



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

Híngria Katiene de Oliveira Parêde

AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DO PAVIMENTO DA RODOVIA TO-020-
PALMAS/APARECIDA DO RIO NEGRO

Palmas – TO

2018

Híngria Katiene de Oliveira Parêde
AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DO PAVIMENTO DA RODOVIA TO-020-
PALMAS/APARECIDA DO RIO NEGRO

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

Orientador: Prof. Esp Euzir Pinto Chagas

Palmas – TO

2018

Híngria Katiene de Oliveira Parêde
AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DO PAVIMENTO DA RODOVIA TO-020-
PALMAS/APARECIDA DO RIO NEGRO

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

Orientador: Prof. Esp Euzir Pinto Chagas

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Murilo de Páuda Marcolini

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Edivaldo Alves Santos

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2018

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus por todas as oportunidades que Ele me proporcionou ao longo da minha vida, e sempre ter me dado forças para nunca desistir dos meus sonhos.

Aos meus pais, José Coelho Parêde Neto e Vera Lucia Lima de Oliveira Parêde pelo apoio, conselhos e dedicação que sempre tiveram. Aos meus irmãos Angra Oliveira e Pedro Lucas que sempre estiveram presentes durante essa caminhada.

Aos meus amigos: Amanda Silveira, Antonio Adedson, Cleiton Oliveira, Evandro Pereira, Jaqueline Xavier e João de Queiroz que sempre estiveram ao meu lado vivenciando todas as dificuldades enfrentadas ao longo do curso.

A todos os professores do CEULP/ULBRA que durante esses cinco anos compartilharam seus conhecimentos, em especial ao professor e orientador Euzir Pinto Chagas pelo auxílio, incentivo e apoio para realização desse trabalho.

A todos que de alguma forma acrescentaram na realização deste trabalho meu eterno agradecimento.

RESUMO

PARÊDE, Hingria Katiene de Oliveira. **Avaliação da estrutura do pavimento da rodovia to-020-palmas/aparecida do rio negro. 2018.** Trabalho de Conclusão de Curso II (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2018.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a estrutura do pavimento da rodovia TO 020 no trecho de Palmas a Aparecida do Rio Negro. Pretende-se constatar e solucionar os problemas estruturais que ocasionaram as patologias encontradas nessa rodovia. Desta forma realizou-se um levantamento visual contínuo nas duas faixas da via a fim de identificar as patologias existentes e classificá-las, além de determinar o índice de estado de superfície do trecho. Em seguida foi realizada a avaliação estrutural do pavimento pelo método destrutivo com o intuito de conhecer o pavimento, através de ensaios: Densidade in situ, limite de liquidez, limite de plasticidade, granulometria por peneiramento, compactação por próctor e índice de suporte Califórnia. Para o dimensionamento do pavimento foi necessário realizar a contagem volumétrica do tráfego da via possibilitando calcular o volume médio diário e o número “N”, com todos esses dados tornou-se possível determinar o dimensionamento do pavimento pelo método do DNER.

Palavras-chave: Avaliação Estrutural. Levantamento Visual Contínuo. Ensaio Laboratoriais. Dimensionamento do Pavimento.

ABSTRACT

PARÊDE, Hingria Katiene de Oliveira. **Evaluation of the pavement structure of the highway to-020-palmas / appeared of the black river. 2018.** Course Completion Work II (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, Palmas / TO, 2018.

The present work has as objective to evaluate the structure of the pavement of highway TO 020 in the section from Palmas to Aparecida do Rio Negro. It is intended to verify and solve the structural problems that caused the pathologies found in this highway. In this way a continuous visual survey was carried out in the two tracks of the road in order to identify the existing pathologies and to classify them, besides determining the index of surface state of the stretch. After that, the structural evaluation of the pavement was carried out by the destructive method in order to know the pavement, through tests: in situ density, liquidity limit, plasticity limit, sieve size, compaction per protor and support index California. For the sizing of the pavement it was necessary to perform the volumetric counting of the traffic of the road making possible to calculate the daily average volume and the number "N", with all these data it became possible to determine the sizing of the pavement by the DNER method.

Key words: Structural Evaluation. Continuous Visual Survey. Laboratory Tests. Pavement Design.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Índice de plasticidade	19
Figura 2 – Ilustração da determinação do limite de plasticidade	24
Figura 3 - Determinação do limite de plasticidade.....	25
Figura 4 - Demonstração dos estados de consistência.....	26
Figura 5 - Seção transversal típica - pavimento flexível	28
Figura 6 - Pavimento de concreto de cimento Portland	29
Figura 7 - Distribuição das tensões	30
Figura 8 – Revestimento asfáltico	31
Figura 9 - Distribuição das tensões	31
Figura 10 - Trinca transversal:	37
Figura 11 – Trinca longitudinal.....	37
Figura 12 - Trinca tipo “Couro de Jacaré”	38
Figura 13 - Trinca tipo “Bloco”.....	38
Figura 14 - Afundamento de consolidação.....	39
Figura 15 - Afundamento Plástico.....	39
Figura 16 - Ondulação.....	40
Figura 17 - Escorregamento.....	40
Figura 18 - Exsudação.....	41
Figura 19 - Desgaste.....	41
Figura 20 - Panela ou buraco.....	42
Figura 21 - Remendo superficial	43
Figura 22 - fatores de equivalência de operação	49
Figura 23 - Determinação da espessura do pavimento	52
Figura 24 - Dimensionamento do Pavimento.....	53
Figura 25 - Exemplos de extração de corpos de prova e de poços de sondagem.....	54
Figura 26 - Equipamento de avaliação semidestrutivo.....	55
Figura 27 - Defeito estrutural por trincamento e afundamento por repetições de carga	56
Figura 28 - Local de realização da pesquisa.....	58
Figura 29 - Retida dos materiais.....	60
Figura 30 - Espessura das Camadas	60
Figura 31 – Ensaio de Densidade “in situ”	61
Figura 32 - Ensaio de Compactação	63

Figura 33 - Ensaio granulométrico	63
Figura 34 - Índice de Suporte Califórnia	64
Figura 35 - Dimensionamento do pavimento	70
Figura 36 - Espessuras das camadas	71
Figura 37 - Dimensão encontrada no pavimento	71
Figura 38 - Painelas	72
Figura 39 - Desgaste superficial	73
Figura 40 - Remendo	73
Figura 41- Exsudação	74
Figura 42 - Afundamento Local	74
Figura 43 - Dimensionamento do pavimento	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Sistema de Classificação dos Solos.....	20
Tabela 2 - Classificação dos solos de acordo com TRB.....	21
Tabela 3 - Demonstrativo do denominador para calculo do limite de liquidez.....	25
Tabela 4 - Frequência de defeitos.....	45
Tabela 5 - Conceitos do ICPF	45
Tabela 6 - Granulometria dos materiais	48
Tabela 7- Coeficientes de equivalência estrutural.....	51
Tabela 8 - Espessura mínima dos revestimentos betuminosos.....	51
Tabela 9 - Frequência de defeitos.....	65
Tabela 10 - Pesos para calculo	65
Tabela 11 - Índice do Estado de Superfície do Pavimento.....	66
Tabela 12 - Calculo fatores de equivalência.....	67
Tabela 13 - Tipos de Eixo.....	67
Tabela 14 - Espessura mínima dos revestimentos betuminosos.....	68
Tabela 15 - Coeficientes de equivalência estrutural.....	69
Tabela 16 - Estudo de trafego.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNT - Confederação Nacional do Transporte

CBR - Ensaio de Índice de Suporte Califórnia

DNIT - Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes.

H.R.B – Highway Research Board

IG – Índice de Grupo

IP – Índice e Plasticidade

LC - Limite de Contração

LL - Limite de Liquidez

LP - Limite de Plasticidade

N- Número Equivalente de Operação de um Eixo-Padrão

SIOP - Sistema Integrado de Operações

TRB – Transportation Research Board

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.2 HIPÓTESES	14
1.3 OBJETIVOS	15
1.3.1 Objetivo Geral	15
1.3.2 Objetivos Específicos	15
1.4 JUSTIFICATIVA	16
2.0 REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 ORIGENS DOS SOLOS	18
2.1.1 Classificação dos solos	18
2.1.1.1 Sistema Unificado de Classificação dos Solos.....	18
2.1.1.2. Classificação TRB (antigo HRB)	20
2.1.2 Plasticidade e Limites de Atterberg e Haines	23
2.1.2.1 Plasticidade.....	23
2.1.2.1.1 Limite de Plasticidade (LP)	23
2.1.2.2 Limite de liquidez (LL)	24
2.1.2.3 Limite de Consistência	25
2.1.2.4 Índice de grupo	26
2.2.PAVIMENTO.....	27
2.2.1 Generalidades	27
2.2.2 Camadas do pavimento.....	27
2.2.3. Pavimento Rígido	29
2.2.4 Pavimento Semi-Rígido.....	30
2.2.5 Pavimento flexível.....	30
2.2.6 Materiais Betuminosos	33
2.3 PATOLOGIAS NOS PAVIMENTOS	36
2.3.1 Fenda	36
2.3.2. Afundamento	38
2.3.3 Ondulação ou Corrugação.....	40
2.3.4 Escorregamento	40
2.3.5 Exsudação.....	41
2.3.6 Desgaste.....	41

2.3.7	Panela ou buraco.....	42
2.3.8	Remendo.....	42
2.4	LEVANTAMENTO VISUAL CONTINUO (LVC).....	43
2.4.1	Condições gerais do levantamento	43
2.4.2.	Condições específicas do levantamento	44
2.4.3	Processo de levantamento de dados.....	44
2.4.3.1	Extensão dos segmentos a serem levantados.....	44
2.4.3.2	Preenchimento dos registros de dado no formulário	44
2.4.4	Cálculo.....	46
2.4.5	Resultados.....	47
2.5	DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL.....	47
2.5.1	Método do DNER	47
2.5.1.1	Calculo do número N.....	48
2.5.1.2	Espessura do revestimento.....	51
2.5.1.3	Dimensionamento do Pavimento	52
2.6	AVALIAÇÃO ESTRUTURAL.....	53
2.6.1	Método Destrutivo	53
2.6.2	Método Semidestrutivo.....	54
3.0	METODOLOGIA.....	57
3.1	DESENHO DE ESTUDO	57
3.2	LOCAL DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA	57
3.3	PROCEDIMENTOS.....	58
3.4	INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA DO PAVIMENTO	59
3.5	AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DO PAVIMENTO FLEXÍVEL.....	59
3.5.1	Coleta das Amostras	59
3.5.2	Ensaio de Densidade ‘in situ’	61
3.6	ENSAIOS LABORATORIAIS	62
3.6.1	Limite de Liquidez.....	62
3.6.2	Limite de Plasticidade	62
3.6.3	Ensaio de compactação.....	62
3.6.4	Classificação granulométrica.....	63
3.6.5	Índice de Suporte Califórnia.....	64
3.7	LEVANTAMENTO VISUAL CONTINUO	64
3.8	ESTUDO DO TRÁFEGO PARA DETERMINAÇÃO DO NÚMERO “N”	66

3.9 - DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO, PELO MÉTODO DO DNER	68
4 RESULTADOS	71
4.1 INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA.....	71
4.2 LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO	72
4.2.1 Painelas	72
4.2.2 Desgaste.....	73
4.2.3 Remendo.....	73
4.2.4 Exsudação.....	74
4.2.5 Afundamento Local	74
4.2.6 Resultados Principais.....	75
4.3 ESTUDO DE TRÁFEGO.....	75
4.4 DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DNER.....	76
5 CONCLUSÃO	77
REFERÊNCIAS	79
ANEXOS	80
APÊNDICES	85

1 INTRODUÇÃO

A condição dos pavimentos rodoviários têm refletido diretamente na economia e no número de acidentes ocorridos nas estradas brasileiras. Percebe-se que uma rodovia com má condição de rolamento diminui o conforto e segurança de todos os seus usuários.

Cada vez mais observa-se investimento em manutenção e criação de novas malhas rodoviárias, entretanto esses processos de revitalização e construção são insuficientes, uma vez que as condições do pavimentos de maneira geral encontram-se em situação precária.

Conforme Bernucciet al. (2006) pavimento é uma estrutura de varias camadas com espessuras finitas, executadas em uma superfície final de terraplenagem, com o intuito resistir aos esforços originados pelo tráfego de veículos e do clima, e a proporcionar aos usuários condições de rolamento com conforto, economia e segurança de maneira técnica e economicamente viável.

O presente estudo tem como principal objetivo analisar o pavimento flexível encontrado na TO-020 trecho que interliga a cidade Palmas a Aparecida do Rio Negro com a finalidade de constatar e solucionar os problemas estruturais que ocasionaram as patologias existentes nessa rodovia.

Desta forma será encontrado nesse trabalho uma avaliação da superfície do pavimento flexível através do levantamento visual contínuo, além da análise do trafego atual. Para caracterizar toda a estrutura do pavimento serão realizados ensaios a partir do método destrutivo, determinando a espessura do pavimento, o material utilizado, o seu CBR e granulometria, além do estado de degradação do revestimento. Informações essas inviáveis apenas a partir de avaliações de defeitos superficiais.

Método destrutivo é aquele que investiga a situação estrutural de todas as camadas presentes no pavimento por abertura de trincheiras ou poços de sondagem, possibilitando recolher amostras dos materiais até o subleito e realizar ensaios de capacidade de carga *in situ*. Por ser uma análise destrutiva só pode ser empregada em alguns poucos pontos selecionados que possuem representação de todos os segmentos a ser avaliado. (BERNUCCIET AL., 2006).

Por fim será abordado o dimensionado o pavimento flexível a partir das informações encontradas no decorrer do estudo de forma a atender a demanda atual de veículos e as necessidades dos seus usuários.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Existem problemas estruturais no pavimento, que possam ter originado as patologias encontradas na rodovia TO-020 Palmas/Aparecida do Rio Negro?

1.2 HIPÓTESES

- Com o crescimento demográfico das cidades que cortam a TO 020, bem como aumento do transporte tanto por carros a passeio como por veículos pesados estima-se que o número N (número equivalente de operação de um eixo-padrão) adotado no período de abertura da rodovia tenha atingido o ano de projeto, onde o excesso de cargas provenientes do tráfego seja um dos fatores para o surgimento das patologias;
- Utilização de materiais inapropriados para pavimentação;
- Erro de dimensionamento.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar a estrutura do pavimento da rodovia TO-020-Palmas/Aparecida do Rio Negro a fim de constatar e solucionar os problemas estruturais que ocasionaram as patologias encontradas nessa rodovia.

1.3.2 Objetivos Específicos

Realizar o levantamento visual contínuo para avaliar a superfície do pavimento flexível e constatar as patologias existentes no trecho estudado;

Executar um estudo de tráfego para determinar o fluxo da via e número N adequado para pavimento;

Verificar se a estrutura da via está de acordo com a sua demanda atual;

Realizar uma avaliação estrutural através do método destrutivo para analisar a capacidade de carga do pavimento já dimensionado e constatar os possíveis erros que deram origem as patologias;

Realizar o dimensionamento do pavimento flexível com base nas novas informações investigadas.

