte: (DNIT, 2017a, p.93)

$$Cc = P \times Fc \times Vc \quad (12)$$

Onde:

Cc = custo horário de combustíveis, lubrificantes, filtros e graxas (R\$/h);

P = potência do motor (kW);

Fc = coeficiente de consumo (l/kWh ou kWh/kWh);

Vc = valor do combustível (R\$).

Finalmente, depois de apresentados todos os custos relativos aos equipamentos, é possível discriminar quais serão considerados no cálculo horário produtivo e improdutivo dos veículos. Na Equação 13 estão descritos os itens do custo produtivo, e a Equação 14 expõe os componentes do custo improdutivo.

$$Chp = Dh + Jh + Mh + Cc + Cmo + Ih \quad (13)$$

Onde:

Chp = custo horário produtivo (R\$/h);

Dh = depreciação horária (R\$/h);

Jh = custo horário dos juros da oportunidade de capital (R\$/h);

Mh = custo horário da manutenção (R\$/h);

Cc = custo horário de combustíveis, lubrificantes, filtros e graxas (R\$/h);

Cmo = custo horário com mão de obra de operação (R\$/h);

Ih = custo horário com seguros e impostos (R\$/h).

$$Chi = Cmo + Dh + Jh + Ih \quad (14)$$

Onde:

Chi = custo horário improdutivo (R\$/h);

Cmo = custo horário com mão de obra de operação (R\$/h);

Dh = depreciação horária do equipamento (R\$/h);

Jh = custo horário dos juros da oportunidade de capital (R\$/h);

Ih = custo horário com seguros e impostos (R\$/h).

2.3.2. Mão de Obra

Na organização dos custos de um serviço, o SICRO divide em quatro parcelas os custos originados pela mão de obra, são eles: salários, encargos sociais, encargos complementares e adicionais. Essa divisão é feita com base na jornada normal de trabalho, sendo que se necessário, ainda podem ser acrescidos, em casos excepcionais, os custos devido a insalubridade, periculosidade ou trabalhos noturnos (DNIT, 2017a).

Os salários são obtidos mensalmente através dos arquivos do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED) do Ministério do Trabalho e Emprego, sendo que nessa metodologia foram analisadas apenas empresas com mais de 50 funcionários para se aproximar da realidade das empresas executoras das obras. Além dos salários, através do CAGED são obtidos os dados referentes aos desligamentos em carteira profissional. No SICRO é apresentado o salário mensal médio ou o salário horário médio, a depender da categoria, que é determinada para todos os estados e o Distrito Federal através de equivalências entre categorias profissionais do SICRO e da Classificação Brasileira de Ocupações (CBO). As categorias profissionais foram divididas em grupos, havendo para cada conjunto um teto salarial de 3 vezes o desvio padrão positivo. As categorias do SICRO são representadas pelos grupos de: oficiais, ajudantes, operadores, encarregados, motoristas, técnicos, nível superior e administrativos (DNIT, 2017a).

Segundo DNIT (2017a, p.51), os encargos sociais são “(...) as contribuições pagas pelo empregador e incidem diretamente sobre os salários, de acordo com a legislação vigente.”. No SICRO, os encargos sociais estão divididos em quatro grupos, quais sejam Grupo A, B, C e D.

No Grupo A, descrito na Tabela 2.10, estão as obrigações comuns a todas as categorias profissionais, regimes de trabalho e unidades da federação. No Grupo B, estão contidos os encargos onde o colaborador não se encontra prestando o serviço diretamente, mas possui o direito a remuneração, fazem parte do Grupo B o repouso remunerado (domingos), feriados, férias de 30 dias, auxílio enfermidade, auxílio de acidente de trabalho, licença paternidade, 13º salário e as faltas justificadas. Ao contrário do Grupo A, os encargos do Grupo B são calculados de forma individual para cada categoria e são definidos em termos médios de horas efetivas trabalhadas no ano (DNIT, 2017a).

Por sua vez, o Grupo C representa os encargos relativos às demissões dos funcionários, fazendo parte deste o aviso prévio indenizado, o aviso prévio trabalhado, férias indenizadas, depósito por rescisão sem justa causa e indenização adicional. No Grupo D encontram-se as reincidências de um grupo de encargos sobre outro (DNIT, 2017a).

Tabela 2.10 - Encargos Sociais do Grupo A no Rio Grande do Sul

Parcela da Contribuição	Fator (%)
Previdência Social	20,00%
FGTS	8,00%
Salário Educação	2,50%
SESI	1,50%
SENAI/SEBRAE	1,60%
INCRA	0,20%
Seguro (INSS)	3,00%
Total do Grupo A	36,80%

Fonte: (Adaptado de DNIT, 2017a)

Além dos encargos dos Grupos A, B, C e D estabelecidos na Constituição, foram criados os encargos complementares que também são pagos pelos empregadores. Estes encargos oriundos de convenções coletivas e acordos que regulamentam cada categoria, existem para suprir necessidades dos trabalhadores da construção civil pesada. O primeiro desses custos é relativo à alimentação, a qual complementa 5 refeições diárias (café da manhã, almoço, lanche da tarde, jantar e ceia). Do mesmo modo, é considerado um encargo complementar a despesa com transportes, o qual foi definido como 1 viagem semanal, em ônibus, com uma distância média de 150 km. Além destes dois, são considerados encargos complementares o consumo de ferramentas manuais, os equipamentos de proteção individual e os exames médicos operacionais (DNIT, 2017a).

Por fim, o SICRO possui como parcela dos custos originados pela mão de obra os encargos adicionais, representados pelas bonificações específicas de algumas funções desempenhados pelos trabalhadores, sendo que somente são consideradas as mais relevantes e recorrentes. São contemplados nos encargos adicionais seguro de vida e auxílio funeral, cesta básica e assistência médica e odontológica, os quais são diferentes para cada unidade federativa do Brasil (DNIT, 2017a).

2.3.3. Fatores de Interferência

Uma das novidades do novo SICRO, com relação às metodologias anteriores, é a inclusão do fator de interferência do tráfego (FIT) e do fator de interferência da chuva (FIC) em alguns dos serviços de obras rodoviárias, sendo que sua inclusão se deve a perda de produtividade gerada por eles. O FIC e o FIT são aplicados apenas sobre o custo da mão de obra e dos equipamentos, não incidindo sobre os materiais. Pontua-se que o FIT depende de dois parâmetros e é incluso nos seguintes tipos de obra: restauração rodoviária, construção de terceira faixa, melhoramentos e adequação de capacidade, duplicação de rodovia e conservação na pista (DNIT, 2017a).

O primeiro parâmetro para o cálculo do FIT é o VDM, e esse fator varia de 5% a 15% a depender do tráfego, sendo considerado tráfego baixo 2000 veículos, e tráfego alto 11000 veículos. O segundo parâmetro considerado para o cálculo do FIT é a proximidade de centros urbanos, que geram perda de produção devido a presença do tráfego de pedestres, bicicletas e motocicletas, vandalismos e roubos, restrição dos horários de trabalho e interferência de redes públicas de esgoto, água e luz. As perdas devido ao segundo parâmetro são consideradas de até 5% no SICRO, sendo que a perda total devido a FIT pode chegar até 20% (DNIT, 2017a).

Outro fator que influencia diretamente no andamento das obras em diferentes graus de intensidade é a chuva, para isso o novo SICRO estabelece o FIC para obras executadas ao ar livre. A metodologia utilizada pelo SICRO para determinação desse fator, leva em consideração o solo, a atividade desempenhada e a intensidade pluviométrica e é calculada pela Equação 15. Destaca-se que o FIC é calculado de forma individual para cada unidade da federação (DNIT,2017a).

$$FIC = f_a \times f_p \times f_e \times n_d \quad (15)$$

Onde:

f_a = fator da natureza da atividade;

f_p = fator de permeabilidade do solo;

f_e = fator de escoamento superficial;

n_d = fator de intensidade das chuvas, que representa o percentual médio de dias efetivamente paralisados em função das chuvas.

É importante ressaltar que os valores de intensidade das chuvas são em termos médios dos estados, e que possíveis diferenças em relação às mesorregiões foram desconsideradas. Porém, caso exista a necessidade, o projetista pode determinar essa interferência buscando os dados de no mínimo 3 estações pluviométricas próximas do local de realização da obra. Por fim, destaca-se que as tabelas completas com os fatores necessários para o cálculo da fórmula do FIC estão dispostas no Volume 1 dos Manuais do SICRO, lembrando-se que esses fatores variariam de 0,25 a 1,5 (DNIT, 2017a).

2.3.4. Canteiro de Obras e Administração Local

Em sua definição, o DNIT (2017a) distingue o canteiro de obras em duas áreas principais, sendo a primeira a parte operacional da edificação e a segunda área de convivência. É importante ressaltar que ambos os espaços devem ser separados, e conter a área mínima de ventilação natural para garantir o conforto e a segurança destes ambientes, além de prover a máxima eficiência, minimizando o deslocamento dos insumos.

Salienta-se que na parte operacional da edificação são feitas atividades diretamente ligadas com a obra. Segundo o DNIT (2017a, p.145), são exemplos de edificações componentes da parcela operacional do canteiro de obras “(...) oficinas, escritórios, almoxarifados, depósitos, usinas, centrais, postos de abastecimento, estacionamentos, guaritas, entre outros”.

Por sua vez, a área de convivência do canteiro, tem por função atender as necessidades básicas de higiene pessoal, descanso, alimentação, saúde e convivência dos colaboradores. Acrescenta-se como exemplo, segundo o DNIT (2017a, p.145), as áreas de: “instalações sanitárias, vestiários, alojamentos, refeitórios, cozinhas, escolas, creches, ambulatórios e espaços de esporte e lazer”.

Devido a necessidade de diferenciar as estruturas necessárias para o desenvolvimento do canteiro de obras, a depender do tipo de serviço e do porte da obra, foi adotado uma metodologia que contemplasse essa carência. Nessa metodologia é levado em consideração os seguintes elementos de projeto (DNIT, 2017a):

- a) Cronograma de mão de obra – número de funcionários para cada etapa, determinando a movimentação máxima de pessoal;

- b) Cronograma de uso de materiais e equipamentos – estimar área necessária para armazenamento;
- c) Cronograma físico da obra - informação fundamental para a definição do material constituinte das edificações;
- d) Distribuição física geral;
- e) Infraestrutura - captação de água, instalação de redes de energia, de esgoto, telefonia e mobiliário a ser utilizado nos escritórios;
- f) Cronograma do canteiro de obras - implantação e desmobilização das instalações;
- g) Distribuição física detalhada.

Na confecção do canteiro de obra podem ser utilizados materiais como madeira, alvenaria ou estruturas metálicas (contêineres), e sua escolha vai depender do tipo de obra e seu respectivo tempo de duração. Para orçar o canteiro de obras, o SICRO utiliza de correlações com o custo médio da construção civil por metro quadrado (CMCC), obtidos no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Com o objetivo de tornar essa correlação mais precisa, o SICRO estabelece fatores de ajuste e equivalência, pois as obras orçadas pelo SINAPI geralmente possuem um padrão de qualidade mais elevado. O primeiro fator considerado no cálculo do custo do canteiro de obras (k_1) vale 0,8 para canteiros provisórios e 1,0 para canteiros permanentes. O segundo fator (k_2), está relacionado com o mobiliário do canteiro e é apresentado na Tabela 2.11. O último fator (k_3), por sua vez, é relacionado com a distância dos fornecedores e a condição do pavimento, e está apresentado na Tabela 2.12 (DNIT, 2017a).

Tabela 2.11 - Fator de mobiliário das instalações dos canteiros tipo

Canteiro de Obras	k2
Construção e restauração rodoviária de pequeno ou médio porte	1,05
Construção e restauração rodoviária de grande porte	1,04
Conservação rodoviária	1,13
Construção ou recuperação, reforço e alargamento de obras de arte especiais de pequeno porte	1,06
Construção ou recuperação, reforço e alargamento de obras de arte especiais de médio ou grande porte	1,04
Construção ferroviária	1,05

Fonte: (DNIT, 2017a, p. 155)

Além destes fatores, para o cálculo do custo de instalação do canteiro de obras, Equação 16, o SICRO determina a transformação das áreas do canteiro pelo Fator de Equivalência de Áreas Cobertas (FEAC). Essa transformação permite a comparação com o CMCC, validando esses valores tanto para canteiros fixos quanto para canteiros provisórios, os quais podem ser conferidos na Tabela 2.13 (DNIT, 2017a).

Tabela 2.12 - Fatores de ajuste da distância do canteiro aos centros fornecedores

k3	Condição do Pavimento	Leito Natural	1 + 0,0014 x DT
		Revestimento Primário	1 + 0,0009 x DT
	Rodovia Pavimentada	1 + 0,0008 x DT	

Fonte: (Adaptado de DNIT, 2017a)

$$CCO = \left[\left(k1 \times k2 \times k3 \times \sum AC \times FEAC \right) + \left(\sum AD \times FEAD \right) \right] \times CMCC + CII \quad (16)$$

Onde:

CCO = custo total do canteiro de obras e de suas instalações industriais;

k1 = fator de ajuste do padrão de construção (provisório ou permanente);

k2 = fator de mobiliário;

k3 = fator de ajuste da distância do canteiro aos centros fornecedores;

AC = áreas das edificações consideradas cobertas e com vedação lateral;

FEAC = fatores de equivalência de áreas cobertas das instalações;

AD = áreas descobertas ou sem vedação lateral;

FEAD = fator de equivalência de áreas descobertas;

CII = custo específico das instalações industriais;

CMCC = custo médio da construção civil por metro quadrado, calculado pelo IBGE e divulgado pelo SINAPI mensalmente e por unidade da federação.

Inserido no canteiro de obras, geralmente encontra-se localizada uma administração local, exercida por profissionais técnicos e administrativos, que serve de apoio para as atividades desempenhas durante o serviço. Os custos desse setor precisam ser devidamente levantados no período do orçamento, e geralmente abrangem, além da mão de obra especializada, gastos com materiais de consumo no expediente, custos com água, luz e energia, custos com aluguéis e segurança (DNIT, 2017a).

Tabela 2.13 - Fatores de equivalência de áreas cobertas das instalações

Instalações Cobertas FEAC	FEAC
Escritório e seção técnica	70,00%
Alojamentos	70,00%
Residências	70,00%
Refeitório e cozinha	70,00%
Banheiros e vestiário	70,00%
Guarita	70,00%
Ambulatório	60,00%
Sala de topografia	60,00%
Laboratórios	60,00%
Almoxarifado	50,00%
Depósito de cimento	50,00%
Oficina	50,00%
Área de recreação	50,00%

Fonte: (Adaptado de DNIT, 2017a)

2.3.5. Outros custos

Além dos custos já relacionados, o SICRO ainda considera outros nos serviços de infraestrutura de transportes, entre eles citam-se as despesas com materiais e o custo com a mobilização e desmobilização das equipes. Para a determinação do preço dos materiais, o SICRO coleta preços em todas as capitais do país, em estabelecimentos credenciados, e respeita as seguintes premissas: preços se referem a pagamento a vista, preços oferecidos a grandes consumidores evitando-se o varejo e qualidade compatível com especificações do DNIT.

Destaca-se que devido ao grande número de materiais a serem pesquisado, o SICRO organiza grupos de itens previamente cadastrados, destes grupos, é determinado um líder que tenha representatividade e capilaridade para pesquisa. É importante ressaltar que em algumas composições, onde o preço do insumo possui uma volatilidade muito grande, a tabela do SICRO aparece sem essa informação, sendo necessário que o projetista complete a planilha com o preço pesquisado. Um exemplo disso são os ligantes asfálticos, os quais constam sem preço nas planilhas de usinagem do concreto asfáltico (DNIT, 2017a).

Segundo DNIT (2017a, p.161), a definição de mobilização e desmobilização da obra, Equação (17), é o "(...) conjunto de operações que o executor deve providenciar com intuito de transportar seus recursos, em pessoal e equipamentos, até o local da obra, e fazê-los retornar ao seu ponto de origem, ao término dos trabalhos". Salienta-se que devem ser respeitados os seguintes critérios: todas as

capitais das unidades federativas possuem capacidade de fornecer mão de obra e equipamentos para as necessidades básicas da obra, as ferramentas e equipamentos são deslocados em conjunto com a frota, não são considerados improdutividades nos deslocamentos e para cada mobilização haverá uma desmobilização de mesmo valor (DNIT, 2017a).

$$CM_{ob} = \frac{DM \times K \times FU}{V} \times CH \quad (17)$$

Onde:

CMob = custo de mobilização da obra;

DM = distância de mobilização da obra (km)

K = fator relacionado à necessidade de retorno do veículo a sua origem;

FU = fator de utilização do veículo transportador;

V = velocidade média de transporte, em km/h ou nós;

CH = custo horário do veículo transportador.

Por fim, o SICRO ainda estabelece as Bonificações e Despesas Indiretas (BDI), este item tem por objetivo compensar financeiramente o empreiteiro devido aos custos que não incidem diretamente sobre a obra, mas que são necessários para que a mesma aconteça. O BDI pode ser dividido em 3 partes, a primeira delas, relativa as despesas indiretas, é composta dos custos com Administração Central, Seguros e Garantias Contratuais, Despesas Financeiras e Riscos. Outra parte do BDI é composta pelo Lucro, responsável por remunerar a capacidade técnica da empresa por executar a obra de forma competente. Destaca-se ainda que o BDI é composto pelos impostos a serem pagos pela execução da obra. Dentre os impostos cita-se: PIS, COFIN, ISSQN e CPRB (DNIT, 2017a).

2.4. ENGENHARIA ECONÔMICA

A limitação do capital disponível e a crescente demanda de serviços e necessidades, fazem com que, cada vez mais, se busque otimizar a alocação dos recursos. Para isso, a análise das diferentes possibilidades de investimentos deve ser efetuada através das técnicas de Engenharia Econômica e dessa forma avaliadas e classificadas em termos monetários. Salienta-se que em algumas situações, apenas a utilização da matemática financeira não é suficiente para uma

análise apurada. Sendo nesses casos importante a complementação dos estudos através de disciplinas como Probabilidade, Estratégia Empresarial e Simulações (CASAROTTO E KOPITTKKE, 2010).

Ainda segundo Casarotto e Kopittke (2010), nas análises de engenharia econômica é importante considerar alguns princípios, quais sejam:

- a) Deve existir diferentes alternativas de investimentos;
- b) A unidade das alternativas deve ser em termos monetários;
- c) Apenas as diferenças entre as alternativas devem ser consideradas;
- d) Deve ser sempre considerado o emprego de juros sobre o capital;

2.4.1. Inflação e seus Efeitos

Em vários países, bem como no Brasil, é possível observar a variação histórica nos preços de bens e serviços alterando o poder de compra dos consumidores. Quando esses preços sobem acontece o que é chamado de inflação, por sua vez, quando esses preços diminuem ocorre uma deflação. Destaca-se que o fenômeno mais comum é o de inflação, ou seja, uma determinada quantia “X” de dinheiro perde sua capacidade de compra ao longo do tempo, passando a comprar uma menor quantidade de bens ou serviços se comparado com o mesmo valor “X” no passado. Devido a estas circunstâncias é fundamental a consideração da inflação em estudos com grandes intervalos de tempo (FABRYCKY E THUESEN, 2001).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2019), o índice que mede a inflação, no Brasil, de diversos produtos e serviços do varejo, com relação ao consumo das famílias, é o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo – IPCA. Este indicador é calculado pelo Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor – SNIPC e abrange cerca de 90% das famílias residentes em áreas urbanas. A pesquisa do IPCA é realizada em diversas capitais e regiões metropolitanas do país. Na Tabela 2.14 apresenta-se a série histórica de inflação no Brasil, no período de janeiro de 1994 a junho de 2019, ressaltando que em nenhum momento deste período houve deflação.

Para calcular os efeitos da inflação é necessário a definição de alguns conceitos. O primeiro deles é a diferenciação entre valor Atual e valor Constante da moeda, sendo que o valor Atual representa o dinheiro ao longo do tempo, considerando a inflação de forma implícita, significando o valor registrado nas

transações do varejo e dos serviços. Por outro lado, o valor Constante é um valor hipotético que representa o poder de compra do dinheiro, com base em um determinado ano. Tendo essas definições em mente, deve-se ressaltar que nas taxas de mercado (i) a taxa inflação (f) já está embutida, não sendo realizado a separação. Para saber o ganho real de capital, ou seja, o acréscimo de dinheiro sem contar a inflação, é necessário utilizar a taxa de mercado livre de inflação (i') (FABRYCKY E THUESEN, 2001).

Tabela 2.14 - Variação (%) Anual - IPCA janeiro de 1994 a dezembro de 2018

Ano	IPCA (%)	Ano	IPCA (%)	Ano	IPCA (%)
1994	916,46	2003	9,30	2012	5,84
1995	22,41	2004	7,60	2013	5,91
1996	9,56	2005	5,69	2014	6,41
1997	5,22	2006	3,14	2015	10,67
1998	1,65	2007	4,46	2016	6,29
1999	8,94	2008	5,90	2017	2,95
2000	5,97	2009	4,31	2018	3,75
2001	7,67	2010	5,92		
2002	12,53	2011	6,50		

Fonte: (Adaptado de IBGE, 2019)

Utilizando a Equação (18), é possível determinar o valor no futuro de uma certa quantia de dinheiro. Salienta-se que essa quantia é calculada em termos de valores Atuais da moeda. Da mesma forma, é possível determinar o quanto um valor no período atual valia no passado, dividindo o valor pela taxa de juro elevado no número de anos (n).

$$F = Px(1 + f)^n \quad (18)$$

Onde:

F = Valor Futuro

P = Valor Presente

f = Taxa de inflação ao ano

n = Número de anos

2.4.2. Valor Presente Líquido (VPL)

O critério do Valor Presente Líquido (VPL) é uma das técnicas mais utilizadas na comparação de diferentes tipos de investimentos por conta da simplicidade de

sua aplicação. Esse método consiste em transferir todos os benefícios e custos estimados durante o período de projeto, descontados de uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA), para o presente. Destaca-se que quando o VPL é positivo, o projeto pode ser considerado viável, ao contrário de quando o mesmo possui uma resultante negativa. O VPL pode ser facilmente calculado utilizando a Equação (19) (SANTOS, 2011).

$$VPL = \sum_{t=0}^n F_t x (1 + i)^{-t} \quad (19)$$

Onde:

VPL = Valor Presente Líquido

n = Período de projeto

Ft = Valor Futuro

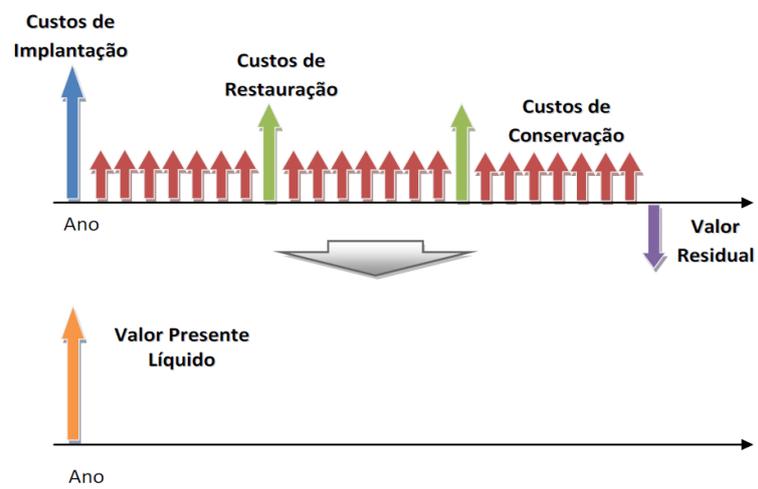
i = Taxa Mínima de Atratividade

t = Tempo de aplicação

Salienta-se que no cálculo do VPL é de suma importância a correta definição da Taxa Mínima de Atratividade (TMA), para que o valor obtido seja verossímil. A TMA em si, consiste em uma taxa mínima de juros, determinada pelo projetista, que se equivale a um possível investimento do capital, caso o mesmo não fosse aplicado no projeto. A rentabilidade dessa taxa depende do quanto o investidor desejaria minimamente lucrar com um possível investimento de alta liquidez e baixo risco. Para pessoas físicas é usual que a TMA possua a mesma rentabilidade de investimentos como a caderneta de poupança ou outras aplicações de renda fixa, por outro lado, a determinação dessa taxa para empresas é mais complexo, podendo levar em consideração a meta de crescimento do patrimônio líquido da empresa (CASAROTTO E KOPITTKKE, 2010).

