



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Herick da Silva Morais

ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTO DE PAVIMENTAÇÃO: Base Solo Cimento e Base granular

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso(TCC) I do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Fernando Moreno Suarte Junior.

Palmas -TO

2018

Herick da Silva Moraes

ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTO DE PAVIMENTAÇÃO: Base Solo Cimento e Base
granular

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso(TCC) I do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Junior

Aprovado em: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Junior

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. M.Sc. Edivaldo Alves dos Santos

Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas

Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas -TO

2018

AGRADECIMENTOS

"Que darei eu ao SENHOR, por todos os benefícios que me tem feito?" (Sl 116.12). A gratidão é sem medida a Deus pelos benefícios concedidos, por alimentar minha alma cooperando para tornar a jornada possível, pela saúde para cumprir as tarefas impostas, pela mente sã que me permita sonhar, pelos desafios que me proporcionaram a crescer.

Meus pais, Henrique Eduardo da S. Junior e Alauri dos Santo M. Silva e minha maninha Laura Regina da S. Moraes foram peças fundamentais para eu chegar até aqui e ter êxito em todo processo para cumprir mais essa missão exigida. Sempre me motivando e inspirando para seguir em frente.

Prof. Esp. Fernando Moreno S. Junior, não poderia deixar de fora os meus agradecimentos ao senhor, foi uma honra ser orientado por uma excelente profissional como você, do qual tenho uma enorme consideração e admiração, pela sua humildade, compromisso e paciência para nós transmitir todos conhecimento necessário. Hoje o considero além do meu professor, meu mentor profissional e chefe que abriu as portas para mim. Hoje posso dizer que o considero como amigo

RESUMO

MORAIS, Herick da Silva. **ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTO DE PAVIMENTAÇÃO: BASE SOLO CIMENTO E BASE GRANULAR**. 2018/02. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Luterano de Palmas, Palmas/TO. 2018.

O presente trabalho de graduação teve como objeto de estudo uma via não pavimentada, o trecho de Taquaralto na cidade de Palmas-TO ao Aterro Sanitário Municipal de Palmas-To, onde foi realizado a estabilização química da base da via com solo cimento, adicionando teores de 5% e 3% de cimento, com objetivo de comparar o custo entre a utilização da base granular e a base solo cimento na estrutura do pavimento. O estudo do solo natural e do desempenho que ele teve ao adicionar os teores de cimento foi realizado por Donizete (2016), diante da elevada capacidade de suporte o estudo da via teve continuidade. Para dimensionar a estrutura do pavimento foi realizado o estudo classificatório da via in loco, analisando todos elementos necessários de acordo com método de DNER (1996), no dimensionamento foi utilizado coeficientes instruídos por norma para determinar as alturas das bases e revestimento. Para elaborar o comparativo de custo foram criados orçamentos analítico, realizados com base nos bancos de dados SINAPI, para execução das Bases Solo cimento foram criadas as suas devidas composições necessárias baseadas em outras composições prontas da base de dados SINAPI. Pode-se concluir que a utilização da base solo cimento com teor de 3% é mais viável economicamente, além de disso vale ressaltar que sobre o alto desempenho que a base terá, pois com a adição o solo obteve uma elevada capacidade de suporte.

Palavras Chaves: Estabilização Solo cimento; Estudo comparativo de custo; Pavimentação em Palmas.

ABSTRACT

MORAIS, Herick da Silva. **COMPARATIVE STUDY OF PAVING COST: BASE ONLY CEMENT AND GRANULAR BASE**. 2018/02. 70 f. Course Completion Work (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Palmas Lutheran Center, Palmas / TO. 2018.

The objective of this study was to study an unpaved road, the stretch of Taquaralto in the city of Palmas-TO, at the Municipal Sanitary Landfill of Palmas-To, where the chemical stabilization of the road base with cement soil was carried out, adding of 5% and 3% of cement, in order to compare the cost between the use of the granular base and the base soil cement in the pavement structure. The study of the natural soil and the performance that it had when adding cement contents was carried out by Donizete (2016), in view of the high support capacity, the study of the route was continued. In order to determine the structure of the pavement, a classificatory study of the in situ route was carried out, analyzing all the necessary elements according to the DNER method (1996). In the design, coefficients instructed by norm were used to determine the base and coating heights. In order to elaborate the cost comparison, analytical budgets were created, based on the SINAPI databases, to execute the Bases. Soil cement was created its necessary necessary compositions based on other ready compositions of the SINAPI database. It can be concluded that the use of the base cement with 3% content is more economically viable, besides it is worth noting that on the high performance that the base will have, because with the addition the soil obtained a high capacity of support.

Key words: Stabilization Soil cement; Comparative study of cost; Flooring Palmas

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Pavimento Flexível e Rígido	14
Figura 2- Diferença da estrutura do Pavimento rígido e flexível	15
Figura 3- Estrutura de Pavimento Semirrígido.....	16
Figura 4- Sistema de classificação do TRB - (Transportation Research Board).....	17
Figura 5- Sistema unificado de classificação dos solos – SUCS.....	18
Figura 6- Classificação das bases e sub-bases flexíveis e semi-rígidas	21
Figura 7- Terminologia das bases.....	22
Figura 8- Solo Cimento	23
Figura 9- Teor de cimento sugerido para ensaio de compactação do solo cimento	25
Figura 10- Variação da resistência à compressão com o teor de cimento.....	26
Figura 11- Fatores de equivalência de Carga do USCE	28
Figura 12- Coeficientes de equivalência estrutural para alguns materiais	29
Figura 13- Alguns valores de coeficiente de equivalência estrutural para sub-base granular e reforço do subleito	30
Figura 14- Espessuras mínimas de revestimento betuminoso em função de N.....	31
Figura 15- Ábaco para Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis.....	31
Figura 16- Ilustração das espessuras das camadas assim como as suas nomenclaturas.....	32
Figura 17- Via de acesso ao aterro Sanitário.....	36
Figura 18- Mapa do percurso de Taquaralto ao Aterro Sanitário Palmas-TO.....	37
Figura 19- Localização do Caso de Estudo	37
Figura 20- Fluxograma das atividades que a serem executadas no estudo de caso.....	38
Figura 21- Fatores de equivalência de Carga do USCE	39
Figura 22- Tabela de auxílio para calcular FC	40
Figura 23: Coeficientes de equivalência estrutural para alguns materiais.....	42
Figura 24- Relação de umidade ótima e CBR	43
Figura 25- Contagem e Classificação de veículos.....	44
Figura 26- Calculo do Fator de Carga	44
Figura 27- Calculo do Fator de Eixo	45

Figura 28- Espessuras mínimas de revestimento betuminoso em função de N.....	46
Figura 29- Coeficiente de equivalência estrutural utilizados (Base granular).....	46
Figura 30- Perfil estrutural do pavimento com base Granular	47
Figura 31- Coeficiente de equivalência estrutural utilizados (Base Solo cimento).....	47
Figura 32- Perfil estrutural do pavimento com base Solo Cimento	48
Figura 33- Coeficiente de equivalência estrutural utilizados (Base Solo cimento).....	48
Figura 34- Perfil estrutural do pavimento com base Solo Cimento	49
Figura 35- Quantidade de Cimento	49
Figura 36- Localização do Caso de Estudo	50
Figura 37- Percorso da localização do material para Base granula.....	50
Figura 38- Comparativo de Custo entre as bases	51
Figura 39- Comparativo de Custo	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
CBR	Índice de Suporte Califórnia
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
ISC	Índice de Suporte Califórnia
PH	Potencial Hidrogeniônico
SICRO	Sistema de Custos Rodoviário
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SUCS	Sistema unificado de classificação dos solos
TRB	Transportation research board
VMD	Volume diário media de veículos mistos
FC	Fator de carga
FE	Fator de eixo
FV	Fator veículo
ES	Eixo Simples
ED	Eixo Duplo
ET	Eixo Triplo
Fci	Fatores de equivalência de carga
Fi	Frequência Absoluta
fi	Frequência Relativa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	12
1.2 HIPÓTESES	12
1.3 OBJETIVOS	12
1.3.1 Objetivo Geral	12
1.3.2 Objetivos Específicos.....	12
1.4 JUSTIFICATIVA	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 DEFINIÇÃO, CONCEITOS E TIPOS DE PAVIMENTOS	14
2.1.1 Pavimento Flexível.....	14
2.1.2 Pavimento Rígido.....	15
2.1.3 Pavimento Semi rígido	16
2.2 CLASSIFICAÇÕES DOS SOLOS	16
2.2.1 TRB.....	16
2.2.2 SUCS.....	17
2.3 SUPERESTRUTURA DA PAVIMENTAÇÃO	19
2.3.1 Subleito	19
2.3.2 Regularização do subleito	19
2.3.3 Reforço do subleito	20
2.3.4 Sub-base.....	20
2.3.5 Base	20
2.4 BASES PARA PAVIMENTAÇÃO	21
2.4.1 Bases Granulares	22
2.4.1.1 Estabilização Granulométrica.....	22
2.4.1.2 Macadame hidráulico	22
2.4.1.3 Brita graduada Simples.....	23
2.4.2 Bases Estabilizadas	23
2.4.2.1 Solo com Cimento	23
2.4.2.2 Solo com Cal	26
2.4.2.3 Solo com Betume	27
2.6 DIMENSIONAMENTO.....	27
2.6.1 Determinação do ISC	27

2.6.2	Determinação do numero N	27
2.6.3	Coeficiente de equivalência	29
2.6.4	Determinação da espessura das camadas	31
2.7	PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	33
2.7.1	Critério de Projetos	33
2.7.1.1	Estudo de Trafego.....	33
2.7.1.2	Estudos geológicos	33
2.7.2	Etapas	33
2.7.2.1	Estudo Preliminar	33
2.7.2.2	Projeto Básico.....	33
2.7.2.3	Projeto Executivo	34
2.8	ORÇAMENTO	34
2.8.1	Classificação	34
2.8.1.1	Sintético.....	34
2.8.1.2	Análítico	35
2.8.2	Parâmetros de orçamento	35
2.8.2.1	SICRO	35
2.8.2.2	SINAPI	35
3	METODOLOGIA	36
3.1	APRESENTAÇÃO	36
3.2	OBJETO DE ESTUDO	36
3.2.1	Mapa de situação	37
3.2.2	Coordenadas	37
3.3	ESTRUTURA DA PESQUISA	37
3.3.1	Realizar estudo Preliminar das condicionantes de projeto.	39
3.3.1.1	CBR	39
3.3.1.2	Determinação do VMD1	39
3.3.2	Determinação do Número N	39
3.3.2.1	Determinação do Fator Veiculo (FV).....	39
3.3.2.2	Determinação do VMD	40
3.3.2.3	Determinação do Numero N.....	41
3.3.3	Dimensionamento do pavimento asfáltico pelo Método DNER	42
3.3.4	Elaboração da planilha comparativa entre as bases de Solo Cimento e Granular .	42

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
4.1 ESTUDO PRELIMINAR E CONDIÇÕES DE PROJETO	43
4.2 DETERMINAÇÃO DO NUMERO N	44
4.2.1 Fator de cagar	44
4.2.2 Fator de cagar	45
4.2.3 Fator veiculo.....	45
4.2.4 VMD.....	45
4.2.5 Calculo do Numero N.....	45
4.3 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO ASFÁLTICO PELO MÉTODO DNER. ...	46
4.3.1 Dimensionamento da Base granular.....	46
4.3.2. Dimensionamento da Base Solo cimento com teor de 5%	47
4.3.3 Dimensionamento da Base Solo cimento com teor de 3%	48
4.4 COMPARATIVOS DE CUSTO ENTRE AS BASES DE SOLO CIMENTO E GRANULAR.....	49
5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	52
REFERENCIA.....	53

1 INTRODUÇÃO

Ter uma estrada adequada para circulação de veículos, que ofereça acesso com condições de rolamento, conforto, economia e segurança é primordial para o desenvolvimento socioeconômico. Tendo em vista que o Brasil é um país eminentemente rodoviarista, ou seja, que apresenta um predomínio modal rodoviário em sua estrutura de transportes e deslocamentos ao longo de toda a sua extensão territorial.

O presente estudo de caso, apresenta uma via não pavimentada, um trecho de acesso, Taquaralto ao Aterro Sanitário de Palmas-To, que não oferece segurança ao usuário, visto que é um local onde ocorre um grande fluxo de veículos pesados.

O mesmo tem como objetivo realizar um estudo geral, levantando dados sobre a via, para assim se torna possível o dimensionamento e a realização de um comparativo de custo de Pavimentação: Base Solo Cimento e Base granular.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Sabendo que a via proposta no projeto é de veículos com elevadas cargas e alta frequência, pois se trata do acesso ao Aterro Sanitário, qual a base (granular ou solo cimento) seria mais viável para a via?

1.2 HIPÓTESES

- Financeiramente a base solo cimento é mais viável que a base granular.
- O Solo Cimento é economicamente viável até determinado teor.
- Base granular é mais viável.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Elaborar um estudo comparativo de custo de Pavimentação: Base Solo Cimento e Base granular, para ser executado no trecho de Taquaralto ao Aterro Sanitário de Palmas-To.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar estudo Preliminar das Condicionantes de Projeto;
- Determinar o VMD da Via;
- Dimensionar o pavimento asfáltico pelo Método DNER;
- Elaborar uma planilha comparativa entre as bases de Solo Cimento e Granular.

1.4 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho trata da via de acesso ao Aterro Sanitário de Palmas-To, que possui um grande fluxo de veículos constantemente. O trajeto em estudo, não está em boas condições de tráfego, pois não possui pavimento, e é de grande importância oferecer aos usuários boas condições de rolamento, conforto, economia e segurança nas diversas condições climáticas.

Para a Pavimentação esta proposta um estudo comparativo Base Solo Cimento e Base granular, qual seria mais econômico, atendendo os quesitos técnicos, e posteriormente podendo servir como base para outros estudos.

A decisão sobre essa área de estudo, foi pela afinidade que obtive na graduação, almejando assim aprofundar mais meus conhecimentos pelo o campo, prevendo assim um futuro âmbito de atuação no mercado de trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DEFINIÇÃO, CONCEITOS E TIPOS DE PAVIMENTOS

Segundo DNIT (2006) O pavimento tem a função de resistir os esforços, horizontais e verticais, esforços esses que necessitam ser difundido para toda sua estrutura independente de sua magnitude e para satisfazer o dimensionamento da estrutura que supra as necessidades do caso, deve ser realizado uma análise considerando a intensidade de tráfego, características geotécnicas da região e a interface com o sistema de drenagem superficial.

Ressalta Bernucci, et al (2008) sobre a definição do pavimento:

Pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, constituídas sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhorias nos condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

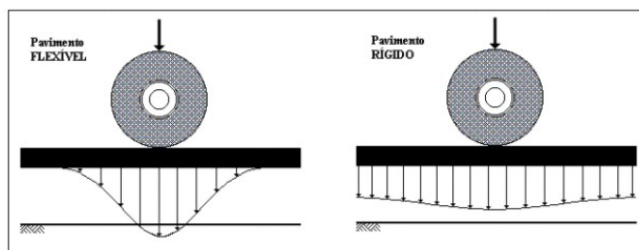
Complementa Senço (1997) que o Pavimento é a estrutura construída sobre a terraplanagem e destinada, técnica e economicamente a suporta aos esforços verticais resultante do tráfego e distribui-los, melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança, resistir aos esforços horizontais (desgaste), tornando mais durável a face de rolamento.

2.1.1 Pavimento Flexível

Caracteriza Bernucci et al. (2008) que o pavimento flexível é composto por uma serie de camadas, sendo a camada mais esbelta o revestimento asfáltico, que dependendo do dimensionamento da estrutura, levando em apreço a intensidade do fluxo e o terreno natural, sobre o designado de subleito, pode ainda obter outras camadas abaixo: base, sub-base e reforço do subleito.

O DNIT (2006) acrescenta que uma das distinção dos tipos de pavimentos é a maneira de receber e redistribuir as pressões vindo dos esforço oriundos do tráfego de veículos, o Pavimento Flexível de forma pontual, e o Pavimento Rígido de maneira distribuída como mostra na figura 1.