1.4 JUSTIFICATIVA

Nas últimas décadas ocorreu um crescimento automobilístico acelerado com o desenvolvimento de novas tecnologias, entretanto o número de rodovias pavimentadas existente no Brasil não acompanhou essa evolução, tornando a rede de construções incompatível com a demanda. Dados da CNT (Confederação Nacional do Transporte) mostram que apenas 12,3% das rodovias brasileiras são pavimentadas (211.468 km de 1.720.756 km) sendo que 99% são de pavimento flexível.

É notório os benefícios que a criação de uma rodovia proporciona a uma sociedade, principalmente em um país no qual a sua economia está voltada basicamente ao setor agropecuário, industrial e automobilístico ambos entrelaçados e dependentes de uma malha rodoviária de qualidade que possibilite um deslocamento rápido, seguro e eficaz seja por veículos leves ou pesados.

A qualidade da malha rodoviária é essencial para a interação dos municípios, transporte e crescimento econômico, dessa maneira é visto por todos os transtornos e acidentes que uma rodovia gera quando não é pavimentada ou quando está com um pavimento deteriorado.

O trecho estudado nesse projeto corresponde à rodovia TO-20 Palmas a Aparecida do Rio Negro, principal rota de acesso e transporte desses municípios. Segundo a secretaria estadual de infraestrutura do Tocantins, a rodovia foi inaugurada no dia 16/12/2004 desde então vem sofrendo reformas e serviços de recuperação, sendo que a última foi realizada em maio de 2016. Entretanto percebe-se que as alternativas utilizadas foram insuficientes para melhorar a condição de rolamento da pista, uma vez que com menos de um ano apareceu novos problemas e patologias.

Dados do SIOP (Sistema Integrado de Operações) mostram que no ano de 2016 a junho de 2017 ocorreram vinte e sete acidentes no trecho de Palmas a Aparecida do Rio Negro destes oito ocasionaram mortes. Dentre os principais motivos constatou-se a condição de rolamento da via.

Após o início da construção da BR010, trecho de Aparecida do Rio Negro a Rio do Sono acarretou uma demanda de veículos de carga considerável para essa região, proporcionando um aumento de tráfego pesado principalmente oriundo da agricultura dos municípios que cortam essa via, conseqüentemente aumentou o tráfego da TO-20, transformando essa rodovia uma das inúmeras fontes de escoamento agrícola do estado. Desta forma percebe-se a importância que essa TO possui para o crescimento do PIB do estado e principalmente mostra que as melhorias na pavimentação e um dimensionamento que atenda a

necessidade da via proporcionaria um deslocamento rápido e eficaz dos produtos produzidos nessa região.

Com base nesses dados percebe-se a importância de realizar um estudo detalhado do pavimento, constatando os problemas estruturais bem como o seu dimensionamento a fim de avaliar a sua real situação e solucionar possíveis falhas, proporcionando segurança e conforto a todos os usuários.

2.0 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 ORIGENS DOS SOLOS

O solo tem como definição um material da crosta terrestre proveniente da decomposição das rochas através das ações de agentes do intemperismo, podendo ser orgânico ou inorgânico, inconsolidado ou parcialmente cimentado. É dividido em dois grupos, solos residuais (origina-se da rocha intemperizada e o produto resultante permanece no seu local de modificação) e solos transportados (produto resultante é transportado para um local diferente ao da sua origem). (DNER, 1996)

2.1.1 Classificação dos solos

Segundo DNER (1996), o solo por ser um material proveniente da natureza em formas variadas, deve ser classificado e estudado, para que possa ser formulados projetos com base nas propriedades de cada grupo, possibilitando sua utilização com segurança na construção civil.

Os sistemas de classificação principais são: O Sistema Unificado de Classificação idealizado por ACasagrande e o modelo H.R.B (HighwayResearchaBoard). (CAPUTO 1996)

2.1.1.1 Sistema Unificado de Classificação dos Solos.

Conforme Caputo (1996) esse sistema é classificado em três grandes grupos:

- ✓ Solos grossos: Diâmetro de grande parte dos seus grãos é maior que 0,074mm (cerca de 50% dos grãos ficam retidos na peneira de n°200).
- ✓ Solos finos: Diâmetro da maior parte dos grãos é menor que 0,074mm.
- ✓ Turfas: Possui solos extremamente orgânicos, na maioria das vezes fibrilares e compreensíveis.

Os pedregulhos, as areias e os solos pedregulhosos ou arenosos com pouca quantidade de material fino (silte ou argila), encontram-se no primeiro grupo. A designação desses solos é atribuída da seguinte maneira:

- ✓ Pedregulhos ou solos pedregulhosos: GW,GC,GP E GM;
- ✓ Solos arenosos ou areias: SW,SC,SP e SM;

Onde as letras equivalem as iniciais dos termos inglesas, G de gravei (pedregulho), S de sand (areia), C de clay (argila), W de wellgraded (bem graduado), P de poorlygraded (mal graduado) e M da palavra sueca mo, referindo ao silte. (CAPUTO 1996).

Solos finos: siltosos ou argilosos, de baixa compressibilidade ($LL < 50$) ou alta compressibilidade ($LL > 50$) encontram-se no segundo grupo, onde sua designação acontece da seguinte maneira: solos de baixa compressibilidade (ML, CL, e OL) e solos de alta compressibilidade (MH, CH e OH). (CAPUTO 1996).

As letras ainda não mencionadas significam:

- ✓ O de organic (orgânica)
- ✓ L de low (baixa)
- ✓ H de high (alta).

Observa-se que a simbologia adotada por esta classificação, os prefixos correspondem aos grupos gerais e os sufixos aos subgrupos.

O gráfico de plasticidade é utilizado pelo Sistema Unificado, de acordo com a figura 1.

Figura 1 - Índice de plasticidade

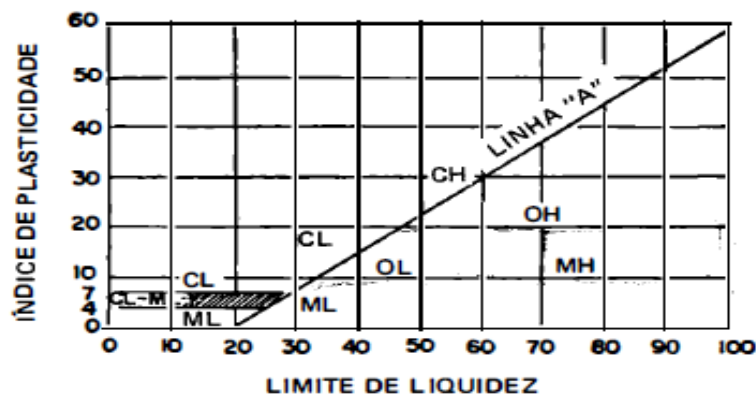


Fig. 13-1

Fonte: CAPUTO (1996)

Os solos de terceiro grupo representam-se pelo símbolo Pt de peat (turfa). (CAPUTO 1996).

A tabela 1 resume esse sistema de classificação.

Tabela 1 - Sistema de Classificação dos Solos

Classificação geral	Tipos principais	Símbolos
Solos grossos (menos que 50% passando na #200)	Pedregulhos ou solos pedregulhosos	GW,GP,GM e GC
	Areias ou solos arenosos	SW,SP,SM e SC
Solos finos (mais que 50% passando na #200)	Siltosos ou argilosos	Baixa compressibilidade (LL<50) ML,CH e OH
		Alta compressibilidade (LL>50) MH,CH e OH
Solos altamente orgânicos	Turfas	Pt

Fonte: ADAPTADO DE CAPUTO (1996)

2.1.1.2. Classificação TRB (antigo HRB)

Nesse sistema de classificação, os solos são divididos em grupos e subgrupos de acordo com os limites de consistência, granulométrica e índice de grupo. Na tabela 2 é ilustrada a classificação dos solos, de acordo com o TRB, onde o grupo do solo é determinado por processo de eliminação da esquerda para a direita. O primeiro grupo a partir da esquerda com o qual os valores ensaiados dos solos coincidir, encontra-se a classificação correta. (DNER,1996).

Tabela 2 - Classificação dos solos de acordo com TRB

CLASSIFICAÇÃO GERAL	MATERIAIS GRANULARES 35% (ou menos) passando na peneira Nº 200							MATERIAIS SILTO - ARGILOSOS			
CLASSIFICAÇÃO EM GRUPOS	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7 A - 7 - 5 A - 7 - 6
	A - 1 - A	A - 1 - B		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				
Granulometria - % passando na peneira											
Nº 10	50 máx.										
Nº 40	30 máx.	30 máx.	51 min.								
Nº 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características da fração passando na peneira Nº 40:											
Limite de Liquidez				40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.
Índice de Plasticidade	6 máx.	6 máx.	NP	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.*
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiais constituintes	Fragmentos de pedras, pedregulho fino e areia		Pedregulho ou areias siltosas ou argilosos				Solos siltosos		Solos argilosos		
Comportamento como subleito	Excelente a bom							Sofrível a mau			

* O IP do grupo A - 7 - 5 é igual ou menor do que o LL menos 30.

Fonte: DNER (1996)

As características dos solos de cada um dos grupos e subgrupos encontrados nesse sistema de classificação relacionados a utilização na pavimentação serão ilustradas a seguir, segundo DNER (1996)

Entende-se como solos granulares ou de granulação grossa os que possuem 35% ou menos de material passante na peneira nº 200.

Grupo A-1: É constituído de pedregulhos ou fragmentos de pedra, areia fina, areia grossa, e aglutinante não plástico ou fracamente plástico, ou sem nenhum tipo de aglutinantes, obtendo uma mistura bem graduada.

Subgrupo A-1-a: Caracteriza-se por apresentar matérias contendo fragmentos de pedra ou pedregulho, podendo ter presença de material fino bem graduado, funcionando como aglutinante.

Subgrupo A-1-b: Apresenta materiais constituídos de areia grossa, podendo apresentar aglutinante de solo bem graduado.

Grupo A-2: Esse grupo possui uma grande variedade de materiais, presentes entre os grupos A-1 ou A-3 e os materiais presentes na mistura silte-argila dos grupos A-4, A5, A6 e A-7. Inclui todos os solos com 35% ou menos passando na peneira n° 200, que não podem ser classificados com A-1 ou A-3, devido a sua plasticidade ou teor de finos ou ambos acima dos limites adotados para os grupos citados.

Subgrupos A-2-2 e A-2-5: Incluem os solos que cotem 35% ou menos, que passam na peneira n° 200, com uma porção menor encontrada na peneira n° 40, apresentando as características dos grupos A-4 ou A-5. Materiais como pedregulho e areia grossa, que possuem teor de silte e o índice de plasticidade acima dos limites estabelecidos para o grupo A-1, e areia fina com silte não plástico que ultrapasse os limites do grupo A-3 são abrangidos nesse grupo.

Subgrupos A-2-6 e A-2-7: Apresenta solos semelhantes aos abortados nos subgrupos A-2-2 e A-2-5, excerto pela porção de finos que contem argila plástica com característica dos grupos A-6 ou A-7. As combinações dos índices de plasticidade maiores que 10, e o percentual passante na peneira n° 200, maiores que 15, refletem nos valores dos índices do grupo de 0 a 4.

Grupo A-3: O principal solo deste grupo é a areia fina de praia ou deserto, sem silte ou argila, ou com pequena quantidade de silte não plástico. Apresentando matérias com misturas de areia fina mal graduada e quantidades limitadas de areia grossa e pedregulho.

Grupo A-4: O solo mais encontrado neste grupo é siltoso não plástico, ou moderadamente plástico obtendo geralmente 5% ou mais passando na peneira n° 200. Apresenta misturas de solo fino siltoso com ate 64% de areia e pedregulho retidos na peneira n° 200. Os índices deste grupo variam entre valores de 1 a 8.

Grupo A-5: O solo desde grupo é semelhante ao que é encontrado no A-4, excerto pelo seu caráter diatomáceo ou micáceo, altamente elástico, conforme é mostrado com o seu elevado limite de liquidez. Os valores dos índices variam de 1 a 12, onde esses valores crescentes mostram o efeito combinado do aumento dos limites de liquidez e das percentagens decrescentes de material grosso.

Grupo A-6: Este grupo caracteriza-se por possuir um solo argiloso, plástico, tendo geralmente 75% ou mais de material passante na peneira n° 200. Possuindo misturas de solos finos argilosos, podendo apresentar ate 64% de areia e pedregulho retidos na peneira n° 200. Este grupo constitui solos que elevada mudança de volume entre seu estado seco e úmido. Possui valores de índices que variam de 1 a 16, os valores crescentes mostram o efeito combinado do aumento dos índices de plasticidade e diminuição dos materiais grossos.

Grupo A-7: Os solos encontrados nesse grupo são semelhantes aos já mencionados no grupo A-6, entretanto com uma diferença, possui alto limite de liquidez característica do grupo A-5, podendo ser elástico e está sujeito a uma elevada mudança de volume. Os valores dos índices variam de 1 a 20, onde este aumento mostra o efeito combinado de acréscimo dos limites de liquidez e dos índices de plasticidade e diminuição dos materiais grossos.

Subgrupo A-7-5: Caracteriza-se como um grupo que encerra os materiais com índice de plasticidade moderando em relação ao limite de liquidez, pode ser altamente elástico e sujeito a sofrer elevadas mudanças de volume.

Subgrupo A-7-6. Possui materiais com elevados índices de plasticidade quando relacionado aos limites de liquidez, podendo estar sujeito a elevadas mudanças de volume.

2.1.2 Plasticidade e Limites de Atterberg e Haines

2.1.2.1 Plasticidade

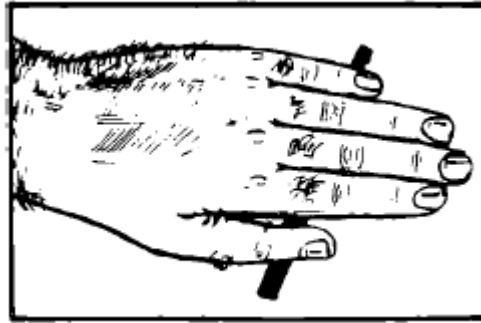
Segundo Caputo (1996), os solos que possuem textura com porcentagem de fração fina não pode ser caracteriza apenas pela sua granulométrica, dessa forma deve ser analisada suas propriedades plásticas, que dependem do teor de umidade, forma das partículas e composição química e mineralógica.

Define-se plasticidade como uma propriedade dos solos, que consistem na sua capacidade maior ou menor de serem eles moldados, sob certas condições de umidade e sem variação de volume. Fundamentando-se nas características tensão-deformação, sendo um solo plástico não recupera seu estado original ao sofrer deformação.