Conforme exemplificado por Santos (2011, p. 62), a análise dos custos de implantação e manutenção de uma rodovia, através do VPL, podem ser ilustrados pela Figura 2.11.

Figura 2.11 - Método do valor presente líquido



Fonte: (SANTOS, 2011, p. 62)

3. METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentada a sequência de estudos envolvidos nesta pesquisa, ou seja, o passo a passo para chegar nos resultados. Além disso, nesta seção serão expostas as premissas básicas que norteiam este estudo.

Assim, serão exibidos, na sequência: os critérios de Tráfego e os parâmetros Geotécnicos adotados, as tomadas de decisões para o dimensionamento através do método DNER e verificação através do programa MeDiNa, além do dimensionamento utilizando o *software* MeDiNa, a partir de premissas básicas, os critérios adotados para orçar as obras através do SICRO, e as premissas econômicas que norteiam a análise dos resultados através das técnicas de Engenharia Econômica.

3.1. AVALIAÇÃO DO TRÁFEGO

O primeiro passo para a realização deste estudo foi a obtenção dos dados de tráfego da RSC-287. Para isso, foi adotado como representante do trecho o tráfego diário médio no posto de pedágio do Município de Venâncio Aires. A obtenção destes dados foi feita no site da EGR onde as informações constam em valores brutos mensais por categoria, desde julho de 2013 até dezembro de 2018. Após compilados todos dados mensais do site, calculou-se o volume diário médio de veículos que passaram neste local em cada ano, sendo em seguida calculado a média do VDM entre os anos. O resumo destes dados se encontra na Tabela 3.1.

Cabe ressaltar que as categorias no site da EGR eram apresentadas apenas pelo número de eixos de cada veículo, sendo assim, foi necessária sua transformação para os eixos padrão utilizados no cálculo dos valores de FEC pelo método da USACE. Na Tabela 3.2 são apresentadas as relações utilizadas neste estudo. Além disso, tendo em vista que as classes não apresentaram nenhum tipo de uniformidade na variação dos VDMs de ano para ano, o aumento do volume de tráfego nos períodos posteriores foi representado através da estimativa de crescimento do PIB extraída do relatório Focus, do Banco Central do Brasil, tendo como mês de referência maio de 2019. Neste documento, a expectativa de mercado para o crescimento do PIB para os próximos anos foi de 2,5%, sendo este valor adotado no projeto.

Tabela 3.1 - VDM anual

Categorias	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Média Diária
1	7423	8045	8141	8241	8532	8433	8135,8
2	934	991	1095	1173	1185	1106	1080,5
3	959	951	762	677	684	682	785,8
4	164	167	232	279	260	245	224,3
5	257	222	179	167	159	159	190,4
6	363	364	309	306	258	279	313,3
7	44	48	52	58	61	61	53,6
8	10	11	11	12	13	13	11,5
9	48	42	25	37	50	61	43,7
10	1	1	2	3	2	2	2,0
11	9	6	7	10	11	11	9,1
12	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: (Adaptado de EGR, 2019)

Tabela 3.2 - Transformação das categorias utilizadas pela EGR em eixo padrão

Categorias Conforme EGR		Tipo de Eixo - USACE
1	Veículos de Passeio e Utilitários com 2 eixos	
2	Veículos Comerciais com 2 eixos	ESRS e ESRD
3	Veículos Comerciais com 3 eixos	ESRS e ETD
4	Veículos Comerciais com 4 eixos	ESRS e ETT
5	Veículos Comerciais com 5 eixos	ESRS ESRD e ETT
6	Veículos Comerciais com 6 eixos	ESRS ETD e ETT
7	Veículos de Passeio e Utilitários com 2 eixos e Reboque com 1 eixo	
8	Veículos de Passeio e Utilitários com 2 eixos e Reboque com 2 eixos	
9	Veículos Comerciais com 7 eixos	ESRS ESRD ETD e ETT
10	Veículos Comerciais com 8 eixos	ESRS ETD ETD e ETT
11	Veículos Comerciais com 9 eixos	ESRS ETD ETT e ETT
12	Veículos Comerciais com mais de 9 eixos	

Fonte: (Adaptado de EGR, 2019)

Em seguida, para o cálculo do FEC, valor necessário para obtenção do Fator de Veículo (FV), admitiu-se que todos os eixos estariam carregados com suas respectivas máximas cargas legais (Tabela 3.3) e utilizou-se as Equações contidas na Tabela 2.3 para o cálculo. Salienta-se que para o Eixo Simples de Rodas Simples foi utilizada a Equação para carga menor que 8 toneladas do item eixo Dianteiro Simples da mesma Tabela 2.3. E para o Eixo Simples de Rodas Duplas adotou-se a Equação para carga maior que 8 toneladas do item eixo Dianteiro Simples. Destaca-se que o valor obtido de FV foi de 8,42.

Na sequência, ainda na determinação dos fatores que fazem parte do cálculo do número de solicitações de projeto "N", adotou-se Fator de Sentido de 0,5 pelo

fato de que a contagem do tráfego na praça de pedágio de Venâncio Aires é bidirecional. Também foi admitido Fator de Frota e do Fator Climático Regional com valor igual a 1, seguindo a recomendação do DNIT. Por fim, mesmo sendo calculado o “N” para uma pista dupla, considerou-se um Fator de Distribuição igual a 1, com base no critério de demanda reprimida, pelo qual entende-se que a partir do momento em que a via apresentar melhores condições, seu volume de tráfego irá aumentar. Para chegar no valor de “N” utilizou-se a Equação 1, que estima o crescimento de forma linear do “N” em função do tempo de projeto.

Tabela 3.3 - FEC por Categoria

	Carga Máxima Legal	FEC - USACE
Eixo Simples de Rodas Simples	6	0,277913721
Eixo Simples de Rodas Duplas	10	3,289466511
Eixo Tandem Duplo	17	8,548801619
Eixo Tandem Triplo	25,5	9,299809

Fonte: (Elaborado pelo autor, 2019)

A seguir, na Tabela 3.4, apresenta-se o valor de “N” e o valor de “N” Acumulado para o horizonte de projeto de 30 anos:

Tabela 3.4 – N de projeto a cada ano

	N	N Acumulado		N	N Acumulado
Ano 0	6,11E+06	6,11E+06	Ano 15	8,84E+06	1,18E+08
Ano 1	6,26E+06	1,24E+07	Ano 16	9,06E+06	1,27E+08
Ano 2	6,42E+06	1,88E+07	Ano 17	9,29E+06	1,37E+08
Ano 3	6,58E+06	2,54E+07	Ano 18	9,52E+06	1,46E+08
Ano 4	6,74E+06	3,21E+07	Ano 19	9,76E+06	1,56E+08
Ano 5	6,91E+06	3,90E+07	Ano 20	1,00E+07	1,66E+08
Ano 6	7,08E+06	4,61E+07	Ano 21	1,03E+07	1,76E+08
Ano 7	7,26E+06	5,33E+07	Ano 22	1,05E+07	1,87E+08
Ano 8	7,44E+06	6,08E+07	Ano 23	1,08E+07	1,98E+08
Ano 9	7,63E+06	6,84E+07	Ano 24	1,10E+07	2,09E+08
Ano 10	7,82E+06	7,62E+07	Ano 25	1,13E+07	2,20E+08
Ano 11	8,01E+06	8,42E+07	Ano 26	1,16E+07	2,31E+08
Ano 12	8,21E+06	9,25E+07	Ano 27	1,19E+07	2,43E+08
Ano 13	8,42E+06	1,01E+08	Ano 28	1,22E+07	2,56E+08
Ano 14	8,63E+06	1,09E+08	Ano 29	1,25E+07	2,68E+08

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

3.2. PARAMETROS GEOTÉCNICOS

Após verificado o número de solicitações “N” de projeto, foram obtidos os parâmetros geotécnicos necessários para determinar as espessuras das estruturas asfálticas, servindo tanto para o Método do DNER, quanto para o Medina. Para isso utilizou-se como base, a classificação dos solos e materiais rochosos existente no Anteprojeto de Engenharia para Duplicação e Reabilitação das Pistas Existentes da BR-158, no contorno do Município de Santa Maria (RS), realizado pelo DNIT em novembro de 2012. Este documento foi utilizado como base por possuir estudos geotécnicos localizados próximos da duplicação da RSC-287, objeto deste estudo. Porém, salienta-se que as condições geológicas do trecho variam muito devido a sua grande extensão. O Anteprojeto também foi utilizado por apresentar uma lista de possíveis fornecedores para brita e areia, juntamente com as características dos respectivos materiais, sendo possível correlacionar os dados para o presente estudo sem grandes distorções.

Segundo o DNIT (2012), a região central do estado do Rio Grande do Sul, apresenta materiais geologicamente inseridos na Depressão Central, sendo encontrados solos arenoargilosos, argiloarenosos e argilosos. Em sua grande maioria, os solos presentes no estudo do DNIT apresentaram boas condições para servir como camada final de terraplanagem, apresentando um CBR (*California Bearing Ratio*) maior ou igual a 8%. Desta forma, para a realização dos estudos de duplicação da RSC-287, adotou-se um CBR de 8% para o subleito. Com relação ao material componente do reforço do subleito, foi admitido um CBR de 12% tendo em vista o aumento da resistência do solo quando reposicionado e compactado.

Em seguida, para os materiais rochosos, componentes das camadas Brita Graduada Simples (BGS) e Macadame Seco também admitiu-se valores iguais aos do estudo do DNIT (2012), nos quais, os materiais fornecidos pela Brita Pinhal Industria e Comercio Ltda, já haviam sido utilizados em outras rodovias e obtiveram bons resultados durante o uso, suas características estão resumidas na Tabela 3.5. Porém, ainda que estes materiais apresentem boas propriedades, no cálculo das espessuras pelo Método do DNER, fixou-se o CBR em um valor máximo igual a 20%, seguindo as determinações do DNIT.

Depois de determinados os materiais, para realizar as verificações, foi necessário estabelecer a relação dos mesmos com os materiais já cadastrados no

programa MeDiNa. Utilizou-se essa relação, disposta na Tabela 3.6, para a verificação, através do *software* MeDiNa, dos dimensionamentos realizados pelo Método do DNER. Posteriormente, para os novos pavimentos, com estruturas pré-definidas, dimensionados diretamente no *software* MeDiNa, também foram utilizados os dados da Tabela 3.6.

Tabela 3.5 - Propriedades das rochas da Brita Pinhal Industria e Comercio Ltda

Propriedade	Unidade	
Massa Específica Aparente	2,48	kg/dm ³
Massa Específica Real	2,65	kg/dm ³
Absorção de Água	2,59 %	
Abrasão Los Angeles (Faixa B)	15 %	
Durabilidade (Faixa B)	2,27 %	

Fonte: (Adaptado de DNIT, 2012, p.52)

Tabela 3.6 – Materiais padrão das camadas de base adotados no programa MeDiNa

Camada	Materiais Adotados	Módulo (MPa)	Massa específica (g/cm³)	Coefficiente de Poisson
Base	Brita Graduada - Gnaisse C5	381	2,223	0,35
Sub-Base	Brita Graduada - Gnaisse C3	265	2,111	0,35
Reforço no Subleito	Solo Areno-Argiloso LG'2	248	1,8	0,45
Subleito	Subleito Solo Siltoso NS'	189	1,8	0,45

Fonte: (Adaptado de FRANCO E MOTTA, 2018)

3.3. DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DO DNER E VERIFICAÇÃO PELO PROGRAMA MEDINA

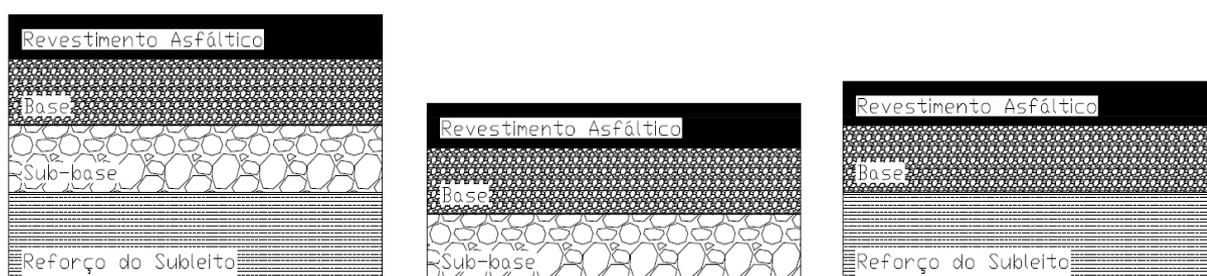
A primeira forma de dimensionamento do estudo foi realizada através do Método do DNER, procedimento criado pelo engenheiro Murillo Lopes de Souza no início da década de 1960, buscando normatizar a construção das rodovias nacionais e recomendado atualmente, após revisões, nos Manuais do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Adotou-se como critério de cálculo, priorizar o aumento de espessura primeiramente das camadas inferiores em detrimento das superiores, sempre atendendo as espessuras necessárias para a proteção das camadas de base, resultantes das inequações do método. Essa escolha de prioridades foi feita tendo em vista que as camadas inferiores possuem um custo

menor que as superiores, por serem materiais de menor resistência com relação ao índice CBR.

Além das espessuras necessárias para proteção das camadas de base frente aos fenômenos de ruptura, foram respeitadas as espessuras mínimas e máximas construtivas, já apresentadas no Capítulo 2. No total foram dimensionadas 13 estruturas diferentes de pavimento, com tempo de vida útil de 5, 6, 10, 15 e 30 anos. Dessa forma, suas denominações se deram pelo período de projeto e pelo tipo de composição de sua estrutura de camadas. Salienta-se que foram determinados estruturas, dispostas na Figura 3.1, contendo:

- Base e Sub-base;
- Base e Reforço no Subleito;
- Base, Sub-Base e Reforço no Subleito;

Figura 3.1 - Estruturas de Pavimento DNER



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Em seguida, pelo fato de que o programa MeDiNa leva em consideração fatores de degradação que o Método do DNER não abrange, como por exemplo o trincamento por fadiga e o afundamento em trilha de roda, os pavimentos dimensionados foram verificados no *software*. Os testes no programa MeDiNa ocorreram para que fosse verificado quanto tempo e até qual “N” os pavimentos iriam resistir frente aos fenômenos não levados em consideração no primeiro Método. Salienta-se que para ser realizado o teste no *software*, as camadas foram adicionadas conforme relação com os materiais expostos na Tabela 3.6. Além disso, pelo fato de que o Método do DNER não considera a diferença entre os tipos de ligantes asfálticos e suas propriedades, representou-se a camada asfáltica no teste pelo Concreto Asfáltico Classe I, que simula um ligante convencional e tem suas propriedades dispostas na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 – Revestimentos asfálticos utilizados no programa MeDiNa

Revestimento	Materiais Adotados	Módulo (Mpa)	Massa específica (g/cm ³)	Coefficiente de Poisson
Convencional	CA Classe I	8950	2,4	0,3
Modificado por Polímero	CA Classe IV	10492	2,4	0,3

Fonte: (Adaptado de FRANCO E MOTTA, 2018)

Após a verificação das estruturas dimensionadas pelo Método do DNER e a constatação de que elas não atenderiam aos períodos de vida útil projetados, realizou-se, através do *software* MeDiNa, a investigação das espessuras necessárias para o cumprimento da vida útil por parte das estruturas dimensionadas pelo Método do DNER. Para isso, alterou-se apenas a espessura do revestimento, sendo mantidas as espessuras dimensionadas anteriormente para as demais camadas estruturais do pavimento. Esta nova etapa de dimensionamento foi realizada tanto para revestimento com Concreto Asfáltico Convencional quanto para Concreto Asfáltico Modificado por Polímero, ambos com suas propriedades apresentadas na Tabela 3.7. Por fim, após as verificações, compararam-se as espessuras de revestimento obtidas através do Método do DNER e as espessuras que seriam necessárias, segundo o programa MeDiNa, para que pavimentos atingissem sua vida útil. Nessa comparação, além de verificar a diferença entre as espessuras obtidas, utilizou-se o critério do custo por “N” para a análise econômica dos pavimentos. Esse método consiste em dividir o custo de implantação pelo “N” máximo resistido pelo pavimento antes dele apresentar valores de defeitos superiores aos permitidos.

3.4. DIMENSIONAMENTO PELO PROGRAMA MEDINA

Depois de verificado que as estruturas dimensionadas através do Método do DNER não atenderiam sua vida útil, por não considerar importantes fenômenos de degradação dos pavimentos, adotou-se dois tipos de estrutura padrão para as camadas abaixo do revestimento asfáltico do pavimento, dando prosseguimento ao estudo. Essas estruturas granulares foram estipuladas com base em valores usuais para rodovias do porte da RSC-287. Optou-se por dois tipos de estrutura granular, para que pudesse ser comparada a influência das duas diferentes composições na

resistência do pavimento, além do impacto econômico gerado por essas diferentes alternativas. Também houve a possibilidade de comparar, para a mesma estrutura granular, a influência da espessura de revestimento em diferentes períodos de projeto. Dessa forma, com as premissas adotadas, foi possível dimensionar através do *software* MeDiNa os revestimentos para os mesmos períodos de projeto utilizados anteriormente. A composição e as espessuras das camadas pré-definidas estão demonstradas na Tabela 3.8 e na Figura 3.2, e as propriedades dos materiais destas camadas na Tabela 3.6.

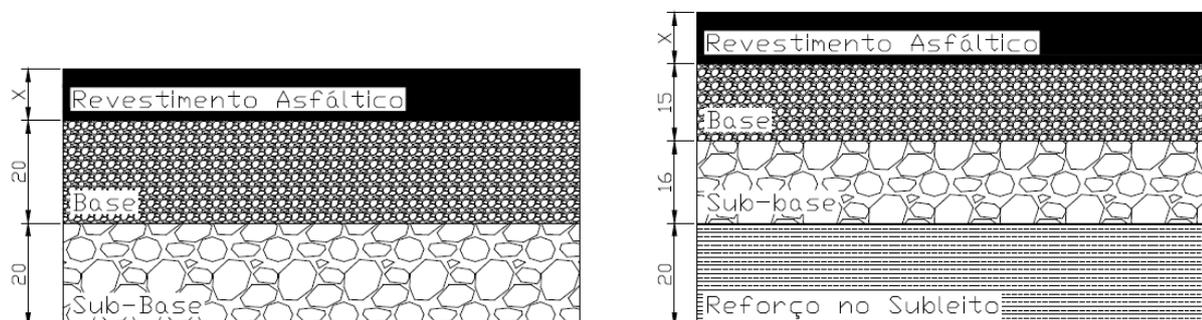
Para esta etapa, ainda foram dimensionados pavimentos com revestimento de Concreto Asfáltico Comum e Concreto Asfáltico Modificado por Polímero, totalizando 20 tipos diferentes de estrutura de pavimentos. Sendo que para cada período de vida útil foram dimensionados 4 tipos diferentes de estrutura, combinando os dois tipos de revestimentos asfálticos com os dois tipos de estrutura granular.

Tabela 3.8 – Espessura das camadas padrão no dimensionamento pelo MeDiNa

	Constituição	Espessura da Camada (cm)
Ba20.Sub20	Base	20
	Sub Base	20
Ba15.Sub16.Ref20	Base	15
	Sub Base	16
	Reforço do Subleito	20

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Figura 3.2 – Estruturas de Pavimento MeDiNa



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Por fim, foram calculadas as espessuras necessárias de reforço das camadas asfálticas para as estruturas dimensionadas através do programa MeDiNa, com o objetivo de manter a rodovia em bom estado de conservação durante o período de projeto de 30 anos. Destaca-se que para o reforço utilizou-se o Concreto Asfáltico Modificado, representado pela Classe IV no programa MeDiNa. O número de reforços necessários ficou dependente da vida útil que cada tipo de pavimento foi dimensionado. Dessa forma, os pavimentos estimados para durar 5 anos sofreram reparos de 5 em 5 anos até completar o horizonte de projeto, da mesma maneira que as estruturas calculadas com vida útil de 6 anos receberam reforços de 6 em 6 anos. Para os pavimentos com duração de 10 e 15 anos, seus reforços foram aplicados de 5 em 5 anos após o esgotamento da estrutura implantada originalmente. Os únicos pavimentos que não necessitaram de reforços foram os dimensionados para ter uma vida útil de 30 anos, igual ao horizonte de projeto.

Para a realização do dimensionamento das estruturas de reforço dos pavimentos foram adotados parâmetros que simulam condições médias de conservação da rodovia ao fim do seu período de vida útil, contidas nas Tabelas 3.9 e 3.10.

Tabela 3.9 - Módulo de Resiliência dos materiais das camadas existentes

Materiais Existentes	Módulo (Mpa)
Concreto Asfáltico Classe I	5000
Concreto Asfáltico Classe IV	6000
Brita Graduada - G5	381
Brita Graduada - G3	265
Solo LG' 2	248
Subleito NS'	189

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Tabela 3.10 - Propriedades da camada de revestimento existente

Propriedade	Unidade
Irregularidade do Pavimento	3,0 m/km
Área Trincada	30%
Deflexão Característica (0,01mm)	40×10^{-2} mm
Fresagem (cm)	3 cm

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

3.5. ORÇAMENTO DOS PAVIMENTOS ATRAVÉS DAS PLANILHAS DO SICRO

Depois de concluída a etapa de dimensionamento das estruturas do pavimento, para dar prosseguimento ao estudo, desenvolveu-se uma planilha eletrônica para orçar as estruturas de implantação e os reforços dos pavimentos. Para isso, considerou-se apenas os custos diretos de implantação e reforço, sendo desconsiderado por exemplo as Bonificações e Despesas Indiretas (BDI), os custos com canteiro de obra, possíveis obras de arte especial e acessos de estradas secundárias. Salienta-se que os custos foram estimados em moeda corrente nacional, o Real (R\$), por quilometro de via, simplificando o entendimento e a análise dos resultados. Os critérios de projeto adotados estão descritos na Tabela 3.11.

Tabela 3.11 - Critérios de Projeto

Propriedade	Unidade
Largura da pista de rolamento	7,2 metros
Largura do acostamento	5 metros
Acostamento	Tratamento superficial duplo
Fresagem da pista de rolamento	3 centímetros
Acostamento do reforço	Tratamento superficial duplo

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Para obtenção dos insumos asfálticos foi consultado o site da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Destaca-se que devido à grande variação anual sofrida por estes derivados do petróleo, as composições do SICRO são apresentadas sem os valores dos mesmos. Dessa forma, os valores obtidos estão resumidos na Tabela 3.12, juntamente com o mês de referência da consulta. Ressalta-se que o CAP Modificado por polímero não foi produzido no Rio Grande do Sul no ano de 2019 e, portanto, estimou-se esse valor relacionando os preços de CAP Modificado e CAP 50-70 do estado do Paraná, unidade federativa mais próxima que apresentou ambos os preços no ano de 2019.