Figura 1: Pavimento Flexível e Rígido



Fonte: Arnaldo Gunzi (2016)

Ressalva Balbo (2007), a respeito do pavimento flexível, ele absorve o esforços de forma fragmentada entre várias camadas, obtendo tensões verticais em camadas inferiores, aglutinado em região próxima da área de concentração da carga.

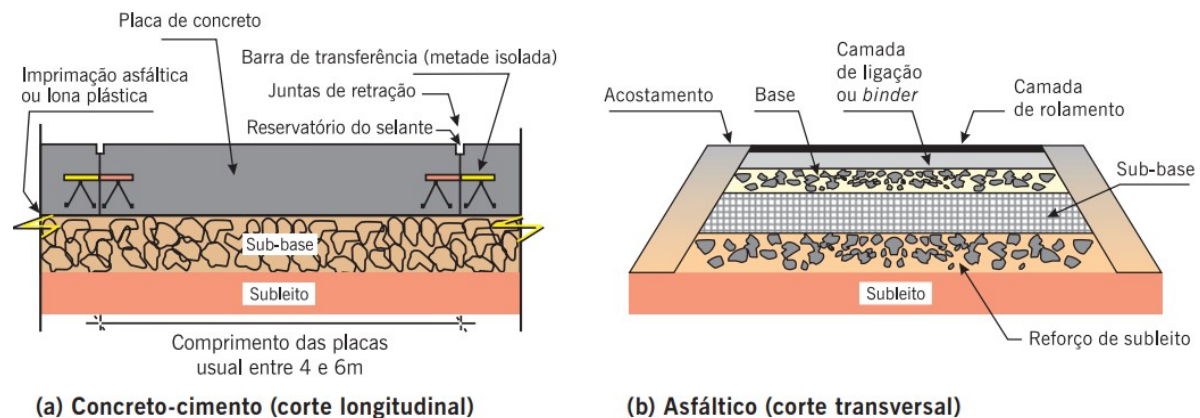
Finaliza DNIT (2006) acrescentando que o pavimento flexível é aquele em que todas as camadas sentem deformação elástica considerável sob o carregamento sobreposto e, por seguinte, a carga se difunde esforços com intensidades parecidas entre as camadas.

2.1.2 Pavimento Rígido

Constituído por placas de cimento Portland, o revestimento possui uma alta resistência e não deforma e comparando com os outros é o que menos se degenera com o uso.

O DNIT (2006) descreve sobre o revestimento constituído por placas de cimento Portland, contem uma grande rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, detém quase todas as tensões derivado do carregamento aplicado. A sua estrutura contem ou não uma camada de sub-base entre o revestimento e o subleito, sendo que estar subordinado a propriedades do material do subleito.

Figura 2: Diferença da estrutura do Pavimento rígido e flexível



Fonte: Bernucci et al. (2008)

Como se pode observar na figura 2, o pavimento rígido absorver quase todo os esforços na camada de revestimento por possui uma camada de revestimento bem robusta e distribui igualmente os esforços sobre as camadas inferiores, o mesmo não possui a camada, já o pavimento de flexível dissipa a carga absorvida de forma pontual para todas camadas inferiores, já esse tipo pavimento possui a camada base e contem uma camada de revestimento bem esbelta comparado ao do rígido.

2.1.3 Pavimento Semi rígido

Entre o flexível e o rígido contemos o pavimento semi rígido é um revestimento que é um meio termo, entre o flexível e o rígido.

A definição dada pelo DNIT (2006) é que ele dispõe de uma deformação mais elevada em relação ao o rígido e menor em relativo ao flexível formado de uma base semi flexível (solo cal, solo-cimento, solo alcatroado, etc.) e de camada superficial flexível (concreto asfáltico, tratamento superficial betuminoso).

Figura 3: Estrutura de Pavimento Semirrígido



Fonte: <http://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-pavimento-semi-rigido.html>(09/03/2018)

2.2 CLASSIFICAÇÕES DOS SOLOS

2.2.1 TRB

A categorização TRB tem origem na classificação do Public Roads Administration. Baseia-se na granulométrica, limite de liquidez e índice de plasticidade e foi sugerir para analisar materiais para as camadas de pavimentos.

Figura 4: Sistema de classificação do TRB - (Transportation Research Board)

Classificação Geral	SOLOS GRANULARES (P200 < 35 %)							SOLOS SILTO-ARGILOSOS (P200 > 35%)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Subgrupos	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
P10	< 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P40	< 30	< 50	> 50	-	-	-	-	-	-	-	-
P200	< 15	< 25	< 10	< 35	<35	< 35	< 35	> 35	> 35	> 35	> 35
LL	-	-	-	< 40	> 40	< 40	> 40	< 40	> 40	< 40	> 40
IP	< 6	< 6	NP	< 10	< 10	> 10	> 10	< 10	< 10	> 10	> 10
Índice de grupo (IG)	0	0	0	0	0	< 4	< 4	< 8	< 12	< 16	< 20
Tipos de material	Fragmentos de pedra, pedregulho e areia		areia fina	Pedregulhos e areias siltosas ou argilosas				Solos siltosos		Solos argilosos	
Classificação como subleito	Excelente a bom					<i>Regular a mau</i>					
Podemos acrescentar à estes o tipo A-8:solos orgânicos/turfas, imprestáveis como bases de pavimentos											

Fonte: Public Roads Administration (1929)

A classificação feita na figura 4, os solos são agrupados em grupos e subgrupos. Os "solos granulares" envolvem os grupos A-1; A-2, A-3 e os "solos finos" os grupos A-4, A-5, A-6 e A-7, três dos quais repartidos em subgrupos. Na "tabela TRB" são indicados os tipos de material e a forma de assimilação e classificação.

2.2.2 SUCS

Esse sistema "SUCS" é o aprimoramento da classificação de Casagrande com intuito de se utilizada em aeroportos, ajustada para utilização no laboratório e no campo pelas agencias americanas "Bureau of Reclamation" e "U.S. Corps of Engenneers", com facilitações que admitem a classificação ordenada. Foi proposto por Arthur Casagrande no início da década de 40.

Figura 5: Sistema unificado de classificação dos solos – SUCS

TABELA III - Classificação Unificada dos Solos						
Processo para identificação no campo				Grupo	Designação característica	
SOLOS DE GRANULAÇÃO GROSSA Mais de metade é maior que a abertura da peneira de malha nº 40	PEDREGULHOS Mais de metade da fração grossiera e maior que a # nº 10	PEDREGULHOS Puros (pouco ou nenhum fino)	Grãos cobrindo toda a escala de granulação com quantidade substancial de todas as partículas intermediárias		GW	Pedregulhos bem graduados, misturas de areia e pedregulho com pouco ou nenhum fino.
			Predominância de um tamanho de grão ou graduação falhada (ausência de alguns tamanhos de grão)		GP	Pedregulhos mal graduados, misturas de pedregulho e areia com pouco ou nenhum fino.
		POREGULHOS COM FINOS (apreciável quantidade de finos)	Finos não plásticos (ML ou MH).		GF	Pedregulhos siltosos, misturas de pedregulho, areia e silte mal graduados.
			Finos plásticos (CL ou CH)		GC	Pedregulhos argilosos, misturas de pedregulho, areia e argila bem graduados.
	AREIAS Mais de metade da fração grossiera menor que a # nº 10	AREIAS PURAS (pouco ou nenhum fino)	Grãos cobrindo toda a escala de granulação com quantidade substancial de todas as partículas intermediárias		SW	Areias bem graduadas, areias pedregulhosas, com pouco ou nenhum fino.
			Predominância de um grão ou graduação falhada		SP	Areias mal graduadas, areias pedregulhosas, com pouco ou nenhum fino.
		AREIA COM FINOS (apreciável quantidade de finos)	Finos não plásticos (ML ou MH)		SF	Areias siltosas, misturas mal graduadas de areia e silte.
			Finos plásticos (CL ou CH ou OH)		SC	Areias argilosas, misturas bem graduadas de areia e argila.
	SOLOS DE GRANULAÇÃO FINA Mais que a metade do material é menor que a abertura de malha de # 200	Processo de identificação executado sobre a fração < # nº 40			A abertura da malha # nº 200 corresponde aproximadamente à menor partícula visível a olho nu	
		ENSAIO EXPEDITO ↓	RESISTENCIA a SECO (esmagamento pelos dedos)	DILATANCIA (DILAÇÃO) (sacudindo na palma da mão)	RIGIDEZ (consistência na proximidade do LP)	
SILTES E ARGILAS Limite de Liquidez menor que 50		nenhuma a pequena	rápida a lenta	nenhuma	ML	Siltes inorgânicos e areias muito finas, alteração de rocha, areias finas, siltosas ou argilosas com pequena plasticidade.
		média a elevada	Nenhuma a muito lenta	média	CL	Argilas inorgânicas de baixa e média plasticidade, argilas pedregulhosas, argilas arenosas, argilas siltosas, argilas magras.
		Pequena à média	lenta	pequena	OL	Siltes orgânicos e siltes argilosos orgânicos de baixa plasticidade
SILTES E ARGILAS Limite de liquidez maior que 50		Pequena a média	Lenta a nenhuma	Pequena a média	MH	Siltes inorgânicos, micáceos ou diatomáceos, finos arenosos ou solos siltosos, siltes elásticos.
		Elevada a muito elevada	nenhuma	elevada	CH	Argilas inorgânicas de alta plasticidade, argilas gordas.
		Média a elevada	Nenhuma a muito lenta	Pequena a média	OH	Argilas orgânicas de média e alta plasticidade
TURFAS		Facilmente identificáveis pela cor, cheiro, porosidade e freqüentemente pela textura fibrosa.			Pt	Solos com elevado teor de matéria orgânica

Fonte: Milton Vargas (1914), Introdução à Mecânica dos Solos.

Para estudar o sistema, deve se observada a figura 5 de cima para baixo e da direita para a esquerda, e de cima para baixo.

De acordo Vargas (1914) Termos e símbolos utilizados:

- Solos grossos = gravel (pedregulho); S= sand (areia); W = well graded (bem graduado); P = poorly graded (mal graduado); C = clay (com argila); F = fine (com finos) .
- Solos Finos = low (baixa compressibilidade); H = high (alta compressibilidade); M = mo (silte em sueco); O = organic (silte ou argila, orgânicos);C = clay (argila inorgânica).

2.3 SUPERESTRUTURA DA PAVIMENTAÇÃO

2.3.1 Subleito

Camada compreendida entre a superfície da plataforma de terraplenagem e a superfície paralela, situada no limite inferior da zona de influência das pressões aplicadas na superfície do pavimento. (DNIT, 2006)

Salienta Senço (1997) que ele age como uma fundação, pois é a última camada do pavimento. A estrutura que está acima irá adquirir os esforços sorvido pelo pavimento. As energias impostas sobre sua superfície do pavimento serão amenizadas em sua profundidade (geralmente se espargi no primeiro metro). Diante disso, portanto, ter elevada precaução com o que esta acima dessa camada, onde os esforços agem com maior protuberância.

A camada de melhoramento e habilitação do subleito deve conter as características, segundo a (DNIT, 2006):

- Aptidão de auxilio medido pelo Índice de Suporte Califórnia (ISC) maior ou igual à 2%;
- Expansão máxima de 2%;
- Alcance de compactação mínimo de 100% do Proctor Normal. Pautilizadara solos finos lateríticos ou para solos granulares pode ser empregada a energia de 100% do Proctor Intermediário

2.3.2 Regularização do subleito

DNIT (2006) descreve que é a camada colocada sobre o leito, designada a conformá-lo transversal e longitudinalmente segundo as diretrizes; a regularização não é definida, propriamente uma camada de pavimento, sendo, a rigor, um método que depende do projetos pode ser reprimido em corte do leito determinado ou em sobreposição a este, de camada com espessura inconstante.

Senço (1997) complementa falando que a regularização precisa dar à superfície as propriedades geométricas — inclinação transversal — do pavimento acabado. Nos trechos em tangente, duas rampas avessas de 2% de inclinação — 3 a 4%, em regiões de elevada precipitação pluviométrica — e, nas curvas, uma rampa com inclinação da superelevação.

2.3.3 Reforço do subleito

DNIT (2006) define ser uma camada de espessura variável, empregada por circunstâncias técnico-econômicas, acima da de regularização, com características geotécnicas inferiores ao material utilizado na camada que lhe for superior, contudo melhores que as propriedades do subleito.

Senço (1997) Conclui que, o reforço do subleito poderia ser classificado incertamente camada auxiliar do subleito ou camada de suplemento da sub-base.

2.3.4 Sub-base

Segundo Senço (1997) Por situações técnicas e econômicas a camada sub-base é um suplemento à base, quando, não for recomendável construir a base imediatamente sobre a regularização ou reforço do subleito. A propriedades da sub-base deverá ter características tecnológicas maiores às do material de reforço; por sua vez, a base necessita ser da melhor categoria que o material da sub-base.

O mesmo autor complementa que essa camada pode ser composta por materiais granulares graúdos, como pedregulhos, cascalhos, produtos de britagem que, ainda que selecionados, não satisfaçam a todos as condições necessárias à constituição de base de pavimento; solos estabilizados quimicamente com adição de cimento ou cal, ou simplesmente por material selecionado de empréstimo ou jazida.

Sobre o Sub-leito a (DNIT, 2006), prever as seguinte propriedades dos solos, misturas de solos, solos estabilizados quimicamente, materiais pétreos ou misturas de solos quando colocados na camada de sub-base do pavimento.:

- Competência de suporte, ISC, superior ou igual a 30%;
- Expansão máxima de 1%.

2.3.5 Base

Rossi (2017), explana que a base esta posicionada logo de baixo do revestimento do pavimento é uma camada indispensável na estrutura do pavimento, seja rígido, semi-rígido ou flexível, pois ela é responsável pelo alicerce estrutural do pavimento com o intuito de receber e espalhar os esforço para as demais camadas inferiores, diminuindo assim sua intensidade. Se porventura eventualmente as propriedades do solo da base não seja de boa qualidade e presumível que suceda algum dano a esse pavimento.

Conforme o DNIT (2006) os materiais são diversos para utilização na camada base, como: solos granulares, como pedregulhos, cascalhos e produtos de britagem, estabilizados com a adição de cimento ou material asfáltico quando preciso, solos estabilizados

mecanicamente mediante mistura com produtos de britagem, ou solos estabilizados quimicamente com adição de cimento ou cal.

A camada de base do pavimento, devem obter as características geotécnicas, de acordo o DNIT (2006):

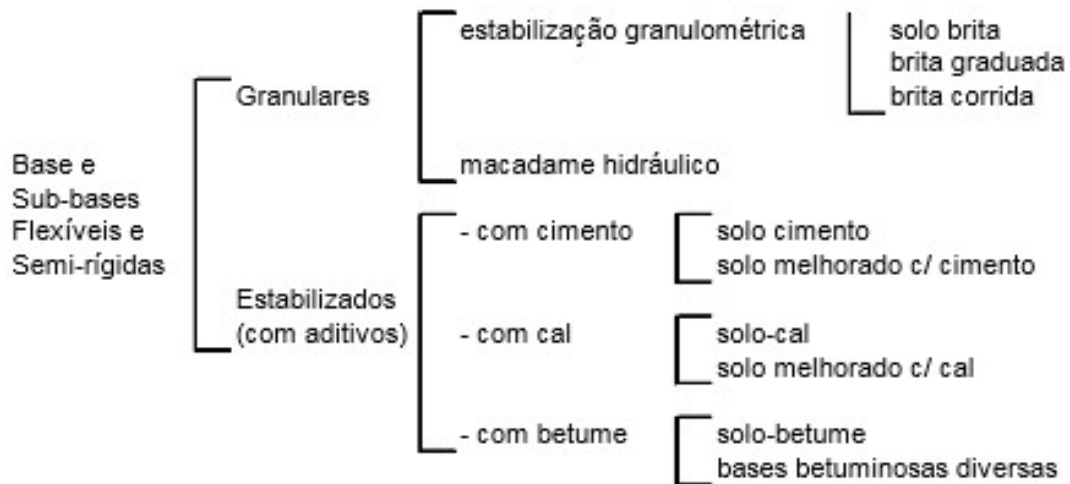
- Capacidade de suporte, ISC, superior ou igual a 80%;
- Expansão máxima de 1%.