2.1.2.1.1 Limite de Plasticidade (LP)

Determina-se o limite de plasticidade através do calculo da porcentagem de umidade no momento que o solo começa a se fraturar quando tenta moldá-lo, para isso utiliza-se um cilindro de três cm de diâmetro e 10cm de comprimento, conforme figura 2. (CAPUTO-1996).

Figura 2 – Ilustração da determinação do limite de plasticidade



Fonte: CAPUTO (1996)

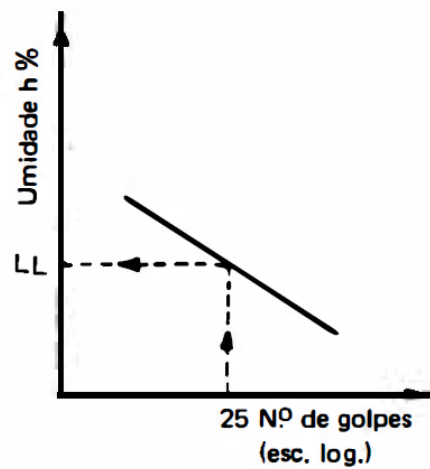
A diferença entre os limites de liquidez e plasticidade determina índice de plasticidade. Podendo ser classificados em fracamente plástico ($1 < IP < 7$), medianamente plástico ($7 < IP < 15$) e altamente plásticos ($IP > 15$). (CAPUTO- 1996).

2.1.2.2 Limite de liquidez (LL)

Segundo Caputo (1996) o limite de liquidez é determinado através do aparelho de Casagrande, onde a partir dos valores obtidos com numero de golpes ate o fechamento do sulco feito na amostra, e as umidades correspondentes, traça-se a linha de escoamento do material, no intervalo compreendido entre 6 a 35 golpes. É recomendável a determinação de no mínimo 6 pontos.

Define-se o limite de liquidez do solo com o teor de umidade para qual o sulco se fecha com 25 golpes.

Figura 3 - Determinação do limite de plasticidade



Fonte: CAPUTO (1996)

Conforme Caputo (1996) o limite de liquidez também pode ser calculado através da fórmula $LL = h/1,419 - 0,3 \log n$, onde h é a umidade, em porcentagem, corresponde a determinado número de golpes, entretanto o emprego dessa fórmula é encontrado em uma tabela, conforme demonstrado na tabela 3.

Tabela 3 - Demonstrativo do denominador para cálculo do limite de liquidez

n	$1,419 - 0,3 \log n$	n	$1,419 - 0,3 \log n$
15	1,066	28	0,9850
16	1,059	29	0,9800
17	1,050	30	0,9760
18	1,043	31	0,9720
19	1,036	32	0,9680
20	1,029	33	0,9640
21	1,023	34	0,9600
22	1,017	35	0,9560
23	1,011	36	0,9520
24	1,005	37	0,9480
25	1,000	38	0,9450
26	0,995	39	0,9420
27	0,990	40	0,9390

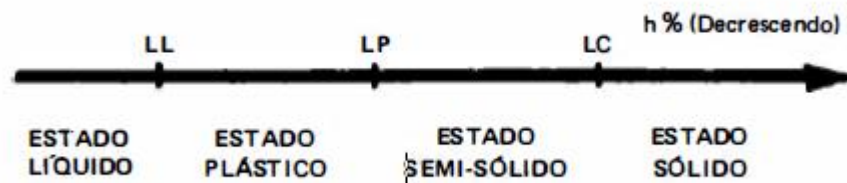
Fonte: ADAPTADO DE CAPUTO (1996)

2.1.2.3 Limite de Consistência

Sendo a umidade do solo muito elevado, o mesmo se apresenta como um fluido denso, nesse momento se encontra no estado líquido, com a evaporação da água, ele se endurece e para um certo $h=LL$ (limite de liquidez), perdendo sua capacidade de fluir, entretanto pode ser

trabalhado facilmente e conservar sua forma. O solo agora se encontra, no estado plástico. Ao continuar perdendo umidade, o estado plástico desaparece chegando a um $h = LP$ (limite de plasticidade), o solo desmancha ao ser moldado, este é o estado semi-sólido. Com o decorrer da secagem, acontece a passagem gradual para o estado sólido o limite entre estes dois estados é um teor de umidade $h = LC$ (limite de contração). (CAPUTO-1996). A seguir é demonstrado esquematicamente esses estados físicos, chamados estados de consistência, e suas fronteiras, ou seja, os limites de consistência.

Figura 4 - Demonstração dos estados de consistência



Fonte: CAPUTO (1996)

As definições desses limites são convencionais, de uma maneira simples e rápida pode-se perceber de forma clara o tipo de solo e suas propriedades, uma vez que essas determinações são realizadas nos laboratórios de mecânica dos solos. (CAPUTO-1996).

2.1.2.4 Índice de grupo

Denomina-se como índice de grupo um número inteiro, variando de 0 a 20, definidor da "capacidade de suporte" da fundação de um pavimento.

A determinação desse índice é baseada nos limites de Atterberg do solo e na porcentagem do material fino passante na peneira nº 200. Seu valor pode ser obtido pela utilização da fórmula empírica:

$$IG = 0,2a + 0,005ac + 0,01 bd$$

Onde:

- a é porcentagem do material que passante na peneira nº 200, menos 35, se a porcentagem é maior do que 75, o valor encontrado é 75 e, se é menor que 35, o valor é 0 (0 a 40) ;
- b é porcentagem do material que passante na peneira 200, menos 15, se a porcentagem for maior que 55, o valor obtido é 55 e, se menor que 15, o valor obtido é 0 (0 a 40) ;

- c é o valor do limite de liquidez, menos 40, se o limite de liquidez é maior que 60% , o valor anotado será 60 e, se menor que 40, o valor obtido é 0 (0 a 20) ;
- d é o valor do índice de plasticidade, menos 10, se o índice de plasticidade é maior que 30%, o valor a ser anotado é 30 e, se é menor que 10, o valor é 0 (0 a 20) .

2.2.PAVIMENTO

2.2.1 Generalidades

Segundo CNT (2017) o pavimento tem como definição ser uma estrutura formada por camadas sobrepostas, de diversas matérias, que satisfaçam de forma estrutural e operacional o tráfego, de maneira durável e com baixo custo, necessitando ser considerado os vários horizontes de tempo para execução de serviços desde a fase de manutenção preventiva, corretiva e de reabilitação.

O pavimento de uma rodovia é uma superestrutura, formada por um conjunto de camadas de espessura finitas, estabelecido sobre um semi-espaço apontado teoricamente como infinito, a infra-estrutura ou terreno de fundação que é designada de subleito. (DNER,1996).

O subleito, delimitado superiormente pelo pavimento, deve ser entendido e analisado até a profundidade onde atuam, sendo relevante, as cargas impostas pelo tráfego. A profundidade deve situa-se entre uma faixa de 0,60 m a 1,50 m. (DNER,1996).

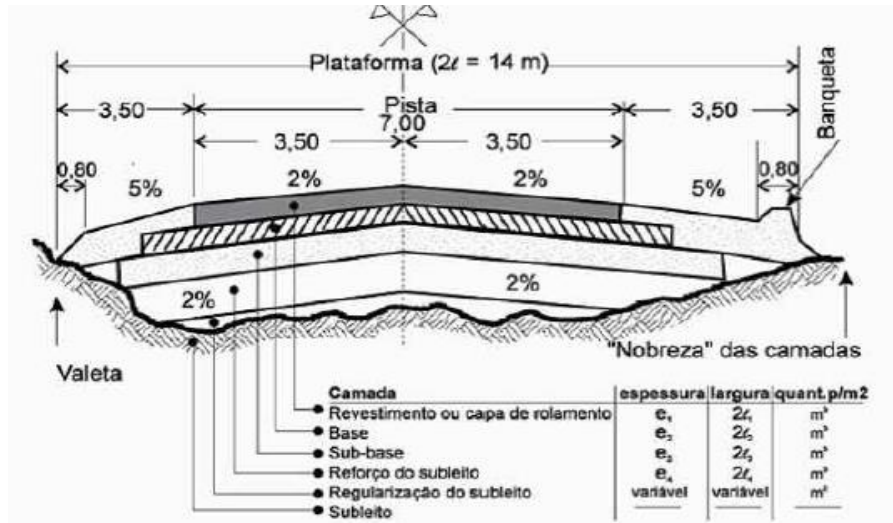
2.2.2 Camadas do pavimento

Segundo Senso (1997) as camadas do pavimento são divididas da seguinte maneira:

✓ Camadas

Para concepção de um pavimento, com todas as camadas possíveis, deve constar de uma fundação, subleito, e de camadas com dimensões e materiais atribuídos por inúmeros métodos de dimensionamento. Conforme figura 5.

Figura 5 - Seção transversal típica - pavimento flexível



Fonte: SENÇO (1997)

✓ Subleito

É a fundação do pavimento, se possuir uma terraplenagem recente, apresenta características geométricas definidas, entretanto no caso de uma estrada já em uso na qual pretende-se pavimentar, o subleito apresenta uma superfície irregular. Apenas a camada próxima da superfície é denominada subleito, pois conforme se aproxima do maciço, as pressões existentes são reduzidas a ponto de serem desprezíveis.

✓ Regularização

Camada de espessura variável, fundada sobre o subleito e designada a conformá-lo, transversal e longitudinalmente, com o projeto, devendo ser realizada, em aterro.

✓ .Reforço do Subleito

Camada de espessura estável, construída apenas se necessário, acima da camada de regularização, com propriedades tecnológicas superiores que as de regularização e inferiores as da camada superior (sub-base). Tem como função complementar a sub-base, que consequentemente complementa a base, dessa forma o reforço do subleito resiste e distribuem os esforços verticais, porém não absorve de maneira definitiva esses esforços, o que é característica do subleito.

O reforço do subleito pode ser considerado a camada extra do subleito, ou camada complementar da sub-base.

✓ Sub-base

É a camada de complemento a base, quando não for aconselhável executar a base diretamente sobre a camada de regularização ou do subleito. O material existente na sub-base deve ter características superiores a do reforço.

✓ Base

Cama designada a resistir os esforços verticais provenientes do tráfego e distribuí-los. O pavimento pode ser composto de base e revestimento, onde a base poderá ou não ser melhorada pela sub-base e pelo reforço do subleito.

✓ Revestimento

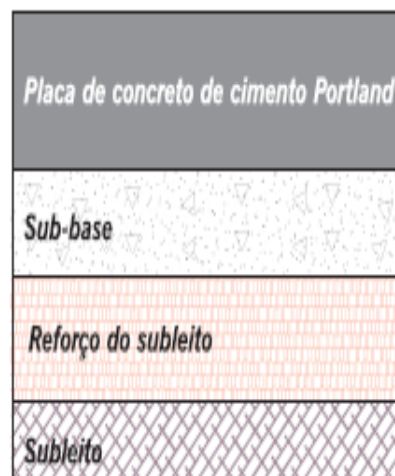
É a camada, quando possível impermeável, destinada a resistir à ação do tráfego e melhorar a superfície de rolamento no que tange as condições de conforto e segurança, além disto, resistir ao desgaste superficial.

2.2.3. Pavimento Rígido

Segundo DNIT (2006) é o revestimentos que apresenta elevada rigidez em comparação com as camadas inferiores, absorvendo praticamente todas as tensões resultantes do carregamento aplicado.

É composto por uma camada superficial de concreto de cimento Portland (geralmente placas armadas ou não), sobreposta a uma camada de material granular ou de material estabilizado com cimento (denominada sub-base), acima do subleito ou sobre um reforço do subleito. A figura 6 exemplifica esse tipo de revestimento.

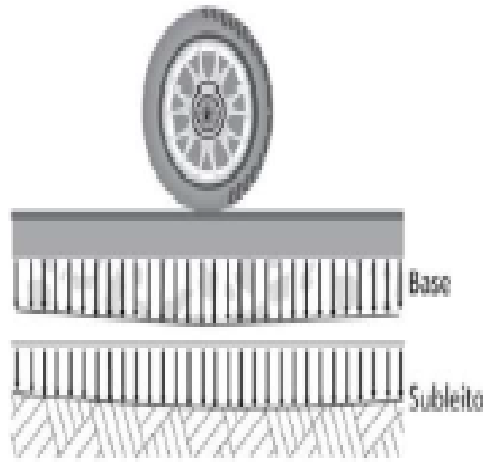
Figura 6 - Pavimento de concreto de cimento Portland



Fonte: BERNUCCIET AL. (2006)

Devido à rigidez do revestimento quando comparado às demais camadas, as cargas de superfície são distribuídas em uma grande área com relação à área de contato pneu-pavimento, diminuindo as tensões transmitidas às camadas subjacentes. Conforme ilustrado na figura 7.

Figura 7 - Distribuição das tensões



Fonte: BALBO (2007)

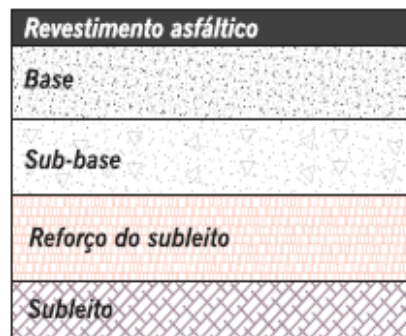
2.2.4 Pavimento Semi-Rígido

Configura-se por uma base cimentada, com aglutinante com características cimentícias. Exemplo: Uma camada de solo cimento coberto por uma camada asfáltica. (DNIT, 2006)

2.2.5 Pavimento flexível

Conforme Bernucciet al., (2006) os pavimentos flexíveis, geralmente estão associados aos pavimentos asfálticos, sendo composto por revestimento (camada de superfície asfáltica), seguida sobre as camadas de base, de sub-base e de reforço do subleito, formadas por materiais granulares, solos ou solos misturados, sem adição de cimento. De acordo com o volume do tráfego, do suporte do subleito, da espessura e rigidez das camadas, e exigências ambientais, as camadas podem ser retidas. A figura 8 ilustra uma estrutura de pavimento flexível.

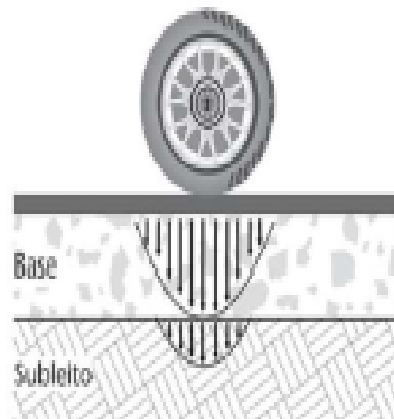
Figura 8 – Revestimento asfáltico



Fonte: BERNUCCIET AL., (2006)

Em razão da rigidez do revestimento, nos pavimentos asfálticos, as camadas granulares não possui elevada rigidez como nos revestimentos rígidos, dessa forma as tensões são compartilhadas em uma área mais restrita, conforme figura 9.