Além de obter os custos dos ligantes asfálticos, outra importante etapa foi a definição das Distâncias Médias de Transporte dos materiais (DMT), visto que estes valores podem fazer variar significativamente o preço da obra. Para as DMT's considerou-se que os materiais provenientes de jazidas, como solo, brita, areia e cal

teriam como distância o ponto médio da rodovia até os possíveis fornecedores localizados na região. Com relação aos materiais industrializados, necessários para a sinalização e outros serviços, estimou-se uma DMT relativa à distância do ponto médio da obra e o Município de Porto Alegre (RS), totalizando 176 quilômetros. Por fim, para disposição final dos materiais provenientes da fresagem, foi determinado uma DMT de 10 quilômetros. O resumo das DMT's de cada serviço está disposto na Tabela 3.13.

Tabela 3.12 - Preço dos Ligantes Asfálticos

Insumos	Custo Unitário (R\$/kg)	Custo Unitário (R\$/ton)	Mês de Referência
Asfalto diluído CM 30	4,13	4.129,48	01/04/2019
Emulsão Asfáltica RR-1C	1,92	1.924,87	01/04/2019
CAP Modificado por polímero 60-85-E	3,63	3.629,53	Estimado
Emulsão asfáltica RR-2C	2,15	2.149,58	01/02/2019
CAP 50-70	2,68	2.679,34	01/04/2019

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Tabela 3.13 - Distância Média de Transporte dos materiais

Materiais em transporte	DMT (km)
Jazida de SOLO - Trecho de disposição do solo	20
Jazida de BRITA - Trecho de disposição da brita/MS	60
Jazida de AREIA - Usinagem CA	20
Usinagem do CA - Trecho de disposição do CA	60
BRITA produzida em central de 80 m ³ /h	0,5
CAL HIDRATADA para usinagem CA	191
TUBO PE para areia extraída com draga de sucção tipo bomba	176
Transporte de Material FRESADO	10
Microesferas de vidro refletiva tipo I-B	176
Microesferas de vidro refletiva tipo II-A	176
Solvente para tinta à base de resina acrílica pint de faixa	176
Tinta para pré-marcação de pintura de faixa	176
Tinta refletiva acrílica para pintura de faixa	176
Confecção de placa para fornecimento e implantação	60
Chapa de aço galvanizado para confecção de placa	176
Película retrorrefletiva tipo I + SI para confecção de placa	176
Tinta poliéster em pó para pintura da placa	176
Tacha refletiva bidirecional	176

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Depois de definidos os custos dos ligantes e as DMT's, a planilha foi desenvolvida com base no Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) de outubro de 2018 e organizada de forma que o projetista necessite informar apenas as dimensões da via e do acostamento, além das espessuras das camadas,

distâncias de transporte dos materiais e valores atualizados dos ligantes de concreto asfáltico. Dividiu-se a organização dos serviços de implantação da rodovia em 3 etapas: Terraplanagem, Pavimentação e Sinalização. Com relação aos serviços de reforço foram apenas 2 etapas: Reforço e Sinalização. Na Tabela 3.14 são exibidos os serviços relativos à implantação de novas rodovias, e na Tabela 3.15 são demonstrados os serviços integrantes de cada etapa da restauração dos pavimentos, juntamente com seus custos unitários. Destaca-se que no Apêndice está demonstrado cada uma das composições do SICRO utilizadas.

Tabela 3.14 - Serviços de Implantação da Rodovia

Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário
1.1	5502114	Escavação, carga e transporte de material de 1º categoria	m³	R\$4,53
1.2	5503041	Compactação de aterros	m³	R\$5,08
2.1	4011209	Regularização do subleito	m²	R\$0,73
2.2	4011211	Reforço do subleito com material de jazida	m³	R\$25,42
2.2.1	4816096	Escavação e carga de material de jazida	m³	R\$0,86
2.3	4011280	Sub-base de macadame seco com brita produzida	m³	R\$125,59
2.3.1	4816012	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$45,70
2.3.1.1	4816010	Rocha para britagem	m³	R\$46,42
2.4	4011275	Base de brita graduada com brita produzida	m³	R\$140,42
2.4.1	6416039	Usinagem de brita graduada	m³	R\$76,24
2.4.1.1	4816012	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$45,70
2.4.1.1.1	4816010	Rocha para britagem	m³	R\$46,42
2.5	4011351	Imprimação com asfalto diluído	m²	R\$5,17
2.6	4011353	Pintura de ligação	m²	R\$1,04
2.7	4011462	Concreto asfáltico	t	R\$283,18
2.7.1	6416077	Usinagem de concreto asfáltico	t	R\$238,27
2.7.1.1	4816020	Areia extraída com draga de sucção tipo bomba	m³	R\$13,49
2.7.1.2	4816012	Brita produzida em central e britagem de 80 m³/h	m³	R\$45,70
2.7.1.2.1	4816010	Rocha para britagem	m³	R\$46,42
2.8	4011465	Concreto asfáltico com asfalto polímero	t	R\$341,79
2.8.1	6416247	Usinagem de concreto asfáltico com asfalto polímero	t	R\$295,73
2.10	4011371	Tratamento superficial duplo	m²	R\$8,36
3.1	5213401	Pintura de faixa	m²	R\$24,04
3.2	5213466	Placa de advertência em aço	Unidade	R\$472,83
3.2.1	5213414	Confecção de placa em aço	m²	R\$432,47
3.2.1.1	5212552	Pintura em chapa de aço	m²	R\$13,20
3.3	5213449	Placa de regulamentação em aço	Unidade	R\$159,53
3.3.1	5213414	Confecção de placa em aço	m²	R\$432,47
3.3.1.1	5212552	Pintura eletrostática em chapa de aço	m²	R\$13,20
3.4	5213360	Tacha refletiva bidirecional	Unidade	R\$17,21

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Por fim, cabe ressaltar que as planilhas dos SICRO muitas vezes apresentam serviços que dependem de outros serviços secundários (chamados de serviços

auxiliares) para gerar o custo unitário final. Como por exemplo o serviço de Concreto Asfáltico, que depende da Usinagem do CA entre outros serviços. Mesmo assim, para melhor organização, os serviços embutidos em outros estão demonstrados apenas uma vez na sequência de tabelas.

Tabela 3.15 - Serviços de Restauração da Rodovia

Seq.	Código	Nome	Unidade	Valor unitário
5.1	4011479	Fresagem contínua de revestimento betuminoso	m ³	R\$38,58
2.5	4011351	Imprimação com asfalto diluído	m ²	R\$5,17
2.6	4011353	Pintura de ligação	m ²	R\$1,04
2.7	4011462	Concreto asfáltico	t	R\$283,18
2.7.1	6416077	Usinagem de concreto asfáltico	t	R\$238,27
2.7.1.1	4816020	Areia extraída com draga de sucção tipo bomba	m ³	R\$13,49
2.7.1.2	4816012	Brita produzida em central e britagem de 80 m ³ /h	m ³	R\$45,70
2.7.1.2.1	4816010	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m ³	R\$46,42
2.8	4011465	Concreto asfáltico com asfalto polímero	t	R\$341,79
2.8.1	6416247	Usinagem de concreto asfáltico com asfalto polímero	t	R\$295,73
2.10	4011371	Tratamento superficial duplo com banho diluído	m ²	R\$8,36
3.1	5213401	Pintura de faixa	m ²	R\$24,04
3.4	5213360	Tacha refletiva bidirecional	Unidade	R\$17,21

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

3.6. ANÁLISE ECONÔMICA

Finalmente, depois de estipuladas as novas estruturas e orçados seus valores de implantação e o custo dos reforços necessários, realizaram-se as análises de Engenharia Econômica. Para isso, foi necessário primeiramente calcular a incidência da inflação no custo do reforço do pavimento. Devido ao grande horizonte de projeto (30 anos), esse fenômeno econômico teve de ser considerado, caso contrário ocorreriam distorções significativas nos resultados das análises. Desta forma, adotou-se a taxa de inflação de 3,75%, valor correspondente a expectativa de mercado para o Índice Nacional de Preços ao Consumidor (IPCA) nos próximos anos, estimado pelo Banco Central do Brasil (2019).

Após a correção dos valores futuros devido à inflação, realizou-se o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) das 20 estruturas de pavimento desenvolvidas pelo programa MeDiNa. Para esse cálculo foram utilizadas diferentes Taxas Mínimas de Atratividade (TMA), variando de 6% a 15%, com o objetivo de verificar a sensibilidade desta mudança e assim, obter respostas para diferentes expectativas

econômicas possíveis de serem enfrentadas. Cabe ressaltar que para o cenário econômico atual, a TMA indicada para responder qual é o pavimento mais viável de ser implantado economicamente, é de 10%. Além disso, pelo fato de que nesta análise foram levantados apenas os custos de implantação, sem a ocorrência de bonificações ou receitas, a resposta se dará pelo menor VPL, pois este representa o menor custo de projeto ao longo dos 30 anos.

Sendo assim, depois de encontradas as estruturas com o menor VPL para a faixa de TMA adotada, realizou-se uma análise criteriosa dos custos de implantação das mesmas. Para isso, representou-se através de um gráfico circular a porcentagem que cada serviço possui com relação ao custo total de implantação e, além disso, elaborou-se uma curva ABC ordenando do maior para o menor os custos das etapas de implantação. Esses dois gráficos também foram elaborados para a análise dos custos relativos à restauração dos pavimentos. Por fim, o pavimento encontrado como sendo o mais viável economicamente recebeu a análise da participação dos ligantes e dos fatores de interferência da chuva em seu custo total.

4. RESULTADOS E ANÁLISES

O objetivo deste capítulo é demonstrar e analisar os resultados obtidos no presente estudo, que tem como propósito encontrar economicamente a melhor alternativa estrutural de rodovia, para a duplicação da RSC-287, a qual liga os Municípios de Santa Maria (RS) e Tabaiá (RS), atendendo a um período de projeto para 30 anos. Destaca-se que entre as possíveis alternativas estão rodovias com diferentes tempos de vida útil.

Para isso, primeiramente será discutido e analisado as estruturas dimensionadas pelo Método do DNER e verificadas pelo programa MeDiNa. Em seguida, será debatido acerca das vias dimensionadas pelo *software* MeDiNa a partir dois tipos de estruturas padrão. Por fim, para as melhores soluções de rodovias encontradas, através do dimensionamento com as estruturas padrão, será analisado detalhadamente o impacto econômico de cada um dos serviços de construção e dos principais materiais constituintes.

4.1. DIMENSIONAMENTO ATRAVÉS DO MÉTODO DO DNER E VERIFICAÇÃO PELO PROGRAMA MEDINA

Depois de estabelecidos os critérios geotécnicos e o número de solicitações “N”, dimensionou-se seguindo a metodologia e os critérios apresentados no capítulo anterior, 13 estruturas diferentes através do Método do DNER, todas elas apresentadas na Tabela 4.1. Para os diferentes períodos de projeto, apenas as projetadas para durar 5 e 6 anos não possuem estruturas compostas de apenas Base e Reforço do Subleito. Isso explica-se pelo fato de que a espessura da camada de revestimento é arbitrada conforme o número “N”, sendo assim, ao possuir apenas 10 cm de revestimento, as estruturas dimensionadas dessa forma necessitariam, na camada de Base, uma espessura acima da máxima permitida construtivamente, inviabilizando-as. Dessa forma, as rodovias com vida útil de 5 e 6 anos, possuem apenas estruturas compostas de Base e Sub-Base e estruturas compostas de Base, Sub-Base e Reforço do Subleito. Para os demais períodos de vida útil, estabeleceu-se estruturas granulares compostas de Base e Sub-base, Base e Reforço no Subleito e ainda Base, Sub-base e Reforço no Subleito.

Tabela 4.1 - Pavimentos Dimensionados pelo Método do DNER

Modelo	Espessura das Camadas	Meses Resistidos	“N” do Mês de Ruptura
P5-Rev10.Bas16.Sub21	Revestimento h= 10 cm Base h= 16 cm Sub Base h= 21 cm	10	$5,8x10^6$
P5-Rev10.Bas12.Sub16.Ref15	Revestimento h= 10 cm Base h= 12 cm Sub Base h= 16 cm Reforço no Subleito h= 15 cm	9	$4,57x10^6$
P6-Rev10.Bas16.Sub21	Revestimento h= 10 cm Base h= 16 cm Sub Base h= 21 cm	10	$5,8x10^6$
P6-Rev10.Bas12.Sub16.Ref15	Revestimento h= 10 cm Base h= 12 cm Sub Base h= 16 cm Reforço no Subleito h= 15 cm	9	$4,57x10^6$
P10-Rev12,5.Bas13.Sub21	Revestimento h= 12,5 cm Base h= 13 cm Sub Base h= 21 cm	13	$6,63x10^6$
P10-Rev12,5.Bas17.Ref17	Revestimento h= 12,5 cm Base h= 17 cm Reforço no Subleito h= 17 cm	14	$7,14x10^6$
P10-Rev12,5.Bas12.Sub16.Ref15	Revestimento h= 12,5 cm Base h= 12 cm Sub Base h= 16 cm Reforço no Subleito h= 15 cm	13	$6,63x10^6$
P15-Rev12,5.Bas14.Sub21	Revestimento h= 12,5 cm Base h= 14 cm Sub Base h= 21 cm	13	$6,63x10^6$
P15-Rev12,5.Bas18.Ref17	Revestimento h= 12,5 cm Base h= 18 cm Reforço no Subleito h= 17 cm	14	$7,14x10^6$
P15-Rev12,5.Bas12.Sub16.Ref15	Revestimento h= 12,5 cm Base h= 12 cm Sub Base h= 16 cm Reforço no Subleito h= 15 cm	13	$6,63x10^6$
P30-Rev12,5.Bas16.Sub21	Revestimento h= 12,5 cm Base h= 16 cm Sub Base h= 21 cm	13	$6,63x10^6$
P30-Rev12,5.Bas20.Ref18	Revestimento h= 12,5 cm Base h= 20 cm Reforço no Subleito h= 18 cm	14	$7,14x10^6$
P30-Rev12,5.Bas12.Sub16.Ref15	Revestimento h= 12,5 cm Base h= 12 cm Sub Base h= 16 cm Reforço no Subleito h= 15 cm	13	$6,63x10^6$

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Através dos modelos calculados é possível analisar a falta de sensibilidade do Método do DNER com relação a períodos de projetos e número de solicitações “N” diferentes, onde por exemplo, as estruturas P5-Rev10.Bas16.Sub21 e P6-

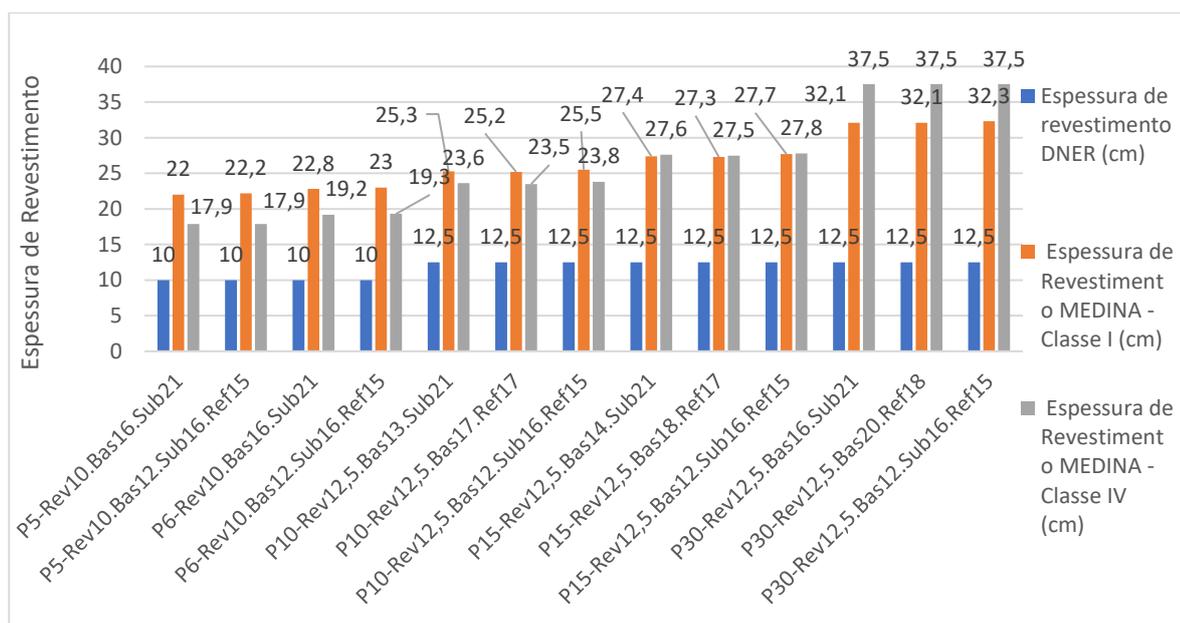
Rev10.Bas16.Sub21 possuem as mesmas espessuras, mesmo a primeira sendo projetada para um “N” igual a $3,21 \times 10^7$ e a outra projetada para um “N” igual a $3,9 \times 10^7$. Da mesma forma acontece com P10-Rev12,5.Bas12.Sub16.Ref15, P15-Rev12,5.Bas12.Sub16.Ref15, P30-Rev12,5.Bas12.Sub16.Ref15, os quais possuem as mesmas espessuras de camadas, limitadas pelas espessuras mínimas construtivas, mesmo que o número “N” referente ao período de 10 anos seja quase 4 vezes inferior ao “N” referente ao período de 30 anos.

Ainda na Tabela 4.1, é apresentada a verificação das estruturas dimensionadas pelo Método do DNER através do *software* Medina, com relação ao número de meses que cada um dos modelos de estrutura resistiu frente aos fenômenos de degradação do pavimento não considerados pelo primeiro Método. Destaca-se que nenhum dos pavimentos resistiu ao período de vida útil projetado inicialmente, sendo que todos eles apresentaram seu esgotamento devido à uma área trincada por fadiga superior a 30%. Além disso, cabe ressaltar a pouca influência das diferentes composições de materiais de base na resistência da estrutura. Essa diferença, para períodos de projeto semelhante, chegou a no máximo um mês, valor inexpressivo se levado em consideração a estimativa de vida útil inicial de cada modelo.

Outro ponto importante a ser observado, é a influência dos 2,5 cm a mais na espessura de revestimento dos modelos projetados com vida útil de 10, 15 e 30 anos. Em termos de resistência frente a fadiga, esse acréscimo representou um aumento de vida útil de 3 a 4 meses se comparadas estruturas granulares semelhantes, como pode ser exemplificado pelos Modelos P6-Rev10.Bas12.Sub16.Ref15 e P10-Rev12,5.Bas12.Sub16.Ref15. Este acréscimo, mesmo que pequeno, representa uma tendência de comportamento onde o grande responsável pela resistência frente ao fenômeno de fadiga das estruturas é a camada de revestimento asfáltico.

Depois de realizadas as verificações, pelo *software* MeDiNa e comprovado que as estruturas dimensionadas pelo Método do DNER não atingiriam o período de vida útil, foi verificado, também através do programa MeDiNa, as espessuras necessárias de revestimento para que aqueles modelos de estrutura atingissem sua vida útil. Esta verificação foi feita utilizando Concreto Asfáltico Convencional e Concreto Asfáltico Modificado por Polímero, sendo que os resultados estão demonstrados na Figura 4.1 e Tabela 4.2.

Figura 4.1 - Espessuras de Revestimento DNER x MeDiNa



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Tabela 4.2 - Espessuras de Revestimento DNER x MeDiNa

Modelo	Espessura de revestimento DNER (cm)	Espessura de Revestimento MEDINA - Classe I (cm)	Espessura de Revestimento MEDINA - Classe IV (cm)
P5-Rev10.Bas16.Sub21	10	22	17,9
P5-Rev10.Bas12.Sub16.Ref15	10	22,2	17,9
P6-Rev10.Bas16.Sub21	10	22,8	19,2
P6-Rev10.Bas12.Sub16.Ref15	10	23	19,3
P10-Rev12,5.Bas13.Sub21	12,5	25,3	23,6
P10-Rev12,5.Bas17.Ref17	12,5	25,2	23,5
P10-Rev12,5.Bas12.Sub16.Ref15	12,5	25,5	23,8
P15-Rev12,5.Bas14.Sub21	12,5	27,4	27,6
P15-Rev12,5.Bas18.Ref17	12,5	27,3	27,5
P15-Rev12,5.Bas12.Sub16.Ref15	12,5	27,7	27,8
P30-Rev12,5.Bas16.Sub21	12,5	32,1	37,5
P30-Rev12,5.Bas20.Ref18	12,5	32,1	37,5
P30-Rev12,5.Bas12.Sub16.Ref15	12,5	32,3	37,5

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Ao comparar as espessuras de revestimento asfáltico dimensionadas pelo Método do DNER e as espessuras verificadas como sendo necessárias para que os Modelos propostos atingissem a vida útil, percebeu-se uma grande diferença. Isso

fica evidente pelo fato de que as espessuras calculadas pelo MeDiNa são praticamente o dobro daquelas sugeridas pelo primeiro método, explicando o porquê de suas vidas úteis previstas ficarem tão abaixo do projetado. Além disso, mais uma vez, é possível verificar a pouca influência das camadas granulares na melhoria do desempenho da estrutura. Através dos resultados, para “N’s” de projeto semelhantes, é possível analisar a existência de apenas diferenças decimais nas espessuras de revestimento, sendo que se fosse considerada a aplicação prática destas estruturas, esses resultados seriam arredondados para os mesmos valores.

Ainda na Figura 4.1, é possível inferir que os pavimentos revestidos com Concreto Asfáltico Modificado por Polímero, necessitam de espessuras de revestimento inferiores aos pavimentos de Concreto Asfáltico Convencional para “N’s” de projeto menores que 10^8 . Para valores superiores a esse N, os pavimentos revestidos com Concreto Asfáltico Convencional possuem espessuras inferiores. Porém, deve-se levar em consideração que para N de projeto muito alto, as curvas de fadiga dos materiais podem sofrer algumas distorções, diminuindo a confiabilidade das análises e que, para viabilizar esta simulação no MeDiNa, houve a necessidade de inserção de muitas camadas asfálticas (uma vez que o limite é de 15cm), contribuindo, possivelmente, algumas distorções para os resultados gerados.

Depois de dimensionadas as espessuras necessárias para que os modelos de estruturas cumprissem sua vida útil, realizou-se o orçamento das estruturas com a espessura de revestimento sugerida pelo Método do DNER, a as espessuras de revestimento com Concreto Asfáltico Convencional e Modificado sugeridas pelo programa MeDiNa. Tudo isso, para ser realizada uma análise dos impactos econômicos gerados pela diferença dos métodos. Os resultados estão demonstrados na Tabela 4.3 e na Imagem 4.2. Ressalta-se que os valores financeiros se referem a apenas os custos diretos por km de rodovia a ser implantada.