2.4 BASES PARA PAVIMENTAÇÃO

Os materiais empregados para a base, sub-base e reforço do subleito são qualificados segundo sua natureza e desempenho.

Composto principalmente por agregados, solos e, eventualmente, aditivos como cimento, cal, emulsão asfáltica, entre outros. Classificado de acordo a figura 6 pela instituição do DNIT(2006).

Figura 6: Classificação das bases e sub-bases flexíveis e semi-rígidas



Fonte: DNIT (2006)

Já Bernucci, et al (2008), classifica da seguinte maneira:

Figura 7: Terminologia das bases

Terminologia das bases				
Bases	Rígidas	Concreto de cimento		
		Macadame de cimento		
		Solo-cimento		
	Flexíveis	Solo estabilizado	Granulometricamente - SAFL	
			Solo-betume - Solo-cal	
			Solo-brita	
		Macadame hidráulico		
		Brita graduada com ou sem cimento		
		Macadame betuminoso		
		Alvenaria poliédrica	por aproveitamento	
		Paralelepípedos		

Fonte: Bernucci, et. al (2008)

Para o DNIT, uma instituição federal brasileira, solo cimento é classificada como base flexível ou semi rígida, para o Bernucci, et al.(2008) e Senço (2007) , é classificado como rígida, conforme a figura 7.

2.4.1 Bases Granulares

2.4.1.1 Estabilização Granulométrica

Segundo Manual do DNIT (2006) Camadas unicamente granular, composta por solos, britas de rochas, de escória de alto forno, ou ainda, pela homogeneidade desses materiais. São sempre flexíveis e são estabilizadas granulometricamente pela compactação de um material ou de mistura de materiais que contenham uma granulométrica adequado e índices geotécnicos específicos, fixados em especificações.

- Quando esses materiais incidem em jazidas, com designações tais como "cascalhos","saibros", etc., tem-se o acontecimento de utilização de "materiais naturais" (solo in natura).
- Quando se emprega uma combinação de material natural e pedra britada obtém se as sub-bases e bases de solo-brita
- Quando se usa somente produtos de britagem tem-se as sub-bases e bases de brita graduada ou de brita corrida.

2.4.1.2 Macadame hidráulico

Trata-se uma de camada granular, composta por agregados graúdos, naturais ou britados, cujos vazios são preenchidos em pista por agregados miúdos e aglutinados pela água, no caso específico do macadame hidráulico. A estabilidade é obtida pela ação mecânica enérgica de compactação. (BERNUCCI; ; ET AL, 2008)

2.4.1.3 Brita graduada Simples

Bernucci et al. (2008) caracteriza o material da seguinte maneira: a distribuição granulométrica bem-graduada, com diâmetro máximo dos agregados não ultrapassando a 38mm e finos entre 3 a 9% (passante na peneira N° 200).

O mesmo autor continua acrescentando sobre suas características, os agregados são normalmente conseqüente de rochas britadas e devem comumente atender aos seguintes condições: sanidade dos agregados graúdos $\leq 15\%$ e miúdos $\leq 18\%$, abrasão Los Angeles LA $\leq 50\%$ e correspondente areia EA $> 40\%$ (material passante na peneira n° 4), lamelaridade $\leq 20\%$.

2.4.2 Bases Estabilizadas

2.4.2.1 Solo com Cimento

A ABCP (1986) exemplifica que é um material decorrente da mistura homogênea, compactada e misturada com solo, cimento e água em proporção pré definida. A decorrência da mistura contém um excelente índice de impermeabilidade, e boa durabilidade, ótima resistência à compressão.

Segundo Bernucci et al. (2008) a estabilização química de solos com cimento Portland pode se dar de duas formas diferentes, vai depender do objetivo:

No Primeiro caso de desejar um enrijecimento significativo do solo, aplicam-se percentuais em massa em geral acima de 5% e nomeia-se esta mistura de solo-cimento (DNER-ER 305 - DNER, 1997f);

No segundo caso de melhoria parcial das características, principalmente trabalhabilidade associada com certo aumento de capacidade de suporte, aplica-se percentuais baixos, da ordem de 3%, chama-se neste caso de mistura de solo melhorado com cimento. (DNER-ES304 - DNER, 1997).

Figura 8: Solo Cimento



Fonte: Bernucci et. al. (2008)

Bernucci et. al. (2008) acrescenta que diante da viabilidade econômica, a estabilização do solo com cimento com objetivo rodoviário é viável se estiver 5% e 9% de cimento em relação á massa total.

2.4.2.1.5 influenciam na estabilização

Marques (2009) nos traz aspectos que influenciam na estabilização solo-cimento:

- Tipo de solo: os solos arenosos (granulares) são mais eficazes que os argilosos por demandarem baixos teores de cimento, porem todo solo pode ser estabilizado com cimento.
- Presença no solo de materiais nocivos ao cimento: a existência de matéria orgânica no solo influencia na hidratação do cimento devido à absorção dos ions de cálcio causado, ocasionando uma queda no PH da mistura.
Os sulfatos comumente localizados nas águas do solo combinam com o aluminato tricálcico do cimento hidratado desenvolvendo o sulfo-aluminato de cálcio (sal de Candlot) que ocupa grande volume, ocasionando uma quebra de ligações cimentícias.
- Teor de cimento: Para uma mesmo classificação de solo a resistência da mistura solo-cimento majora junto com o teor de cimento. O teor estar dependente das propriedades do solo, quanto maior a porcentagem de silte e argila, maior será o teor de cimento determinado. Para obter o valor ideal do teor de cimento para um tipo de solo, deve-se averiguar aos métodos de dosagens.
- Teor de umidade da mistura: Assim sendo como nos solos naturais, as misturas solo-cimento ordenarão um teor de umidade que acarrete a uma massa específica seca máxima, para certa energia de compactação. O aumento de cimento ao solo estende a produzir um acréscimo no teor de umidade e uma diminuição na massa específica seca máxima, por causa a ação floclante do cimento. O teor de umidade ótimo que carreta à máxima massa específica seca não é essencialmente o mesmo para a máxima resistência. Este último está situado no ramo seco para os solos arenosos e no ramo úmido para os solos argilosos.
- Operações de mistura e compactação: A adiamento de mais de duas horas entre a compactação e a mistura pode obter significantes decréscimos tanto na massa específica seca máxima quanto na resistência do produto final. Se o tempo mistura-compactação for grande, e causado grandes quantidades de argila floclada, que irá aspirar da compactação, e recomendável que a compactação deva iniciar-se logo após a mistura e executá-la.
- Tempo e condições de cura: Deve se conter uma umidade apropriada à mistura compactada, pois como no concreto, a mistura solo-cimento obtém resistência por processo de cimentação das partículas durante vários meses ou anos, consistindo maior até os 28 dias iniciais.

Diferente do concreto, a temperatura de cura deve ser elevada para se obter altas resistências. Durante as reações pozolânicas, a temperatura tende a elevar-se. Nos países de clima quente pode-se empregar um teor de cimento menor para atingir a mesma resistência à compressão que seria alcançada em um país de clima frio.

2.4.2.1.6 Dosagem

Segundo Marques (2009), todo tipo de solo pode, a princípio, ser estabilizado com cimento, contudo os solos siltsos e argilosos foram descartados por solicitarem teores elevados de cimento, tornando-se assim inviável para fins de estabilização devido ao fator econômico.

A NBR 12253 (1992) na figura 9 sugere alguns teores que podem ser usado em determinados tipos de solos quando não se tem experiências.

Figura 9: Teor de cimento sugerido para ensaio de compactação do solo cimento

Classificação do solo, segundo a ASTM D 3282	Teor de cimento sugerido, em massa (%)
A 1-a	5
A 1-b	6
A 2	7
A 3	9
A 4	10

Fonte: NBR 12253 (1992)

De acordo a figura acima e possível observar parâmetros de dosagem para cada tipo solo segundo NBR 12253 (1992), o Solo A 1-a é sugerido Teor de 5% de cimento em massa, A 1-b é sugerido Teor de 6% de cimento em massa, A 2 é sugerido Teor de 7% de cimento em massa, A 3 é sugerido Teor de 9% de cimento e o Solo A 4 é sugerido Teor de 10% de cimento.

Sobre ter uma boa eficiência ao misturar o solo com o cimento, é necessário utilizar corretamente a quantia de cimento a ser acrescentado, sendo que esta altera de acordo a propriedades e características do solo empregado na mistura, além do teor de umidade ótima. A dosagem pode ser quantificada pelo meio do Método Simplificado, uma metodologia empírica, que emprega tabelas e ábacos, que estima o teor para cada característica de solo, considerando a sua resistência à compressão e teor de água (SENÇO, 2001). Por seguinte ainda publicado pelo autor, é de importância advertir que o material que deve ser mais ajustado é o solo, por causa da sua heterogeneidade.

Figura 10: Variação da resistência à compressão com o teor de cimento

Solo	Teor de cimento (%)	Resistência à compressão aos 7 dias (kgf/cm ²)	Densidade seca (g cm ³)	Teor de água (%)
Argila siltosa	7	24,5	1,78	16
	10	28,0	1,78	
	13	31,5	1,78	
Argila arenosa	7	18,2	1,87	14
	10	26,7	1,89	
	13	37,1	1,89	
Areia argilosa	7	16,8	1,78	12
	10	19,8	1,82	
	13	27,4	1,84	
Areia de granulometria uniforme	7	14,7	1,78	10
	10	28,7	1,84	
	13	60,0	1,89	
Seixo mal graduado	7	11,2	1,99	10
	10	25,2	2,01	
	13	39,2	2,04	

Fonte: Senço (2001)

Senço (2001) acrescenta: Argila siltosa, com 16% em peso; Argila arenosa, com 14% em peso; Areia argilosa, com 12% em peso; Areia limpa, com 10% em peso e Seixos, com 10% em peso.

Senço (2001) Faz um comentário observando as massas específicas alcançadas, pois apresentaram pequenas variações, para o mesmo solo, com a variação dos teores de cimento. A argila siltosa, observa-se que na verdade o teor de cimento não alterou o valor da massa específica.

2.4.2.2 Solo com Cal

Bernucci et al. (2008) o compara com o solo cimento, na trabalhabilidade, redução da expansão e enrijecimento, pois a estabilização química de solo com cal segue os mesmos parâmetro. Aplicado preferencialmente a solos argilosos e siltosos caulínicos, tem sido empregado principalmente como reforço de subleito ou sub-base.

Solo-Cal O DNIT (2006) no que se condiz ao Solo-Cal, diz que é constituído de solo, cal e água e, às vezes, cinza volante, uma pozolona artificial. O teor de cal varia de 5% a 6% o, em sua mistura. A metodologia de estabilização ocorre:

- Por alteração do solo, no que alude à sua plasticidade e sensibilidade à água;
- Por carbonatação, que é uma cimentação fraca;
- Por pozolanização, que é uma cimentação forte.

2.4.2.3 Solo com Betume

Segundo Bernucci et al. (2008) pode ser definida como uma mistura de hidrocarbonetos solúvel no bissulfeto de carbono e trabalharem como material estabilizado para base ou sub-base, impermeabilizando o solo e aumentando o seu suporte.

Marques (2009) divide a classificação base Solo com Betume em duas: Areia-asfalto ou areia-betume que é a mais disseminada, com facilidade de domínio da qualidade e economicamente mais competitiva, e o Solo-betume que o seu controle é mais rigoroso, maior teor de betume e com funções de impermeabilização.

2.6 DIMENSIONAMENTO

O Método utilizado para dimensionar todo pavimento neste trabalho é do DNER atual DNIT, para quantificar a espessuras das camadas (reforço do subleito, sub-base, base e revestimento) que constitui o pavimento.

2.6.1 Determinação do ISC

Uma das parte de grande importância para o dimensionar de qualquer pavimento é o Índice de Suporte Califórnia. A norma que determina as passo a passo para o ensaio para a decisão do CBR é a NORMA DNIT 172/2016 – ME.

2.6.2 Determinação do numero N

O método do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem atual DNIT, o dimensionamento e feito em desempenho do "número equivalente de fluxo de um eixo tornado o como padrão N". O número N retrata um número de passadas do eixo modelo na rodovia para um período previsto de anos nessa rodovia (P), sendo que são analisados fatores climáticos de chuvas (FR), volume médio diário de tráfego (Vm) e fator de veículo (FV).

$$N = 365 * VMD * P * FV *$$

Onde:

N: é o número similar de fluxo de eixo padrão durante o tempo de projeto determinado;

VMD: volume médio diário;

P: Período de Projeto (Anos)

FV: Fator de veículo = FC*FE

FC: Fator de Carga;

FE: Fator de Eixo.

Fator de Carga: parâmetro que indica a carga por eixo equivalente do trafego de projeto.

Fator de Eixo: parâmetro que indica o numero de veículos equivalente do trafego de projeto.

A classificação na contagem de veículos ocorre por eixos (simples ou duplas) que estão acopladas, que podem ser apontados da seguinte maneira:

Eixo Simples: Um composto de duas ou mais rodas, sujeito a um plano transversal vertical ou podem ser envolvidos entre dois planos transversais verticais, separados de 100cm, que se destinem por toda largura do veículos.

- Eixo simples de rodas simples: com duas rodas, um em cada extremidade (2 pneus)
- Eixos simples de rodas duplas: com quatro rodas, estando duas em cada extremidade.

Eixos Tandem: No caso de dois ou mais eixos subseqüentes, onde os centros estão separados de 100cm a 240cm e dependentes a um recurso de suspensão que acomoda a carga da mesma forma entre os eixos (balancin). O corpo de eixos constitui um eixo tandem. Pode-se inclusive definir:

- Eixo tandem duplo: com dois eixos, com duas rodas em cada rodas extremidades de cada eixo (8 pneus).
- Eixo tandem triplos: com três eixos, com duas rodas em cada extremidade de cada eixo (12 pneus)

Figura 11: Fatores de equivalência de Carga do USCE

Tipos de Eixo	Faixas de carga (tf)	Equações (P em tf)
Dianteiro simples e traseiro simples	0 – 8	$FC = 2,0782 \cdot 10^{-4} \cdot P^{4,0175}$
	≥ 8	$FC = 1,8320 \cdot 10^{-6} \cdot P^{6,2542}$
Tandem duplo	0 – 11	$FC = 1,5920 \cdot 10^{-4} \cdot P^{3,472}$
	≥ 11	$FC = 1,528 \cdot 10^{-6} \cdot P^{5,484}$
Tandem triplo	0 – 18	$FC = 8,0359 \cdot 10^{-5} \cdot P^{3,3549}$
	≥ 18	$FC = 1,3229 \cdot 10^{-7} \cdot P^{5,5789}$

Fonte: DNER (1996)

Fator de eixo (FE)

$$FE = \frac{(FE_A * \text{passagens de A}) + (FE_B * \text{passagens de B})}{(\text{passagens de A} + \text{passagens de B})}$$

De acordo com a orientação do Método DNER por a caso conter carência ou falta de dados, é indicado adotar o coeficiente $FE = 2,07$.

$$VMD = \frac{VMD_1 \left[2 + (P - 1) * \frac{t}{100} \right]}{2}$$

Onde:

VMD: é o volume diário considerado que o trafego cresce segundo um PA t% ao ano;

VMD₁: é o volume de trafego no ano de abertura da via;

P: é o período de projeto, em anos;

t: é a taxa de crescimento anual, em porcentagem.

2.6.3 Coeficiente de equivalência

É uma variável que será definida para cada camada do pavimento, que irá modificar segundo cada tipo de material e camada que é adotada.

Figura 12: Coeficientes de equivalência estrutural para alguns materiais

Componentes dos pavimentos	Coeficiente de equivalência estrutural (K)
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento por penetração	1,20
Base granular	1,00
Sub-base granular	0,77(1,00)
Reforço do subleito	0,71 (1,00)
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 Kg/cm ²	1,70
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 Kg/cm ² e 28 Kg/cm ²	1,40
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre 28 Kg/cm ² e 21 Kg/cm ²	1,20
Bases de Solo-Cal	1,20

Fonte: DNER (1996)

Os coeficientes de equivalência estrutural para sub-base granular e reforço do subleito é avaliados em cargo da relação entre o CBR de tais camadas e o CBR do subleito:

$$k_{Ref} \text{ ou } k_s = \left(\frac{CBR_1}{3 \times CBR_2} \right)$$

Sendo:

K_{Ref} = Coeficiente de equivalência estrutural do reforço do subleito

K_s = Idem estrutural da sub-base

CBR₁ = CBR da sub-base ou do reforço

CBR₂ = CBR do subleito

Observação feita pelo DNER, o coeficiente de equivalência estrutural da sub-base granular ou do reforço do subleito necessitará ser 1,0 toda vez que o CBR destes materiais for igual ou superior a três vezes o CBR do subleito.