Figura 9 - Distribuição das tensões



Fonte: BALBO (2007)

2.2.5.1 bases flexíveis

Segundo Senso (1997) as bases flexíveis são divididas da seguinte maneira:

- ✓ Base de solo estabilizado

É constituída com solo que satisfaz o limite de liquidez, índice de plasticidade e granulometria, uma vez que sua estabilização pode ser adquirida de forma artificial ou natural.

Quando a estabilização é decorrente da sua própria distribuição granulométrica dos grãos, o que permite a aquisição de uma base densa e parcialmente impermeável é chamado

de estabilizada granulometricamente. Entretanto quando a granulometria ideal é adquirida através da adição de pedra britada, com finalidade de suprir a ausência de material graúdo, é denominada de camada solo brita. A adição e mistura do material graúdo geralmente é realizada em usina. A estabilização deve ser obtida, pela adição de um aglutinante, como o asfalto, recebendo o nome de solo asfalto ou solo betume.

✓ Base de macadame hidráulico

Trata-se de uma base ou sub-base formada de uma ou mais camadas de pedra britada, de pedaços entrosados entre si e material de enchimento, sendo que o ultimo tem a função de travar o agregado graúdo e agir eventualmente como aglutinante. O material de enchimento nos vazios do agregado graúdo é introduzido com a ajuda da água, por isso a nomenclatura de macadame hidráulico.

✓ Base de brita graduada

É oriunda da mistura feita em usinas de agregado previamente dosado, incluindo material de enchimento, água e cimento, é uma base que substitui o macadame hidráulico.

✓ Base de macadame betuminoso

Compõe-se de superposição de camadas de agregados, relacionadas por pinturas de material betuminoso, podendo também ser chamada de base negra. Utiliza o betume como elemento aglutinante. O numero de camadas resulta da espessura determinada em projeto, os agregados usados possuem granulométrica que corresponde a uma relação de diâmetro de baixo p cima, sendo capaz de chegar ao nível final superior com granulométrica própria de camada de revestimento

2.2.5.2 Revestimento flexível

Os revestimentos flexíveis são formados pela associação de agregados e materiais betuminosos, sendo classificadas em duas maneiras: Por mistura e por penetração. (DNER, 1996)

✓ Revestimento por penetração:

Segundo DNER (1996) essa modalidade é dividida em dois tipos distintos, penetração invertida e penetração direta.

Os revestimentos betuminosos por penetração invertida têm como característica sua execução, que é realizada através de uma ou mais aplicações de material betuminoso, assistidas de idêntico numero de operações de compressão de camadas de agregados e de

espalhamento. Conforme a quantidade de camadas denomina-se, tratamento superficial simples, duplo ou triplo.

Os revestimentos betuminosos por penetração direta são realizados através do lançamento e compactação das camadas de agregado, estando cada camada, após compressão, submetida a aplicação de material betuminoso, sendo que para ultima camada aplica-se uma demão final de agregado miúdo.

Um revestimento típico de penetração direto é o Macadame Betuminoso, qual tem processo construtivo parecido ao Tratamento Duplo, permitindo espessuras variadas, é bastante utilizado como camada de base.

✓ Revestimento por Mistura

De acordo com DNER (1996) nesse tipo de revestimento o agregado é pré-envolvido com um material betuminoso, que antecede a compressão.

Conforme seus processos construtivos podem ser adotados seguintes designações:

Pré-misturado a frio: Quando o espalhamento é realizado por temperatura ambiente (apesar da mistura ser realizada a quente)

Pré-misturado a quente: Os agregados e ligantes são misturados e espalhados na pista ainda quente.

✓ Revestimento Flexível por Calçamento

Sua utilização caiu consideravelmente devido a intensidade de utilização dos pavimentos asfálticos e de concreto, sua execução se restringe a pátios de estacionamento, vias urbanas e acessos viários, embora possua vantagens quando executado em trechos com rampas mais íngremes, evitando a dificuldades de transposição, em trechos urbanos, onde estão previstos serviços de esgoto e rede de água, e em aterros e subleitos sujeitos a recalques acentuados. (DNER, 1996).

2.2.6 Materiais Betuminosos

No Brasil cerca de 95% das estradas pavimentadas são de pavimento flexível, o asfalto é um dos mais antigos e variável material de construção, são varias as razões para o seu uso na pavimentação, entre elas: forte união dos agregados, um ligante que permite flexibilidade controlável, durável, impermeabilizante, que resiste a ação de quase todos os ácidos, álcalis e dos sais, pode ser utilizado aquecido ou emulsionado.(BERNUCCI ET AL, 2006.)

Segundo Bernucciet al., (2006) as definições e conceitos são empregados com referencial ao material:

- ✓ Betume: É definido como um composto de hidrocarbonetos solúvel no bissulfeto de carbono;
- ✓ Asfalto: Mistura de hidrocarbonetos oriundos do petróleo de maneira natural ou por destilação, tendo como principal componente betume, sendo capaz de conter outros materiais, como, nitrogênio oxigênio e enxofre, em pequena quantidade;
- ✓ Alcatrão: É uma denominação genérica de um produto que contém hidrocarbonetos, que se originam da queima ou destilação destrutiva do carvão, madeira etc.

Percebe-se que o asfalto e o alcatrão são materiais betuminosos, uma vez que contêm betume, entretanto não podem ser confundidos sendo que suas propriedades são bastante diferentes. O alcatrão desde que foi descoberto o seu poder cancerígeno não é mais usado na pavimentação, a sua homogeneidade e baixa qualidade em termos de ligante também contribuem para sua baixa utilização.

2.2.6.1 Cimento Asfáltico

Segundo DNER (1996) este tipo de aglutinante pode ser obtido por destilação do petróleo em refinarias ou do asfalto natural encontrado nas jazidas, esse tipo de cimento asfalto de petróleo recebe a abreviatura CAP e o cimento asfáltico natural a abreviatura CAN. São semi-sólidos quando expostos a temperatura ambiente e precisam de aquecimento para terem consistência apropriada ao envolvimento dos agregados. Dentre suas características destacam-se a flexibilidade, aglutinação, durabilidade, resistência à ação de grande parte dos ácidos, sais e álcalis, e impermeabilização.

Os cimentos asfálticos são classificados conforme o seu grau de dureza ou pela sua viscosidade. A penetração de um CAP é caracterizada de acordo com a distância em décimos de milímetro que uma agulha penetra verticalmente em uma amostra, quanto menor a penetração mais resistente é o cimento asfáltico, existem quatro os tipos de CAP por penetração: CAP30-45; CAP50-60, CAP-85-100 E CAP 150-200.

A classificação segundo a viscosidade é contemplada em três tipos: CAP-7;CAP-20 E CAP-40.

2.2.6.2 Asfalto Diluído

É caracterizado como diluições de cimento asfálticos em solventes originados do petróleo com volatilidade adequada, quando existe a necessidade de eliminar o aquecimento do CAP, ou usar um aquecimento moderado. (DNER, 1996).

2.2.6.3 Emulsão asfáltica

Segundo DNER (1996) a emulsão asfáltica define-se como uma dispersão coloidal de uma fase asfáltica em uma fase aquosa ou o contrario uma fase aquosa dispersa em uma fase asfáltica com auxilio de um agente emulsificante. Para sua fabricação são utilizados equipamentos que realizam uma agitação constante com a finalidade de obter dispersões mais estáveis e finas.

Os emulsificantes são divididos em duas categorias: aniônicos e catiônicos. Os aniônicos são sabões onde um anion natural está relacionado a um álcali, tem como característica ser solúvel no betume. Já os emulsificantes catiônicos (geralmente os sais de amina) atribuem aos glóbulos de betume uma carga elétrica positiva, originando as Emulsões catiônicas.

De acordo com a velocidade de ruptura, as emulsões asfálticas classificam-se em três tipos:

RR-Ruptura Rápida;

RM-Ruptura Média;

RL-Ruptura Lenta.

2.2.6.4 Alcatrão

Conforme DNER (1996) grande parte dos alcatrões utilizados na pavimentação são subprodutos da destilação destrutiva do carvão. Para sua convecção o carvão é aquecido a cerca de 1000°C, resultando no coque, gases e vapores, que após serem resfriados e condensados constituem a fase liquida, que desidratada, origina o alcatrão bruto. O alcatrão utilizado para pavimentação resulta da destilação do alcatrão bruto. Conforme o grau de destilação são confeccionados diferentes tipos de resíduos, alcatrão liquido, viscoso e piche.

A composição química do alcatrão é aferida de maneira correspondente ao material utilizado na sua fabricação podendo ser carvão, linhito, madeira e etc.

Para a pavimentação os alcatroes recebem a simbologia de AP, que deve ser precedido de acordo com sua indicação, conforme viscosidade ou flutuação. Alcatrões para pavimento líquidos (AP-1;AP-2;AP-3;AP-4;AP-5 e AP-6.) Alcatrões para pavimentos semi-sólidos (AP-7;AP-8;AP-9;AP-10;AP-11e AP-12)

2.3 PATOLOGIAS NOS PAVIMENTOS

As propriedades dos materiais presentes no pavimento se modificam semelhante com o seu uso, piorando gradualmente. Esse agravamento está associado ao tempo de vida útil do pavimento, às demandas de tráfego e às intempéries. Dessa forma para que o pavimento execute um serviço adequado quanto ao rolamento, segurança e capacidade de suporte da carga do tráfego, sendo necessário a realização intervenções de restauração, de acordo com o tipo de patologia e severidade dos defeitos existentes no pavimento. (CNT, 2017).

2.3.1 Fenda

De acordo com o DNIT (2003a), caracteriza-se como qualquer descontinuidade existente na superfície do pavimento, que possa originar aberturas de pequeno ou grande porte. Apresentar sob as seguintes formas:

- ✓ Fissura: É um tipo de fenda, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, notável a uma distância menor que 1,50 m.
- ✓ Trinca: É um tipo de fenda presente no pavimento, facilmente notável, com abertura superior à fissura, apresentada sob a forma de trinca isolada com subdivisões:
 - a) Trinca transversal: Apresenta sentido principalmente ortogonal á via, é denominada curta quando possui dimensão de no máximo 1,0 m e longa quando maior 1,0 m.

Figura 10 - Trinca transversal:



Fonte: DNIT, (2003a.)

- b) A trinca longitudinal: Apresenta direção paralela ao eixo da via.

Figura 11 – Trinca longitudinal



Fonte: DNIT, (2003a.)

- c) Trinca de retração é facultado aos princípios de fenômenos de retração térmica e não aos fenômenos de fadiga.

A Trinca interligada é subdividida em:

- a) Trinca tipo “Couro de Jacaré”: São várias tipos de trincas interligadas sem direções preferenciais, aparentando-se ao aspecto de couro de jacaré. Erosões acentuadas nas bordas podem, ou não, serem apresentadas.

Figura 12 - Trinca tipo “Couro de Jacaré”



Fonte: DNIT (2003a.)

b) Trinca tipo “Bloco”: São conjuntos de trincas relacionadas, tendo suas características a formação de blocos com lados definidos. Erosões acentuadas nas bordas podem, ou não, serem apresentadas.

Figura 13 - Trinca tipo “Bloco”



Fonte: DNIT, 2003a.

2.3.2. Afundamento

De acordo com o DNIT (2003a) pode-se definir afundamento como uma deformação definitiva identificada pela depressão da superfície do revestimento, podendo ser seguidos de solevamento, a forma de apresentação do afundamento pode ser dos tipos: plástico ou de consolidação.

- ✓ Afundamento de consolidação: É originado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito não acompanhada de levantamento. Para comprimento de até 6 m é denominado afundamento de consolidação local, quando for maior que 6 m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é caracterizado afundamento de consolidação da trilha de roda.

Figura 14 - Afundamento de consolidação



Fonte: DNIT (2003a.)

- ✓ Afundamento plástico é oriundo da fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, seguido de levantamento. Em comprimento de até 6 m é denominado afundamento plástico local, quando maior que 6 m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento plástico da trilha de roda.

Figura 15 - Afundamento Plástico



Fonte: DNIT (2003a)

2.3.3 Ondulação ou Corrugação.

Segundo o DNIT (2003a) é uma deformação identificada pelas ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento.

Figura 16 - Ondulação.



Fonte: DNIT (2003a).

2.3.4 Escorregamento

De acordo com o DNIT (2003a) é um movimento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com surgimento de fendas em forma de meia-lua.

Figura 17 - Escorregamento.



Fonte: DNIT (2003a)

2.3.5 Exsudação

Para o DNIT (2003a) é o excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, resultante da migração do ligante através do revestimento.

Figura 18 - Exsudação.



Fonte: DNIT (2003a.)

2.3.6 Desgaste

De acordo com o DNIT (2003a) é descolamento progressivo do agregado do pavimento, identificado pela aspereza superficial do revestimento e causado por esforços tangenciais provocados pelo tráfego.

Figura 19 - Desgaste.



Fonte:DNIT (2003a)

2.3.7 Panela ou buraco

Segundo o DNIT (2003a), panela ou buraco se trata de uma cavidade que se forma no revestimento por diversos fatores entre eles por carência de aderência entre camadas superpostas, originando o deslocamento das camadas, podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, causando a desagregação dessas camadas.

Figura 20 - Panela ou buraco.



Fonte: DNIT (2003a)

2.3.8 Remendo

De acordo com o DNIT (2003a), é o preenchimento do buraco com uma ou mais camadas de pavimento na operação chamada de “tapa-buraco”, podendo ser:

- Remendo profundo: com a substituição do revestimento e, eventualmente, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento. Apresenta forma retangular.
- Remendo superficial: um corretivo em área localizada na superfície do revestimento, com utilização de uma camada betuminosa.

Figura 21 - Remendo superficial



Fonte: <http://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/antipo-tapa-60-das-ruas-9kxid1hgcp0alrv7noejah29>
(2017)

2.4 LEVANTAMENTO VISUAL CONTINUO (LVC)

Segundo CNT (2017) o levantamento visual contínuo, é definido com um processo de avaliação do pavimento, no qual os avaliadores realizam uma análise da condição da via de acordo com as imperfeições encontradas.

2.4.1 Condições gerais do levantamento

Segundo o DNIT (2003b), para ser realizada o levantamento visual contínuo deve-se analisar o equipamento e as condições de rolamento da pista.

- ✓ Equipamento: Veículo provido de velocímetro calibrado, para que possa aferir a velocidade de operação e a distância do trecho percorrido.
- ✓ Condições do tempo: É recomendado evitar a realização do levantamento em dias chuvosos, com forte neblina e início ou final do dia (com pouco luz natural).

2.4.2. Condições específicas do levantamento

De acordo com DNIT (2003b), a equipe mínima necessária para a realização do levantamento consiste em dois técnicos e motorista do veículo. A velocidade média deve ser de 40 km/h. Em vias com duas faixas deve-se percorrer a rodovia em um único sentido, no caso de rodovias com duas pistas é necessário realizar o levantamento para cada pista de forma separada, nos trechos que possuem pistas simples será levantados os dados em um único sentido, pois são levadas em consideração simultaneamente as faixas existentes de tráfego, adotando o sentido PNV.