Com relação aos resultados obtidos pela verificação através do programa MeDiNa, o valor encontrado para implantação de Revestimentos Asfálticos Modificados por Polímero, para N’s de projeto inferiores a $3,90 \times 10^7$, apresenta vantagem econômica na comparação com Asfaltos Convencionais. Isso ocorre, pois mesmo com um custo de ligante superior, os asfaltos modificados necessitam camadas com espessuras menores, viabilizando o uso deste ligante mais caro. Porém, com o aumento do valor de N, as espessuras necessárias de Concreto

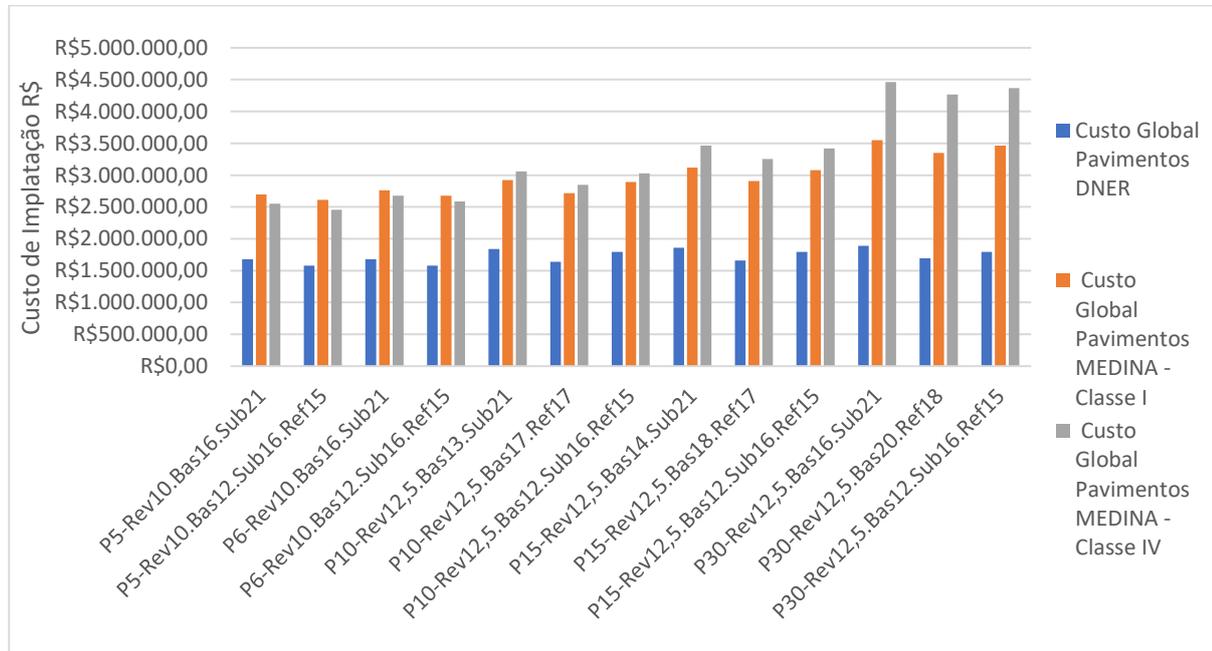
Convencional e Modificado passam a ser semelhantes, tornando assim, os Asfaltos Convencionais detentores dos menores custos de implantação.

Tabela 4.3 - Custo Global por km de Implantação DNER x MeDiNa

Modelo	Custo Global por km Pavimentos DNER	Custo Global por km Pavimentos MEDINA - Classe I	Custo Global por km Pavimentos MEDINA - Classe IV
P5-Rev10.Bas16.Sub21	R\$1.677.488,32	R\$2.695.014,44	R\$2.553.544,20
P5-Rev10.Bas12.Sub16.Ref15	R\$1.578.877,29	R\$2.612.986,15	R\$2.454.933,17
P6-Rev10.Bas16.Sub21	R\$1.677.488,32	R\$2.761.345,43	R\$2.678.226,81
P6-Rev10.Bas12.Sub16.Ref15	R\$1.578.877,29	R\$2.679.317,15	R\$2.589.206,74
P10-Rev12,5.Bas13.Sub21	R\$1.840.899,84	R\$2.924.756,95	R\$3.056.356,63
P10-Rev12,5.Bas17.Ref17	R\$1.640.393,17	R\$2.715.958,90	R\$2.846.258,98
P10-Rev12,5.Bas12.Sub16.Ref15	R\$1.793.682,05	R\$2.894.121,91	R\$3.028.320,77
P15-Rev12,5.Bas14.Sub21	R\$1.858.030,92	R\$3.116.006,89	R\$3.464.646,89
P15-Rev12,5.Bas18.Ref17	R\$1.657.524,25	R\$2.907.208,84	R\$3.254.549,25
P15-Rev12,5.Bas12.Sub16.Ref15	R\$1.793.682,05	R\$3.076.532,14	R\$3.419.479,96
P30-Rev12,5.Bas16.Sub21	R\$1.892.293,08	R\$3.547.484,04	R\$4.463.455,84
P30-Rev12,5.Bas20.Ref18	R\$1.694.887,86	R\$3.350.078,82	R\$4.266.050,62
P30-Rev12,5.Bas12.Sub16.Ref15	R\$1.793.682,05	R\$3.465.455,75	R\$4.364.844,81

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Figura 4.2 - Custo Global de Implantação DNER x MeDiNa



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Destaca-se ainda, a vantagem econômica das estruturas compostas de Base e Reforço no Subleito, as quais possuem um custo de implantação inferior se

comparadas com as estruturas compostas de Base e Sub-base e as estruturas compostas de Base Sub-base e Reforço no Subleito para o mesmo tipo de revestimento em um mesmo período de vida útil. Na comparação entre os tipos de estrutura restantes, as estruturas compostas de Base, Sub-base e Reforço no Subleito possuem vantagem. Esse fenômeno pode ser explicado pelo fato de que as estruturas compostas de Base e Sub-base possuem maiores espessuras de brita, enquanto as demais possuem camadas de solo, material com menor custo de implantação para as premissas adotadas neste estudo.

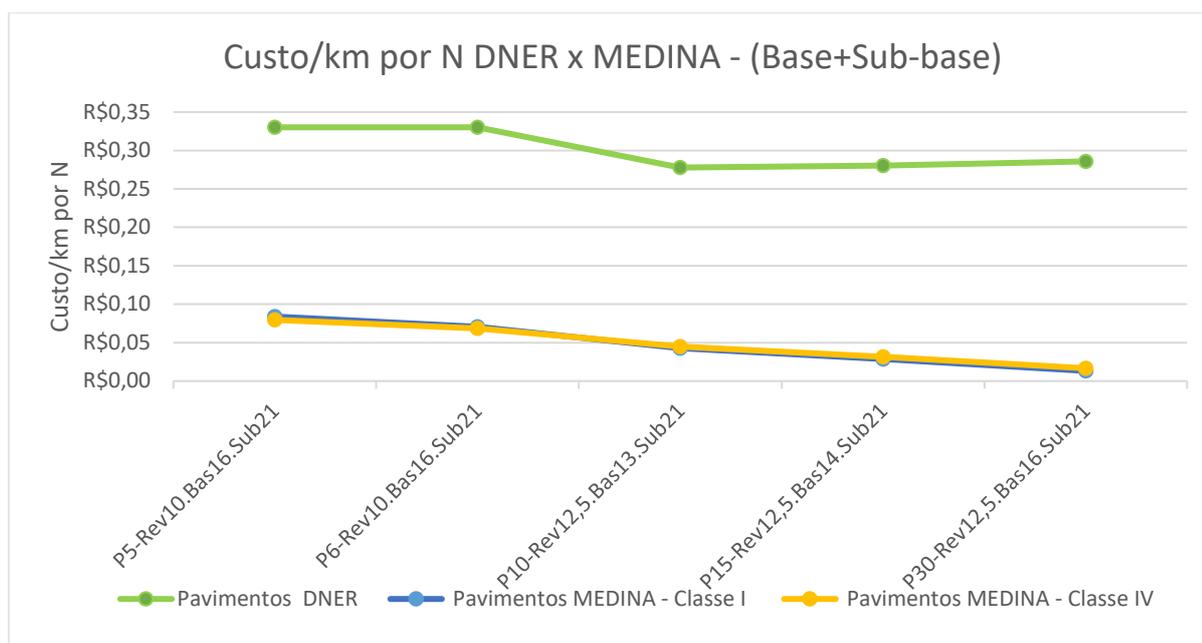
Embora em um primeiro momento, os resultados obtidos na Tabela 4.3 induzem à ideia de ser mais vantajoso dimensionar as estruturas pelo Método do DNER, deve-se levar em consideração o fato de que nenhuma destas estruturas atingiu seu período de projeto previsto. Sendo assim, esta análise deve ser complementada pela comparação do Custo por N, informação contida de forma integral na Tabela 4.4 e separada conforme o modelo de estrutura nas Figuras 4.3, 4.4 e 4.5.

Tabela 4.4 - Custo por "N" DNER x MeDiNa

Modelo	Custo por N - Pavimentos DNER	Custo por N - Pavimentos MEDINA - Classe I	Custo por N - Pavimentos MEDINA - Classe IV
P5-Rev10.Bas16.Sub21	R\$0,33	R\$0,08	R\$0,08
P5-Rev10.Bas12.Sub16.Ref15	R\$0,35	R\$0,08	R\$0,08
P6-Rev10.Bas16.Sub21	R\$0,33	R\$0,07	R\$0,07
P6-Rev10.Bas12.Sub16.Ref15	R\$0,35	R\$0,07	R\$0,07
P10-Rev12,5.Bas13.Sub21	R\$0,28	R\$0,04	R\$0,04
P10-Rev12,5.Bas17.Ref17	R\$0,23	R\$0,04	R\$0,04
P10-Rev12,5.Bas12.Sub16.Ref15	R\$0,27	R\$0,04	R\$0,04
P15-Rev12,5.Bas14.Sub21	R\$0,28	R\$0,03	R\$0,03
P15-Rev12,5.Bas18.Ref17	R\$0,23	R\$0,03	R\$0,03
P15-Rev12,5.Bas12.Sub16.Ref15	R\$0,27	R\$0,03	R\$0,03
P30-Rev12,5.Bas16.Sub21	R\$0,29	R\$0,01	R\$0,02
P30-Rev12,5.Bas20.Ref18	R\$0,24	R\$0,01	R\$0,02
P30-Rev12,5.Bas12.Sub16.Ref15	R\$0,27	R\$0,01	R\$0,02

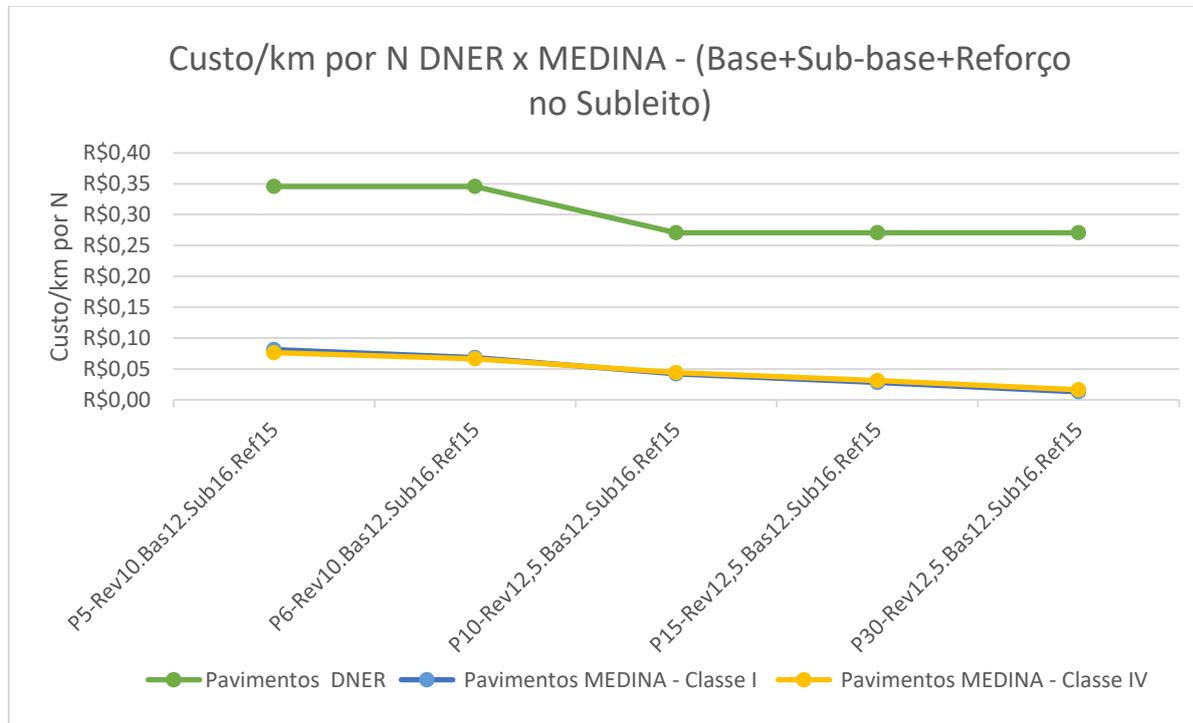
Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Figura 4.3 – Custo/km por N – DNER x MeDiNa - (Base + Sub-base)



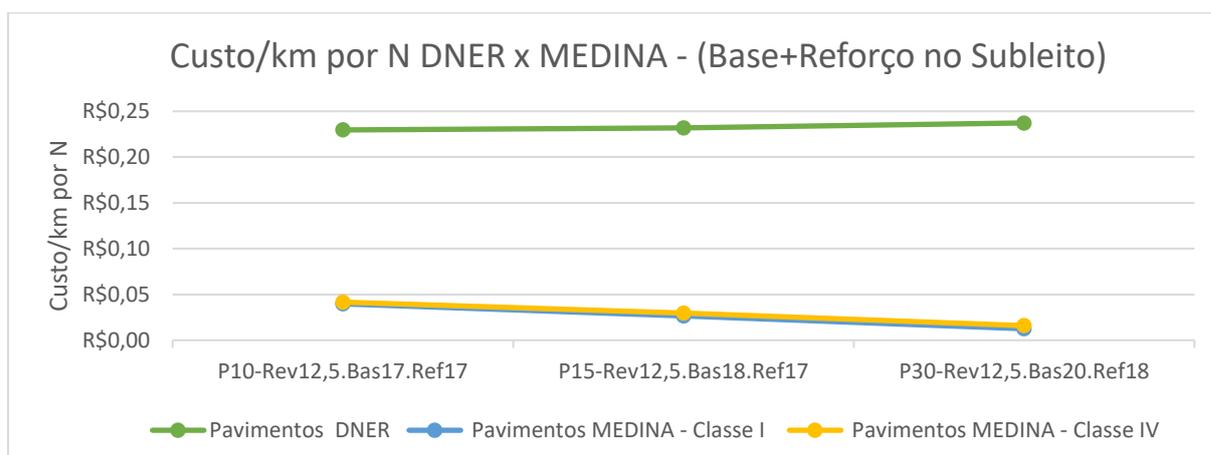
Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Figura 4.4 – Custo/km por N – DNER x MeDiNa - (Base + Sub-base + Reforço no Subleito)



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Figura 4.5 – Custo/km por N – DNER x MeDiNa - (Base + Reforço no Subleito)



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Por fim, através da comparação dos custos/km por “N” apresentados na Tabela 4.4. é possível perceber a grande diferença de eficiência entre ambos os métodos. Como exemplo, é possível citar o custo/km por “N” relativo aos modelos com vida útil de 10 anos, onde o valor encontrado para o Método do DNER é aproximadamente 7 vezes maior se comparado com o valor da estrutura calculada pelo programa MeDiNa. Além disso, nas Figuras 4.3, 4.4 e 4.5 demonstra-se que a diferença do custo por “N” entre os métodos é grande para todos os períodos de projeto, e apenas para os pavimentos verificados pelo programa MeDiNa o custo por “N” diminui quanto maior a vida útil do pavimento. Isso demonstra a desatualização do primeiro Método, que dimensiona estruturas que não atingem sua vida útil estimada.

Dessa forma, o Método do DNER, que vem sendo aplicado em condições de solicitação muito acima das quais ele foi originalmente desenvolvido, torna-se ineficaz do ponto de vista econômico e precisa ser complementado por outros Métodos. Essa ineficiência pode ser compreendida pelo fato de que ao longo do tempo, devido aos problemas apresentados, um aumento significativo no número de intervenções teria de ocorrer para manter a pista em boas condições. Por sua vez, um maior número de intervenções representa, além de problemas para os usuários da via, custos que inicialmente não eram previstos.

4.2. DIMENSIONAMENTO DE NOVAS ESTRUTURAS ATRAVÉS DO PROGRAMA MEDINA

Depois de verificado que, para estas condições apresentadas no estudo, o Método do DNER não atenderia as demandas requeridas, prosseguiu-se a pesquisa através da definição dos dois tipos de estrutura padrão, para que análises diferentes pudessem ser realizadas. Essas estruturas, descritas na Tabela 3.8, obtiveram suas camadas de revestimento com CA Convencional e CA Modificado por Polímero dimensionadas através do programa MeDiNa, com os períodos de vida útil de 5, 6, 10, 15 e 30 anos, totalizando 20 estruturas diferentes.

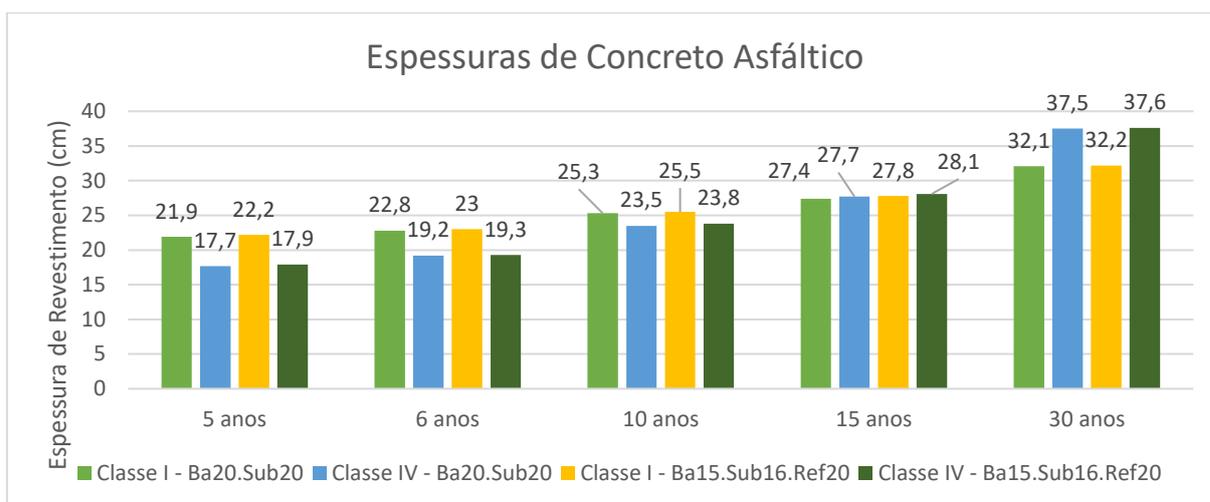
Ao analisar os resultados, através da Figura 4.6 e Tabela 4.5, comprova-se mais uma vez a pouca contribuição das camadas granulares na resistência da estrutura. Para exemplificar, pode-se comparar as rodovias dimensionadas para uma vida útil de 6 anos, onde os modelos constituídos de Concreto Asfáltico Convencional, com diferentes estruturas granulares, possuem apenas 2 mm de diferença na espessura do revestimento. Essa diferença é ainda menor para os modelos dimensionados com Concreto Asfáltico Modificado, sendo apenas 1 mm. Salienta-se que em termos práticos, estes valores podem ser considerados iguais, confirmando a pouca contribuição das camadas granulares no desempenho da estrutura. Destaca-se ainda, que neste estudo, apenas para fins de obter uma maior sensibilidade nas análises econômicas, foram considerados estes valores decimais obtidos.

Tabela 4.5 - Espessuras de Revestimento Asfáltico – MeDiNa

Período de Projeto	Espessura do Revestimento Asfáltico (cm)			
	Classe I – Ba20.Sub20	Classe IV – Ba20.Sub20	Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20
5 anos	21,9	17,7	22,2	17,9
6 anos	22,8	19,2	23	19,3
10 anos	25,3	23,5	25,5	23,8
15 anos	27,4	27,7	27,8	28,1
30 anos	32,1	37,5	32,2	37,6

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Figura 4.6 - Espessuras de Revestimento Asfáltico – MeDiNa



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Outra análise que pode ser reafirmada através dos dimensionamentos com o *software* MeDiNa, é a de que, para períodos de projeto inferiores a 15 anos, o que equivale a um número de solicitações “N” igual a 10^8 , os Concretos Asfálticos Modificados necessitam de uma menor espessura se comparados com os CA Convencionais. Para valores de “N” superiores a esse, os CA Convencionais necessitam de uma menor espessura se comparados com os CA Modificados. Mais uma vez, deve-se levar em consideração que para N de projeto muito alto, as curvas de fadiga dos materiais podem sofrer algumas distorções, diminuindo a confiabilidade das análises e que, para viabilizar esta simulação no MeDiNa, houve a necessidade de inserção de muitas camadas asfálticas (uma vez que o limite é de 15cm), contribuindo, possivelmente, algumas distorções para os resultados gerados.

Em seguida, calculou-se as espessuras de reforço asfáltico que cada modelo necessitou para completar o período de projeto de 30 anos. O resultado obtido foi o mesmo para todos os modelos, sendo 0,05 m de revestimento asfáltico após 0,03 m de fresagem. Destaca-se que na realização desta etapa, encontrou-se uma divergência no programa MeDiNa, no qual quando iniciado o dimensionamento a partir de 5 cm de espessura, valores diferentes foram obtidos de quando o dimensionamento foi iniciado com 10 cm de espessura. Isso pode ser explicado pelo fato de que, por vezes, a relação dos módulos das camadas junto com a espessura, realizam uma combinação de duas espessuras diferentes que se satisfazem, sendo assim, optou-se pela menor espessura.

Com relação a quantidade de reforços previstos, os modelos com vida útil de 5 anos receberam reforços nos anos 5, 10, 15, 20 e 25. Com relação aos modelos com vida útil de 6 anos, os reforços foram aplicados nos anos 6, 12, 18 e 24. Para os modelos com 10 anos de vida útil, estabeleceu-se reforços nos anos 10, 15, 20 e 25. Por fim, para os modelos com vida útil de 15 anos, utilizou-se reforços nos anos 15, 20, e 25.

4.3. ANÁLISE ECONÔMICA DOS PAVIMENTOS DIMENSIONADOS PELO PROGRAMA MEDINA

Na etapa seguinte, através dos serviços descritos no Capítulo 3, orçou-se as estruturas de implantação da rodovia e o reforço necessário para que os pavimentos completassem o período de projeto. O valor obtido para o reforço estrutural da rodovia por km foi de R\$ 403.961,54. Salienta-se que esse valor foi corrigido pela inflação correspondente de cada período. A Tabela 4.6 demonstra, para cada modelo, os custos da rodovia durante seu período de projeto, sendo que os valores do reforço foram corrigidos pela inflação correspondente ao período.

Depois de corrigido os custos da rodovia pela inflação, realizou-se a o cálculo do Valor Presente Líquido, para Taxa Mínima de Atratividade variando de 6% a 15%. Posteriormente classificou-se, para cada TMA, os valores do menor para o maior VPL, visto que esses valores representam os custos e assim sendo, quanto menor o custo, mais viável torna-se a rodovia.

Os resultados encontrados neste estudo demonstram que, para as premissas adotadas, os pavimentos constituídos de Base, Sub-base e Reforço no Subleito são mais econômicos comparados com os pavimentos constituídos de Base e Sub-base, para um mesmo tipo de revestimento e um mesmo período de vida útil. Isso explica-se pelo fato de que as camadas constituídas de materiais granulares possuem um custo de implantação muito superior em comparação com as camadas constituídas de solo. Dessa forma, mesmo com maior espessura total, por possuir menores espessuras granulares, as estruturas compostas de Base, Sub-base e Reforço no Subleito apresentam um menor custo.