Na figura 11, segue alguns coeficientes de equivalência estrutural para sub-base granular e reforço do subleito, que servem para serem utilizados nos cálculos para determinação de espessura de espessura das camadas.

Figura 13: Alguns valores de coeficiente de equivalência estrutural para sub-base granular e reforço do subleito

CBR ₁ /CBR ₂	K _{Ref} ou K _S
1,1	0,72
1,2	0,75
1,3	0,76
1,4	0,78
1,5	0,80
1,6	0,82
1,7	0,83
1,8	0,85
1,9	0,86
2,0	0,88
2,1	0,90
2,2	0,91
2,3	0,92
2,4	0,94
2,5	0,95
2,6	0,96
2,7	0,97
2,8	0,98
2,9	0,99
3,0	1,00

Fonte: DNER (1996)

Obtendo CBR das camadas, número de solicitações N, o e os coeficientes de equivalência estrutural (k), constitui-se um conjunto de inequações para adquirir as alturas das camadas.

Espessuras mínimas de revestimentos são em função do numero N e do tipo de característica e propriedades do revestimento com o objetivo resguardar a camada de base dos esforços atribuídos pelo tráfego e resguardar o revestimento de algum problema.

Figura 14: Espessuras mínimas de revestimento betuminoso em função de N

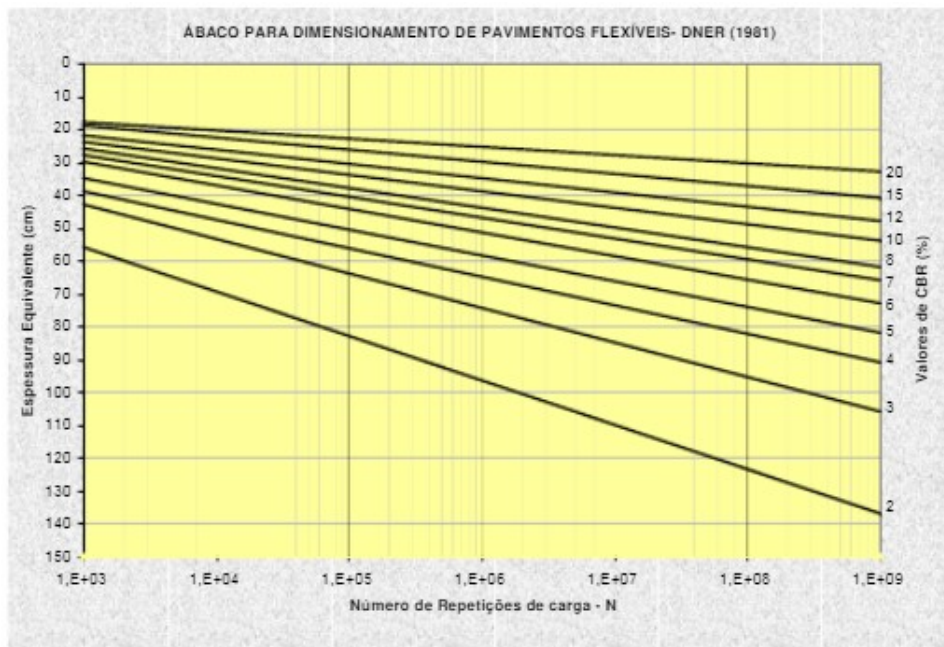
N	Espessura mínima de revestimento betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \cdot 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \cdot 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \cdot 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \cdot 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Fonte: DNER (1996)

2.6.4 Determinação da espessura das camadas

O figura 15 dá a espessura total do pavimento, em função de N e do CBR; a espessura fornecida por esse gráfico é em condições de material com $K = 1,00$, isto é, em termos de base granular. Entrando-se em abscissas, com o valor de N, procede-se verticalmente até obter a reta característica da capacidade de suporte – CBR em causa e, procedendo-se horizontalmente, então, encontra-se, em ordenadas a espessura total do pavimento.

Figura 15: Ábaco para Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis



Fonte: DNER (1981)

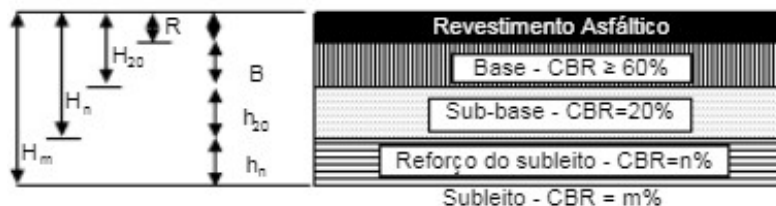
As espessuras da base (B), sub-base (h20) e reforço do subleito (hn) são obtidas pela resolução sucessiva das seguintes inequações abaixo, utilizando Hm, Hn, H20, obtido na figura 12, e R pela Tabela 14 de espessura mínima de revestimento betuminoso.

$$KR \cdot R + KB \cdot B \geq H20$$

$$KR \cdot R + KB \cdot B + KS \cdot h20 \geq Hn$$

$$KR \cdot R + KB \cdot B + KS \cdot h20 + Kref \cdot hn \geq Hm$$

Figura 16: Ilustração das espessuras das camadas assim como as suas nomenclaturas



Fonte: DNER (1996) Adaptado

Observações feitas pelo dimensionamento do método do DNER sobre as espessuras máxima e mínima de compactação das camadas granulares são de 20 cm e 10 cm, simultaneamente, e a espessura construtiva mínima da altura da base + altura da sub-base tem ser igual ou maior 15 cm.

Onde:

KR: coeficiente de equivalência estrutural do revestimento

R: espessura do revestimento

KB: coeficiente de equivalência estrutural da base

B: espessura da base

H20: espessura de pavimento sobre a sub-base

Ks: coeficiente de equivalência estrutural da sub-base

h20: espessura da sub-base

Hn: espessura do pavimento sobre a camada com IS = n

Kref: coeficiente de equivalência estrutural do reforço de subleito

hn: espessura do reforço do subleito e

Hm: espessura total do pavimento necessária para proteger um material com CBR ou IS igual a m.

2.7 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

2.7.1 Critério de Projetos

2.7.1.1 Estudo de Tráfego

De acordo as instruções do DNIT (2006) deve conter o conhecimento de Tráfego envolvendo dados relacionados ao histórico do VMD e formação da frota, adquiridos no DNIT; Parecer preliminar do tráfego; Avaliações volumétricas de cobertura, ocorridas durante 48h diretas, de acordo com o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT, Edição 2006, nas condições em que os informações de tráfego não se estejam disponíveis ou encontrem-se desatualizados; Dados atuais de pesagens de veículos; e Estimativa do tráfego atual.

2.7.1.2 Estudos geológicos

Resolva DNIT (2006) que é importante fazer um estudo do solo da área de estudo para que seja projetado o pavimento que atenda a necessidade do local independente da estação do ano. Realizados uma coleta e pesquisa de dados; Interpretação de fotografias aéreas; Investigações de campo.

2.7.2 Etapas

2.7.2.1 Estudo Preliminar

Conforme DNIT (2006), esta parte corresponde às atividades referentes ao estudo geral de pavimento, fundado em informações, de cadastros regionais e lugares, observações de campo e vivência profissional de forma a que possibilite a previsão introdutória, da composição do pavimento e seu custo. É necessário investigar com o contato direto com as situações físicas do local da obra por meio de exploração preliminar, usando documentos de suporte acessível como mapas geológicos, referencia de alguns projeto existente na área de atuação da obra e informações, históricos do tráfego.

Acrescenta que o estudo deve abranger: Levantamento histórico cadastral do pavimento existente; Estudos de tráfego; Estudos de segurança de trânsito; Estudos geológicos; Estudos hidrológicos; Avaliação Preliminar do Pavimento Existente, e Componente Ambiental do Projeto.

2.7.2.2 Projeto Básico

Conforme DNIT (2006) Com a aceitação das conclusões e consignações da fase Preliminar será iniciada a fase de Projeto Básico, com a intenção de selecionar a alternativa de traçado a ser materializado e delinear a solução nomeada, fornecendo-se plantas, desenhos e

outros meios que possibilitem uma amoldada identificação da obra a realizar (Quantitativos, Especificações e Plano de Execução).

O mesmo autor instrui que o mesmo contemplará: Estudos de Tráfego; Estudos Geológicos; Estudos Hidrológicos; Estudos de Traçado; Estudos Topográficos por Processos convencionais e Procedimento aerofotogramétrico; Estudos Geotécnicos; Projeto Geométrico Básico; Projeto Básico de Terraplenagem; Projeto Básico de Drenagem; Projeto Básico de Pavimentação; Projeto Básico de Obras-de-arte Especiais; Projeto Básico de Interseções, Retornos e Acessos; Projeto Básico de Sinalização; Projeto Básico de Obras Complementares; Projeto Básico de Desapropriação; Projeto Básico de Paisagismo; Projeto Básico do Canteiro de Obras e Acampamento do Pessoal; Componente Ambiental do Projeto; Orçamento Básico da Obra

2.7.2.3 Projeto Executivo

Deve conter também recursos para construção do plano de licitação e gestão da obra, compreendendo a seu planejamento, a método de suprimentos, as normas de inspeção e outras informações importantes em cada caso. O orçamento estar compreendido no Projeto Básico contendo o valor geral da obra, fundado em quantitativos de serviços e suprimentos dos materiais e transportes diretamente avaliados. (DNIT 2006)

2.8 ORÇAMENTO

Segundo Mattos (2006), cada orçamento é realizado somando-se os custos diretos: mão-de-obra de operários; material; equipamento, e os custos indiretos: equipes de supervisão apoio; gastos gerais do canteiro de obras; taxas, etc.

2.8.1 Classificação

2.8.1.1 Sintético

Segundo Avila et al. (2003) o orçamento sintético ou orçamento resumido apresenta, somente, o valor dos serviços e o valor total. Tolerar integrar ainda uma coluna apresentando as porcentagens dos serviços e uma linha apresentando o BDI, antes de indicar o valor total ou final.

O mesmo autor complementa que este tipo de orçamento normalmente, é empregado nas firmas construtoras a realizar propostas orçamentárias rápidas ou expeditas que não requerem análises de composições de custo nem de quantidades exatas das importâncias de serviços. É utilizado, principalmente, quando a relevância maior é saber o custo total em vez dos custos unitários reconhecidos.

2.8.1.2 Analítico

Para Avila et al. (2003) orçamento analítico apresenta o preço unitário de maneira individual, os serviços a ser cumprido e também o preço global da obra ser apresentado ao cliente.

O mesmo autor acrescenta que no Orçamento Analítico deve-se apresentar em forma de planilha devendo conter: a classificação de todos os elementos e subitens das atividades; as unidades dos serviços; as quantidades; os preços unitários dos serviços; o preço parcial ou subtotal para cada subitem; o preço do item ou subtotal de cada item; o preço total do empreendimento sem o BDI, isto é, a custo direto; o preço total do empreendimento com o BDI.

2.8.2 Parâmetros de orçamento

2.8.2.1 SICRO

DNIT (2011) discorre sobre a importância do SICRO, que ele se trata de um parâmetro de valores tanto para insumos como para serviços a serem avaliados nos orçamentos de obras licitadas. Este processo possibilita ao governo negociar obras de qualidade por preços competitivos.

O autor continua exemplificando que ele não se trata apenas de uma comum tabela de preços, mas uma pesquisa que traz um agrupamento de variáveis. Essa análise tem uma metodologia de formação de preços que contempla a grande diferença regional e temporal desses valores, em função da disponibilidade dos insumos e das logísticas dos centros de produção, além de variáveis econômicas como a necessidade realizada pelo nível de investimento em obras da região.

2.8.2.2 SINAPI

Segundo a Caixa (2015) SINAPI é um Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) determinado pelo Decreto 7983/2013, que constitui regras e princípios para preparação do orçamento de referência de obras e atividades de engenharia, contratados e efetuados com recursos dos orçamentos da União, para aquisição de parâmetro de custo, e pela Lei 13.303/2016, que permite de acordo com o estatuto jurídico da empresa pública, da sociedade de organização mista e de suas subsidiárias.

3 METODOLOGIA

3.1 APRESENTAÇÃO

O presente trabalho tem como metodologia um estudo com caráter quali-quantitativo onde foi selecionado o trecho de Taquaralto na cidade de Palmas-TO ao Aterro Sanitário Municipal de Palmas-To para ser estudado. Possuindo sua área voltada para Pavimentação, que tem como objetivo de determinar qual a base (Solo Granular ou Solo Cimento) é mais economicamente viável para ser executado na via.

3.2 OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo que dá acesso ao Aterro Sanitário está ativo desde 21 novembro de 2001. O projeto é um dos poucos da região Norte que abrange as especificações ambientais exigidas pela legislação atual, apresentando concepções do que há de mais moderno em relação de novas tecnologias utilizadas a esse tipo de estabelecimento no mundo (<http://www.palmas.to.gov.br> > 22/04/2018).

Em seu acesso possui um percurso não pavimentado como consta na figura 17, recebendo todo dia um grande fluxo de veículos trafegando com altas cargas, com lixo de toda cidade, não oferecendo assim boas condições de rolamento e segurança ao usuário.

Figura 17: Via de acesso ao aterro Sanitário

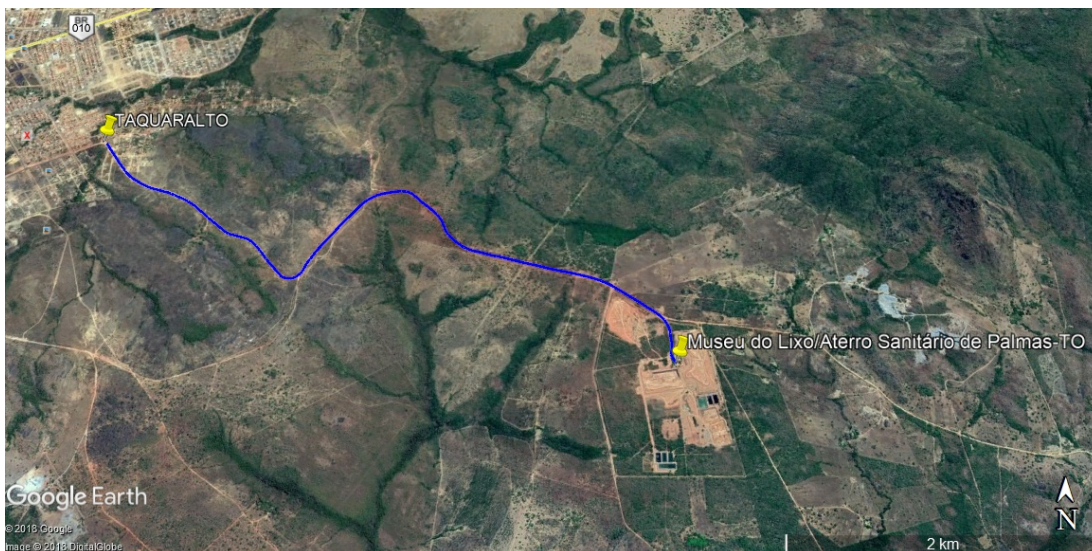


Fonte: Autor, 2018

3.2.1 Mapa de situação

Trata-se de uma Via não pavimentada, com uma extensão de aproximadamente 5,71km. O trecho inicia em Taquaralto, e seu percurso faz conexão ao Aterro Sanitário de Palmas-To, como mostra na figura 18.

Figura 18: Mapa do percurso de Taquaralto ao Aterro Sanitário Palmas-TO



Fonte: Google Earth (2018)

3.2.2 Coordenadas

O percurso onde foi efetuado o estudo de caso, possui as seguintes coordenadas e distância aproximada, que consta na figura 19.