2.4.3 Processo de levantamento de dados

Conforme DNIT (2003b) o método de avaliação utilizado no LVC consiste no preenchimento do formulário (anexo A), conforme as instruções apresentadas a seguir.

2.4.3.1 Extensão dos segmentos a serem levantados

A extensão mínima a ser adotada em cada trecho é de 1 km e máxima de 6 km, entretendo para trechos acima de 1 km os avaliadores devem ter absoluta segurança da homogeneidade dos defeitos, no decorrer de toda sua extensão, o levantamento das informações deverá ser obtido ao final de cada quilometro andado no trecho do PNV. O segmento estudado poderá ter menos de 1km apenas em casos como final de trecho, mudanças acentuadas no estado de conservação o da via, espessura dentre outras mudanças bruscas. (DNIT 2003b)

2.4.3.2 Preenchimento dos registros de dado no formulário

Conforme o DNIT (2003b) deve-se preencher no cabeçalho do formulário os dados da rodovias, tais como condigo do PNV, quilometragem do PNV, extensão avaliada, início e fim do pavimento, marcos de relevância (se existir), volume médio diário do tráfego nos dois sentidos, numero da pista/lado (deve-se preencher com “1” quando for pista simples e “2” pista dupla), pista do lado direito (aumento da quilometragem), pista do lado esquerdo (decrécimo da quilometragem), mês/ano (data do levantamento), dados observados no pavimento, numero do segmento (numero sequencial do segmento de acordo com o trecho estabelecido, odometro (inicio e fim), quilometro (inicio e fim), extensão, frequência dos

defeitos (tabela 3), ICPF (é assinalado apenas o valor do índice da condição do pavimento flexível, conforme tabela 4) e informações complementares (nesse local deve ser informado o tipo de revestimento, sua espessura e idade)

Tabela 4 - Frequência de defeitos

Panelas (P) e Remendos (R)		
Código	Frequência	Quant./km
A	Alta	≥ 5
M	Média	2 – 5
B	Baixa	≤ 2
Demais defeitos		
Código	Frequência	% por km
A	Alta	≥ 50
M	Média	50 – 10
B	Baixa	≤ 10

Fonte: DNIT (2003b)

Tabela 5 - Conceitos do ICPF

CONCEITO	DESCRIÇÃO	ICPF
Ótimo	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA	5 - 4
Bom	APLICAÇÃO DE LAMA ASFÁLTICA - Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas não muito extensas	4 - 3
Regular	CORREÇÃO DE PONTOS LOCALIZADOS OU RECAPEAMENTO - pavimento trincado, com "panelas" e remendos pouco freqüentes e com irregularidade longitudinal ou transversal.	3 - 2
Ruim	RECAPEAMENTO COM CORREÇÕES PRÉVIAS - defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas - remendos superficiais ou profundos.	2 - 1
Péssimo	RECONSTRUÇÃO - defeitos generalizados com correções prévias em toda a extensão. Degradação do revestimento e das demais camadas - infiltração de água e descompactação da base	1 - 0

Fonte: DNIT (2003b)

2.4.4 Cálculo

De acordo com o DNIT (2003b) para cálculo do LVC deve-se avaliar os seguintes índices:

✓ Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis e semi-rígido

Para o cálculo do ICPF é realizado conforme o cálculo da média dos índices existentes no formulário do levantamento (de acordo com o anexo B), os valores dos cálculos do ICPF são colocados no Quadro Resumo (ver anexo D) para cada quilometro ou subtrecho homogêneo analisado.

✓ IGGE-Índice de gravidade global expedito

O cálculo do IGGE é obtido pela média dos dados contidos no formulado do levantamento (conforme anexo C), utilizando a seguinte formula:

$$IGGE = (Pt \times Ft) + (Poap \times Foap) + (Ppr \times Fpr), \text{ onde:}$$

Ft ,Pt = Quantidade e peso do conjunto de trincas t;

Foap ,Poap = Quantidades e peso do conjunto de deformações;

Fpr ,Ppr = Quantidade (por km) e peso do conjunto de painéis e remendos.

✓ IES- Índice do Estado da Superfície do Pavimento

O IES é avaliado de acordo com ICPF e IGGE calculados, constituindo um resumo destes dois índices, os dados do IES junto com o código e os conceitos atribuídos ao estado de superfície do pavimento são obtidos conforme a tabela 5, os resultados encontrados são colocados no quadro resumo (anexo D) para cada quilometro ou subtrecho homogêneo avaliado.

Tabela 5 - Índice do Estado da Superfície do Pavimento

DESCRIÇÃO	IES	CÓDIGO	CONCEITO
IGGE ≤ 20 e ICPF > 3,5	0	A	ÓTIMO
IGGE ≤ 20 e ICPF ≤ 3,5	1	B	BOM
20 ≤ IGGE ≤ 40 e ICPF > 3,5	2		
20 ≤ IGGE ≤ 40 e ICPF ≤ 3,5	3	C	REGULAR
40 ≤ IGGE ≤ 60 e ICPF > 2,5	4		
40 ≤ IGGE ≤ 60 e ICPF ≤ 2,5	5	D	RUIM
60 ≤ IGGE ≤ 80 e ICPF > 2,5	7		RUIM
60 ≤ IGGE ≤ 80 e ICPF ≤ 2,5	8	E	PÉSSIMO
IGGE > 80	10		

Fonte: DNIT (200b)

2.4.5 Resultados

Os resultados do levantamento consistem no preenchimento do quadro resumo (anexo D) onde os mesmos serão apresentados. (DNIT,2003b)

2.5 DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL

Segundo Balbo, 2007 dimensionar um pavimento que dizer determinar a espessuras das camadas e os materiais a que serão utilizados durante sua execução, de forma que possa projetar uma estrutura que suporte um volume de tráfego já estabelecido, de acordo com as condições climáticas, para que assim possa desempenhar suas funções.

2.5.1 Método do DNER

Segundo DNER (1996) esse método tem como embasamento o trabalho “Desingof Flexible Pavements Considering Mixed Load and Traffic Volume” com autoria de W.J. Turnbull, C.R. Foster e R.G. Ahlvin, do Corpo de Engenheiros do Exército dos E.E.U.U e resultados obtidos na Pista Experimental da AASHTO.

Para os materiais que compõem o pavimento, são atribuídos coeficiente de equivalência estrutural tendo como base os dados obtidos na Pista Experimental da AASHTO.

Através do CBR é determinado o rendimento de suporte do subleito e dos materiais existentes no pavimento, seguindo o método de ensaio preconizado do DNER, com corpos-de-prova que não sofrem deformação ou moldados em laboratório conforme as condições de massa específica aparente e umidade estabelecido para o serviço.

Para o subleito e as diversas camadas existentes no pavimento devem ser compactadas, até que o seu grau de compactação não ultrapasse 100%.

Os materiais existentes no subleito precisam obter uma expansão, calculado no ensaio C.B.R abaixo ou igual a 2% e C.B.R superior ou igual a 2%.

Classificação dos materiais existentes no pavimento

1) Materiais para reforço do subleito

C.B.R deverá ser maior que o do subleito;

Sua expansão tem que ser menor ou igual a 1% (valor com sobrecarga de 10 lb).

2) Materiais para sub-base

C.B.R maior ou igual a 20%;

I.G = 0;

Crescimento menor ou igual a 1% (valor de sobrecarga de 10 1bl).

3) Materiais para base

C.B.R maior ou igual a 80%;

Expansão igual ou menor a 0,5% (medida com sobrecarga de 10 1lb);

Limite de liquidez igual ou menor a 25%;

Índice de plasticidade igual ou menor a 6%

No caso de o limite de liquidez tenha valor maior que 25% e/ou índice de plasticidade superior a 6, o material é capaz de ser utilizado em base (se as demais condições forem atendidas), contanto que o equivalente de areia seja maior a 30.

Para o numero de repetições do eixo-padrão, no período do projeto $N \leq 5 \times 10^6$, é permitido ser utilizados matérias com C.B.R superior ou igual a 60%.

As matérias primas para base granular devem ser enquadradas em uma das seguintes faixas granulométricas.

Tabela 6 - Granulometria dos materiais

TIPOS PENEIRAS	X				II	
	A	B	C	D	E	F
	% em peso passando					
2"	100,00	100,00	-	-	-	-
1"	-	75-90	100,00	100,00	100,00	100,00
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	-	-
N°4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	70-100
N°10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100
N°40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70
N°200	2-8	5-15	5-15	10-25	6-20	8-25

Fonte: ADAPTADO DE DNIT (2006)

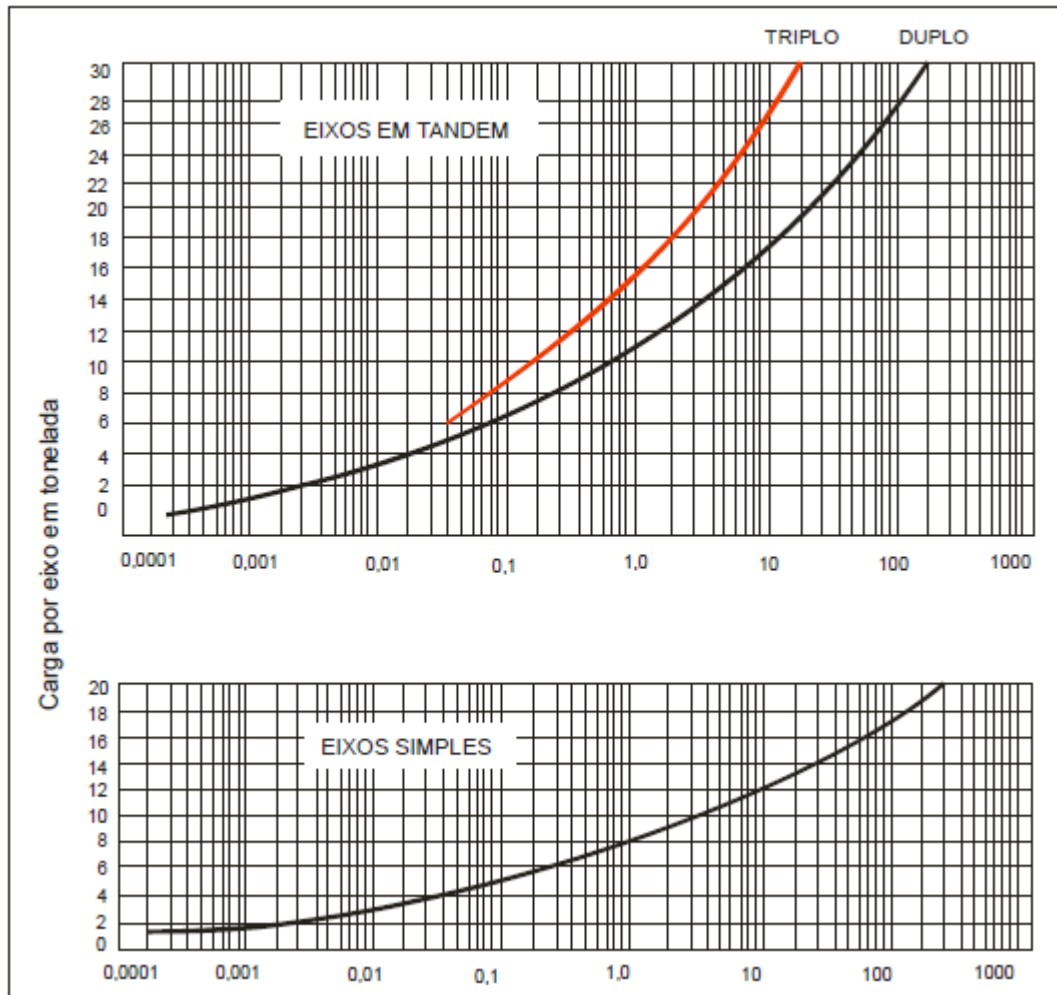
A fragmentação passante na peneira n° 200 deverá ser inferior a 2/3 da fragmentação que passa na peneira n° 40. A fração graúda deverá apresentar uma deterioração Los Angeles igual ou menor a 50. Poderá ser aceito um valor de degradação maior, desde que exista experiência no uso do material.

2.5.1.1 Calculo do número N

Segundo DNER (1996) as camadas do pavimento são dimensionadas de acordo com o número equivalente (N) de operação de eixo-padrão, no decorrer do período de projeto

escolhido a figura 22 mostra os fatores de equivalência de operação entre eixos simples e em “tandem” com as diversas cargas, e o eixo padrão com peso de 8,2t (18.000 lbs).

Figura 22 - fatores de equivalência de operação



Fonte: DNIT (2006)

Sendo que V_1 corresponde o volume médio diário de tráfego no ano de abertura, em um sentido e possuindo uma taxa $t\%$ de crescimento durante um ano, em progressão aritmética, o volume médio diário de tráfego, VM em um único sentido, durante um período de P anos, a fórmula será:

$$Vm = \frac{V_1[2+(P-1)t/100]}{2}$$

O volume total de tráfego em um único sentido no decorrer do período, V_t , será:

$$Vt = 365 \times P \times Vm$$

Considerando uma taxa de $t\%$ de aumento anual em progressão geométrica, o volume total do tráfego, V_t , durante o período de tempo estudado é calculado por:

$$Vt = \frac{365 V1 [(1 + \frac{t}{100})^p - 1]}{t/100}$$

Com o conhecimento do Vt , pode-se calcular o número N utilizando as seguintes formulas:

$$N = Vt \times (F.E) \times (F.C)$$

$$(F.E) \times (F.C) = F.V$$

$$N = Vt \times (F.V)$$

Onde:

$F.E$ é o fator de eixos, ou seja, um número que quando multiplicado pelo numero de veículos, resulta no numero de eixos existentes.

$F.C$ é o fator de cargas, isto é, um valor que multiplicado pela quantidade de eixos que operam na via, resulta o numero de eixos equivalentes ao numero de eixos padrão.

Usualmente o calculo do numero N é realizado conforme as seguintes etapas:

- 1) Calculo do Vt obtido com os dados estatísticos da estrada que está sendo estudada, incluindo o calculo de $V1$ (onde é necessário ser considerado o tráfego gerado e desviado), o tipo de crescimento e sua taxa t . O calculo do Vt ainda por ser realizado em face de um estudo econômico da região.
- 2) Calculo do $F.V$ é encontrado por meio dos $F.V$ individuais ($F.Vi$) para as diversas categorias de veículos e suas percentagens Pi .

$$F.V = \frac{(Pi) \times (F.Vi)}{100}$$

Os veículos são classificados pelo DNIT nas seguintes categorias:

- ✓ Automóveis;
- ✓ Ônibus;
- ✓ Caminhões leves, com dois eixos com rodas e eixos simples;
- ✓ Caminhões de médio porte, com dois eixos, sendo que o eixo traseiro possui rodas duplas;
- ✓ Caminhões pesados, com dois eixos, sendo que o traseiro é “tandem”;
- ✓ Reboques e semi-reboques.