Com relação as análises econômicas, pode-se afirmar que quando a economia de capital devido a construção de estruturas com menor duração não é reutilizado em aplicações de alto rendimento, sendo esses investimentos

representados pequenos valores de TMA semelhantes aos investimentos de renda fixa, projetos de longa vida útil apresentam vantagem econômica. Isso é evidenciado pelos resultados demonstrados na Tabela 4.7, onde o melhor resultado de VPL encontrado é a rodovia P30 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20 com duração de 30 vida útil. Além disso, a rodovia P30 - Classe I - Ba20.Sub20 foi o segundo melhor resultado de VPL encontrado para 3 das 4 TMA's expostas nessa Tabela 4.7.

Tabela 4.6 – Custos/km da Rodovia ao longo do período de projeto

Modelo	Custo Global de Implantação por Km	Custo do Reforço no Ano 5	Custo do Reforço no Ano 10	Custo do Reforço no Ano 15	Custo do Reforço no Ano 20	Custo do Reforço no Ano 25
P5 - Classe I - Ba20.Sub20	R\$2.739.925,69	R\$485.602,09	R\$583.742,18	R\$701.716,36	R\$843.533,10	R\$1.014.010,98
P5 - Classe IV - Ba20.Sub20	R\$2.652.784,31	R\$485.602,09	R\$583.742,18	R\$701.716,36	R\$843.533,10	R\$1.014.010,98
P5 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	R\$2.679.886,66	R\$485.602,09	R\$583.742,18	R\$701.716,36	R\$843.533,10	R\$1.014.010,98
P5 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20	R\$2.587.886,53	R\$485.602,09	R\$583.742,18	R\$701.716,36	R\$843.533,10	R\$1.014.010,98
P10 - Classe I - Ba20.Sub20	R\$3.029.352,82	-	R\$583.742,18	R\$701.716,36	R\$843.533,10	R\$1.014.010,98
P10 - Classe IV - Ba20.Sub20	R\$3.240.750,45	-	R\$583.742,18	R\$701.716,36	R\$843.533,10	R\$1.014.010,98
P10 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	R\$2.961.022,41	-	R\$583.742,18	R\$701.716,36	R\$843.533,10	R\$1.014.010,98
P10 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20	R\$3.185.860,35	-	R\$583.742,18	R\$701.716,36	R\$843.533,10	R\$1.014.010,98
P15 - Classe I - Ba20.Sub20	R\$3.203.471,68	-	-	R\$701.716,36	R\$843.533,10	R\$1.014.010,98
P15 - Classe IV - Ba20.Sub20	R\$3.668.593,64	-	-	R\$701.716,36	R\$843.533,10	R\$1.014.010,98
P15 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	R\$3.151.724,02	-	-	R\$701.716,36	R\$843.533,10	R\$1.014.010,98
P15 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20	R\$3.623.711,22	-	-	R\$701.716,36	R\$843.533,10	R\$1.014.010,98
P30 - Classe I - Ba20.Sub20	R\$3.600.686,67	-	-	-	-	-
P30 - Classe IV - Ba20.Sub20	R\$4.664.387,59	-	-	-	-	-
P30 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	R\$3.524.064,89	-	-	-	-	-
P30 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20	R\$4.589.482,12	-	-	-	-	-
Modelo	Custo Global de Implantação por Km	Ano 6	Ano 12	Ano 18	Ano 24	
P6 - Classe I - Ba20.Sub20	R\$2.814.548,06	R\$503.812,17	R\$628.343,73	R\$783.656,83	R\$977.359,98	
P6 - Classe IV - Ba20.Sub20	R\$2.802.899,59	R\$503.812,17	R\$628.343,73	R\$783.656,83	R\$977.359,98	
P6 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	R\$2.746.217,65	R\$503.812,17	R\$628.343,73	R\$783.656,83	R\$977.359,98	
P6 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20	R\$2.727.994,12	R\$503.812,17	R\$628.343,73	R\$783.656,83	R\$977.359,98	

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Em seguida, para valores médios de TMA (Tabela 4.8), variando de 10% a 13%, faixa que devido às condições econômicas atuais do país é considerada a mais próxima da realidade das empresas desse setor, o melhor resultado encontrado para o VPL é a rodovia P6 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20. Essa estrutura, com 6 anos de vida útil, composta de Base, Sub-base, Reforço no Subleito e Revestimento Asfáltico Modificado por Polímero é considerada a solução para o problema proposto no estudo, e será detalhada na seção posterior.

Ainda na Tabela 4.8, é possível observar que projetos com longos períodos de vida útil passam a não apresentar vantagens do ponto de vista econômica, como exemplo, pode-se citar a rodovia P30 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20. Essa estrutura, que para valores inferiores de TMA era considerada a melhor solução, passa a ser a 13ª melhor opção para taxa de 11%. Além disso, para esta mesma taxa, as 6 melhores opções são estruturas com vida útil de 5 e 6 anos.

Por fim, para valores superiores de TMA (14% e 15%), apresentados na Tabela 4.9, a opção que apresenta o menor VPL é a rodovia P5 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20. Sendo assim, para as premissas adotadas neste estudo, pode-se inferir que quando a empresa consegue alocar seu dinheiro em investimentos com altas taxas de retorno, acima de 10%, economicamente é preferível a implantação de rodovias com menor vida útil, com reforços programados durante o período de projeto.

Além das análises realizadas para as melhores alternativas econômicas, permite-se avaliar as piores opções encontradas, para complementar o entendimento sobre o assunto. Dessa forma, entende-se que dentre as piores alternativas, encontram-se as que possuem um longo período de projeto com Revestimento de Asfalto Modificado por Polímero. Isso é explicado pelo fato de que, como apresentado anteriormente, esse revestimento possui um custo unitário maior se comparado com ligantes convencionais. Além disso, para grandes solicitações de tráfego, os revestimentos que utilizam CA modificado necessitam de uma espessura maior em comparação com os CA convencionais. Portanto, essa soma de fatores torna os modelos, com longos períodos de vida útil e revestimento modificado, as piores opções econômicas encontradas.

Tabela 4.7 - Classificação em ordem crescente dos melhores VPL's – TMA de 6% até 9%

TMA: 6	TMA: 7	TMA: 8	TMA: 9
P30 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20			
P30 - Classe I - Ba20.Sub20	P30 - Classe I - Ba20.Sub20	P30 - Classe I - Ba20.Sub20	P6 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20
P6 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20	P6 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20	P6 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20	P6 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20
P6 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P6 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P6 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P30 - Classe I - Ba20.Sub20
P15 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P15 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P15 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P5 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20
P6 - Classe IV - Ba20.Sub20	P6 - Classe IV - Ba20.Sub20	P6 - Classe IV - Ba20.Sub20	P15 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20
P15 - Classe I - Ba20.Sub20	P6 - Classe I - Ba20.Sub20	P6 - Classe I - Ba20.Sub20	P6 - Classe IV - Ba20.Sub20
P6 - Classe I - Ba20.Sub20	P15 - Classe I - Ba20.Sub20	P5 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20	P6 - Classe I - Ba20.Sub20
P5 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20	P5 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20	P15 - Classe I - Ba20.Sub20	P15 - Classe I - Ba20.Sub20
P10 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20			
P5 - Classe IV - Ba20.Sub20			
P10 - Classe I - Ba20.Sub20	P5 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P5 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P5 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20
P5 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P10 - Classe I - Ba20.Sub20	P10 - Classe I - Ba20.Sub20	P10 - Classe I - Ba20.Sub20
P5 - Classe I - Ba20.Sub20			
P10 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20			
P10 - Classe IV - Ba20.Sub20			
P15 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20			
P15 - Classe IV - Ba20.Sub20			
P30 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20			
P30 - Classe IV - Ba20.Sub20			

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Tabela 4.8 - Classificação em ordem crescente dos melhores VPL's – TMA de 10% até 13%

TMA: 10	TMA: 11	TMA: 12	TMA: 13
P6 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20			
P6 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P6 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P5 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20	P5 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20
P5 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20	P5 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20	P6 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P6 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20
P30 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P6 - Classe IV - Ba20.Sub20	P6 - Classe IV - Ba20.Sub20	P5 - Classe IV - Ba20.Sub20
P6 - Classe IV - Ba20.Sub20	P6 - Classe I - Ba20.Sub20	P5 - Classe IV - Ba20.Sub20	P6 - Classe IV - Ba20.Sub20
P15 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P5 - Classe IV - Ba20.Sub20	P6 - Classe I - Ba20.Sub20	P6 - Classe I - Ba20.Sub20
P6 - Classe I - Ba20.Sub20	P15 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P5 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P5 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20
P5 - Classe IV - Ba20.Sub20	P10 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P10 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P10 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20
P10 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P5 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P15 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P15 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20
P15 - Classe I - Ba20.Sub20	P30 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P5 - Classe I - Ba20.Sub20	P5 - Classe I - Ba20.Sub20
P5 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P15 - Classe I - Ba20.Sub20	P15 - Classe I - Ba20.Sub20	P10 - Classe I - Ba20.Sub20
P30 - Classe I - Ba20.Sub20	P5 - Classe I - Ba20.Sub20	P10 - Classe I - Ba20.Sub20	P15 - Classe I - Ba20.Sub20
P10 - Classe I - Ba20.Sub20	P10 - Classe I - Ba20.Sub20	P30 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P30 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20
P5 - Classe I - Ba20.Sub20	P30 - Classe I - Ba20.Sub20	P30 - Classe I - Ba20.Sub20	P10 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20
P10 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20	P10 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20	P10 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20	P30 - Classe I - Ba20.Sub20
P10 - Classe IV - Ba20.Sub20			
P15 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20			
P15 - Classe IV - Ba20.Sub20			
P30 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20			
P30 - Classe IV - Ba20.Sub20			

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

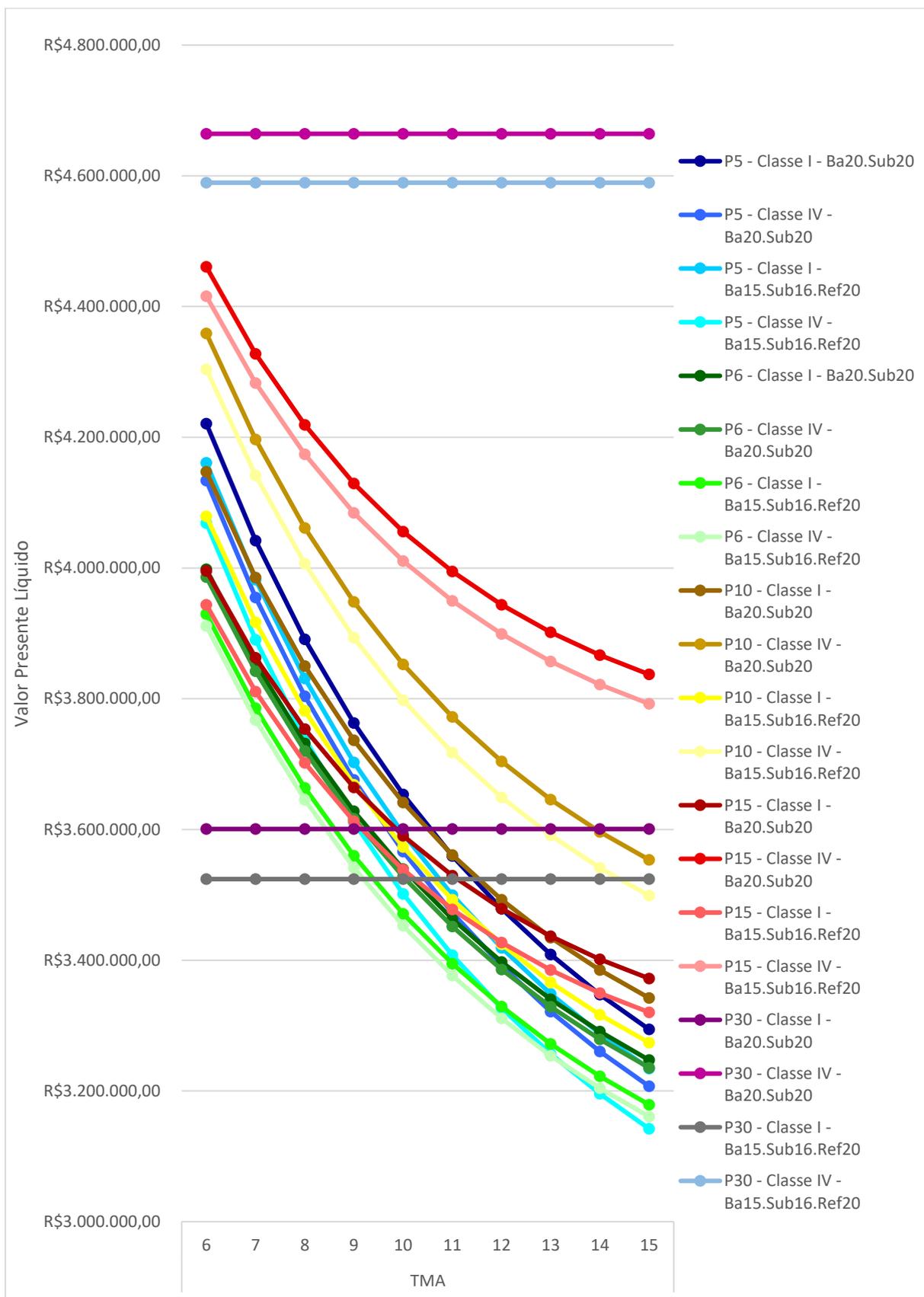
Tabela 4.9 - Classificação em ordem crescente dos melhores VPL's – TMA 14% e 15%

TMA: 14	TMA: 15
P5 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20	P5 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20
P6 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20	P6 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20
P6 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P6 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20
P5 - Classe IV - Ba20.Sub20	P5 - Classe IV - Ba20.Sub20
P6 - Classe IV - Ba20.Sub20	P5 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20
P5 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P6 - Classe IV - Ba20.Sub20
P6 - Classe I - Ba20.Sub20	P6 - Classe I - Ba20.Sub20
P10 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P10 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20
P5 - Classe I - Ba20.Sub20	P5 - Classe I - Ba20.Sub20
P15 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P15 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20
P10 - Classe I - Ba20.Sub20	P10 - Classe I - Ba20.Sub20
P15 - Classe I - Ba20.Sub20	P15 - Classe I - Ba20.Sub20
P30 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20	P10 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20
P10 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20	P30 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20
P10 - Classe IV - Ba20.Sub20	P10 - Classe IV - Ba20.Sub20
P30 - Classe I - Ba20.Sub20	P30 - Classe I - Ba20.Sub20
P15 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20	P15 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20
P15 - Classe IV - Ba20.Sub20	P15 - Classe IV - Ba20.Sub20
P30 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20	P30 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20
P30 - Classe IV - Ba20.Sub20	P30 - Classe IV - Ba20.Sub20

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Os dados encontrados nas Tabelas 4.7, 4.8 e 4.9 então resumidos na Figura 4.7, que demonstra as mudanças do VPL com a variação da TMA. Nesta Figura, fica evidente que a partir da TMA 10%, as rodovias elaboradas para durar 30 anos, perdem sua vantagem com relação a rodovias com períodos de vida útil mais curto. Outro fato que pode ser observado, é o valor constante de VPL apresentado pelas rodovias com vida útil de 30 anos. Isso deve-se ao fato destas apresentarem apenas o custo de implantação, no início do período, onde t é igual a zero. Sendo assim, essas rodovias não sofrem influência em seu VPL com as diferentes taxas de TMA, afinal seu VPL é composto apenas pelo seu custo inicial. Por outro lado, para as demais rodovias, é possível observar que os custos de VPL tendem a variar mais nos intervalos de TMA com valores menores, visto que quanto maior a TMA, mais relevante torna-se o custo inicial e menos influência passa a ter os custos relativos aos reparos da rodovia ao longo do tempo.

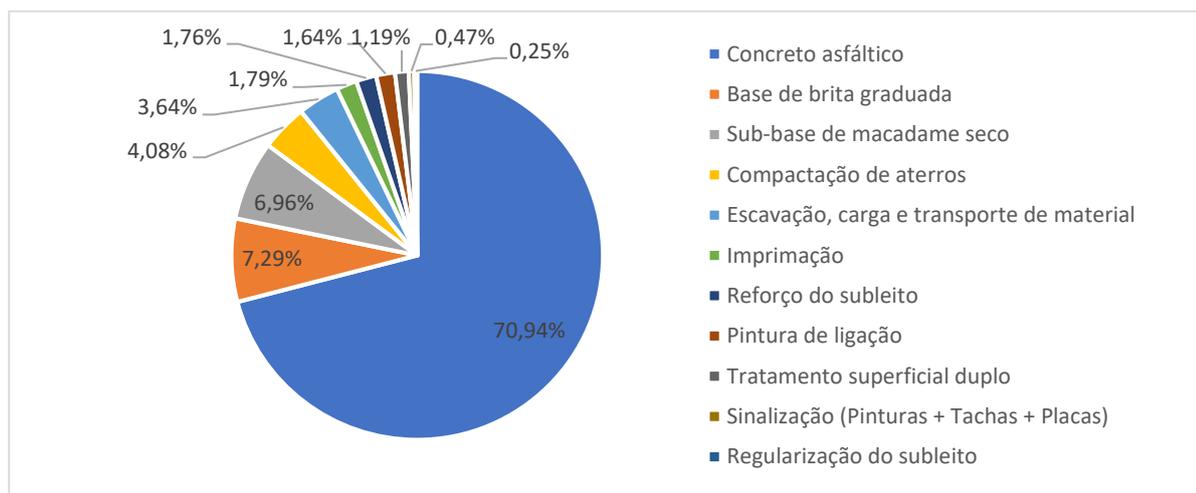
Figura 4.7 - Classificação dos VPL's



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Depois de verificadas as melhores opções para cada TMA, pode-se avaliar individualmente cada uma delas com vistas à participação dos serviços no custo de implantação da rodovia e no custo dos reforços que as mesmas receberão no futuro. Sendo assim, as Figuras 4.8 e 4.9 demonstram a participação dos custos relativos a implantação para a rodovia P30 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20, melhor solução para a faixa de TMA de 6% a 9%. Em seguida, as Figuras 4.10 e 4.11 representam a participação dos custos de implantação para a rodovia P6 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20, melhor solução encontrada para a faixa de TMA de 10% a 13%, e definida a melhor solução a ser implantada no estudo. Por fim, as Figuras 4.12 e 4.13 expõe os custos de implantação para a rodovia P5 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20, melhor solução para a TMA 14% e 15%.

Figura 4.8 - Participação dos Serviços nos custos de Implantação da Rodovia P30 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20

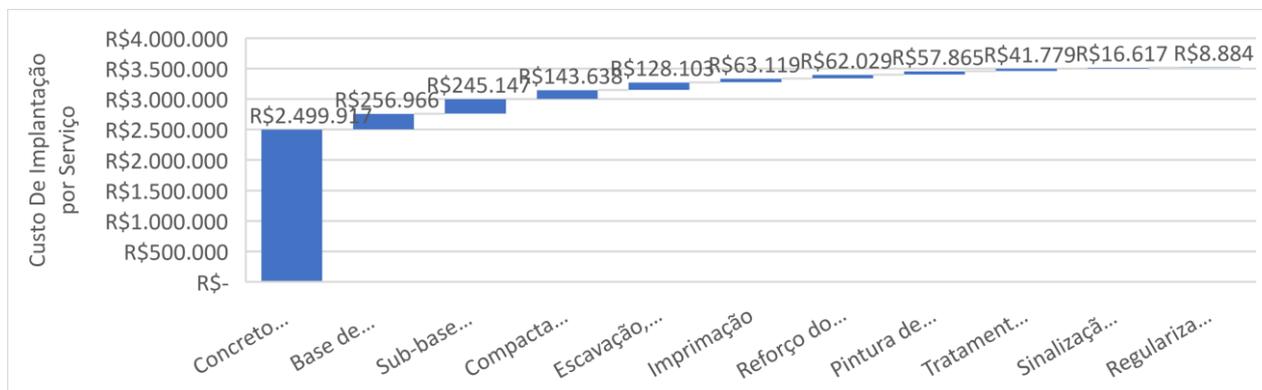


Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Através da Figura 4.8 e 4.9, é possível observar que a etapa de maior custo para a implantação da rodovia P30 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20 é a colocação do concreto asfáltico. Destaca-se que para esta rodovia, a etapa de quase R\$ 2,5mi, que corresponde a mais de 70% dos custos diretos de implantação, é composta de 32 centímetros de revestimento asfáltico, sendo o ligante asfáltico o insumo de maior relevância para este custo. Em segundo lugar, responsável por 7,29% dos custos de implantação, encontra-se a etapa de base de brita graduada, onde mais uma vez, o

grande responsável por este custo é o insumo necessário para a execução desta etapa.

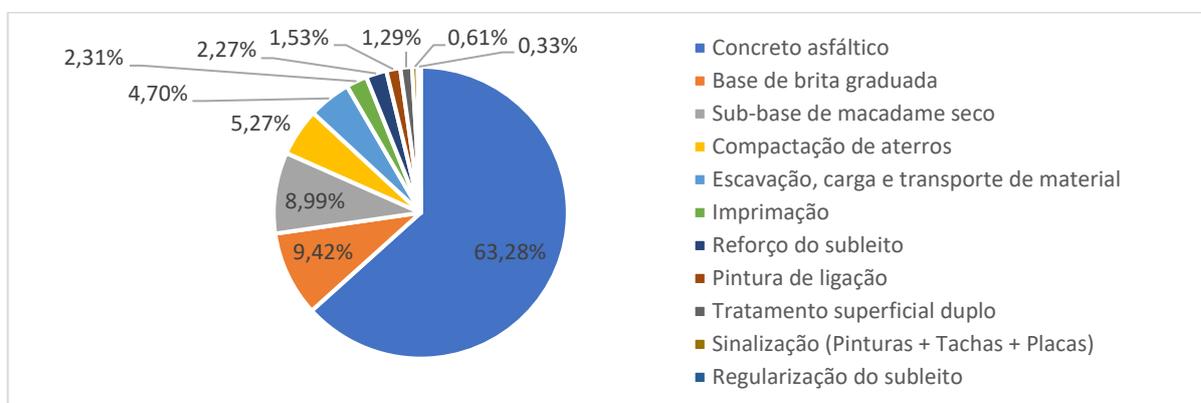
Figura 4.9 - Curva ABC da Rodovia P30 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

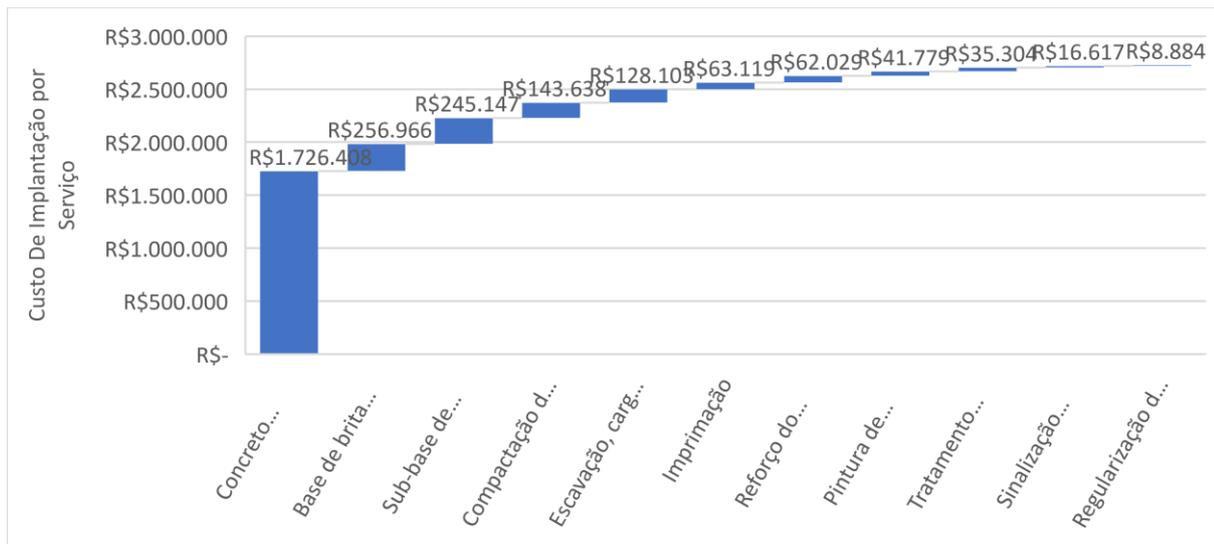
Em seguida, para a rodovia P6 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20, é possível observar nas Figuras 4.10 e 4.11, que novamente a etapa com maior custo para a implantação é a colocação do revestimento asfáltico, sendo responsável por mais de 60% dos custos diretos de implantação. Destaca-se que esta etapa que possui um custo por quilometro de mais R\$ 1,6 mi e é composta por uma camada de 19,2 cm de CA Modificado por Polímero. Ainda é possível afirmar, que somadas as camadas granulares desta rodovia representam cerca de 20% dos custos diretos por quilometro de implantação da rodovia.