Figura 19: Localização do Caso de Estudo

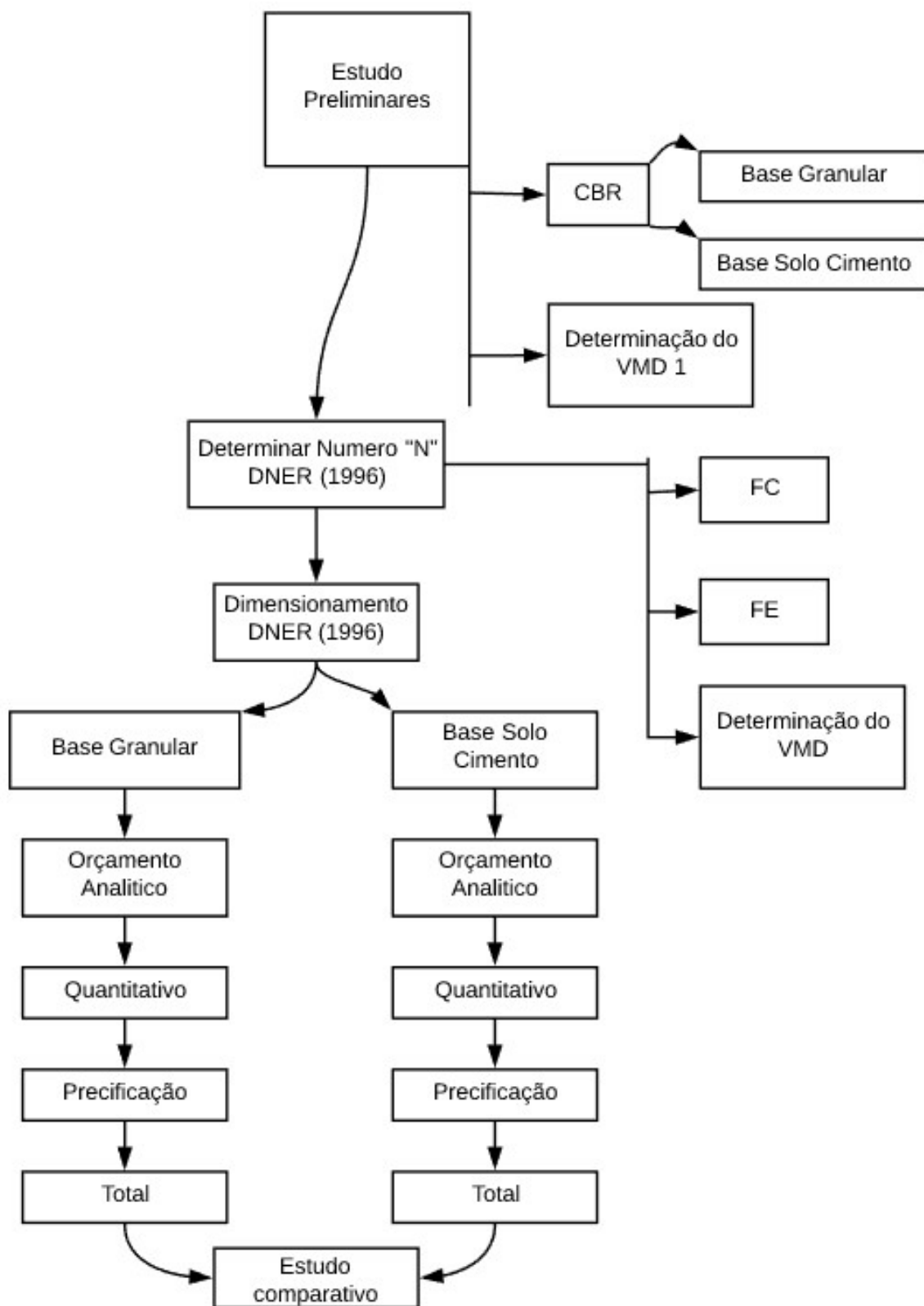
PONTO	LONGITUDE	LATITUDE	DITANCIA DE PERCU SO (KM)
TAQUARALTO	802403.13 m E	8853478.63 m S	5,71
ATERRO SANITARIO DE PALMAS	798056.00 m E	8855307.00 m S	

Fonte: Autor, 2018

3.3 ESTRUTURA DA PESQUISA

As atividades que foram executadas no estudo de caso (figura 20), transmite uma noção geral no fluxograma do que foi realizado para obter com êxito o objetivo do trabalho.

Figura 20: Fluxograma das atividades que a serem executadas no estudo de caso



Fonte: Autor, 2018

Na parte final do processo apresentado na figura 20, foi realizado uma comparação econômica por meio de gráficos de colunas, para melhor constatar qual a base mais viável.

3.3.1 Realizar estudo Preliminar das condicionantes de projeto.

3.3.1.1 CBR

O estudo para obter o CBR da via estuda foi realizado por Silva (2016), em sua monografia de conclusão do curso de Engenharia Civil no Centro Universitário Luterano de Palmas.

3.3.1.2 Determinação do VMD1

Para determinar o VMD1, que é a contagem de veículo na abertura da via, o qual servirá como um dos valores para compor a fórmula do VMD, foi utilizado a seguinte equação:

$$VMD_1 = \text{passagens (veículo A)} + \text{passagens (veículo B)}$$

3.3.2 Determinação do Número N

3.3.2.1 Determinação do Fator Veículo (FV)

O fator veículo procedeu através da multiplicação do Fator de Carga (FC) e do Fator de Eixo (FE). Para auxiliar na efetuação do Fator de veículo (FV) deu-se utilizado uma planilha que possui parâmetros do DNER (1996).

3.3.2.1.1 Fator de Carga (FC)

O Fator de Carga, parâmetro que indica a carga por eixo equivalente do tráfego de projeto foi calculado com o auxílio da tabela que consta na figura 22, e utilizada a figura 21 como recurso para o preenchimento da tabela.

Figura 21: Fatores de equivalência de Carga do USCE

Tipos de Eixo	Faixas de carga (tf)	Equações (P em tf)
Dianteiro simples e traseiro simples	0 – 8	$FC = 2,0782 \cdot 10^{-4} \cdot P^{4,0175}$
	≥ 8	$FC = 1,8320 \cdot 10^{-6} \cdot P^{6,2542}$
Tandem duplo	0 – 11	$FC = 1,5920 \cdot 10^{-4} \cdot P^{3,472}$
	≥ 11	$FC = 1,528 \cdot 10^{-6} \cdot P^{5,484}$
Tandem triplo	0 – 18	$FC = 8,0359 \cdot 10^{-5} \cdot P^{3,3549}$
	≥ 18	$FC = 1,3229 \cdot 10^{-7} \cdot P^{5,5789}$

Fonte: DNER (1996)

Figura 22: Tabela de auxílio para calcular FC

Tipos de Eixos

ORDEM	EIXO SIMPLES			Fci	FREQUENCIA ABSOLUTA (Fi)	FREQUENCIA RELATIVA (fi)	Fci x fi
	ES	ED	ET				
				1	2	3	4

Eixos
Cargas (tf) de cada eixo (observar o tipo do eixo)
FC

Fonte: Projeto de Pavimentação de Rodovia - Aula 6 - Fernando Moreno Suarte Junior

Onde:

- 1 - Fci = Equação da Fórmula (FC), (figura 21)
- 2- Fi = Quantidade de vez que o eixo passou na via
- 3 - fi = Fi do Eixo / Fi Total
- 4 - FC = Somatório do Fci*fi de todos os eixos

3.3.2.1.2 Fator de Eixo (FE)

O Fator de Eixo, que é o parâmetro que indica o numero de veículos equivalente do trafego de projeto foi com calculado com auxílio da formula abaixo de acordo DNER (1996).

$$FE = \frac{(FE_A * \text{passagens de A}) + (FE_B * \text{passagens de B})}{(\text{passagens de A} + \text{passagens de B})}$$

3.3.2.2 Determinação do VMD

A aferição do volume de trafego da via, procedeu de acordo o Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do DNER (1996), elaborado pelo Engenheiro Murillo Lopes de Souza.

Para determinação do VMD, foi considerado na contagem tanto as cargas dos veículos comerciais (caminhões, ônibus), quanto o trafego de veículos de passeios (carro de passeio), por meio das rodas dos pneumáticos dos veículos são transmitido ao pavimento.

Na realização da contagens classificatórias realizou-se registros de volumes para vários tipos ou classes de veículos, pois são empregadas para o dimensionamento estrutural e

projeto geométrico de rodovias e interseções, cálculo de capacidade, cálculo de benefícios aos usuários e determinação dos fatores de correção para as contagens mecânicas.

Por se tratar do acesso ao Aterro sanitário, é a coleta de lixo ser programada em dias e horários específicos, haverá dias e horários que o volume de tráfego será mais intenso que outros dias, portanto verificou-se junto a administração do local, quando ocorre o maior fluxo de veículos, o dia escolhido para contagem, foi o da situação mais crítica para dimensionar a via, para assim melhor atender as especificações técnicas.

A contagem procedeu em campo, dos veículos, manualmente, utilizando uma prancheta com auxílio de uma planilha confeccionada pela autor.

Segue a abaixo a equação utilizada para determinar o volume médio diário (VMD) após ter colhido os dados em campo.

$$VMD = \frac{VMD_1 \left[2 + (P - 1) * \frac{t}{100} \right]}{2}$$

Onde:

VMD: é o volume diário considerado que o tráfego cresce segundo um PA t% ao ano;

VMD₁: é o volume de tráfego no ano de abertura da via;

P: é o período de projeto, em anos;

t: é a taxa de crescimento anual, em porcentagem.

3.3.2.3 Determinação do Numero N

Para obter o Numero N, procedeu conforme o DNER (1996) que esta situado no item 2.6.2, possuindo a seguinte equação abaixo, inserindo na equação os dados levantados no estudo realizado em campo.

$$N = 365 * VMD * P * FV$$

Onde:

N: É o número similar de fluxo de eixo padrão durante o tempo de projeto determinado;

VMD: Volume médio diário;

P: Período de Projeto (Anos);

FV: Fator de veículo = FC*FE;

FC: Fator de Carga;

FE: Fator de Eixo.

3.3.3 Dimensionamento do pavimento asfáltico pelo Método DNER

O dimensionamento procedeu de acordo com o item 2.6, pois nele consta todo processo e equações, ábaco e tabelas de parâmetros para calcular a espessura do revestimento e das devidas bases que é constituído a estrutura do pavimento.

Para realizar o dimensionamento foi utilizados os Coeficientes de equivalência, proposto pelo DNER (1996), como segue na figura.

Figura 23: Coeficientes de equivalência estrutural para alguns materiais

Componentes dos pavimentos	Coefficiente de equivalência estrutural (K)
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento por penetração	1,20
Base granular	1,00
Sub-base granular	0,77(1,00)
Reforço do subleito	0,71 (1,00)
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 Kg/cm ²	1,70
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 Kg/cm ² e 28 Kg/cm ²	1,40
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre 28 Kg/cm ² e 21 Kg/cm ²	1,20
Bases de Solo-Cal	1,20

Fonte: DNER (1996) Adaptado pelo autor

Na figura 23, esta destacado os coeficiente que foram utilizados para realizar a variação de dimensionamentos e posteriormente realizou-se o estudo de comparação de viabilidade econômica.

3.3.4 Elaboração da planilha comparativa entre as bases de Solo Cimento e Granular

O orçamento analítico foi realizado por meio de planilhas no Microsoft Office Excel, levantado as composições de custos de cada serviço que será executado, utilizando como parâmetro o banco de dados do SINAPI e do SICRO, assim como também a discriminação das quantidades de materiais e serviços a serem utilizados de acordo o projeto.

Após realizar o orçamento com cada tipo de base, houve uma comparação por meio de gráficos de colunas, para obter objetivo do trabalho que é sabe-se qual a base é mais viável economicamente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ESTUDO PRELIMINAR E CONDIÇÕES DE PROJETO

O estudo de algumas condicionantes de projetos, como o levantamento das características do solo foi realizado por Silva (2016) no CEULP ULBRA, que serviram como auxílio para dimensionar o pavimento.

A estabilização química de acordo o estudo realizado, apesar do solo natural do local ser um material arenoso mais grosso e não contendo uma quantidade mínima de argila e/ou silte, o material empregado na via é de baixa qualidade e péssima resistência, mas com as adições a capacidade de suporte foi elevado consideravelmente, como segue na figura 24, mostrando que a estabilização de solo para este caso é muito satisfatória.

Figura 24: Relação de umidade ótima e CBR

AMOSTRA	h ÓTIMA (%)	γ_s MÁXIMO (KN/m ³)
100%S + 0%C	9,70	33,60
97%S + 3%C	9,90	68,60
95%S + 5%C	7,10	102,20

Fonte: Igor Donizete (2016), Adaptado.

O dia para aferição do volume e classe de veículos que transitam na via foi decidido após consulta a administração do aterro sanitário, sobre qual o dia a coleta de lixo é mais intensa, pois essa via é o único acesso ao aterro sanitário. E importante ressaltar que a estrada da acesso a um assentamento é uma pedreira que no momento encontra-se desativada, que localizavam-se após o aterro sanitário.

A contagem realizada in loco foi realizada por 13 horas contínuas, das 6:00 horas as 19:00 em uma terça-feira, 07 de agosto, o período do dia foi determinado visando o horário de pico, sendo que foi mais focalizado em veículos que transitavam em direção ao assentamento, pois de acordo a administração do aterro sanitário a maior quantidade de veículos que coletam lixo circulam a noite na estrada, inviabilizando assim a contagem de veículos, diante disto eles apresentaram uma quantidade media de veículos, sua classe e a quantidade carga que o mesmo transportam.

Na contagem de veículos foi visado que a pedreira volte a ser ativada, foi previsto uma quantidade estimada de veículos de determinada classe de veículos, dados considerados diante de relatos de colaboradores do Aterro Sanitário que presenciava a circulação dos veículos na via constantemente.

Segue abaixo na figura 25 os resultados do levantamento realizado para obter-se o Volume médio diário (VMD 1).

Figura 25: Contagem e Classificação de veículos

VMD 1	
VEICULOS	PASSAGENS
veiculo utilitario e passeio	49
Caminhão leve 2c	2
Caminhão pesado 3c	54
Caminhão pesado 4c	3
Onibus 2c	9
Total de Passagens =	117

Fonte: Autor, 2018.

Os dados apresentados são acima determinam o VMD 1, 117 Passagens.

4.2 DETERMINAÇÃO DO NUMERO N

Para calcular o numero N também são indispensáveis alguns valores de fatores levantado in loco que dependem diretamente dos tipos de veículos que transitam no local, se são de eixo simples, tandem duplo ou tandem triplo.

4.2.1 Fator de cagar

O fator de carga foi calculado através do Excel, como segue na figura 26, obtendo o resultado do fator de carga de 1,33.

Figura 26: Calculo do Fator de Carga

Fator de Carga (FC)							
Ordem	Eixo Simples			Fci	FREQUENCIA ABSOLUTA (Fi)	FREQUENCIA RELATIVA (fi)	Fci x fi
	ES	ED	ET				
1	1			0,0002	49	0,208	0
2	1,8			0,0022	49	0,208	0
3	6			0,2779	3	0,013	0,0036
4	6			0,2779	3	0,013	0
5	6			0,2779	52	0,22	0,06
6		15		4,303	52	0,22	0,95
7	6			0,2779	2	0,008	0
8		17		8,5488	2	0,008	0,07
9	6			0,2779	9	0,038	0,01
10	10			3,2895	9	0,038	0,13
11	6			0,2779	3	0,013	0
12			25	8,3271	3	0,013	0,11
					236	1	1,33

Fonte: Autor, 2018.

4.2.2 Fator de cagar

O fator de eixo foi calculado com o auxílio do Excel da seguinte maneira, como segue na figura 27, obtendo o fator de eixo 2,03.

Figura 27: Calculo do Fator de Eixo

FATOR DE EIXO (FE)			
VEICULOS	PASSAGENS (PA)	QUANT. DE EIXO (QE)	PA X QE
Veiculo util.o e passeio	49	2	98
Caminhão leve 2c	2	2	4
Caminhão pesado 2c	52	2	104
Caminhão pesado 3c	2	2	4
Caminhão pesado 4c	3	3	9
Onibus 2c	9	2	18
Total =	117		237

$$FE = \text{TOTAL DE (PA x QE)} / PA. = 2,03$$

Fonte: Autor, 2018.