2.5.1.2 Espessura do revestimento

Conforme DNER (1996) deve-se utilizar um coeficiente de equivalência estrutural que variam conforme os materiais construtivos do pavimento, conforme a tabela 7.

Tabela 7- Coeficientes de equivalência estrutural

Componentes do Pavimento	Coeficiente K
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturdo a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,20
Camadas Granulares	1,00
Solo cimento com resistência á compressão a 7 dias, superior a 45kg/cm	1,70
Idem, com resistência á compressão a 7 dias, entre 45kg/cm e 28kg/cm	1,40
Idem, com resistência á compressão a 7 dias, entre 28kg/cm e 21kg/cm	1,20

Fonte: DNIT (2006)

A espessura dos revestimentos flexíveis a serem adotadas ainda é um questionamento em aberto na engenharia rodoviária, uma vez que cama deve proteger a cama de base tanto dos esforços impostos pelo trafego, como evitar a ruptura do revestimento por esforços de tração na flexão. Na tabela 8 mostra as espessuras recomendadas para projeto.

Tabela 8 - Espessura mínima dos revestimentos betuminosos

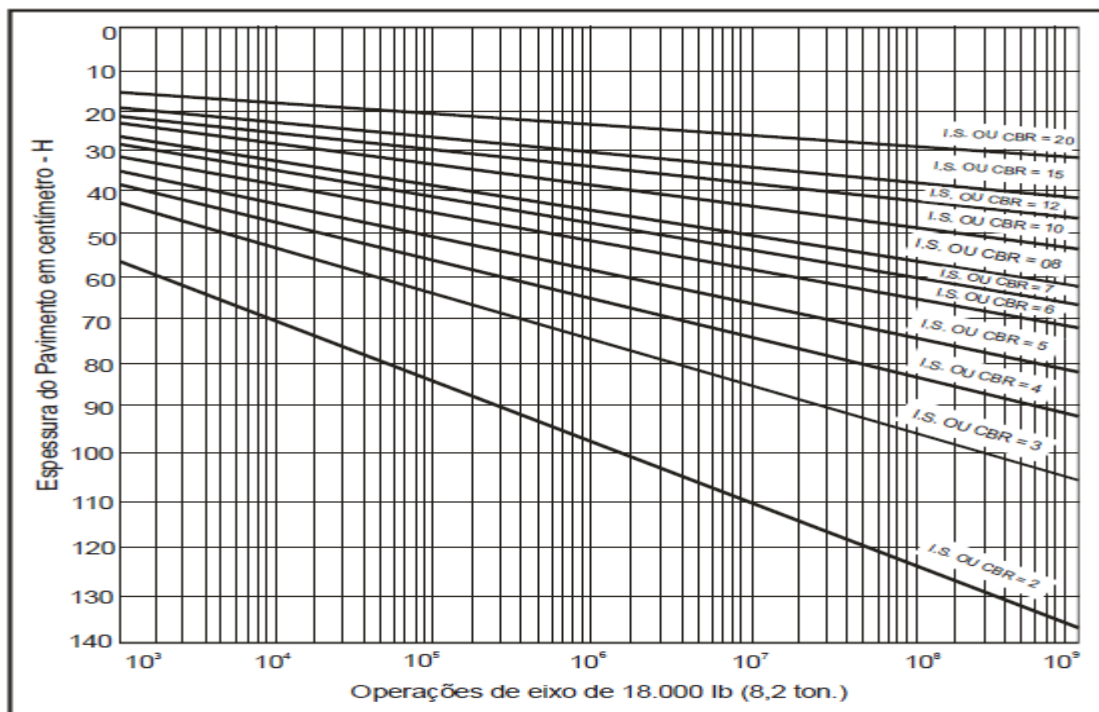
N	Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso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

Fonte: DNIT (2006)

2.5.1.3 Dimensionamento do Pavimento

Conforme DNER (1996) o gráfico da figura 23 mostra a espessura final do pavimento, em função do número N e de I.S ou C.B.R, essa espessura é fornecida para materiais com $K = 1,00$. Entrando-se em abscissas com o número N , procede-se na vertical até encontrar a linha representativa da capacidade de suporte (I.S ou C.B.R), procedendo-se na horizontal, encontra-se em ordenadas a espessura do pavimento.

Figura 23 - Determinação da espessura do pavimento



Fonte: DNIT (2006)

A figura 24 mostra a simbologia usada no dimensionamento do pavimento, onde H_m é a espessura total necessária para proteger o pavimento, e H_n a espessura da camada do pavimento.

Mesmo quando o C.B.R ou I.S da sub-base tenha valor superior a 20, a espessura necessária para proteger o pavimento é determinada como se o valor fosse 20, por esse motivo, é utilizado os símbolos H_{20} e h_{20} , para denominar as espessuras do pavimento, sobre sub-base e espessura de sub-base. Os símbolos B e R indicam as espessuras de base e de revestimento, respectivamente.

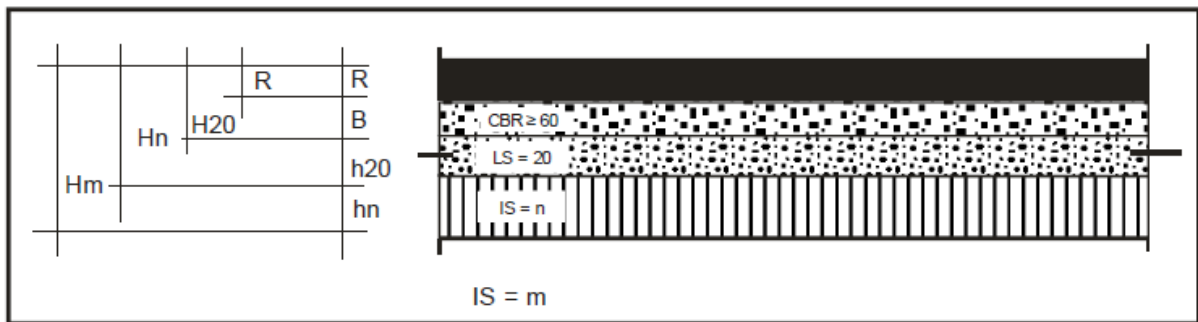
Para determinar as espessuras H_m , H_n , H_{20} , de base, sub-base e reforço do subleito, são utilizadas as seguintes inequações:

$$RKr + BKr \geq H20$$

$$RKr + BKr + h20Ks \geq Hn$$

$$RKr + BKr + h20Ks + HnKref \geq Hm$$

Figura 24 - Dimensionamento do Pavimento



Fonte: DNIT (2006)

Para o dimensionamento dos acostamentos não se dispõe de dados seguros, sua espessura está condicionada a da pista de rolamento, entretanto o revestimento pode ser sempre inferior ao da pista de rolamento.

Quando não se dispõe de dados seguros sobre o tipo de tráfego o dimensionamento do pavimento pode ser realizado por etapas. É recomendável quando, para a sua primeira etapa, pode adotar um tratamento superficial com revestimento (com espessura desprezível), na segunda etapa a espessura a ser acrescentada vai ser calculada, considerando a condição a espessura mínima do revestimento a ser adotar.

2.6 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL

A avaliação estrutural do pavimento pode ser realizada por dois métodos: destrutivo, semidestruutivo ou não destrutivo. (BERNUCCIET AL, 2006).

2.6.1 Método Destrutivo

Segundo Bernucciet al (2006), o método destrutivo tem como característica investigar a condição estrutural das camadas presentes no pavimento, através da abertura de trincheiras ou poços de sondagem, o que permite colher amostras dos materiais existentes até o subleito e realizar ensaios de capacidade de carga (in situ). Por ser um método destrutivo pode ser realizado apenas em alguns pontos. A figura 25 exemplifica a realização método.

Figura 25 - Exemplos de extração de corpos de prova e de poços de sondagem



Fonte: BERNUCCI ET AL.(2006)

Com as amostras extraídas identificam-se os tipos de materiais e espessura das camadas e do subleito. Após realizar ensaios laboratoriais é possível encontrar a massa específica e umidade das camadas para comparar com as condições de umidade ótima e massa específica máxima encontrada nos ensaios de compactação, possibilitando avaliar os excessos de umidade ou defeitos de grau de compactação.

O uso da sondagem rotativa para retirar os corpos de prova do revestimento possibilita avaliar o grau de envelhecimento do ligante dentre outras observações.

2.6.2 Método Semidestrutivo

Conforme Bernucci et al. (2006), o método semidestrutivo tem como característica a utilização de aberturas menores de janelas no pavimento, permitindo utilizar um equipamento portátil com pequenas dimensões para avaliar a capacidade de carga do pavimento. A figura

26 ilustra um exemplo dessa técnica, a aplicação desse ensaio só permite de maneira geral a correlação com o ISC dos materiais.

Figura 26 - Equipamento de avaliação semidestrutivo



Fonte: BERNUCCI ET AL(2006)

É a avaliação mais adequada para ser realizada em grandes extensões com possibilidade de repetições no mesmo posto, de maneira a acompanhar a variação da capacidade de carga com o tempo, é a que lança as medidas não destrutivas representadas por medidas de deflexão.

Para cada passagem da roda o pavimento sofre um deslocamento total, existindo duas componentes:

- ✓ Deformação elástica, é resultante da flexão do revestimento, denominado por convenção de deflexão, onde a medida é a principal forma de avaliação estrutural do pavimento em utilização.
- ✓ Deformação permanente, resultante do afundamento de trilha de roda, onde a medida também é um critério para definição da vida útil estrutural e funcionamento do pavimento, de forma, que a partir de certo valo, pode interferir na condição de segurança e conforto do trafego.

Quando é medido o deslocamento elástico em inúmeros pontos a partir da carga obtém-se a denominada bacia de deflexão ou linha de influência da carga sobre um ponto do pavimento. A figura 27.a ilustra o resultado da repetição das deformações elásticas em um pavimento de revestimento de concreto asfáltico como trincamento generalizado e interligado. Já a figura 27.b mostra o resultado do acúmulo de deformações permanentes, que ocorrem no revestimento e no subleito ou como contribuição de todas as camadas existentes no

pavimento. As defeitos permanentes são mensuradas por treliça padronizada com 120cm de base.

Figura 27 - Defeito estrutural por trincamento e afundamento por repetições de carga



Figura 27.a: fadiga

Fonte: BERNUCCI ET AL (2006).

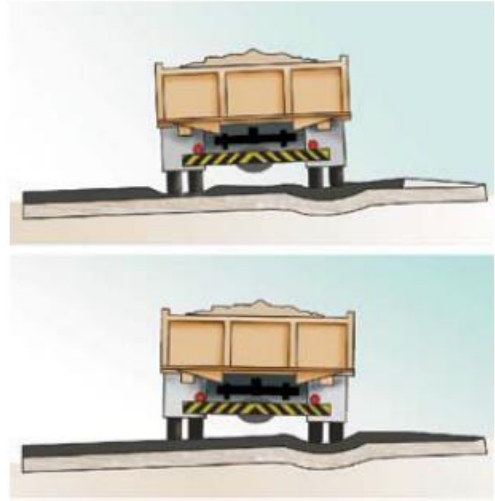


Figura 27.b: Afundamento

3.0 METODOLOGIA

3.1 DESENHO DE ESTUDO

Este projeto teve como finalidade metodológica a realização de uma pesquisa aplicada. Utilizando como abordagem de pesquisa, o método qualitativo e quantitativo, já que os dados obtidos em campo foram quantificados e avaliados.

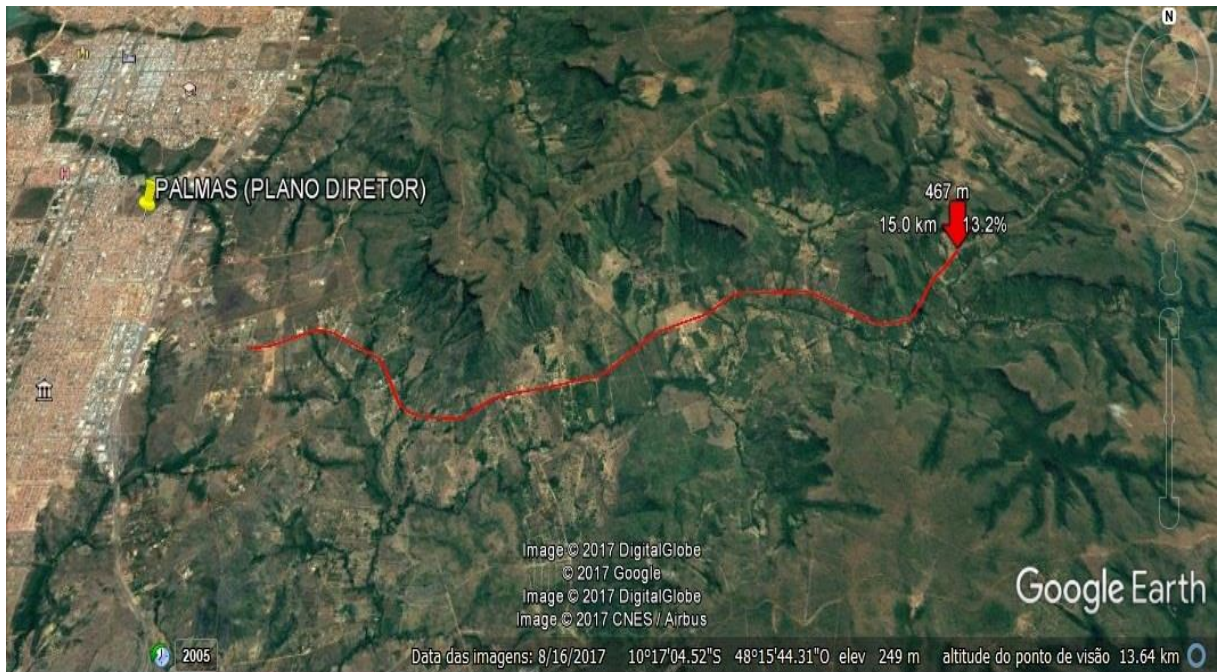
Objetivo metodológico deste trabalho consiste em uma pesquisa descritiva. No que se refere ao processo metodológico, foi realizada uma pesquisa bibliográfica aprofundada acerca do assunto, e pesquisa de campo com o intuito de coletar dados e conhecimentos para construção e solução dos problemas encontrados.

De acordo com a necessidade de caracterização dos veículos que transitam na via, cálculo do número N (número de operações por eixo), determinação volumétrica de tráfego, levantamento visual contínuo, patologias existentes visíveis, bem como realização dos ensaios de caracterização e de resistência do pavimento. Assim, a pesquisa deste trabalho foi realizada em campo e em laboratório.

3.2 LOCAL DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA

O estudo desse projeto foi realizado na TO 020, trecho de Palmas a Aparecida do Rio Negro, com extensão de 15 quilômetros. A figura 28 ilustra a localização do segmento escolhido para estudo, destacado em vermelho.