Figura 4.10 - Participação dos Serviços nos custos de Implantação da Rodovia P6 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

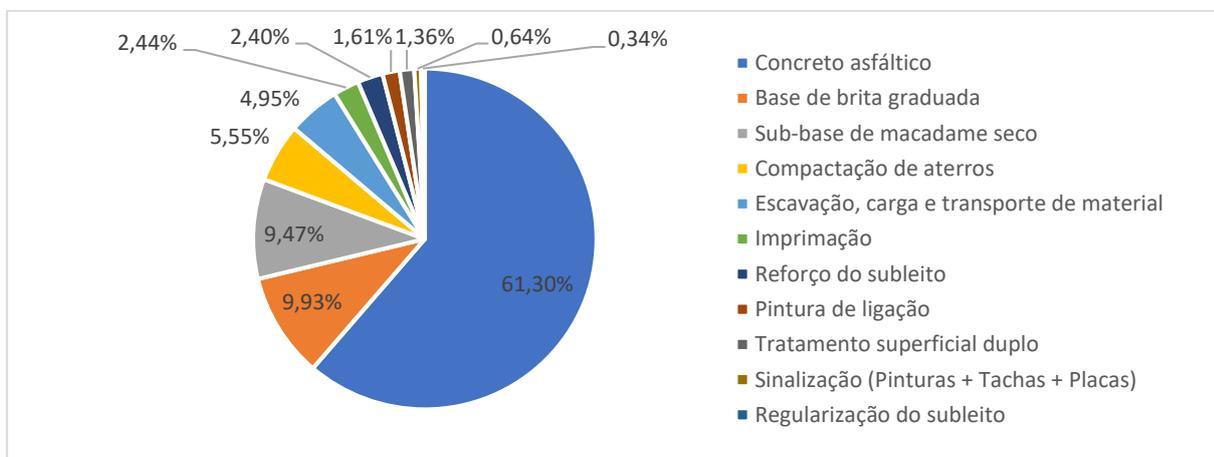
Figura 4.11 - Curva ABC da Rodovia P6 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

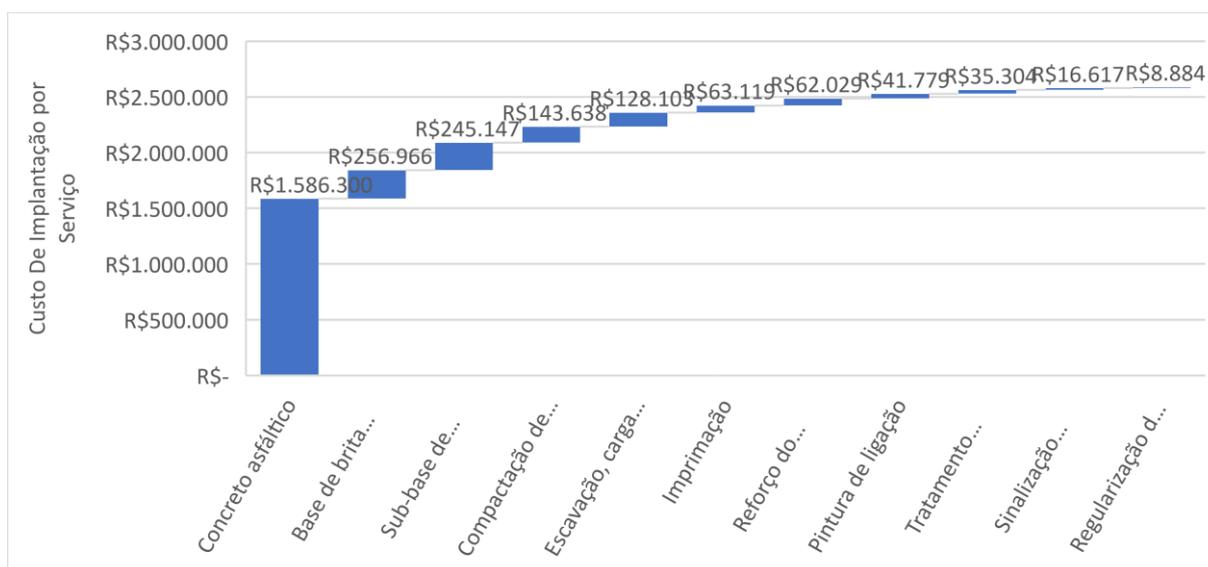
Por último, as Figuras 4.12 e 4.13, demonstram que para a Rodovia P5 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20, a etapa de concreto asfáltico também é a de maior relevância no custo de implantação por quilometro da rodovia. Destaca-se que para esta estrutura, as etapas relativas à terraplanagem, compostas pela compactação de aterros e escavação e transporte de materiais correspondem ao valor de R\$ 271.740,00, representando cerca de 10% do custo direto de implantação por quilometro da rodovia.

Figura 4.12 - Participação dos Serviços nos custos de Implantação da Rodovia P5 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Figura 4.13 - Curva ABC da Rodovia P5 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Em comum, para as 3 rodovias apresentadas, o serviço de Concreto Asfáltico apresentou-se como o mais importante das composições de serviço de implantação de rodovias. Sendo para as rodovias P6 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20 e P5 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20, a porcentagem do valor do serviço de Concreto Asfáltico menor se comparado com a rodovia P30 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20. Porém, destaca-se que esses valores continuam altos, sendo maiores que 60%, representando um valor maior que o somatório dos demais serviços. Com relação aos valores brutos desse serviço para as rodovias com 5 e 6 anos de vida útil, eles também são inferiores se comparados com a rodovia P30 - Classe I - Ba15.Sub16.Ref20. Essa diferença de quase R\$ 1mi por km entre os serviços explica-se pelo fato de o revestimento do pavimento com vida útil de 30 anos ser mais de 10 cm mais espesso se comparado com os outros dois modelos.

Em segundo lugar na comparação dos maiores custos para a implantação das rodovias, aparece a execução da camada de Base de Brita Graduada. Essa etapa possui um custo elevado por conta do seu insumo, que por ser proveniente de rocha, precisa ser extraído de pedreiras utilizando explosivos. Além disso, deve-se considerar que as jazidas de pedra se localizam em lugares específicos, devendo possuir todas as permissões dos órgãos responsáveis, sendo assim, a distância das pedreiras até o trecho de rodovia em construção é por vezes grande, também contribuindo para o acréscimo de custo. Por fim, destaca-se o maior custo das

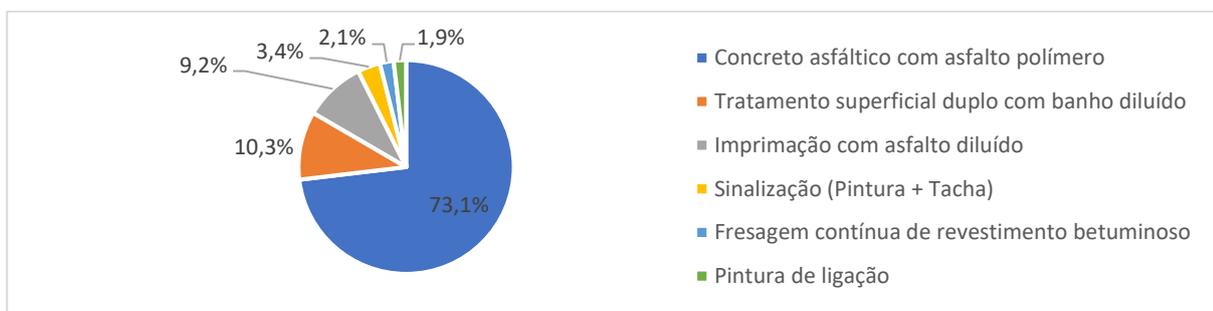
camadas compostas de materiais granulares em geral quando comparadas com camadas construídas com aterros de solo.

Em seguida, ressalta-se a importância do serviço de acabamento da via através da sinalização com placas, faixas e tachões. Estes, que são responsáveis por dar segurança nas estradas, representam menos de 1% dos custos de implantação da rodovia. Assim mesmo, com seu baixo custo, essa etapa é de suma importância para as rodovias, pois poderá reduzir as perdas com vidas humanas e as despesas geradas por acidentes.

Depois de analisado os custos relativos à implantação de rodovias, pode-se avaliar a composição de custos relativo à execução do reforço estrutural. Destaca-se que a estrutura de reforço dos pavimentos deste estudo obteve resultado de dimensionamento igual para todas as rodovias, assim sendo, será apresentado apenas uma vez. Como padrão, obteve-se uma espessura de 5 centímetros de CA Modificado por Polímero após fresagem de 3 centímetros. As Figuras 4.14 e 4.15 demonstram que, assim como nos projetos de implantação, o serviço com o maior custo na execução do reforço estrutural das rodovias é a colocação do Concreto Asfáltico. Mais uma vez, isso se deve ao fato dos altos preços dos ligantes utilizados em grande quantidade nessa etapa. Sendo assim, o custo relativo ao Concreto Asfáltico representa cerca de 70% das despesas diretas da colocação do reforço.

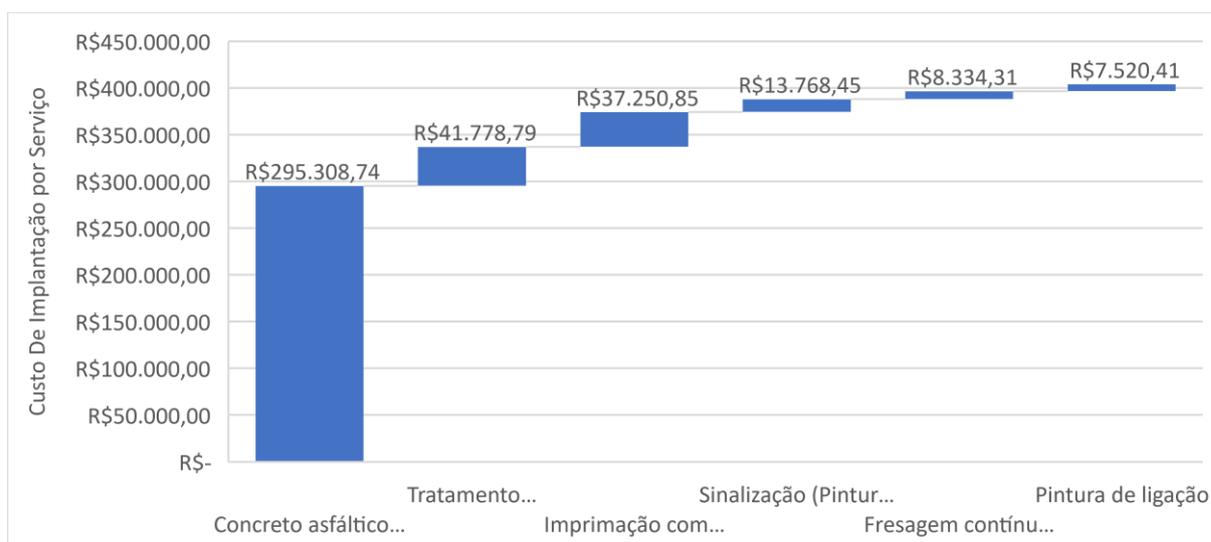
O segundo item de maior custo na elaboração do reforço estrutural das rodovias é a etapa de Tratamento Superficial Duplo, a qual é responsável pela conservação do acostamento. Essa etapa, com custo de mais de R\$ 40.000,00 por quilometro também possui como insumos principais derivados do petróleo e de rochas.

Figura 4.14 - Porcentagem da Composição dos custos do Reforço



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Figura 4.15 - Curva ABC do Reforço



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

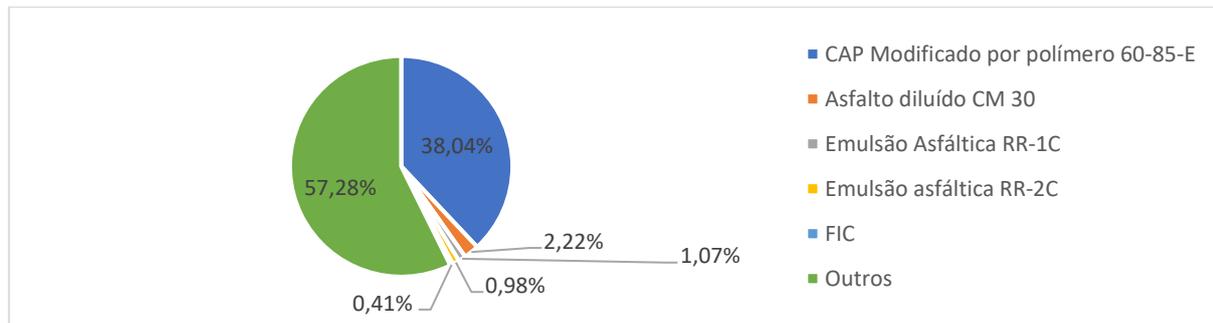
Ainda, destaca-se que o custo relativo a Fresagem Contínua do Revestimento representa apenas 2,1% das despesas diretas, com um valor de R\$ 8.300,00 por quilometro. Dessa forma, não existem motivos para negligenciar esta etapa, que segundo Bonfim (2007), pode ajudar a solucionar problemas de desgaste superficial excessivo, diminuir a propagação de trincas existentes para as novas camadas, além de extinguir problemas como deformações plásticas e exsudação.

Em seguida, apresenta-se na Figura 4.16, a participação direta dos ligantes asfálticos e a influência do fator de interferência da chuva no custo global de implantação por quilometro da rodovia P6 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20. Conforme apresentado anteriormente, o custo do serviço de Concreto Asfáltico é o mais relevante tanto em obras de implantação de novas rodovias quanto na construção de reforços estruturais e, através da Figura 4.16, demonstra-se que isso se deve ao elevado valor dos produtos asfálticos, que sozinhos representam mais de 40% dos custos da obra de implantação.

Além disso, entre todos os produtos asfálticos o Ligante Modificado por Polímero é o que mais contribui para as despesas de implantação, representando 38,04% desse valor, com um custo de R\$1.037.642,21 por quilometro de via. Esse ligante, apesar de ser possuir valor unitário (3,63 R\$/kg) inferior ao do Asfalto diluído (4,13 R\$/kg), é utilizado em grande quantidade, gerando esse alto custo. Sendo assim, salienta-se, que para reduzir os gastos com obras rodoviárias é de suma

importância o investimento em novas tecnologias que permitam diminuir os custos destes derivados do petróleo. Ainda, destaca-se a pequena parcela de contribuição dos Fatores de Interferência da Chuva (FIC), sendo de apenas 0,41% do custo de implantação da obra.

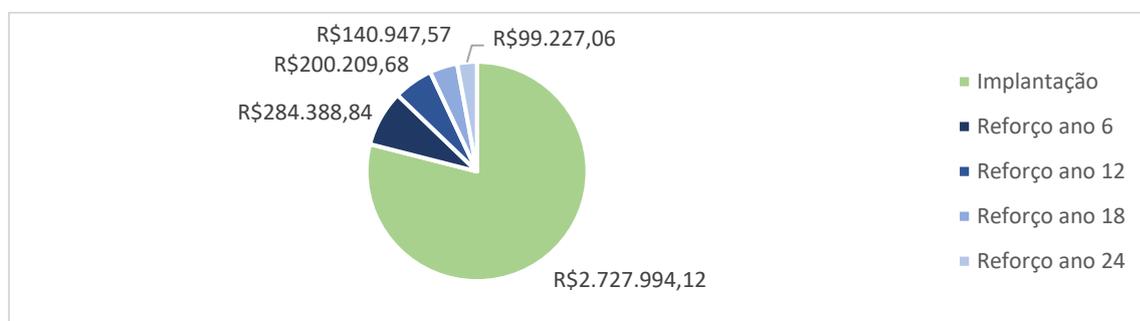
Figura 4.16 - Participação dos Ligantes Asfálticos e do FIC no custo de implantação do Modelo P6 – 2 – Classe IV



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

Por fim, na Figura 4.17, demonstra-se a participação de todas as interferências previstas para o período de projeto da rodovia P6 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20, trazidas a Valor Presente Líquido utilizando a TMA de 10%. Destaca-se como etapa com maior participação no VPL a Implantação, a qual representou quase 80% de um total de R\$3.452.767,26. Além disso, evidencia-se que manter a rodovia em boas condições, poderá trazer vantagens as concessionárias, que ficam livres para poder reinvestir seu capital em outras aplicações, necessitando de um menor de VPL para conservações futuras.

Figura 4.17 - Intervenções sofridas pela Rodovia P6 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2019)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento econômico do Brasil, está diretamente ligado as condições de transporte das pessoas e dos produtos dentro do território nacional. Sendo assim, o modal rodoviário, que movimenta cerca de 60% das mercadorias, precisa urgentemente aprimorar suas condições de funcionamento. Da mesma forma, as condições da infraestrutura de transportes no Rio Grande do Sul, que não se apresentam em condições melhores se comparado com o restante do país precisam aprimorar seu funcionamento, através da duplicação das estradas existentes e da ampliação da malha viária asfaltada.

Dentre as rodovias do estado do RS que necessitam de melhorias, encontra-se a RSC-287, com destaque especial ao trecho que liga o Município de Santa Maria ao Município de Tabaí. Essa estrada, de pista simples, é responsável por escoar parte da produção agrícola gaúcha até o porto de Rio Grande, além de ser um importante meio de ligação entre as cidades do interior com a capital Porto Alegre. Sendo assim, essa rodovia, que se encontra operando no limite máximo de sua capacidade, necessita urgentemente de soluções estratégicas que aumentem sua capacidade.

Assim sendo, como parte de um processo de melhoria na infraestrutura de transportes do país, esse estudo o qual tem como objetivo geral identificar economicamente a melhor alternativa estrutural de rodovia, para a duplicação da RSC-287, atendendo a um período de projeto de 30 anos. E, além disso, como objetivos específicos estimar as perdas econômicas geradas pelo Método do DNER, determinar a influência das camadas granulares no dimensionamento de rodovias, comparar economicamente a utilização de diferentes tipos de concreto asfáltico e verificar o impacto que cada serviço e insumo gera na implantação e reforço de uma rodovia. Sendo assim, concluiu-se que:

- A rodovia P6 - Classe IV - Ba15.Sub16.Ref20 foi a melhor alternativa econômica encontrada para duplicação da RSC-287. Esse modelo foi dimensionado com uma vida útil de 6 anos, recebendo reforços de 6 em 6 anos até o fim do período de projeto. Além disso, essa rodovia contou com uma espessura inicial de 19,3 centímetros de Concreto Asfáltico Modificado por Polímero, 15 centímetros de Base granular, 16 centímetros de Sub-Base granular e um Reforço no Subleito de 20 centímetros;

- Para as condições do estudo, o Método do DNER encontrou-se desatualizado por não considerar importantes fenômenos de degradação dos pavimentos asfálticos, gerando perdas econômicas significativas. Comprovou-se isso através do cálculo do custo por "N", onde o valor encontrado para estruturas dimensionadas pelo primeiro método é muito superior quando comparado com as verificações obtidas pelo programa MeDiNa;

- As camadas granulares pouco influenciaram no dimensionamento das rodovias do presente estudo, tendo sido a espessura e o tipo de revestimento asfáltico os grandes responsáveis pelo acréscimo de vida útil dos pavimentos;

- Os pavimentos dimensionados com CA Modificado por Polímero apresentaram custo inferior de implantação para N's de projeto inferiores a $3,90 \times 10^7$, o que neste estudo equivaleu a pavimentos com 6 anos de vida útil;

- Com as premissas econômicas adotadas neste estudo, valores inferiores a 10% de TMA, obtiveram como resposta para os VPL pavimentos com longos períodos de vida útil. A partir dos 10% de TMA, rodovias com períodos de vida útil mais curtos apresentaram os menores valores de VPL;

- A implantação do CA foi a etapa mais onerosa da obra, seguindo pela etapa de Brita Graduada;

- Os ligantes asfálticos foram os grandes responsáveis pelo alto custo das obras rodoviárias, pois sozinhos, eles assumiram 40% dos gastos. Além disso, observou-se que para as premissas adotadas no estudo, o FIC possui pouca contribuição com os custos da obra;

Depois de realizado o estudo, obtido os resultados e conclusões, sugere-se, para trabalhos futuros:

- Realizar o mesmo estudo substituindo as alternativas de revestimento com Concreto Asfáltico, por pavimentos de Concreto com Cimento Portland;

- Realizar o mesmo estudo substituindo as camadas granulares de Base e Sub-Base por Concreto Asfáltico Compactado a Rolo;

- Analisar a viabilidade econômica do mesmo estudo com pavimentos possuindo períodos de vida útil mais curtos, como por exemplo 2, 3 e 4 anos;

- Utilizar uma técnica ou um método diferente para o dimensionamento dos reforços dos pavimentos;

- Realizar o mesmo estudo, porém supondo os cenários econômicos pessimista, otimista e esperado. E assim, estipular os possíveis benefícios decorrentes da concessão;
- Depois de estimados os possíveis benefícios, utilizar técnicas de engenharia econômica como Análise de Custo-Benefício e Taxa Interna de Retorno, para verificar a viabilidade do estudo.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS.

Preços de distribuição de produtos asfálticos. 2019. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos/precos-de-distribuicao>>. Acesso em: 20/07/2019

BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Relatório Focus de Mercado.** 2019. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/publicacoes/focus/31052019>>. Acesso em: 02/06/2019

BERTÚLIO, J. X; SANTOS, E. S. Novo SICRO: Novas Metodologias e Análise quanto a Transição do Sistema de Referencial do DAER para o Sistema Referencial do DNIT. **Revista Estradas**, Porto Alegre, p.25-34, nov. 2017. Disponível em: <https://issuu.com/revistaestradas/docs/revista_estradas_22_issus_b>. Acesso em: 16/07/2019

BONFIM, V. **Fresagem para Pavimentos Asfálticos.** 3ª ed. São Paulo: Exceção Editorial, 2007.