4.2.3 Fator veiculo

Após calcular o fator de eixo e o fator veiculo é realizado uma multiplicação entre os resultados para assim obter o fator veiculo 2,70.

4.2.4 VMD

Com os dados do levantamento do VMD 1 foi calculado com VMD, considerando uma taxa de crescimento 2,48% ao ano de acordo com o IBGE, para 10 anos.

$$VMD = \frac{117 \left[2 + (10 - 1) * \frac{2,48}{100} \right]}{2} = 130,06 \text{ Passagens}$$

Ao ser levantado o VMD da via, foi constatado que é um volume muito baixo, possuindo assim um número N pequeno, fazendo com que as espessuras das bases de solo cimento propostas sejam menores que a mínima, portanto foi utilizado 15cm que é o que a norma instrui para usar como mínimo. Se houvesse um número N maior, poderia se ter uma comparação melhor.

4.2.5 Calculo do Numero N

Com todos os valores encontrados anteriormente é possível calcular o número N, como segue abaixo.

$$N = 365 * 130,06 * 10 * 2,70 = 1,28 \times 10^6 \text{ Solicitações}$$

4.3 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO ASFÁLTICO PELO MÉTODO DNER.

Com o auxílio do número N foi possível definir a espessura do revestimento, e altura da estrutura do pavimento para a via.

em estudo.

Figura 28: Espessuras mínimas de revestimento betuminoso em função de N

N	Espessura mínima de revestimento betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \cdot 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \cdot 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \cdot 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \cdot 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Fonte: DNER (1996) Adaptado pelo Autor.

Como o número N ficou dentro do intervalo destacado na figura 28, a estrutura do pavimento contemplará em sua superfície um Revestimento betuminoso com 5,0 cm de espessura.

4.3.1 Dimensionamento da Base granular

A altura da base foi calculada da seguinte forma, como auxílio da fórmula disponibilizada por DNER (1996), como segue abaixo.

$$H_{20} = 77,67 \times 1281713,706^{0,0482} \times 20^{-0,598} = 25,50 \text{ cm}$$

Figura 29: Coeficiente de equivalência estrutural utilizados (Base granular)

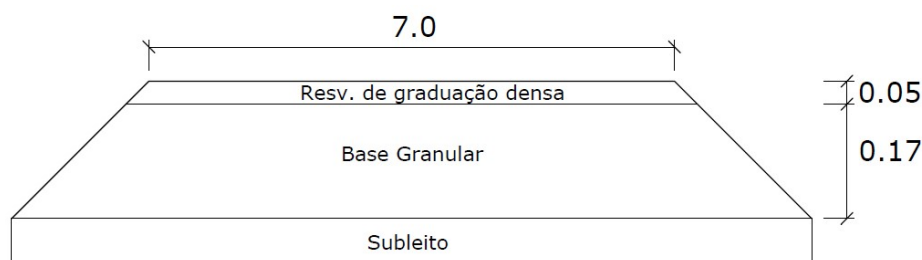
Componentes dos pavimentos	Coefficiente de equivalência estrutural (K)
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento por penetração	1,20
Base granular	1,00
Sub-base granular	0,77(1,00)
Reforço do subleito	0,71 (1,00)
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 Kg/cm ²	1,70
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 Kg/cm ² e 28 Kg/cm ²	1,40
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre 28 Kg/cm ² e 21 Kg/cm ²	1,20
Bases de Solo-Cal	1,20

Fonte: DNER (1996) Adaptado pelo Autor.

Na figura 29 esta destacado os coeficientes, K_R que é o coeficiente do revestimento e o K_B coeficiente da base granular a ser utilizada no caso, eles serviram de auxílio no dimensionamento da estrutura do pavimento.

$$K_R \times R + K_B \times B \geq H_{20} \rightarrow 1,7 \times 5,0 + 1 \times B \geq 25,50 \rightarrow B \geq 17,0 \text{ cm}$$

Figura 30: Perfil estrutural do pavimento com base Granular



Fonte: Autor, 2018.

Na figura 30 esta representado a estrutura do pavimento com suas devidas alturas, o revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa com espessura de 0,05 metros e a base granular com 0,17 metros de espessura.

4.3.2. Dimensionamento da Base Solo cimento com teor de 5%

Figura 31: Coeficiente de equivalência estrutural utilizados (Base Solo cimento)

Componentes dos pavimentos	Coefficiente de equivalência estrutural (K)
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento por penetração	1,20
Base granular	1,00
Sub-base granular	0,77(1,00)
Reforço do subleito	0,71 (1,00)
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 Kg/cm ²	1,70
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 Kg/cm ² e 28 Kg/cm ²	1,40
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre 28 Kg/cm ² e 21 Kg/cm ²	1,20
Bases de Solo-Cal	1,20

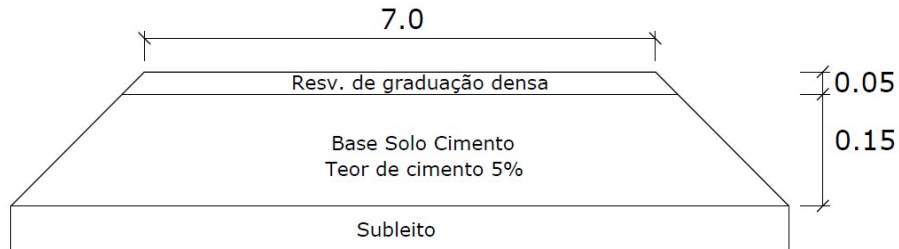
Fonte: DNER (1996) Adaptado pelo Autor.

Na figura 31 esta salientado os coeficientes, K_R que é o coeficiente do revestimento e o K_B coeficiente da base a ser empregado no caso, eles auxiliaram no dimensionamento da estrutura do pavimento.

$$K_R \times R + K_B \times B \geq H_{20} \rightarrow 1,7 \times 5,0 + 1,4 \times B \geq 25,50 \rightarrow B \geq 12,14 \text{ cm}$$

De acordo a norma do DNER (1996), a camada teve conter a espessura mínima de 15,00cm.

Figura 32: Perfil estrutural do pavimento com base Solo Cimento



Fonte: Autor, 2018.

Na figura 32 esta representado a estrutura do pavimento com suas devidas alturas, o revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa com espessura de 0,05 metros e a base Solo cimento com teor de 5% de cimento com 0,15 metros de espessura.

4.3.3 Dimensionamento da Base Solo cimento com teor de 3%

Figura 33: Coeficiente de equivalência estrutural utilizados (Base Solo cimento)

Componentes dos pavimentos	Coefficiente de equivalência estrutural (K)
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento por penetração	1,20
Base granular	1,00
Sub-base granular	0,77(1,00)
Reforço do subleito	0,71 (1,00)
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 Kg/cm ²	1,70
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 Kg/cm ² e 28 Kg/cm ²	1,40
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre 28 Kg/cm ² e 21 Kg/cm ²	1,20
Bases de Solo-Cal	1,20

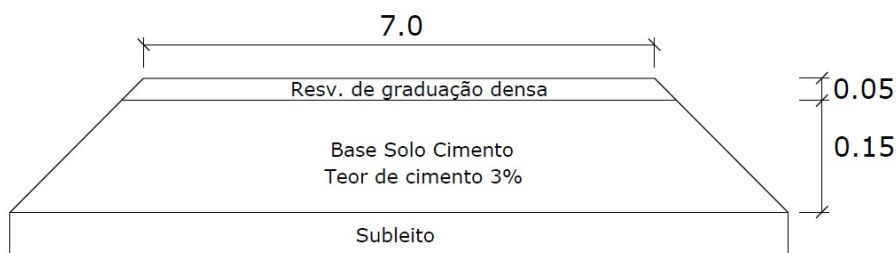
Fonte: DNER (1996) Adaptado pelo Autor.

Na figura 33 esta salientado os coeficientes, K_R que é o coeficiente do revestimento e o K_B coeficiente da base a ser empregado no caso, eles auxiliaram no dimensionamento da estrutura do pavimento.

$$K_R \times R + K_B \times B \geq H20 \rightarrow 1,7 \times 5,0 + 1,2 \times B \geq 25,50 \rightarrow B \geq 14,17\text{cm}$$

De acordo a norma do DNER (1996), a camada teve conter a espessura mínima de 15,00cm.

Figura 34: Perfil estrutural do pavimento com base Solo Cimento



Fonte: Autor, 2018.

Na figura 34 esta representado a estrutura do pavimento com suas devidas alturas, o revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa com espessura de 0,05 metros e a base Solo cimento com teor de 3% de cimento com 0,15 metros de espessura.

4.4 COMPARATIVOS DE CUSTO ENTRE AS BASES DE SOLO CIMENTO E GRANULAR

Foram realizados os orçamento no Software Excel entre as bases, Granular e Solo cimento, para o Solo cimento foram efetuados dois orçamentos, um com teor de 3% e outro com teor de 5% de cimento. A quantificação de cimento foi calculada de acordo a figura 35, para um metro cúbico de solo. O peso específico do cimento que foi utilizado para calcular o peso específico final foi 3150,00 kgf/m³.

Figura 35: Quantidade de Cimento

Traço	Teor	Solo (Kgf)	Cimento (Kgf)	Peso Esp. (kgf/m ³)
Traço Ref.	-	1970,00	-	1970,00
Traço 1	3%	1930,60	59,10	1989,70
Traço 2	5%	1910,90	98,50	2009,40

Fonte: Autor, 2018.

Foi realizado uma visita a Eletro Hidro LTDA (EHL), com intuito de mapear a localização de jazidas disponíveis que tenham as devidas qualidades para atuar como base granular no pavimento é que já tenham licença ambiental, pronta para ser removido o material para o local de projeto.

Na figura 36 possui as coordenadas e distancias aproximadas, as informações foram extraídas do Google Earth.

Figura 36: Localização do Caso de Estudo

PONTO	LONGITUDE	LATITUDE	DISTANCIA DE PERCUSO (KM)
JAZIDA	790431,00 m E	8880627,00 m S	33,00
TAQUARALTO	802403,01 m E	8853478.63 m S	
AT. SANITARIO DE PALMAS	798056,00 m E	8855307, m E	5,71

Fonte: Autor, 2018

E importante salientar sobre o DMT do material da base granular a ser empregado no local, visto que é muito distante o local da jazida para local do caso em estudo, considerando que é uma grande quantidade material a ser transportada, elevando consideravelmente o custo do transporte do material. Ao ser feita a visita a EHL, o engenheiro que prestou auxílio sobre as informações a respeito das localizações dos material para a Base granular, relatou que existe uma jazida em estudo que se localiza em torno de 12km mais próximo do local do caso de estudo. Porém ela não esta licenciada, havendo a probabilidade de ser licenciada, poderia causar uma diminuição de custo relevante.

Na figura 37 consta um mapeamento indicando a localização da jazida e do percurso, da jazida até a obra.

Figura 37: Percurso da localização do material para Base granula



Fonte: Google Earth (2018).

Os orçamentos analítico foram elaborados com base nas tabela do SINAPI, para execução das Bases Solo cimento foram criadas as suas devidas composições necessárias

baseadas em outras composições prontas da base de dados SINAPI. Na figura 38 segue um resumo sobre os orçamentos realizados para cada base.

Figura 38: Comparativo de Custo entre as bases

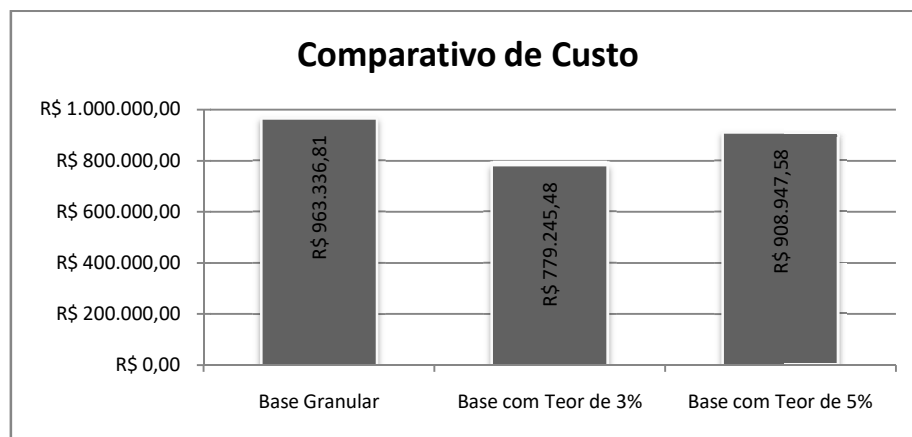
Resumo dos orçamentos			
	Base Granular	Base com Teor de 3%	Base com Teor de 5%
Terraplenagem	R\$ 441.366,80	R\$ 257.275,47	R\$ 386.977,57
Pavimentação	R\$ 521.970,01	R\$ 521.970,01	R\$ 521.970,01
Total	R\$ 963.336,81	R\$ 779.245,48	R\$ 908.947,58

Fonte: Autor, 2018.

Vale ressaltar que custos com projeto, canteiro, engenheiros e encarregados não foram adicionados pois são itens que alteram de acordo com o prazo da obra e quantidade de profissionais no local. Lembrando que esse orçamentos foi realizado visando apresentar um comparativo de custo entre a utilização das bases: granular e solo cimento, sendo que as duas devera atender as necessidade de projeto.

O comparativo de custo foi realizado com a base nos resultados contidos na figura 38 por meio de gráficos, no Software Excel, como consta na figura 39.

Figura 39: Comparativo de Custo



Fonte: Autor, 2018.

5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Após concluir o estudo de caso fica claro a importância de realizar o análise de projeto, pois a vários aspectos a serem analisados para a escolha do material mais viável a ser empregado, que vão desde o solo natural do local, VMD e DMT da jazida onde servira de caixa de empréstimo, pois estes fatores afetam diretamente o dimensionamento e conseqüentemente a viabilidade econômica.

Após realizar toda aferição in loco e desenvolver os cálculos necessários para dimensionar o pavimento para a via que da acesso ao aterro sanitário de Palmas-To, a espessura da base Granular calculada foi de 17 centímetros, já a espessura calculada das bases utilizando solo cimento com teor de 5% e 3% foram de 12,14 e 14,17 centímetros respectivamente, ressalvo a norma do DNER (1996) a espessura mínima para essa camada é de 15,00, diante disto, é importante salientar o aumento significativo na altura da base utilizando solo cimento com teor de 5%, de 12,14 para 15,00 centímetros.

Um dos fatores que influenciou no preço orçamento do pavimento utilizando base Granular foi o transporte do material, o DMT de 33,0 km, considerável grande, portanto dependendo da distancia deve se procurar uma outra alternativa e comparar a viabilidade econômica, como a estabilização química.

É relevante ressaltar o importância do estudo do solo, como ele reagira com o estabilização química, se o investimento financeiro é viável ou não. Pois neste caso de acordo o estudo realizador por Silva (2016), o aumento do CBR é bem expressivos em comparação ao solo natural, a mistura que tem 3% de Cimento obteve um CBR de mais de duas vezes maior que o solo em estado natural, e a mistura contendo 5% de cimento chegou a um valor maior que 3 vezes comparado ao solo em estado natural.

Finalmente, após todo levantamento de veículos e dimensionamentos das estruturas de pavimentos com base Granular e Solo cimento, pode-se concluir que utilização da base solo cimento com teor de 3% é mais viável economicamente, além de disso vale ressaltar que sobre o alto desempenho que a base terá, pois com a adição o solo obteve uma elevada capacidade de suporte,

Para trabalhos futuros são sugeridos as seguintes linhas de pesquisas:

- Utilizar a adição de outros tipos de materiais cimentares, como a cal.
- Utilizar a adição de matérias não renováveis como pneus triturados e outros.
- Refazer o presente estudo com o uso de diferentes teores de adição.

REFERENCIA

AVILA, Antonio Victorino; LIBRELOTTO, Liziane Ilha; LOPES, Oscar Ciro. **Orçamento de Obras: Construção Civil**. 2003. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Ceulp Ulbra, Florianópolis, 2018.

BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração**, 2007. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Ceulp Ulbra, São Paulo, 2018.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira. **Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros**. 2008. 504 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Ceulp Ulbra, Rio de Janeiro, 2018.

DNIT - Nota de esclarecimento sobre o sistema de custos rodoviários - SICRO - Disponível em:<http://www.dnit.gov.br/noticias/nota-de-esclarecimento-sobre-o-sistema-de-custos-rodoviarios-sicro/> > Acesso em: 14 de abril

DNIT. DIRETRIZES BÁSICAS PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS RODOVIÁRIOS ESCOPOS BÁSICOS/INSTRUÇÕES DE SERVIÇO. 2006. 487 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Ceulp Ulbra, Rio de Janeiro, 2018.

DNIT. Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico - Especificação de serviço. 2006. 14 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Ceulp Ulbra, São Paulo, 2018.

FEDERAL, Caixa Econômica. **SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTO E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2015. 122 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Ceulp Ulbra, Brasília, 2018.

MATTOS, Aldo Dóres. **Como preparar Orçamentos de Obras**. 2006. 286 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Ceulp Ulbra, São Paulo, 2018.

PAVIMENTO FLEXIVEL - Pavimento de concreto e estruturas de dados - Disponível em: <https://ideiasesquecidas.com/2016/05/23/pavimentos-de-concreto-e-estruturas-de-dados/comment-page-1/> > Acesso em: 25 de fevereiro.

PAVIMENTO RIGIDO - Pavimento de concreto e estruturas de dados - Disponível em: <https://ideiasesquecidas.com/2016/05/23/pavimentos-de-concreto-e-estruturas-de-dados/comment-page-1/> > Acesso em: 25 de fevereiro.

PAVIMENTO SEMIRIGIDO - Camadas comuns em um pavimento semi-flexível. - Disponível em: <http://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-pavimento-semi-rigido.html>> Acesso em: 25 de fevereiro.

Prefeitura de Palmas. **Aterro Sanitário de Palmas é considerado modelo nacional.**- 2009 - Disponível em: <<http://www.palmas.to.gov.br/secretaria/infraestrutura/noticia/3390/aterro-sanitario-de-palmas-e-considerado-modelo-nacional/>>. Acesso em: 20/04.2018.

RODAGEM, Departamento de Estrada de. **Projeto de pavimentação.** 2006. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Ceupl Ulbra, São Paulo, 2018.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação.** 1997. 1 v. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Ceulp Ulbra, São Paulo, 2018.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação.** 2001. 2 v. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Ceulp Ulbra, São Paulo, 2018.

SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DO TRB - (Transportation Research Board) Public Roads Administration (1929).

SISTEMA UNIFICADO DE CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS – SUCS - Introdução à Mecânica dos Solos; Milton Vargas, (1914).

APÊNDICES

PLANILHA DE CUSTO PARA BASE GRANULAR

Item	Código	Descrição	Unid	Qtde	R\$	TOTAL
1		TERRAPLENAGEM				
1.1	74151/001	REBAIXAMENTO - ESCAVAÇÃO E CARGA MAT. 1A DE CATEGORIA, UTILIZANDO TRATOR DE ESTEIRAS	M3	7.124,94	2,82	20.092,33
1.2	95875	TRANSPORTE BOTA FORA - TRANSPORTE LOCAL COM CAMINHÃO BASCULANTE, EM VIA URBANA PAVIMENTADA	M3XKM	26.718,52	0,99	26.451,33
1.3	73903/001	LIMPEZA SUPERFICIAL DA CAMADA VEGETAL EM JAZIDA	M2	5.567,25	0,31	1.725,85
1.4	74151/001	ESCAVAÇÃO DA JAZIDA - ESC. E CARGA MAT. 1A DE CATEGORIA, UTILIZANDO TRATOR DE ESTEIRAS DE 110 A 160HP COM LAMINA, PESO OPERACIONAL * 13T E PA CARREGADEIRA COM 170 HP. MATERIAL DA JAZIDA	M3	6.123,98	2,82	17.269,61
1.5	95875	TRANSPORTE MAT. JAZIDA - TRANSPORTE LOCAL COM CAMINHÃO BASCULANTE, EM VIA URBANA PAVIMENTADA	M3XKM	293.903,69	0,99	290.964,66
1.6	72961	REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO ATE 20 CM DE ESPESSURA	M2	41.683,00	1,15	47.935,45
1.7	96387	BASE ESTABILIZADA - BASE DO SOLO ESTABILIZADO SEM MISTURA, COMPACTAÇÃO 100% PROCTOR NORMAL, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DO SOLO	M3	6.123,98	6,03	36.927,57
				TOTAL ITEM 1		441.366,80
2		PAVIMENTAÇÃO				
2.1	96401	EXECUÇÃO DE IMPRIMAÇÃO COM ASFALTO DILUÍDO CM-30.	M2	36.544,00	4,10	149.830,40
2.2	72958	CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTO COM TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO, COM EMULSÃOAS FÁLTICA RR-2C, COM CAPA SELANTE. AF 01/2018	M2	36.544,00	9,47	346.071,68
2.3	95427	TRANSPORTE COMERCIAL DE BRITA	M3XKM	45.680,00	0,55	25.124,00
2.4	93176	TRANSPORTE EMULSÃO	TxKM	2.302,27	0,41	943,93
				TOTAL ITEM 2		521.970,01
				TOTAL PAVIMENTAÇÃO		963.336,81

MEMORIAL DE CÁLCULO

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	QUANT.	UND
1	TERRAPLENAGEM		
1.1	REBAIXAMENTO - ESCAVAÇÃO E CARGA MAT. 1A DE CATEGORIA, UTILIZANDO TRATOR DE ESTEIRAS	7.124,94	M3
	Comp da via=	5.710,00	M
	Lag. de rolamento da via=	7,00	M
	Lag. de rolamento da via + 0,17 para cada lado=	7,34	M
	Alt. base do solo granular =	0,17	M
	Área do rebaxamento =		
	Lag. de rolamento da via *Alt. base do solo granular=	1,25	M2
	Vol. de escavação e Carga =		
	Área do rebaxamento * Comp da via =	7.124,94	M3
1.2	TRANSPORTE BOTA FORA - TRANSPORTE LOCAL COM CAMINHÃO BASCULANTE, EM VIA URBANA PAVIMENTADA	26.718,52	M3XKM
	Lag. de rolamento da via=	7,00	M
	Alt. base do solo granular =	0,17	M
	Lag. Inf. do trapezio da via de rolamento=	7,34	M
	Área do base do solo granular (trapezio) =		
	((Lag. de rolamento da via + Lag. Inf. do trapezio da via de rolamento)*Alt. base do solo granular)/2)	1,22	M2
	Vol. de escavação e Carga =		
	Área do base do solo granular (trapezio) * Comp da via =	7.124,94	M3
	DMT do bota fora=	3,00	KM
	Empolamento=	25%	%
	T = Vol. de escavação e Carga * DMT + Empolamento =	26.718,52	M3XKM
1.4	ESCAVAÇÃO DA JAZIDA - ESC. E CARGA MAT. 1A DE CATEGORIA, UTILIZANDO TRATOR DE ESTEIRAS DE 110 A 160HP COM LAMINA, PESO OPERACIONAL * 13T E PA CARREGADEIRA COM 170 HP. MATERIAL DA JAZIDA	6.123,98	M3
	Lag. de rolamento da via=	7,00	M
	Alt. base do solo granular =	0,15	M
	Lag. Inf. do trapezio da via de rolamento=	7,30	M
	Área do base do solo granular (trapezio) =		
	((Lag. de rolamento da via + Lag. Inf. do trapezio da via de rolamento)*Alt. base do solo cimento)/2)	1,07	M2
	Vol. de escavação e Carga =		
	Área do base do solo granular (trapezio) * Comp da via =	6.123,98	M3
1.3	LIMPEZA SUPERFICIAL DA CAMADA VEGETAL EM JAZIDA	5.567,25	M2
	A = V. Escavação Jazida / 1,10m	5.567,25	M2
1.5	TRANSPORTE MAT. JAZIDA - TRANSPORTE LOCAL COM CAMINHÃO BASCULANTE, EM VIA URBANA PAVIMENTADA	293.903,69	M3XKM
	Vol. de escavação e Carga =		
	Área do base do solo granular (trapezio) * Comp da via =	7.124,94	M3
	DMT =	33,00	KM
	Empolamento=	25%	%
	T = Vol. de escavação e Carga * DMT + Empolamento =	293.903,69	M3XKM

1.6	REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO ATE 20 CM DE ESPESSURA	41.683,00	M2
	Comp da via=	5.710,00	M
	Larg. da via + 0,30M para cada lado=	7,30	M
	Área de Regularização=	41.683,00	M2
1.7	BASE ESTABILIZADA - BASE DO SOLO ESTABILIZADO SEM MISTURA, COMPACTAÇÃO 100% PROCTOR NORMAL, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DO SOLO	6.123,98	M3
	Lag. de rolamento da via=	7,00	M
	Alt. base do solo granular =	0,15	M
	Lag. Inf. do trapezio da via de rolamento=	7,30	M
	Área do base do solo granular (trapezio) = ((Lag. de rolamento da via + Lag. Inf. do trapezio da via de rolamento)*Alt. base do solo cimento)/2)	1,07	M2
	Vol=	6.123,98	M3
2	PAVIMENTAÇÃO		
2.1	EXECUÇÃO DE IMPRIMAÇÃO COM ASFALTO DILUÍDO CM-30.	36.544,00	M2
	Comp. da via =	5.710,00	M
	Larg. da via =	7,00	M
	Larg. das duas Sarjeta (cada sarj. 0,30m)=	0,60	M
	Larg. a ser pav. = Larg da via - Larg das duas Sarjeta=	6,40	M
	Área a ser Pav. = Larg. a ser pav. * Comp. da via	36.544,00	M2
2.2	CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTO COM TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO, COM EMULSÃOAS FÁLTICA RR-2C, COM CAPA SELANTE. AF_01/2018	36.544,00	M2
	Área a ser Pav. = Larg. a ser Pav. * Comp. da Via =	36.544,00	M2
2.3	TRANSPORTE COMERCIAL DE BRITA	45.680,00	M3XKM
	Área de TSD=	36.544,00	M2
	Espesura=	0,05	M
	DMT=	25,00	KM
	T = Área de TSD * Esp. * DMT=	45.680,00	M3XKM
2.4	TRANSPORTE EMULSÃO	2.302,27	TxKM
	Área de TSD=	36.544,00	M2
	DMT=	15,00	M
	T = A. TSD * ((1,2+2,2+0,8)/1000) * DMT=	2.302,27	TxKM

PLANILHA DE CUSTO PARA BASE SOLO CIMENTO- TEOR 3%

Item	Código	Descrição	Unid	Qtde	R\$	TOTAL
1		TERRAPLENAGEM				
1.1	73822/2	LIMPEZA MECANIZADA DE TERRENO COM REMOCAO DE CAMADA VEGETAL, UTILIZANDO MOTONIVELADORA	M2	39.970,00	0,45	17.986,50
1.2	72850	CARGA, MANOBRAS E DESCARGA DE MATERIAIS DIVERSOS, COM CAMINHAO CARROCERIA 9T (CARGA E DESCARGA MANUAIS)	T	361,93	10,27	3.717,02
1.3	72884	TRANSPORTE COMERCIAL COM CAMINHAO CARROCERIA 9 T, RODOVIA PAVIMENTADA	M3XKM	3.229,56	0,81	2.615,94
1.4	COMP 1	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE COM SOLO MELHORADO COM CIMENTO (TEOR DE 3%)	M3	6.123,98	38,04	232.956,01
			TOTAL ITEM 1			257.275,47
2		PAVIMENTAÇÃO				
2.1	96401	EXECUÇÃO DE IMPRIMAÇÃO COM ASFALTO DILUÍDO CM-30.	M2	36.544,00	4,10	149.830,40
2.2	72958	CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTO COM TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO, COM EMULSÃOAS FÁLTICA RR-2C, COM CAPA SELANTE. AF 01/2018	M2	36.544,00	9,47	346.071,68
2.3	95427	TRANSPORTE COMERCIAL DE BRITA	M3XKM	45.680,00	0,55	25.124,00
2.4	93176	TRANSPORTE EMULSÃO	TxKM	2.302,27	0,41	943,93
			TOTAL ITEM 2			521.970,01
			TOTAL PAVIMENTAÇÃO			779.245,48

MEMORIAL DE CÁLCULO

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	QUANT.	UND
1	TERRAPLENAGEM		
1.1	LIMPEZA MECANIZADA DE TERRENO COM REMOCAO DE CAMADA VEGETAL, UTILIZANDO MOTONIVELADORA	39.970,00	M²
	Área de Limpeza = Extensão da via * Largura	39.970,00	M²
	Extensão da via=	5.710,00	M
	Largura da via=	7,00	M
1.2	CARGA, MANOBRAS E DESCARGA DE MATERIAIS DIVERSOS, COM CAMINHAO CARROCERIA 9T (CARGA E DESCARGA MANUAIS)	361,93	T
	Extensão da via=	5.710,00	M
	Lag. de rolamento da via =	7,00	M
	Lag. Inf. do trapezio da via de rolamento =	7,30	M
	Alt. base do solo cimento =	0,15	M
	Área do base do solo cimento (trapezio) = ((Lag. de rolamento da via + Lag. Inf. do trapezio da via de rolamento)*Alt. base do solo cimento)/2)	1,07	M2
	Vol. de execução do serv.=	6.123,98	M3
	Ext. da via * Área do base da solo cimento (trapezio) =		
	Teor de Cimento =	0,03	%
	Peso esp. do solo com Teor de 3% =	19,70	KN/M3
	Peso esp. do solo com Teor de 3% =	1.970,00	Kg/M3
	Quant Cimento por metro cubico =	59,10	kg/M3
	Peso esp. do solo com Teor de 3% * Teor de Cimento		
	Quant de Cimento =	361.926,92	kg
	Vol. de execução do serv. * Teor de Cimento		
	Quant de Cimento =	361,93	T
	(Vol. de execução do serv. * Teor de Cimento)/1000		
1.3	TRANSPORTE COMERCIAL COM CAMINHAO CARROCERIA 9 T, RODOVIA PAVIMENTADA	3229,56	M3XKM
	Quant de Cimento =	361.926,92	kg
	Vol. de execução do serv. * Teor de Cimento		
	Peso esp. do cimento=	1.300,00	Kg/M3
	Vol. De Cimento=	278,41	M3
	Quat de Cimento / Peso esp. do cimento =	11,60	KM
	Distancia do distribuido de cimento =	11,60	KM
	Transporte comercial=	3.229,56	M3Xkm
	Distancia do distribuido de cimento * Vol. De Cimento=		
1.4	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE COM SOLO MELHORADO COM CIMENTO (TEOR DE 3%)	6.123,98	M3
	Extensão da via=	5.710,00	M
	Lag. de rolamento da via =	7,00	M
	Lag. Inf. do trapezio da via de rolamento =	7,30	M
	Alt. base do solo cimento =	0,15	M
	Área do base do solo cimento (trapezio) = ((Lag. de rolamento da via + Lag. Inf. do trapezio da via de rolamento)*Alt. base do solo cimento)/2)	1,07	M2
	Vol. de execução do serv.=	6.123,98	M3
	Ext. da via * Área do base da solo cimento (trapezio)=		

2	PAVIMENTAÇÃO		
2.1	EXECUÇÃO DE IMPRIMAÇÃO COM ASFALTO DILUÍDO CM-30.	36.544,00	M2
	Comp. da via =	5.710,00	M
	Larg. da via =	7,00	M
	Larg. das duas Sarjeta=	0,60	M
	Larg. a ser pav. = Larg da via - Larg das duas Sarjeta=	6,40	M
	Área a ser Pav. = Larg. a ser pav. * Comp. da via	36.544,00	M2
2.2	CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTO COM TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO, COM EMULSÃOAS FÁLTICA RR-2C, COM CAPA SELANTE. AF_01/2018	36.544,00	M2
	Área a ser Pav. = Larg. a ser Pav. * Comp. da Via =	36.544,00	M2
2.3	TRANSPORTE COMERCIAL DE BRITA	45.680,00	M3
	Área de TSD=	36.544,00	M2
	Espesura=	0,05	M
	DMT=	25,00	KM
	T = Área de TSD * Esp. * DMT=	45.680,00	M3
2.4	TRANSPORTE EMULSÃO	2.302,27	M3XKM
	Área de TSD=	36.544,00	M2
	DMT=	15,00	M
	T = A. TSD * ((1,2+2,2+0,8)/1000) * DMT=	2.302,27	M3XKM