Figura 28 - Local de realização da pesquisa



Fonte: Google Earth

3.3 PROCEDIMENTOS

O presente trabalho tem como objetivo avaliar estruturalmente a camada de pavimento asfáltico da TO 020, que liga Palmas à Aparecida do Rio Negro. A pesquisa foi dividida da seguinte maneira:

- Definição dos trechos da rodovia para retiradas das amostras;
- Avaliação estrutural pelo método destrutivo, para realizar os ensaios de Densidade “in situ”, Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade, Granulometria, Compactação, CBR e Expansão;
- Realização do levantamento visual contínuo segundo a norma do DNIT 008/2003-PRO, caracterizando o pavimento com relação ao estado de superfície e conforto ao rolamento;
- Realizar estudo de tráfego, para obtenção do número “N”;
- Dimensionamento do pavimento flexível pelo método do DNER.

3.4 INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA DO PAVIMENTO

As investigações geotécnicas foram executadas conforme o manual do DNIT (Diretrizes Básicas para Elaboração de estudos e Projetos Rodoviários). Sendo necessária a execução de dois furos no pavimento flexível utilizando pá e picareta, coletando as amostras que efetivem as seguintes determinações:

- Espessuras das camadas;
- Definição da massa específica aparente in situ das camadas ou amostras indeformadas destas camadas, extraídas com o cilindro Proctor;
- Realização dos ensaios de caracterização e de resistência: limite de liquidez, plasticidade, granulometria por peneiramento e índice suporte California .

3.5 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

Avaliação estrutural do pavimento flexível nesse trabalho foi realizada através do método destrutivo.

3.5.1 Coleta das Amostras

Para a avaliação da estrutura do pavimento foi realizada a retirada de duas amostras de material, uma no ponto mais crítico da rodovia e outra em ponto com melhor capacidade de rolamento. Com o auxílio de pá, picareta e cavadeira foram executados os furos de 40x40cm e profundidade de 20cm por camada, retirando materiais de base, sub-base e subleito do trecho estudado conforme as imagens a seguir:

Figura 29 - Retida dos materiais.



Fonte: Próprio Autor

Como não foi possível o acesso ao projeto da rodovia estudada somente pós a retirada do material, pode-se obter as espessuras das camadas do pavimento, encontrando 2,5 cm de revestimento, 20cm de base, 20cm de sub-base, como ilustrado na figura 30.

Figura 30 - Espessura das Camadas



Fonte: Próprio Autor

3.5.2 Ensaio de Densidade ‘in situ’

A determinação da massa específica aparente “in situ” utilizando o frasco de areia foi realizada seguindo as diretrizes do método de ensaio: DNER – 092/94. Primeiramente foi necessário que se pesasse o frasco com areia de densidade conhecida em seu interior, com massa aproximadamente de 6000g, em seguida posicionou-se a bandeja com orifício no centro do solo e a limpou. Com a marreta e a talhadeira, fez-se um furo no solo, recolheu o solo retirado na escavação do furo, pesando-o e determinando seu teor de umidade com o aparelho Speedy.

Em seguida com o furo feito, o frasco de areia foi posicionado de cabeça para baixo. Após a passagem de toda a areia, pesou-se novamente o frasco de areia. Foi encontrada uma massa menor que a anterior e com a diferença de massas e a densidade da areia conhecida, foi possível calcular o volume do furo feito no solo. Tendo posse dos valores da massa do solo seco e o volume do furo, foi possível calcular a massa específica seca do solo, o que permitiu fazer a comparação com os resultados obtidos em laboratório e o grau de compactação do solo, os resultados obtidos estão apresentados nos apêndices A desse projeto. O ensaio foi realizado no sentido Palmas a Aparecida do Rio Negro/ Aparecida do Rio Negro a Palmas.

Figura 31 – Ensaio de Densidade ‘in situ’



Fonte: Próprio Autor

3.6 ENSAIOS LABORATORIAIS

Os ensaios laboratoriais foram realizados seguindo as diretrizes do método de ensaio: DNER - ME 041/94 para a preparação das amostras de solos para análise granulométrica, determinação dos limites de liquidez e plasticidade, compactação do solo e ISC e expansão. As amostras que passaram nas peneiras foram repartidas em 5 amostras representativas do solo.

3.6.1 Limite de Liquidez

Para a realização do limite de liquidez, colocou-se o material em uma capsula, misturou o mesmo com agua ate obter uma pasta plástica, em seguida foi colocado na concha do aparelho.

A massa foi moldada de tal forma que, a parte central da concha, apresente uma espessura de aproximadamente 1 cm, com o auxilio do cinzel, dividiu-se a massa do solo em duas partes, abrindo-se uma ranhura no centro, em seguida procede-se com o golpeamento da concha contra a base do aparelho, até que as bordas inferiores da ranhura se unam. Logo após foi retirado um pedaço de massa plástica do trecho em que ela se uniu, colocando-a em um capsula e levada para a estufa afim da determinação da sua umidade, a operação foi repetida cinco vezes modificando a quantidade de agua.

3.6.2 Limite de Plasticidade

Para determinar o limite de plasticidade, utilizou-se o material da amostra de solo passante na peneira 0,42 mm, onde foi adicionando água as poucos ate resultar em uma massa plástica, a mesma foi dividida em 5 amostras e moldada em formato de cilindro com 3mm de diâmetro, em seguida o solo foi levado para a estufa onde foi possível determinar plasticidade do solo, os resultados desse ensaio pode ser encontrada na apêndice desse projeto.

3.6.3 Ensaio de compactação

Para a realização do ensaio de compactação, primeiramente foi adicionado água a solo ate obter consistência, em seguida a amostra foi compactada no molde cilíndrico em 3 camadas, aplicou-se em cada uma delas 25 golpes distribuídos uniformemente sobre a

superfície da camada, com o soquete. O material foi pesado e classificado em umidade seca, ótima e saturada. A figura 32 ilustra esse procedimento.

Figura 32 - Ensaio de Compactação



Fonte: Próprio Autor

3.6.4 Classificação granulométrica

O ensaio de granulometria por Peneiramento foi realizado em todas as camadas coletadas do material com a finalidade de classificar o material de acordo com a classificação do TRB. Realizou-se o peneiramento grosso e fino do material por meio de peneiramento e lavagem, em seguida foi realizada a pesagem de cada peneira para obter o material retido, e para obtenção do material passante é só subtrair de 100% do acumulado em cada peneira o resultado é obtido a partir do somatório das massas retidas em cada peneira.

Figura 33 - Ensaio granulométrico



Fonte: Próprio autor

3.6.5 Índice de Suporte Califórnia

Após a realização do ensaio de compactação, nos corpos de provas foram colocados hastes de expansão com extensômetro, destinado a medir as expansões ocorridas, as mesmas foram anotadas de 24 em 24 horas.

Em seguida os corpos de provas foram colocados em um tanque de água onde permaneceram por 4 dias. Realizou-se o ensaio de penetração em um prensa, onde foi aplicada uma carga de aproximadamente 45N, conforme mostra a figura 34. Os resultados então apresentados nos apêndices A.

Figura 34 - Índice de Suporte Califórnia



Fonte: Próprio Autor

3.7 LEVANTAMENTO VISUAL CONTINUO

A realização do Levantamento Visual Contínuo (LVC) foi realizada seguindo a norma do DNIT 008/2003-PRO, o local estudado compreendeu o trecho de Palmas a Aparecida do Rio Negro, com extensão de 15 quilômetros, para a análise o trecho foi dividido em sub trechos com extensão de 1km cada, a operação foi composta por 1 motorista e um técnico.

O LVC foi realizado com o veículo estando à velocidade de aproximadamente 40 Km/h, conforme recomendado pela norma. Para cada trecho estudado realizou-se análises de: ICPF (Índice de Condição de Pavimento Flexível), IGGE (Índice de Gravidade Global Expedito) e IES (Índice do Estado da Superfície do Pavimento). O ICPF é calculado mediante

o cálculo da média dos índices contidos no formulário de levantamento, anexo B da norma Brasil (2003b.)

Para cálculo do IGGE utiliza-se média dos dados contidos no formulário de levantamento (anexo C), através da seguinte fórmula:

$$\text{IGGE} = (\text{Pt} \times \text{Ft}) + (\text{Poap} \times \text{Foap}) + (\text{Ppr} \times \text{Fpr})$$

Onde:

- Ft , Pt = Frequência e Peso do conjunto de trincas;
- Foap , Poap = Frequência e Peso do conjunto de deformações;
- Fpr , Ppr = Frequência (quantidade por km) e Peso do conjunto de painéis e remendos.

Esses índices foram encontrados com o auxílio das tabelas abaixo:

Tabela 9 - Frequência de defeitos

Panelas (P) e Remendos (R)		
Código	Frequência	Quant./km
A	Alta	≥ 5
M	Média	2 –5
B	Baixa	≤ 2
Demais defeitos		
Código	Frequência	% por km
A	Alta	≥ 50
M	Média	50 – 10
B	Baixa	≤ 10

Fonte: DNIT (2003b)

Tabela 10 - Pesos para cálculo

GRAVIDADE	Pt	Poap	Ppr
3	0,65	1,00	1,00
2	0,45	0,70	0,80
1	0,30	0,60	0,70

Fonte: DNIT (2003b)

O IES é obtido conforme os índices de ICPF e IGGE, os resultados encontrados devem ser colocados em uma planilha resumo (anexo D).

Tabela 11 - Índice do Estado de Superfície do Pavimento

DESCRIÇÃO	IES	CÓDIGO	CONCEITO
$IGGE \leq 20$ e $ICPF > 3,5$	0	A	ÓTIMO
$IGGE \leq 20$ e $ICPF \leq 3,5$	1	B	BOM
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF > 3,5$	2		
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF \leq 3,5$	3	C	REGULAR
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF > 2,5$	4		
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF \leq 2,5$	5	D	RUIM
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF > 2,5$	7		RUIM
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF \leq 2,5$	8	E	PÉSSIMO
$IGGE > 90$	10		

Fonte: DNIT (2003b)

3.8 ESTUDO DO TRÁFEGO PARA DETERMINAÇÃO DO NÚMERO “N”

Para a determinação do número “N” do trecho de Palmas a Aparecida do Rio Negro primeiramente foi necessário realizar a contagem volumétrica dos veículos passantes no trecho, qual foi realizada durante 3 dias, em uma segunda, terça e quarta feira no período de 12hs.

A determinação do VMD foi obtida através do seguinte calculo:

$$VMD = \frac{VMD1 \times [2 + (P - 1) \times t/100]}{2}$$

$$VMD = \frac{130 \times [2 + (15 - 1) \times 3/100]}{2}$$

$$VMD = 157,3 \text{ passagens}$$

Onde:

P = Período de projeto (anos)

t = taxa de crescimento anual (%)

VMD1 = Passagens diária

Para o calculo do número N foi considerado a vida útil de projeto de 15 nos e taxa de crescimento de 3%. A tabela a seguir ilustra o calculo dos fatores de equivalência.

Tabela 12 - Calculo fatores de equivalência

Veículos (eixos)	Eixos		Fci	Fi	fi	Fci * fi
	Simples	Duplo				
A (Dianteiro)	4		0,0545	81	0,2935	0,0160
A(Traseiro)	7,5		0,5442	81	0,2935	0,1597
B (Dianteiro)	6		0,2779	35	0,1268	0,0352
B (Traseiro)	10		3,2895	35	0,1268	0,4171
C (Dianteiro)	6		0,2779	12	0,0435	0,0121
C (Médio)		17	8,5488	12	0,0435	0,3717
C (Traseiro)		17	8,5488	12	0,0435	0,3717
D1 (Dianteiro)	6		0,2779	2	0,0072	0,0020
D2 (Médio)		17	8,5488	2	0,0072	0,0619
D3 (Médio)	10		3,2895	2	0,0072	0,0238
D4 (Traseiro)	10		3,2895	2	0,0072	0,0238
Somatório				276	FC	1,4952

Fonte: Próprio autor

Onde: Fi = Passagens do eixo;

fi = Passagens do eixo/ somatória de passagens de eixos

FC= Somatoria do Fci x fi

Os valores do Fci foram encontrados conforme a tabela abaixo:

Tabela 13 - Tipos de Eixo

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: DNIT, 2006a

Para determinação dos fatores de eixo e de veículo foram utilizadas as seguintes formulas:

Fator de Eixo

$$FE = (FEa \times \text{Passagens } a) + (FEb \times \text{Passagens } b) / (\text{Passagens } a + \text{Passagens } b)$$

$$FE = ((2 \times 81) + (2 \times 35) + (3 \times 12) + (4 \times 2)) / (81 + 35 + 12 + 2) = 2,12$$

Fator de Veículo

$$FV = FE \times FC$$

$$FV = 2,12 \times 1,4972 = 3,17$$

Para calcular o número N utiliza-se a seguinte fórmula:

$$N = 365 \times VMD \times P \times FV;$$

$$N = 365 \times 157,30 \times 15 \times 3,17 ; N = 2,73 \times 10^6$$

Onde:

P = Período de projeto (anos)

VMD = Volume médio diário

FV = Fator de Veículo

3.9 - DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO, PELO MÉTODO DO DNER

De acordo com o número de repetições de eixo padrão encontrado anteriormente ($N = 3,77 \times 10^6$) foi possível determinar a espessura e o tipo de revestimento a ser adotado, obteve-se uma espessura de 5,0 cm de revestimento em revestimento betuminoso. Conforme ilustrado na tabela a seguir.

Tabela 14 - Espessura mínima dos revestimentos betuminosos

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

Fonte: DNIT, 2006a

Em seguida foram determinados os coeficientes estruturais para os materiais destinados as camadas do pavimento. A base e sub-base foram dimensionadas como camadas granulares com coeficiente estrutural $k = 1$ e o revestimento betuminoso com $k=2$. Conforme ilustrado na tabela a seguir:

Tabela 15 - Coeficientes de equivalência estrutural

Componentes do Pavimento	Coeficiente 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 betuminoso por penetração	1,20
Camadas Granulares	1,00
Solo cimento com resistência á compressão a 7 dias, superior a 45kg/cm	1,70
Idem, com resistência á compressão a 7 dias, entre 45kg/cm e 28kg/cm	1,40
Idem, com resistência á compressão a 7 dias, entre 28kg/cm e 21kg/cm	1,20

Fonte: DNIT (2006)

Para o calculo das espessuras da camada de base é necessário utilizar o CBR da camada inferior, nesse caso a sub-base, como o CBR encontrado na camada de sub- base foi maior que 20% a norma recomenda utilizar 20%.

- Determinação da camada de base:

$$H20 = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{(-0,598)}$$

$$H20 = 77,67 \times 2,73 \times 10^6^{(0,0482)} \times 20^{(-0,598)}$$

$$H20 = 26,45 \text{ cm}$$

- Determinação de altura de camada de base:

$$R \times Kr + B \times Kb \geq H20$$

$$5,0 \times 2,0 + B \times 1 \geq 26,45$$

$$B = 16,45 \text{ cm}$$

Adota-se altura da base igual a 20 cm.