CASAROTTO, F. A; KOPTIKKE, B. H. **Análise de Investimentos.** 11ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Boletim Unificado de Junho.** 2019. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/boletins>>. Acesso em: 20/07/2019

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Plano CNT de Transporte e Logística 2018.** 2018. Disponível em: <<https://cbic.org.br/infraestrutura/wp-content/uploads/sites/26/2018/08/Plano-CNT-Transporte-Pesquisa-Completa.pdf>>. Acesso em: 20/07/2019

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. Ministério dos Transportes. **Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis.** Rio de Janeiro, RJ, 1981.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Ministério dos Transportes. **Manual de Pavimentação.** Rio de Janeiro, RJ, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Metodologia e Conceitos:** Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes. Brasília, 2017. v. 12.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Relatório Analítico:** Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes. Brasília, 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Ministério dos Transportes. **Projeto Executivo de Engenharia para Duplicação e Reabilitação de Pista Existente, Implantação de Ruas Laterais e**

Restauração/Construção de Obras de Arte Especiais. Santa Maria, RS, 2014. V. 1

EMPRESA GAÚCHA DE RODOVIAS. **Categorias.** 2019. Disponível em: <<https://www.egr.rs.gov.br/conteudo/3366/categorias>>. Acesso em: 20/07/2019

EMPRESA GAÚCHA DE RODOVIAS. **Volume de Tráfego.** 2019. Disponível em: <<https://www.egr.rs.gov.br/conteudo/1716/volume-de-trafego>>. Acesso em: 20/07/2019

FABRYCKY, W. J; THUESEN, G. J. **Engineering Economy.** 9ª ed. New Jersey: Prentice Hall, 2001.

FRANCO, F. A. C. D. P. **Um sistema para análise mecânica de pavimentos asfálticos.** 2000. 171 p. Tese (M.Sc., Engenharia Civil) - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://www.coc.ufrj.br/pt/dissertacoes-de-mestrado/100-2000/1710-filipe-augusto-cinque-proenca-franco>>. Acesso em: 20/05/2019.

FRANCO, F. A. C. D. P. **Método de Dimensionamento Mecânico-Empírico de Pavimentos Asfálticos - SISPAV.** 2007. 294 p. Tese (D.Sc., Engenharia Civil) - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.coc.ufrj.br/pt/teses-de-doutorado/151-2007/1107-filipe-augusto-cinque-de-proenca-franco>>. Acesso em: 20/05/2019.

FRANCO, F. A. C. D. P.; MOTTA, L. M. G. D. **Guia para utilização do Método Mecânico-Empírico.** Rio de Janeiro, RJ, 2018. Disponível em: <<http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manual-de-utilizacao-medina.pdf/view>>. Acesso em: 20/05/2019.

FRITZEN, M. A. **Desenvolvimento e Validação de Função de Transferência para Previsão do Dano por Fadiga em Pavimentos Asfálticos.** 2016. 262 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://www.coc.ufrj.br/pt/teses-de-doutorado/391-2016/4707-marcos-antonio-fritzen>>. Acesso em: 21/05/2019.

GUIMARÃES, A. C. R. **Um Método Mecânico-Empírico para a Previsão da Deformação Permanente em Solos Tropicais Constituintes de Pavimentos.** 2009. 352 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<http://www.coc.ufrj.br/pt/teses-de-doutorado/153-2009/1199-antonio-carlos-rodrigues-guimaraes>>. Acesso em: 21/05/2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo - IPCA.** 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9256-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor-amplo.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 10/07/2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Série histórica - IPCA - Junho 2019.** 2019. Disponível em:

<<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-detalhe-de-midia.html?view=mediaibge&catid=2102&id=3001>>. Acesso em: 10/07/2019.

JÚNIOR, J. G. D. S. **Aplicação do Novo Método de Dimensionamento de Pavimentos Asfálticos a Trechos de Uma Rodovia Federal**. 2018. 218 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<http://www.coc.ufrj.br/pt/dissertacoes-de-mestrado/602-msc-pt-2018/9109-jose-geraldo-de-souza-junior>>. Acesso em: 22/05/2019

MEDINA, J. D. **Mecânica dos Pavimentos**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1997.

MEDINA, J. D.; MOTTA, L. M. G. D. **Mecânica dos Pavimentos**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2005.

NETO, R. S. B. Análise comparativa de Pavimentos dimensionados através dos métodos empírico do DNER e mecanístico e proposta de um catálogo simplificado de pavimentos para região de Campo Grande (MS). 2004. 169 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18137/tde-03052004-153504/pt-br.php>>. Acesso em: 15/05/2019.

PINTO, S.; PREUSSLER, E. S. **Pavimentação Rodoviária**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Synergia, 2010.

SANTOS, C. R. G. **Dimensionamento e análise do ciclo de vida de pavimentos rodoviários: uma abordagem probabilística**. 2011. 263 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-25082011-140705/publico/Tese_Caio_R_G_Santos.pdf>. Acesso em: 15/07/2019.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, GOVERNANÇA E GESTÃO. **Cadastro Geral da Rodovia**. 2018. Disponível em: <<https://transportes.rs.gov.br/upload/arquivos/201904/02160912-produto-9-rsc-287-vol2-tomo-i-cadastro-geral-da-rodovia.pdf>>

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, GOVERNANÇA E GESTÃO. **Estudo de Demanda**. 2018. Disponível em: <<https://transportes.rs.gov.br/upload/arquivos/201904/02160856-produto-9-rsc-287-vol1-estudo-de-demanda.pdf>>

WASHINGTON Luís inaugura a primeira rodovia asfaltada do país, a Rio-Petrópolis. **O Globo**, 2013. Disponível em: <<https://acervo.oglobo.globo.com/rio-de-historias/washington-luis-inaugura-primeira-rodovia-asfaltada-do-pais-rio-petropolis-8849272>>

WORLD ECONOMIC FORUM. **Transport Infrastructure**. 2017. Disponível em: <<http://reports.weforum.org/global-competitiveness-index-2017-2018/competitiveness-rankings/#series=GCI.A.02.01>>

APÊNDICE A – COMPOSIÇÃO DE CUSTOS

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		FIC 0,03164		221,33 m³	
Custo Unitário de Referência		out/18		Produção da equipe		Valores em reais (R\$)	
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						
A - EQUIPAMENTOS		Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo
			Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário Total
E9667	Caminhão basculante com capacidade de 14 m³ - 323 kW	5,00000	0,93	0,07	166,0105	48,3896	788,8852
E9515	Escavadeira hidráulica sobre esteira com caçamba com capacidade de 1,5 m³ - 110 kW	1,00000	1,00	0,00	165,9710	73,7039	165,9710
Custo horário total de equipamentos							954,8562
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824	Servente	1,00000	h	17,5188		17,5188	
Custo horário total de mão de obra							17,5188
Custo horário total de execução							972,3750
Custo unitário de execução							4,3933
Custo do FIC							0,1390
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							4,5323
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	
			LN	RP	P		
Custo unitário total de transporte							4,53
Custo unitário direto total							4,53

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		FIC 0,03164		76,89 m³	
Custo Unitário de Referência		out/18		Produção da equipe		Valores em reais (R\$)	
5503041	Compactação de aterros a 100% do Proctor intermediário						
A - EQUIPAMENTOS		Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo
			Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário Total
E9571	Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW	1,00000	0,45	0,55	169,9920	49,4741	103,7072
E9518	Grade de 24 discos rebocável de 24"	1,00000	0,24	0,76	2,2450	1,5605	1,7248
E9524	Motoniveladora - 93 kW	1,00000	0,13	0,87	177,9442	80,5077	93,1744
E9685	Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW	1,00000	1,00	0,00	118,9739	55,5487	118,9739
E9577	Trator agrícola - 77 kW	1,00000	0,24	0,76	79,4623	32,3651	43,6684
Custo horário total de equipamentos							361,2487
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824	Servente	1,00000	h	17,5188		17,5188	
Custo horário total de mão de obra							17,5188
Custo horário total de execução							378,7675
Custo unitário de execução							4,9261
Custo do FIC							0,1559
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							5,0820
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	
			LN	RP	P		
Custo unitário total de transporte							5,08
Custo unitário direto total							5,08

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		FIC 0,03164		841,00 m³	
Custo Unitário de Referência		out/18		Produção da equipe		Valores em reais (R\$)	
4011209	Regularização do subleito						
A - EQUIPAMENTOS		Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo
			Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário Total
E9571	Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW	1,00000	0,76	0,24	169,9920	49,4741	141,0677
E9518	Grade de 24 discos rebocável de 24"	1,00000	0,52	0,48	2,2450	1,5605	1,9164
E9524	Motoniveladora - 93 kW	1,00000	0,55	0,45	177,9442	80,5077	134,0978
E9762	Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,00000	0,72	0,28	144,3583	68,8580	123,2182
E9685	Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW	1,00000	1,00	0,00	118,9739	55,5487	118,9739
E9577	Trator agrícola - 77 kW	1,00000	0,52	0,48	79,4623	32,3651	56,8556
Custo horário total de equipamentos							576,1297
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824	Servente	1,00000	h	17,5188		17,5188	
Custo horário total de mão de obra							17,5188
Custo horário total de execução							593,6485
Custo unitário de execução							0,7059
Custo do FIC							0,0223
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							0,7282
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	
			LN	RP	P		
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
out/18FIC 0,03164
Produção da equipe

168,20 m³

Valores em reais (R\$)

4011211 Reforço do subleito com material de jazida

A - EQUIPAMENTOS		Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
			Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9571	Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW	1,00000	0,93	0,07	169,9920	49,4741	161,5577
E9518	Grade de 24 discos rebocável de 24"	1,00000	0,52	0,48	2,2450	1,5605	1,9164
E9524	Motoniveladora - 93 kW	1,00000	0,78	0,22	177,9442	80,5077	156,5082
E9762	Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,00000	0,72	0,28	144,3583	68,8580	123,2182
E9685	Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW	1,00000	1,00	0,00	118,9739	55,5487	118,9739
E9577	Trator agrícola - 77 kW	1,00000	0,52	0,48	79,4623	32,3651	56,8556
					Custo horário total de equipamentos		619,0281
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824		1,00000	h	17,5188		17,5188	
					Custo horário total de mão de obra		17,5188
					Custo horário total de execução		636,5469
					Custo unitário de execução		3,7845
					Custo do FIC		0,1197
					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	
4816096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica	1,10000	m³	0,8553		0,9408	
					Custo total de atividades auxiliares		0,9408
					Subtotal		4,8450
E - TEMPO FIXO		Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário	
4816096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica - Caminhão basculante 10 m³	5914354	2,06250	t	1,2800	2,6400	
					Custo unitário total de tempo fixo		2,6400
F - MOMENTO DE TRANSPORTE		Quantidade	Unidade	DMT		Custo Unitário	
				LN	P		
4816096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica - Caminhão basculante 10 m³	2,06250	tkm		20	0,434830254	
					Custo unitário total de transporte		17,9367
					Custo unitário direto total		25,42

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO
Custo Unitário de Referência
Rio Grande do Sul
out/18FIC 0,03164
Produção da equipe

221,33 m³

Valores em reais (R\$)

4816096 Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica

A - EQUIPAMENTOS		Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
			Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9515	Escavadeira hidráulica sobre esteira com caçamba com capacidade de 1,5 m³ - 110 kW	1,00000	1,00	0,00	165,9710	73,7039	165,9710
					Custo horário total de equipamentos		165,9710
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824		1,00000	h	17,5188		17,5188	
					Custo horário total de mão de obra		17,5188
					Custo horário total de execução		183,4898
					Custo unitário de execução		0,8290
					Custo do FIC		0,0262
					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		0,8553	
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	
				LN	P		
				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
out/18FIC 0,01054
Produção da equipe

135,77 m³

Valores em reais (R\$)

4011280 Base ou sub-base de macadame seco com brita produzida

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	183,7826	81,5565	183,5586
E9530	Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW	1,00000	0,63	0,37	134,8612	60,1367	107,2131
					Custo horário total de equipamentos		290,9957
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824		2,00000	h	17,5188		35,0376	
					Custo horário total de mão de obra		35,0376
					Custo horário total de execução		326,0333
					Custo unitário de execução		2,4014
					Custo do FIC		0,0253
					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	45,7024		63,9834	
					Custo total de atividades auxiliares		63,9834
					Subtotal		66,4101
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	2,0900	4,3890	
					Custo unitário total de tempo fixo		4,3890
F - MOMENTO DE TRANSPORTE		Quantidade	Unidade	DMT		Custo Unitário	
				LN	P		
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h - Caminhão basculante 10 m³	2,10000	tkm		60	0,434830254	
					Custo unitário total de transporte		54,7886
					Custo unitário direto total		125,59

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRORio Grande do Sul
out/18FIC 0,00527
Produção da equipe66,40 m³
Valores em reais (R\$)

Custo Unitário de Referência

4816012 Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9511 Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3 m³ - 213 kW	1,00000	0,22	0,78	317,3669	128,7099	170,2144
E9611 Conjunto de britagem com capacidade de 80 m³/h	1,00000	1,00	0,00	622,6241	408,2701	622,6241
E9021 Grupo gerador - 456 kVA	1,00000	1,00	0,00	202,2496	10,2664	202,2496
Custo horário total de equipamentos						995,0881
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824 Sete	8,00000	h	17,5188		140,1504	
Custo horário total de mão de obra						140,1504
Custo horário total de execução						1.135,2385
Custo unitário de execução						17,0970
Custo do FIC						0,0901
Custo do FIT						-
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário	
M2114 Cunha lateral superior C96	0,00001	un	2.727,4219		0,0273	
M2115 Cunha lateral inferior C96	0,00002	un	2.385,5486		0,0477	
M2112 Manta HP200	0,00003	un	11.752,3578		0,3526	
M2110 Mandíbula móvel C96 Std	0,00003	un	10.702,0434		0,3211	
M2113 Revestimento bojo Std HP200	0,00004	un	12.436,9080		0,4975	
M2111 Mandíbula fixa C96 Std	0,00006	un	13.499,2856		0,8100	
Custo unitário total de material						2,0561
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
4816010 Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	0,57000	m³	46,4199		26,4593	
Custo total de atividades auxiliares						26,4593
Subtotal						45,7024
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	
			LN	RP	P	
Custo unitário total de transporte						-
Custo unitário direto total						45,70

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRORio Grande do Sul
out/18FIC 0,00527
Produção da equipe36,62 m³
Valores em reais (R\$)

Custo Unitário de Referência

4816000 Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9672 Caminhão basculante para rocha com capacidade de 12 m³ - 323 kW	1,00000	0,82	0,18	174,0003	52,5727	152,1433
E9117 Carregadeira de pneus para rocha com capacidade de 2,9 m³ - 96 kW	1,00000	0,38	0,62	183,6036	86,1303	123,1702
E9517 Compressor de ar portátil de 912 PCM - 184 kW	1,00000	1,00	0,00	147,8983	30,0604	147,8983
E9527 Marteleto perfurador/rompedor a ar comprimido de 25 kg	1,00000	1,00	0,00	24,0084	22,7384	24,0084
E9574 Perfuratriz sobre esteiras - 145 kW	1,00000	1,00	0,00	310,0405	144,2012	310,0405
E9540 Trator de esteiras com lâmina - 112 kW	1,00000	0,10	0,90	180,7028	75,9231	86,4011
Custo horário total de equipamentos						843,6618
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9892 Auxiliar de blaster	2,00000	h	27,3677		54,7354	
P9852 Blaster	1,00000	h	31,6844		31,6844	
Custo horário total de mão de obra						86,4198
Custo horário total de execução						930,0816
Custo unitário de execução						25,3982
Custo do FIC						0,1338
Custo do FIT						-
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário	
M2062 Coroa para perfuratriz T38 - D = 2 1/2"	0,00042	un	507,2379		0,2131	
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	1.140,0333		0,3762	
M2066 Luva para perfuratriz de esteira T38 - D = 1 1/2"	0,00033	un	200,7612		0,0663	
M2138 Nonel de coluna com 12 m	0,02000	un	13,2570		0,2651	
M2141 Nonel de iniciação para fogacho com 6 m	0,30000	un	12,1068		3,6320	
M2143 Nonel de ligação	0,00786	un	18,6000		0,1462	
M2146 Nonel iniciador com 150 m	0,00071	un	190,6875		0,1354	
M2067 Punho para perfuratriz de esteira T38 - D = 1 1/2"	0,00027	un	839,2483		0,2266	
M2145 Série de brocas S-12 - D = 22 mm	0,01923	un	525,9379		10,1149	
Custo unitário total de material						20,8878
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
Custo total de atividades auxiliares						-
Subtotal						46,4199
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	
			LN	RP	P	
Custo unitário total de transporte						-
Custo unitário direto total						46,42

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO
Custo Unitário de Referência
4011275 Base ou sub-base de brita graduada com brita produzida

Rio Grande do Sul
out/18

FIC 0,01054
Produção da equipe

113,18 m³

Valores em reais (R\$)

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9571 Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW	1,00000	0,34	0,66	169,9920	49,4741	90,4502
E9514 Distribuidor de agregados autopropelido - 130 kW	1,00000	0,80	0,20	183,7826	81,5565	163,3374
E9524 Motoniveladora - 93 kW	1,00000	0,52	0,48	177,9442	80,5077	131,1747
E9762 Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,00000	0,65	0,35	144,3583	68,8580	117,9332
E9530 Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW	1,00000	0,52	0,48	134,8612	60,1367	98,9934
				Custo horário total de equipamentos		601,8889
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824 Servente	1,00000	h	17,5188		17,5188	
			Custo horário total de mão de obra		17,5188	
			Custo horário total de execução		619,4077	
			Custo unitário de execução		5,4728	
			Custo do FIC		0,0577	
			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	
6416039 Usinagem de brita graduada com brita produzida em usina de 300 t/h	1,00000	m²	76,2356		76,2356	
			Custo total de atividades auxiliares		76,2356	
			Subtotal		81,7661	
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
6416039 Usinagem de brita graduada com brita produzida em usina de 300 t/h - Caminhão basculante 10 m³	5914652	2,10000	t	1,8400		3,8640
				Custo unitário total de tempo fixo		3,8640
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário
			LN	RP	P	
6416039 Usinagem de brita graduada com brita produzida em usina de 300 t/h - Caminhão basculante 10 m³	2,10000	tkm	5914359		60	0,4348
						54,7886
						Custo unitário total de transporte
						Custo unitário direto total
						140,42

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO
Custo Unitário de Referência
6416039 Usinagem de brita graduada com brita produzida em usina de 300 t/h

Rio Grande do Sul
out/18

Produção da equipe

113,18 m³

Valores em reais (R\$)

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9511 Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3 m³ - 213 kW	1,00000	0,79	0,21	317,3669	128,7099	277,7489
E9779 Grupo gerador - 100/110 kVA	1,00000	1,00	0,00	48,5393	3,6644	48,5393
E9615 Usina misturadora de solos com capacidade de 300 t/h	1,00000	1,00	0,00	145,1247	98,1575	145,1247
				Custo horário total de equipamentos		471,4129
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824 Servente	5,00000	h	17,5188		87,5940	
			Custo horário total de mão de obra		87,5940	
			Custo horário total de execução		559,0069	
			Custo unitário de execução		4,9391	
			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	
4816012 Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h	1,46667	m³	45,7024		67,0304	
			Custo total de atividades auxiliares		67,0304	
			Subtotal		71,9695	
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	5915407	2,20001	t	1,6700		3,6740
				Custo unitário total de tempo fixo		3,6740
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário
			LN	RP	P	
4816012 Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h - Caminhão basculante 10 m³	2,20001	tkm	5914359	0,5	5914389	0,5383
						0,5921
						Custo unitário total de transporte
						Custo unitário direto total
						76,24

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO
Custo Unitário de Referência
4011351 Imprimação com asfalto diluído

Rio Grande do Sul
out/18

FIC 0,00527
Produção da equipe

1125,00 m²

Valores em reais (R\$)

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9509 Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 7 kW/ 136 kW	1,00000	1,00	0,00	140,4747	46,4116	140,4747
E9558 Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l	1,00000	1,00	0,00	15,8210	10,7825	15,8210
E9577 Trator agrícola - 77 kW	1,00000	0,35	0,65	79,4623	32,3651	48,8491
E9544 Vassoura mecânica rebocável	1,00000	0,35	0,65	5,4370	3,4952	4,1748
				Custo horário total de equipamentos		209,3197
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824 Servente	2,00000	h	17,5188		35,0376	
			Custo horário total de mão de obra		35,0376	
			Custo horário total de execução		244,3573	
			Custo unitário de execução		0,2172	
			Custo do FIC		0,0011	
			Custo do FIT		-	
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário	
M0104 Asfalto diluído CM 30	0,00120	t	4.129,4813		4,9554	
			Custo unitário total de material		4,9554	
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
			Custo total de atividades auxiliares		-	
			Subtotal		5,1737	
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
			LN	RP	P	
						Custo unitário total de transporte
						Custo unitário direto total
						5,17

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO
Custo Unitário de Referência
4011353 Pintura de ligação

Rio Grande do Sul
out/18

FIC 0,00527
Produção da equipe

1500,00 m²
Valores em reais (R\$)

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9509 Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 7 kW/ 136 kW	1,00000	1,00	0,00	140,4747	46,4116	140,4747
E9558 Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l	2,00000	1,00	0,00	15,8210	10,7825	31,6420
E9577 Trator agrícola - 77 kW	1,00000	0,47	0,53	79,4623	32,3651	54,5008
E9544 Vassoura mecânica rebocável	1,00000	0,47	0,53	5,4370	3,4952	4,4078
				Custo horário total de equipamentos		231,0253
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total
P9824 Servente	2,00000	h		17,5188		35,0376
				Custo horário total de mão de obra		35,0376
				Custo horário total de execução		266,0629
				Custo unitário de execução		0,1774
				Custo do FIC		0,0009
				Custo do FIT		-
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário
M1946 Emulsão asfáltica RR-1C	0,00045	t		1.924,8688		0,8662
				Custo unitário total de material		0,8662
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade		Custo Unitário		Custo Unitário
				Custo total de atividades auxiliares		-
				Subtotal		1,0445
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade		Custo Unitário	Custo Unitário
				Custo unitário total de tempo fixo		-
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade		DMT	RP	P
			LN			
				Custo unitário total de transporte		-
				Custo unitário direto total		1,04

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO
Custo Unitário de Referência
4011462 Concreto asfáltico - faixa C - areia extraída, brita produzida

Rio Grande do Sul
out/18

FIC 0,00527
Produção da equipe

83,00 t
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 l - 85 kW	1,00000	0,59	0,41	144,3583	68,8580	113,4032
E9530 Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW	1,00000	0,51	0,49	134,8612	60,1367	98,2462
E9545 Vibrocabadora de asfalto sobre esteiras - 82 kW	1,00000	0,89	0,11	198,0275	97,7214	186,9938
				Custo horário total de equipamentos		398,6432
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total
P9824 Servente	8,00000	h		17,5188		140,1504
				Custo horário total de mão de obra		140,1504
				Custo horário total de execução		538,7936
				Custo unitário de execução		6,4915
				Custo do FIC		0,0342
				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
6416077 Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia extraída e brita produzida	1,02000	t		238,2653		243,0306
				Custo total de atividades auxiliares		243,0306
				Subtotal		249,5563
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade		Custo Unitário	Custo Unitário
6416077 Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia extraída e brita produzida - Caminhão basculante 10 m³	5914649	1,02000	t		6,8700	7,0074
				Custo unitário total de tempo fixo		7,0074
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade		DMT	RP	P
6416077 Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia extraída e brita produzida - Caminhão basculante 10 m³	1,02000	tkm	5914359			60
				Custo unitário total de transporte		0,4348
				Custo unitário direto total		283,18