COMPOSIÇÃO

EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE COM SOLO MELHORADO COM CIMENTO (TEOR DE 3%)						
COMP 1	Cód.	Descrição	Und	Coef.	R\$ Unit	Total
Ins.	1379	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	KG	59,10	0,52	30,73
Comp.	5901	CAMINHÃO PIPA 10.000 L TRUCADO, PESO BRUTO TOTAL 23.000 KG, CARGA ÚTIL MÁXIMA 15.935 KG, DISTÂNCIA ENTRE EIXOS 4,8 M, POTÊNCIA 230 CV, INCLUSIVE TANQUE DE AÇO PARA TRANSPORTE DE ÁGUA - CHP DIURNO.	CHP	0,0058000	152,05	0,88
Comp.	5903	CAMINHÃO PIPA 10.000 L TRUCADO, PESO BRUTO TOTAL 23.000 KG, CARGA ÚTIL MÁXIMA 15.935 KG, DISTÂNCIA ENTRE EIXOS 4,8 M, POTÊNCIA 230 CV, INCLUSIVE TANQUE DE AÇO PARA TRANSPORTE DE ÁGUA - CHI DIURNO.	CHI	0,0101000	30,19	0,3
Comp.	5921	GRADE DE DISCO REBOCÁVEL COM 20 DISCOS 24" X 6 MM COM PNEUS PARA TRANSPORTE - CHP DIURNO.	CHP	0,0079000	2,27	0,02
Comp.	5923	GRADE DE DISCO REBOCÁVEL COM 20 DISCOS 24" X 6 MM COM PNEUS PARA TRANSPORTE - CHI DIURNO.	CHI	0,0080000	1,47	0,01
Comp.	5932	MOTONIVELADORA POTÊNCIA BÁSICA LÍQUIDA (PRIMEIRA MARCHA) 125 HP, PESO BRUTO 13032 KG, LARGURA DA LÂMINA DE 3,7 M - CHP DIURNO.	CHP	0,0077000	143,14	1,1
Comp.	5934	MOTONIVELADORA POTÊNCIA BÁSICA LÍQUIDA (PRIMEIRA MARCHA) 125 HP, PESO BRUTO 13032 KG, LARGURA DA LÂMINA DE 3,7 M - CHI DIURNO.	CHI	0,0083000	51,3	0,43
Comp.	73436	ROLO COMPACTADOR VIBRATÓRIO PÉ DE CARNEIRO PARA SOLOS, POTÊNCIA 80 HP, PESO OPERACIONAL SEM/COM LASTRO 7,4 / 8,8 T, LARGURA DE TRABALHO 1,68 M - CHP DIURNO.	CHP	0,0074000	113,34	0,84
Comp.	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1498000	13,17	1,97
Comp.	89035	TRATOR DE PNEUS, POTÊNCIA 85 CV, TRAÇÃO 4X4, PESO COM LASTRO DE 4.675 KG - CHP DIURNO.	CHP	0,0079000	69,43	0,55
Comp.	89036	TRATOR DE PNEUS, POTÊNCIA 85 CV, TRAÇÃO 4X4, PESO COM LASTRO DE 4.675 KG - CHI DIURNO.	CHI	0,0080000	23,99	0,19
Comp.	93244	ROLO COMPACTADOR VIBRATÓRIO PÉ DE CARNEIRO PARA SOLOS, POTÊNCIA 80 HP, PESO OPERACIONAL SEM/COM LASTRO 7,4 / 8,8 T, LARGURA DE TRABALHO 1,68 M - CHI DIURNO.	CHI	0,0086000	31,44	0,27
Comp.	96463	ROLO COMPACTADOR DE PNEUS, ESTATICO, PRESSAO VARIÁVEL, POTENCIA 110 HP, PESO SEM/COM LASTRO 10,8/27 T, LARGURA DE ROLAGEM 2,30 M - CHP DIURNO.	CHP	0,0010000	119,81	0,12
Comp.	96464	ROLO COMPACTADOR DE PNEUS, ESTATICO, PRESSAO VARIÁVEL, POTENCIA 110 HP, PESO SEM/COM LASTRO 10,8/27 T, LARGURA DE ROLAGEM 2,30 M - CHI DIURNO.	CHI	0,0150000	41,84	0,63
CUSTO FINAL						38,04

PLANILHA DE CUSTO PARA BASE SOLO CIMENTO- TEOR 5%

Item	Código	Descrição	Unid	Qtde	R\$	TOTAL
1		TERRAPLENAGEM				
1.1	73822/2	LIMPEZA MECANIZADA DE TERRENO COM REMOCAO DE CAMADA VEGETAL, UTILIZANDO MOTONIVELADORA	M2	39.970,00	0,45	17.986,50
1.2	72850	CARGA, MANOBRAS E DESCARGA DE MATERIAIS DIVERSOS, COM CAMINHAO CARROCERIA 9T (CARGA E DESCARGA MANUAIS)	T	603,21	10,27	6.194,97
1.3	72884	TRANSPORTE COMERCIAL COM CAMINHAO CARROCERIA 9 T, RODOVIA PAVIMENTADA	M3XKM	5.382,52	0,81	4.359,84
1.4	Comp 01	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE COM SOLO MELHORADO COM CIMENTO (TEOR DE 5%)	M3	6.123,98	58,53	358.436,26
				TOTAL ITEM 1		386.977,57
2		PAVIMENTAÇÃO				
2.1	96401	EXECUÇÃO DE IMPRIMAÇÃO COM ASFALTO DILUÍDO CM-30.	M2	36.544,00	4,10	149.830,40
2.2	72958	CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTO COM TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO, COM EMULSÃOAS FÁLTICA RR-2C, COM CAPA SELANTE. AF 01/2018	M2	36.544,00	9,47	346.071,68
2.3	95427	TRANSPORTE COMERCIAL DE BRITA	M3XKM	45.680,00	0,55	25.124,00
2.4	93176	TRANSPORTE EMULSÃO	TxKM	2.302,27	0,41	943,93
				TOTAL ITEM 2		521.970,01
				TOTAL PAVIMENTAÇÃO		908.947,58

MEMORIAL DE CÁLCULO

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	QUANT.	UND
1	TERRAPLENAGEM		
1.1	LIMPEZA MECANIZADA DE TERRENO COM REMOCAO DE CAMADA VEGETAL, UTILIZANDO MOTONIVELADORA	39.970,00	M²
	Área de Limpeza = Extensão da via * Largura	39.970,00	M²
	Extensão da via=	5.710,00	M
	Largura da via=	7,00	M
1.2	CARGA, MANOBRAS E DESCARGA DE MATERIAIS DIVERSOS, COM CAMINHAO CARROCERIA 9T (CARGA E DESCARGA MANUAIS)	603,21	T
	Extensão da via=	5.710,00	M
	Lag. de rolamento da via =	7,00	M
	Lag. Inf. do trapezio da via de rolamento =	7,30	M
	Alt. base do solo cimento =	0,15	M
	Área do base do solo cimento (trapezio) = ((Lag. de rolamento da via + Lag. Inf. do trapezio da via de rolamento)*Alt. base do solo cimento)/2)	1,07	M2
	Vol. de execução do serv.=	6.123,98	M3
	Ext. da via * Área do base da solo cimento (trapezio) =		
	Teor de Cimento =	0,03	%
	Peso esp. do solo=	19,70	KN/M3
	Peso esp. do solo=	1.970,00	Kg/M3
	Quant Cimento por metro cubico =		
	Peso esp. do solo com Teor de 5% * Teor de Cimento	98,50	kg/M3
	Quant de Cimento =		
	Vol. de execução do serv. * Teor de Cimento	603.211,54	kg
	Quant de Cimento =		
	(Vol. de execução do serv. * Teor de Cimento)/1000	603,21	T
1.3	TRANSPORTE COMERCIAL COM CAMINHAO CARROCERIA 9 T, RODOVIA PAVIMENTADA	5382,52	M3XKM
	Quant de Cimento =		
	Vol. de execução do serv. * Teor de Cimento	603.211,54	kg
	Peso esp. do cimento=	1.300,00	Kg/M3
	Vol. De Cimento=		
	Quat de Cimento / Peso esp. do cimento =	464,01	M3
	Distancia do distribuido de cimento =	11,60	KM
	Transporte comercial=		
	Distancia do distribuido de cimento * Vol. De Cimento=	5.382,52	M3Xkm
1.4	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE COM SOLO MELHORADO COM CIMENTO (TEOR DE 5%)	6.123,98	M3
	Extensão da via=	5.710,00	M
	Lag. de rolamento da via =	7,00	M
	Lag. Inf. do trapezio da via de rolamento =	7,30	M
	Alt. base do solo cimento =	0,15	M
	Área do base do solo cimento (trapezio) = ((Lag. de rolamento da via + Lag. Inf. do trapezio da via de rolamento)*Alt. base do solo cimento)/2)	1,07	M2
	Vol. de execução do serv.=	6.123,98	M3
	Ext. da via * Área do base da solo cimento (trapezio)=		

2	PAVIMENTAÇÃO		
2.1	EXECUÇÃO DE IMPRIMAÇÃO COM ASFALTO DILUÍDO CM-30.	36.544,00	M2
	Comp. da via =	5.710,00	M
	Larg. da via =	7,00	M
	Larg. das duas Sarjeta=	0,60	M
	Larg. a ser pav. = Larg da via - Larg das duas Sarjeta=	6,40	M
	Área a ser Pav. = Larg. a ser pav. * Comp. da via	36.544,00	M2
2.2	CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTO COM TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO, COM EMULSÃOAS FÁLTICA RR-2C, COM CAPA SELANTE. AF_01/2018	36.544,00	M2
	Área a ser Pav. = Larg. a ser Pav. * Comp. da Via =	36.544,00	M2
2.3	TRANSPORTE COMERCIAL DE BRITA	45.680,00	M3
	Área de TSD=	36.544,00	M2
	Espesura=	0,05	M
	DMT=	25,00	KM
	T = Área de TSD * Esp. * DMT=	45.680,00	M3
2.4	TRANSPORTE EMULSÃO	2.302,27	M3XKM
	Área de TSD=	36.544,00	M2
	DMT=	15,00	M
	T = A. TSD * ((1,2+2,2+0,8)/1000) * DMT=	2.302,27	M3XKM

COMPOSIÇÃO

Comp 01	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE COM SOLO MELHORADO COM CIMENTO (TEOR DE 5%)					
	Cód.	Descrição	Und	Coef.	R\$ Unit	Total
Ins.	1379	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	KG	98,50	0,52	51,22
Comp.	5901	CAMINHÃO PIPA 10.000 L TRUCADO, PESO BRUTO TOTAL 23.000 KG, CARGA ÚTIL MÁXIMA 15.935 KG, DISTÂNCIA ENTRE EIXOS 4,8 M, POTÊNCIA 230 CV, INCLUSIVE TANQUE DE AÇO PARA TRANSPORTE DE ÁGUA - CHP DIURNO.	CHP	0,0058000	152,05	0,88
Comp.	5903	CAMINHÃO PIPA 10.000 L TRUCADO, PESO BRUTO TOTAL 23.000 KG, CARGA ÚTIL MÁXIMA 15.935 KG, DISTÂNCIA ENTRE EIXOS 4,8 M, POTÊNCIA 230 CV, INCLUSIVE TANQUE DE AÇO PARA TRANSPORTE DE ÁGUA - CHI DIURNO.	CHI	0,0101000	30,19	0,3
Comp.	5921	GRADE DE DISCO REBOCÁVEL COM 20 DISCOS 24" X 6 MM COM PNEUS PARA TRANSPORTE - CHP DIURNO.	CHP	0,0079000	2,27	0,02
Comp.	5923	GRADE DE DISCO REBOCÁVEL COM 20 DISCOS 24" X 6 MM COM PNEUS PARA TRANSPORTE - CHI DIURNO.	CHI	0,0080000	1,47	0,01
Comp.	5932	MOTONIVELADORA POTÊNCIA BÁSICA LÍQUIDA (PRIMEIRA MARCHA) 125 HP, PESO BRUTO 13032 KG, LARGURA DA LÂMINA DE 3,7 M - CHP DIURNO.	CHP	0,0077000	143,14	1,1
Comp.	5934	MOTONIVELADORA POTÊNCIA BÁSICA LÍQUIDA (PRIMEIRA MARCHA) 125 HP, PESO BRUTO 13032 KG, LARGURA DA LÂMINA DE 3,7 M - CHI DIURNO.	CHI	0,0083000	51,3	0,43
Comp.	73436	ROLO COMPACTADOR VIBRATÓRIO PÉ DE CARNEIRO PARA SOLOS, POTÊNCIA 80 HP, PESO OPERACIONAL SEM/COM LASTRO 7,4 / 8,8 T, LARGURA DE TRABALHO 1.68 M - CHP DIURNO. AF_02/2016	CHP	0,0074000	113,34	0,84
Comp.	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1498000	13,17	1,97
Comp.	89035	TRATOR DE PNEUS, POTÊNCIA 85 CV, TRAÇÃO 4X4, PESO COM LASTRO DE 4.675 KG - CHP DIURNO. AF_06/2014	CHP	0,0079000	69,43	0,55
Comp.	89036	TRATOR DE PNEUS, POTÊNCIA 85 CV, TRAÇÃO 4X4, PESO COM LASTRO DE 4.675 KG - CHI DIURNO.	CHI	0,0080000	23,99	0,19
Comp.	93244	ROLO COMPACTADOR VIBRATÓRIO PÉ DE CARNEIRO PARA SOLOS, POTÊNCIA 80 HP, PESO OPERACIONAL SEM/COM LASTRO 7,4 / 8,8 T, LARGURA DE TRABALHO 1.68 M - CHI DIURNO.	CHI	0,0086000	31,44	0,27
Comp.	96463	ROLO COMPACTADOR DE PNEUS, ESTATICO, PRESSAO VARIÁVEL, POTENCIA 110 HP, PESO SEM/COM LASTRO 10,8/27 T, LARGURA DE ROLAGEM 2,30 M - CHP DIURNO. AF_06/2017	CHP	0,0010000	119,81	0,12
Comp.	96464	ROLO COMPACTADOR DE PNEUS, ESTATICO, PRESSAO VARIÁVEL, POTENCIA 110 HP, PESO SEM/COM LASTRO 10,8/27 T, LARGURA DE ROLAGEM 2,30 M - CHI DIURNO. AF_06/2017	CHI	0,0150000	41,84	0,63
CUSTO FINAL						58,53

Documentos candidatos

[caixa.gov.br/Downloa...](#) [2,19%]

[lyceumonline.usf.edu...](#) [1,23%]

[engenheiroberto.file...](#) [1,03%]

[www1.dnit.gov.br/nor...](#) [0,79%]

[dtf.ufpr.br/Paviment...](#) [0,56%]

[abcp.org.br/cms/basi...](#) [0,31%]

[webermt.com.br/proje...](#) [0,03%]

[facebook.com/engenha...](#) [0,03%]

[trb.org/Main/Home.as...](#) [0,01%]

[us.streamlook.net/](#) [0%]

Arquivo de entrada: [TCC FINALIZADO.pdf](#) (9076 termos)

Arquivo encontrado		Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)	
caixa.gov.br/Downloa...	Visualizar	3191	264	2,19	
lyceumonline.usf.edu...	Visualizar	3597	155	1,23	
engenheiroberto.file...	Visualizar	1809	112	1,03	
www1.dnit.gov.br/nor...	Visualizar	3162	97	0,79	
dtf.ufpr.br/Paviment...	Visualizar	2375	64	0,56	
abcp.org.br/cms/basi...	Visualizar	505	30	0,31	
webermt.com.br/proje...	Visualizar	357	3	0,03	
facebook.com/engenha...	Visualizar	158	3	0,03	
trb.org/Main/Home.as...	Visualizar	694	1	0,01	
us.streamlook.net/	Visualizar	868	0	0	