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO
Custo Unitário de Referência
6416077 Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia extraída e brita produzida

ou/18

Produção da equipe

83,00 t
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	41,7793	13,3602	41,7793
E9584 Carregadeira de pneus com capacidade de 1,53 m³ - 106 kW	1,00000	0,57	0,43	131,0434	55,3890	98,5120
E9021 Grupo gerador - 456 kVA	1,00000	1,00	0,00	202,2496	10,2664	202,2496
E9558 Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l	2,00000	1,00	0,00	15,8210	10,7825	31,6420
E9689 Usina de asfalto a quente gravimétrica com capacidade de 100/140 t/h - 260 kW	1,00000	1,00	0,00	761,7489	407,1168	761,7489
				Custo horário total de equipamentos		1.135,9318
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total
P9824 Servente	8,00000	h		17,5188		140,1504
				Custo horário total de mão de obra		140,1504
				Custo horário total de execução		1.276,0822
				Custo unitário de execução		15,3745
				Custo do FIC		-
				Custo do FIT		-
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário
M0345 Cal hidratada	56,60377	kg		0,4213		23,8472
M1943 Cimento asfáltico CAP 50/70	0,05660	t		2.679,3383		151,8505
M1941 Óleo combustível 1A	8,00000	l		2,3800		19,0400
				Custo unitário total de material		194,5377
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade		Custo Unitário		Custo Unitário
4816020 Areia extraída com draga de sucção tipo bomba basculante 10 m³	0,32704	m³		13,4905		4,4119
4816012 Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h	0,26415	m³		45,7024		12,0723
				Custo total de atividades auxiliares		16,4842
				Subtotal		226,3964
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade		Custo Unitário	Custo Unitário
M0345 Cal hidratada - Caminhão carroceria 15 t	5314655	0,05660	t		22,5500	1,2784
4816020 Areia extraída com draga de sucção tipo bomba - Caminhão basculante 10 m³	5315407	0,49056	t		1,6700	0,8192
4816012 Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h - Caminhão basculante 10 m³	5315407	0,39623	t		1,6700	0,6617
				Custo unitário total de tempo fixo		2,7573
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade		DMT	RP	P
M0345 Cal hidratada - Caminhão carroceria 15 t	0,05660	tkm				191
4816020 Areia extraída com draga de sucção tipo bomba - Caminhão basculante 10 m³	0,49056	tkm				20
4816012 Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h - Caminhão basculante 10 m³	0,39623	tkm				0,5
				Custo unitário total de transporte		3,1115
				Custo unitário direto total		238,27

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

Custo Unitário de Referência

4816020 Areia extraída com draga de sucção tipo bomba

Rio Grande do Sul
out/18FIC 0,03164
Produção da equipe

20,00 m³

Valores em reais (R\$)

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9584 Carregadeira de pneus com capacidade de 1,53 m³ - 106 kW	1,00000	0,15	0,85	131,0434	55,3890	66,7372
E9609 Draga de sucção para extração de areia com tubo de descarga de 150 mm - 100 kW	1,00000	1,00	0,00	122,8406	55,8761	122,8406
Custo horário total de equipamentos						189,5778
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824 Servente	4,00000	h	17,5188		70,0752	
Custo horário total de mão de obra						70,0752
Custo horário total de execução						259,6530
Custo unitário de execução						12,9826
Custo do FIC						0,4108
Custo do FIT						
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário	
M0067 Tubo PE 100 PN10 com flanges - D = 160 mm	0,00100	m	96,5663		0,0966	
Custo unitário total de material						0,0966
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
Custo total de atividades auxiliares						
Subtotal						13,4900
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
M0067 Tubo PE 100 PN10 com flanges - D = 160 mm - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,00001	t	22,5500		0,0001
Custo unitário total de tempo fixo						0,0001
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário
M0067 Tubo PE 100 PN10 com flanges - D = 160 mm - Caminhão carroceria 15 t	0,00001	tkm	LN	RP	P	
			5914449	5914464	176	0,4383
Custo unitário total de transporte						0,0004
Custo unitário direto total						13,49

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

Custo Unitário de Referência

4011465 Concreto asfáltico com asfalto polímero - faixa C - areia extraída, brita produzida

out/18

FIC 0,00527
Produção da equipe

83,00 t

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	0,59	0,41	144,3583	68,8580	113,4032
E9530 Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW	1,00000	0,51	0,49	134,8612	60,1367	98,2462
E9545 Vibrocabadora de asfalto sobre esteiras - 82 kW	1,00000	0,89	0,11	198,0275	97,7214	186,9938
Custo horário total de equipamentos						398,6432
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824 Servente	8,00000	h	17,5188		140,1504	
Custo horário total de mão de obra						140,1504
Custo horário total de execução						538,7936
Custo unitário de execução						6,4915
Custo do FIC						0,0342
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	
6416247 Usinagem de concreto asfáltico com asfalto polímero - faixa C - areia extraída e brita produzida	1,02000	t	295,7332		301,6478	
Custo total de atividades auxiliares						301,6478
Subtotal						308,1735
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
6416247 Usinagem de concreto asfáltico com asfalto polímero - faixa C - areia extraída e brita produzida - Caminhão basculante 10 m³	5914649	1,02000	t	6,8700		7,0074
Custo unitário total de tempo fixo						7,0074
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	LN	RP	P	
					60	0,4348
Custo unitário total de transporte						26,6116
Custo unitário direto total						341,79

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

Custo Unitário de Referência

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

out/18

Produção da equipe

83,00 t

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	41,7783	18,3602	41,7783
E9584 Carregadeira de pneus com capacidade de 1,53 m³ - 106 kW	1,00000	0,57	0,43	131,0434	55,3890	98,5120
E9021 Grupo gerador - 456 kVA	1,00000	1,00	0,00	202,2436	10,2664	202,2436
E9558 Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30,000 l	2,00000	1,00	0,00	15,8210	10,7825	31,6420
E9689 Usina de asfalto a quente gravimétrica com capacidade de 100140 t/h - 280 kW	1,00000	1,00	0,00	761,7489	407,1168	761,7489
Custo horário total de equipamentos						1.135,9318
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824 Servente	8,00000	h	17,5188		140,1504	
Custo horário total de mão de obra						140,1504
Custo horário total de execução						1.276,0822
Custo unitário de execução						15,3745
Custo do FIC						
Custo do FIT						
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário	
M0345 Cal hidratada	66,03774	kg	0,4213		27,8217	
M1955 CAP Modificado por polímero 60-85-E	0,05660	t	3.629,5300		205,4314	
M1941 Óleo combustível 1A	8,00000	l	2,3800		19,0400	
Custo unitário total de material						252,2931
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
4816020 Areia extraída com draga de sucção tipo bomba	0,37736	m³	13,4905		5,0908	
4816012 Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h	0,20755	m³	45,7024		9,4855	
Custo total de atividades auxiliares						14,5763
Subtotal						282,2439
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
M0345 Cal hidratada - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,06604	tkm	22,5500		1,4892
4816020 Areia extraída com draga de sucção tipo bomba - Caminhão basculante 10 m³	5915407	0,56604	tkm	1,6700		0,9453
4816012 Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h - Caminhão basculante 10 m³	5915407	0,31133	tkm	1,6700		0,5189
Custo unitário total de tempo fixo						2,9544
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário
M0345 Cal hidratada - Caminhão carroceria 15 t	0,06604	tkm	LN	RP	P	
					191	0,4383
4816020 Areia extraída com draga de sucção tipo bomba - Caminhão basculante 10 m³	0,56604	tkm			20	0,4348
4816012 Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h - Caminhão basculante 10 m³	0,31133	tkm			0,5	0,5383
Custo unitário total de transporte						10,5349
Custo unitário direto total						295,73

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

Custo Unitário de Referência

out/18

FIC 0,00527

Produção da equipe

459,70 m²

4011371 Tratamento superficial duplo com banho diluído - brita produzida

Valores em reais (R\$)

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9509 Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 7 kW/ 136 kW	1,00000	1,00	0,00	140,4747	46,4116	140,4747
E9583 Distribuidor de agregados rebocável com capacidade de 1,9 m ³	1,00000	0,55	0,45	6,0534	3,8915	5,0805
E9762 Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,00000	0,39	0,61	144,3583	68,8580	98,3031
E9558 Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l	2,00000	1,00	0,00	15,8210	10,7825	31,6420
E9577 Trator agrícola - 77 kW	1,00000	0,28	0,72	79,4623	32,3651	45,5523
E9544 Vassoura mecânica rebocável	1,00000	0,28	0,72	5,4370	3,4952	4,0389
				Custo horário total de equipamentos		325,0916
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824 Servente	8,00000	h	17,5188		140,1504	
			Custo horário total de mão de obra		140,1504	
			Custo horário total de execução		465,2420	
			Custo unitário de execução		1,0121	
			Custo do FIC		0,0053	
			Custo do FIT		-	
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário	
M2097 Emulsão asfáltica RR-2C	0,00250	t	2.149,5800		5,3740	
			Custo unitário total de material		5,3740	
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
4816012 Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h	0,02233	m ³	45,7024		1,0205	
			Custo total de atividades auxiliares		1,0205	
			Subtotal		7,4119	
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
4816012 Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h - Caminhão basculante 10 m ³	5915411	0,03350	t	2,0900		0,0700
				Custo unitário total de tempo fixo		0,0700
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário
4816012 Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h - Caminhão basculante 10 m ³	0,03350	tkm	LN	RP	P	0,4348
					60	
			Custo unitário total de transporte			0,8739
			Custo unitário direto total			8,36

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

Custo Unitário de Referência

out/18

Produção da equipe

149,40 m²

5213401 Pintura de faixa - tinta base acrílica - espessura de 0,6 mm

Valores em reais (R\$)

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9687 Caminhão carroceria com capacidade de 5 t - 115 kW	1,00000	0,50	0,50	106,6526	35,6314	71,2420
E9644 Caminhão para pintura a frio com demarcador de faixas - 28 kW/ 115 kW	1,00000	1,00	0,00	256,9307	125,8452	256,9307
				Custo horário total de equipamentos		328,1727
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9853 Pré-marcoador	1,00000	h	20,0667		20,0667	
P9824 Servente	5,00000	h	17,5188		87,5940	
			Custo horário total de mão de obra		107,6607	
			Custo horário total de execução		435,8334	
			Custo unitário de execução		2,9172	
			Custo do FIC		-	
			Custo do FIT		-	
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário	
M2037 Microesferas de vidro refletiva tipo I-B	0,15000	kg	7,6500		1,1475	
M2038 Microesferas de vidro refletiva tipo II-A	0,25000	kg	5,9400		1,4850	
M2034 Solvente para tinta à base de resina acrílica	0,03000	l	9,5940		0,2878	
M2044 Tinta para pré-marcação	0,03000	l	19,9412		0,5982	
M2027 Tinta refletiva acrílica	0,60000	l	28,9450		17,3670	
			Custo unitário total de material		20,8856	
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
			Custo total de atividades auxiliares		-	
			Subtotal		23,8028	
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
M2037 Microesferas de vidro refletiva tipo I-B - Caminhão carroceria 5 t	5915474	0,00015	t	18,3400		0,0028
M2038 Microesferas de vidro refletiva tipo II-A - Caminhão carroceria 5 t	5915474	0,00025	t	18,3400		0,0047
M2034 Solvente para tinta à base de resina acrílica - Caminhão carroceria 5 t	5915474	0,00003	t	18,3400		0,0006
M2044 Tinta para pré-marcação - Caminhão carroceria 5 t	5915474	0,00005	t	18,3400		0,0009
M2027 Tinta refletiva acrílica - Caminhão carroceria 5 t	5915474	0,00093	t	18,3400		0,0176
				Custo unitário total de tempo fixo		0,0267
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário
M2037 Microesferas de vidro refletiva tipo I-B - Caminhão carroceria 5 t	0,00015	tkm	LN	RP	P	0,8566
M2038 Microesferas de vidro refletiva tipo II-A - Caminhão carroceria 5 t	0,00025	tkm			176	0,8566
M2034 Solvente para tinta à base de resina acrílica - Caminhão carroceria 5 t	0,00003	tkm			176	0,8566
M2044 Tinta para pré-marcação - Caminhão carroceria 5 t	0,00005	tkm			176	0,8566
M2027 Tinta refletiva acrílica - Caminhão carroceria 5 t	0,00093	tkm			176	0,8566
			Custo unitário total de transporte			0,2126
			Custo unitário direto total			24,04

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

Custo Unitário de Referência

out/18

Produção da equipe

3,00000 un

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

Valores em reais (R\$)

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9687 Caminhão carroceria com capacidade de 5 t - 115 kW	1,00000	0,30	0,70	106,6526	35,8314	57,0778
				Custo horário total de equipamentos		57,0778
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9830 Montador	1,00000	h	26,1555		26,1555	
P9824 Servente	2,00000	h	17,5188		35,0376	
			Custo horário total de mão de obra		61,1931	
			Custo horário total de execução		118,2709	
			Custo unitário de execução		39,4236	
			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	432,4745		432,4745	
			Custo total de atividades auxiliares		432,4745	
			Subtotal		471,8981	
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	18,9400		0,2513
				Custo unitário total de tempo fixo		0,2513
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário
			LN	RP	P	
5213414 Confeção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI - Caminhão carroceria 5 t	0,01327	tkm			60	0,8566
			Custo unitário total de transporte			0,6821
			Custo unitário direto total			472,83

5213414 Confeção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI

Valores em reais (R\$)

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9568 Furadeira de impacto de 12,5 mm - 0,8 kW	0,15060	1,00	0,00	0,1289	0,0854	0,0194
E9066 Grupo gerador - 13 / 14 kVA	0,48193	1,00	0,00	8,5372	1,9035	4,1143
E9623 Máquina de bancada guilhotina - 4 kW	0,20080	1,00	0,00	6,1502	3,9001	1,2350
E9622 Máquina de bancada universal para corte de chapa - 1,5 kW	0,48193	1,00	0,00	4,9837	3,1604	2,4018
				Custo horário total de equipamentos		7,7705
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9801 Ajudante	2,00000	h	20,2084		40,4168	
P9830 Montador	1,00000	h	26,1555		26,1555	
P9823 Serralheiro	1,00000	h	22,1096		22,1096	
P9824 Servente	2,00000	h	17,5188		35,0376	
			Custo horário total de mão de obra		123,7195	
			Custo horário total de execução		131,4900	
			Custo unitário de execução		32,8725	
			Custo do FIC		-	
			Custo do FIT		-	
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário	
M1367 Chapa de aço galvanizado	11,77500	kg	4,8765		57,4208	
M3229 Película retrorrefletiva tipo I + SI	1,00000	m²	327,7722		327,7722	
			Custo unitário total de material		385,1930	
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
5212552 Pintura eletrostática a pó com tinta poliéster em chapa de aço	1,00000	m²	13,2019		13,2019	
			Custo total de atividades auxiliares		13,2019	
			Subtotal		431,2674	
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
M1367 Chapa de aço galvanizado - Caminhão carroceria 15 t	5914333	0,01178	t	17,7300		0,2088
M3229 Película retrorrefletiva tipo I + SI - Caminhão carroceria 5 t	5915474	0,00053	t	18,9400		0,0100
				Custo unitário total de tempo fixo		0,2188
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário
			LN	RP	P	
M1367 Chapa de aço galvanizado - Caminhão carroceria 15 t	0,01178	tkm			176	0,4383
M3229 Película retrorrefletiva tipo I + SI - Caminhão carroceria 5 t	0,00053	tkm			176	0,8566
			Custo unitário total de transporte			0,9883
			Custo unitário direto total			432,47

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

Custo Unitário de Referência

out/18

Produção da equipe

9,96000 m²

5212552 Pintura eletrostática a pó com tinta poliéster em chapa de aço

Valores em reais (R\$)

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
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	36,1424	31,5822	36,1424
E9066 Grupo gerador - 13 / 14 kVA	1,00000	1,00	0,00	8,5372	1,9035	8,5372
				Custo horário total de equipamentos		44,6796
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9801 Ajudante	1,00000	h	20,2084		20,2084	
P9822 Pintor	1,00000	h	22,0477		22,0477	
P9824 Servente	1,00000	h	17,5188		17,5188	
			Custo horário total de mão de obra		59,7749	
			Custo horário total de execução		104,4545	
			Custo unitário de execução		10,4874	
			Custo do FIC		-	
			Custo do FIT		-	
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário	
M3153 Tinta poliéster em pó	0,08450	kg	32,0250		2,7061	
			Custo unitário total de material		2,7061	
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
			Custo total de atividades auxiliares		-	
			Subtotal		13,1935	
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
M3153 Tinta poliéster em pó - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,00008	t	22,5500		0,0019
				Custo unitário total de tempo fixo		0,0019
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário
			LN	RP	P	
M3153 Tinta poliéster em pó - Caminhão carroceria 15 t	0,00008	tkm			176	0,4383
			Custo unitário total de transporte			0,0065
			Custo unitário direto total			13,20

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

Custo Unitário de Referência

out/18

Produção da equipe

3,00000 un

5213449 Fornecimento e implantação de placa de regulamentação em aço, R2 lado 0,80 m - película retrorrefletiva tipo I e SI

Valores em reais (R\$)

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9687 Caminhão carroceria com capacidade de 5 t - 115 kW	1,00000	0,30	0,70	106,6526	35,8314	57,0778
				Custo horário total de equipamentos		57,0778
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9830 Montador	1,00000	h	26,1555		26,1555	
P9824 Servente	2,00000	h	17,5188		35,0376	
				Custo horário total de mão de obra		61,1931
				Custo horário total de execução		118,2709
				Custo unitário de execução		39,4236
				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	0,27713	m²	432,4745		119,8517	
				Custo total de atividades auxiliares		119,8517
				Subtotal		159,2753
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	0,00368	t	18,9400		0,0697
				Custo unitário total de tempo fixo		0,0697
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT		Custo Unitário	
			LN	RP	P	
5213414 Confeção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + SI - Caminhão carroceria 5 t	0,00368	tkm			60	
				Custo unitário total de transporte		0,1890
				Custo unitário direto total		159,53

5213360 Tacha refletiva bidirecional - fornecimento e colocação

Valores em reais (R\$)

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9687 Caminhão carroceria com capacidade de 5 t - 115 kW	1,00000	1,00	0,00	106,6526	35,8314	106,6526
E9521 Grupo gerador - 2,5/3 kVA	1,00000	1,00	0,00	2,1423	0,2080	2,1423
E9675 Martelele perfurador/rompedor elétrico - 1,5 kW	1,00000	1,00	0,00	0,5485	0,3020	0,5485
				Custo horário total de equipamentos		109,3434
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9830 Montador	2,00000	h	26,1555		52,3110	
P9824 Servente	4,00000	h	17,5188		70,0752	
				Custo horário total de mão de obra		122,3862
				Custo horário total de execução		231,7296
				Custo unitário de execução		2,8851
				Custo do FIC		-
				Custo do FIT		-
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	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	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
				Custo total de atividades auxiliares		-
				Subtotal		17,1611
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
M2084 Tacha refletiva bidirecional - Caminhão carroceria 5 t	5915474	0,00030	t	18,9400		0,0057
				Custo unitário total de tempo fixo		0,0057
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT		Custo Unitário	
			LN	RP	P	
M2084 Tacha refletiva bidirecional - Caminhão carroceria 5 t	0,00030	tkm			176	
				Custo unitário total de transporte		0,0452
				Custo unitário direto total		17,21

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

Rio Grande do Sul

FIC 0,03164

Custo Unitário de Referência

out/18

Produção da equipe

311,25 tkm

5914374 Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia com revestimento primário

Valores em reais (R\$)

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9579 Caminhão basculante com capacidade de 10 m³ - 188 kW	1,00000	1,00	0,00	162,4091	45,2626	162,4091
				Custo horário total de equipamentos		162,4091
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
				Custo horário total de mão de obra		-
				Custo horário total de execução		162,4091
				Custo unitário de execução		0,5218
				Custo do FIC		0,0165
				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		0,5383
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	
			LN	RP	P	
				Custo unitário total de transporte		-
				Custo unitário direto total		0,54

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

Custo Unitário de Referência

out/18

Produção da equipe

373,50 tkm

5914389 Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada

Valores em reais (R\$)

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9579 Caminhão basculante com capacidade de 10 m³ - 188 kW	1,00000	1,00	0,00	162,4091	45,2626	162,4091
				Custo horário total de equipamentos		162,4091
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
			Custo horário total de mão de obra		-	
			Custo horário total de execução		162,4091	
			Custo unitário de execução		0,4348	
			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		0,4348	
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	
			LN	RP	P	
			Custo unitário total de transporte		-	
			Custo unitário direto total		0,43	

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

Custo Unitário de Referência

out/18

Produção da equipe

373,50 tkm

5914479 Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

Valores em reais (R\$)

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9592 Caminhão carroceria com capacidade de 15 t - 188 kW	1,00000	1,00	0,00	163,7080	45,9696	163,7080
				Custo horário total de equipamentos		163,7080
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
			Custo horário total de mão de obra		-	
			Custo horário total de execução		163,7080	
			Custo unitário de execução		0,4383	
			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		0,4383	
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	
			LN	RP	P	
			Custo unitário total de transporte		-	
			Custo unitário direto total		0,44	

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

Custo Unitário de Referência

out/18

Produção da equipe

124,50 tkm

5915324 Transporte com caminhão carroceria de 5 t - rodovia pavimentada

Valores em reais (R\$)

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9687 Caminhão carroceria com capacidade de 5 t - 115 kW	1,00000	1,00	0,00	106,6526	35,8314	106,6526
				Custo horário total de equipamentos		106,6526
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
			Custo horário total de mão de obra		-	
			Custo horário total de execução		106,6526	
			Custo unitário de execução		0,8566	
			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		0,8566	
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	
			LN	RP	P	
			Custo unitário total de transporte		-	
			Custo unitário direto total		0,86	

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

Custo Unitário de Referência						out/18	Produção da equipe	61,51 m³	
4011479		Fresagem contínua de revestimento betuminoso				Valores em reais (R\$)			
A - EQUIPAMENTOS		Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo		
			Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário Total		
E9605	Caminhão tanque com capacidade de 6.000 l - 136 kW	1,00000	0,57	0,43	133,2407	44,2032	94,9546		
E9678	Fresadora a frio - 410 kW	1,00000	1,00	0,00	956,6579	375,1939	956,6579		
E9697	Mini-carregadeira de pneus com vassoura de 1,8 m - 42 kW	2,00000	0,81	0,19	79,2513	44,7584	145,3953		
					Custo horário total de equipamentos		1,197,0078		
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total			
P9824	Servente	8,00000	h	17,5188		140,1504			
				Custo horário total de mão de obra		140,1504			
				Custo horário total de execução		1,337,1582			
				Custo unitário de execução		21,7389			
				Custo do FIC		-			
				Custo do FIT		-			
C - MATERIAL		Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário			
M1995	Apoio do porta bit para fresadora de 410 kW	0,00065	un	994,3935		0,6464			
M1974	Bit para fresadora de 410 kW	0,26000	un	26,0153		6,7640			
M1975	Porta bits para fresadora de 410 kW	0,00260	un	415,0983		1,0793			
				Custo unitário total de material		8,4896			
D - ATIVIDADES AUXILIARES		Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário			
				Custo total de atividades auxiliares		-			
				Subtotal		30,23			
E - TEMPO FIXO		Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário		
M2093	Material fresado - Caminhão basculante 10 m³	5915407	2,40000	t	1,6700		4,0080		
				Custo unitário total de tempo fixo		4,0080			
F - MOMENTO DE TRANSPORTE		Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário		
				LN	RP	P			
M2093	Material fresado - Caminhão basculante 10 m³	2,40000	tkm	10			0,434830254		
				Custo unitário total de transporte			4,3483		
				Custo unitário direto total			38,58		