- Determinação de altura de camada de sub-base somado com base e revestimento:

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

$$Hn = 77,67 \times 2,73 \times 10^6^{(0,0482)} \times 18,2^{(-0,598)}$$

$$Hn = 27,98 \text{ cm}$$

Determinação de altura de camada de sub-base:

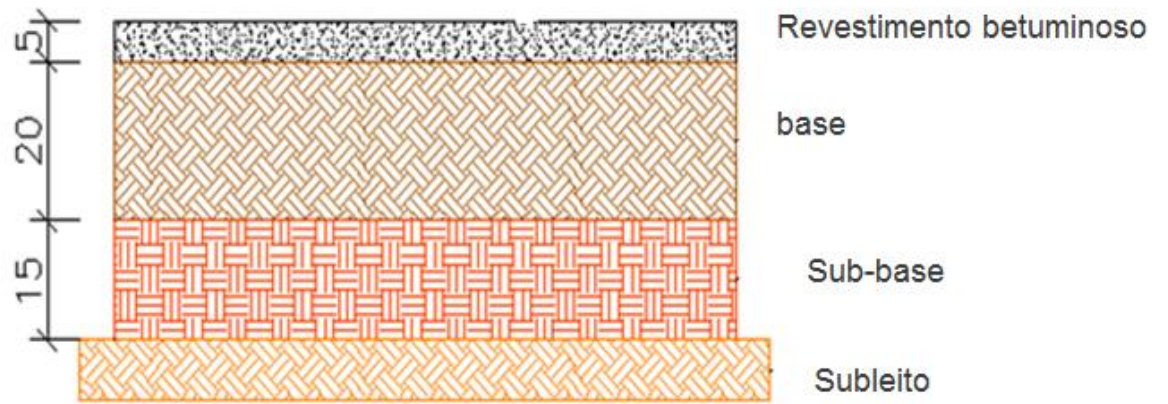
$$R \times Kr + B \times Kb + Sb \times Ksb \geq Hn$$

$$5,0 \times 2,0 + 20 \times 1 + Sb \times Ksb \geq 27,98$$

$$Sb = 2,02 \text{ cm}$$

Conforme o Método do DNER, a espessura mínima a ser utilizada para camadas granulares deve ser de 15 cm. A seguir uma imagem representativa do dimensionamento do pavimento

Figura 35 - Dimensionamento do pavimento



Fonte: Próprio autor

4 RESULTADOS

4.1 INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA

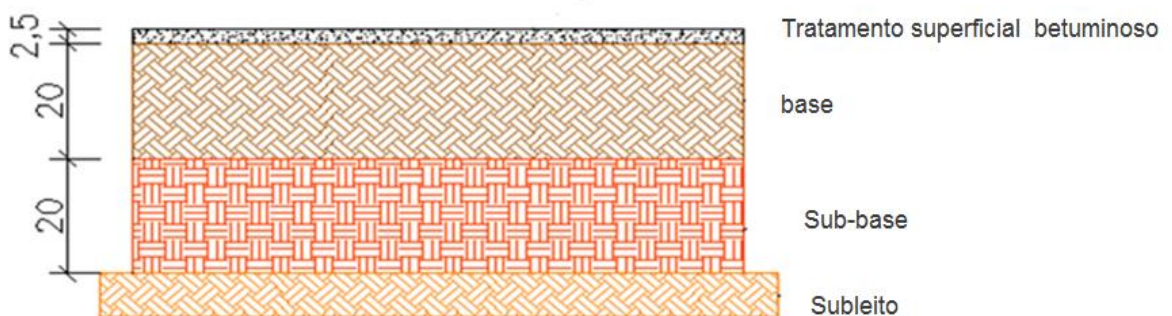
Dando início a investigação geotécnica do pavimento, realizaram-se dois furos um no sentido de Palmas a Aparecida do Rio Negro e outro no sentido Aparecida do Rio Negro a Palmas, em ambos os furos foi realizado a medição da espessura de camadas durante a retirada de material conforme ilustrado na figura abaixo.

Figura 36 - Espessuras das camadas



Fonte: Próprio autor

Figura 37 - Dimensão encontrada no pavimento



Fonte: Próprio autor

Com as amostra de solo encontrada realizou-se o ensaio de densidade in situ, a determinação da umidade ótima, densidade máxima seca e grau de compactação das camadas de base, sub-base e subleito em ambos os sentidos da via. Quando comparados os trechos

analisados é possível afirmar que ocorreu pouca variação nos dados obtidos em todas as camadas. Os resultados estão exemplificados no apêndice A.

Após a realização do limite de liquidez, obteve-se como resultado não plástico para as camadas de base e sub-base, uma vez que o solo não fechou o sulco com 25 golpes, indicando um limite de liquidez igual à zero.

A camada de subleito como se trava de um material de argila com pedregulho apresentou um limite de liquidez de 29,8% limite de plasticidade de 19,7% e índice de plasticidade de 10.1% no sentido Palmas/Aparecida do Rio Negro e um limite de liquidez de 30,1% , limite de plasticidade de 19,7% e índice de plasticidade de 10.4% no sentido Aparecida do Rio Negro Palmas.

Pela classificação do TBR o solo encontrado na base e sub-base em ambos os sentidos trata-se de um solo A-1-B IG= 0 uma vez que nesse grupo apresenta os materiais constituídos de fragmentos de pedras, pedregulho fino e areia. O subleito é do tipo A-4, material silteoso com IG= 0 (Aparecida do Rio Negro Palmas) e IG=1 (Palmas/Aparecida do Rio Negro).

4.2 LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO

Após a realização do levantamento visual contínuo pode-se classificar as diversas patologias encontradas ao longo do trecho. Observa-se que o pavimento possui poucas patologias como trincas e fissuras, entretanto patologias como afundamentos, desgastes e panelas incidem com bastante frequência.

4.2.1 Panelas

Figura 38 - Panelas



Fonte: Próprio autor

A figura acima ilustra as inúmeras panelas existentes no trecho, a sua origem pode ter diversas causas entre elas à falta de aderência entre as camadas. Percebe-se que as patologias são encontradas nas camadas de base da estrutura.

4.2.2 Desgaste

Figura 39 - Desgaste superficial



Fonte: Próprio autor

As patologias como desgastes superficiais foram provocados pelos esforços tangenciais causados pelo tráfego, está presente em 80% do pavimento e tem como principal consequência aspereza superficial.

4.2.3 Remendo

Figura 40 - Remendo



Fonte: Próprio autor

O remendo está presente em cerca de 60% do trecho, e tem como objetivo realizar uma correção da superfície do revestimento através de uma camada de material betuminoso.

4.2.4 Exsudação

Figura 41- Exsudação



Fonte: Próprio autor

Caracteriza-se como o deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, encontra-se em cerca de 40% do pavimento analisado.

4.2.5 Afundamento Local

Figura 42 - Afundamento Local



Fonte: Próprio autor

O Afundamento tem como característica deformação permanente do pavimento por depressão da superfície do pavimento. Nesse caso como se trata de uma deformação com extensão menor que 6m é denominado como afundamento local.

4.2.6 Resultados Principais

Como resultados principais, obteve-se um IGGE variando de 6 a 238 (Apêndice B) um IES (Índice do Estado da Superfície do Pavimento) com 63,30% do pavimento com estado péssimo, 20% com estado ruim e apenas 16,70% do trecho foi classificado com uma capacidade de rolamento regular.

4.3 ESTUDO DE TRÁFEGO

O Estudo de trafego desse projeto teve com objetivo majorar o tipo trafego e volume presente no trecho. Como não possível ter acesso aos dados da AGETO uma vez que a ultima analise realizada pelo órgão foi em 2009, e da prefeitura, pois segundo a mesma a câmara que monitora o trecho de Palmas a Aparecida do Rio Negro não está funcionando e sem previsão para voltar a operar, realizou-se um estudo de 3 dias no período de 12 horas, obtendo como resultado 81 veículos de carga leve, 35 veículos de carga media, 12 veículos de carga pesada, 2 veículos de carga ultra pesada, totalizando VMD1 de 130 e VMD de 157,30 veículos passantes na via, a seguir a tabela exemplifica a classificação por eixo utilizada.

Tabela 16 - Estudo de trafego

Veículos (eixos)	Eixos		Fci	Fi	fi	Fci * fi
	Simples	Duplo				
A (Dianteiro)	4		0,0545	81	0,2935	0,0160
A(Traseiro)	7,5		0,5442	81	0,2935	0,1597
B (Dianteiro)	6		0,2779	35	0,1268	0,0352
B (Traseiro)	10		3,2895	35	0,1268	0,4171
C (Dianteiro)	6		0,2779	12	0,0435	0,0121
C (Médio)		17	8,5488	12	0,0435	0,3717
C (Traseiro)		17	8,5488	12	0,0435	0,3717
D1 (Dianteiro)	6		0,2779	2	0,0072	0,0020
D2 (Médio)		17	8,5488	2	0,0072	0,0619
D3 (Médio)	10		3,2895	2	0,0072	0,0238
D4 (Traseiro)	10		3,2895	2	0,0072	0,0238
			Somatório	276	FC	1,4952

Fonte: Próprio autor

Com o VMD encontrado é estimando uma taxa de crescimento anual de 3,00%, foi adotado uma projeção de tráfego futuro de 15 anos, obtendo um do número de repetições de eixo padrão $N = 2,73 \times 10^6$.

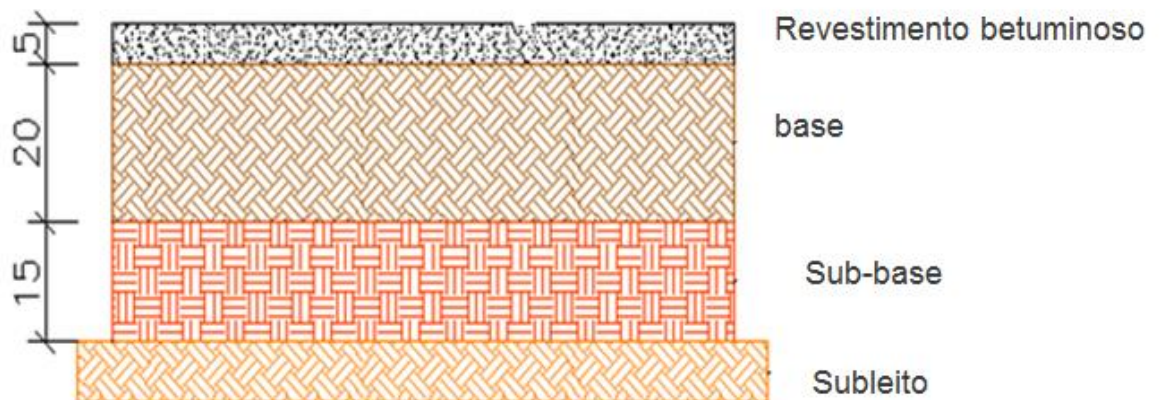
4.4 DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DNER

Com o número $N = 2,73 \times 10^6$ determinou-se a espessura e o revestimento a se adotado, conforme descrito nos procedimentos desse projeto, encontrando para camada de base um $H_{20} = 26,45$ cm com espessura de 20cm. Para sub-base foram encontradas um H_n de 27,98 cm e espessura mínima de 15cm

Espessura total do pavimento $5+20+15 = 40$ cm

A seguir uma imagem representativa do dimensionamento do pavimento

Figura 43 - Dimensionamento do pavimento



Fonte: próprio autor

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo principal avaliar a estrutura do pavimento asfáltico no trecho da Rodovia TO-020, entre as cidades de Palmas a Aparecida do Rio Negro, cidades pertencentes ao Estado de Tocantins, no qual buscou-se verificar através do estudo de tráfego e ensaios laboratoriais se essa estrutura já dimensionada atende as necessidades da via.

Neste sentido, vale ressaltar a importância do estudo de tráfego e ensaios laboratoriais para conhecer a estrutura do pavimento dimensionado e assim, avaliar se a estrutura suporta o tráfego de veículos atuais, bem como conhecer a origem de todas as patologias existentes no trecho.

Tendo como hipótese principal o fato do número equivalente de operação de um eixo-padrão adotado no período de abertura da rodovia tenha atingido o ano de projeto, dando origem às inúmeras patologias existentes na via, além de considerar um possível erro de dimensionamento.

Neste trabalho, recorreremos a abordagem metodológica de pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo num estudo de caso com amostras laboratoriais, quando entende-se que a metodologia utilizada investiga com precisão o fenômeno em estudo, bem como coleta dados e conhecimento para a solução do problema em questão.

Após a realização do levantamento visual contínuo pode-se concluir que o estado de superfície do pavimento encontra-se em situação precária originando desconforto para os usuários da via, uma vez que, a classificação do índice de estado de superfície variou de regular a péssima, dentre as patologias mais existentes no trecho de 15 km, destacou-se as panelas, desgaste e remendos superficiais. Os fatores levantados dificultam o tráfego de veículos da via, além de acarretar transtornos aos usuários e possíveis acidentes.

No tocante a investigação geotécnica do pavimento, percebe-se que, as camadas de base, sub-base e subleito foram dimensionadas para suportar o tráfego atual da via, entretanto, a camada de revestimento encontra-se defasada, uma vez que, o dado obtido em campo foi de 2,5cm inferior ao dimensionado de 5cm.

Portanto, a investigação realizada no trecho da T0-020, nos revela o descaso do poder público quanto à realização de estudos, acompanhamento e manutenção da via, uma vez que, não existe um projeto para atender as necessidades do tráfego local.

Para tanto, sugerimos que os governantes invistam na região, que considere o tráfego de veículos de carga pesada oriundas da agricultura e siga as recomendações constantes no Manual de Pavimentação elaborado pelo DNER(1996).

Conclui-se que este trabalho teve resultado satisfatório, uma vez que, foi possível realizar todos os objetivos propostos e constatar as principais patologias do trecho da TO-020 e apresentar as soluções e recomendações.

REFERÊNCIAS

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 558p

BERNUCCI, LiediBarianiet al. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Gráfica Imprinta, 2006. 501p

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**, 3ª ed., rev. E ampl. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, vol. 1, 1996.234p

Confederação Nacional de transportes - CTN. Confederação Nacional de Transporte (Ed.). **Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do brasil não duram?**. 2017. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Estudo/transporte-rodoviario-pavimento>>. Acesso em: 28 ago. 2017.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER.- **Manual de pavimentação**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1996. 320 p.

Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. – DNIT – 005/2003: TER - **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos** – Rio de Janeiro, 2003a.12p

NORMA DNIT- 008/2003: PRO- **Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos** – Rio de Janeiro, 2003b.11p.

Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. – DNIT. **Manual de estudos de tráfego** – Rio de Janeiro, 2006a. 384p

Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. – DNIT - IPR 719. **Manual de Pavimentação** – Rio de Janeiro, 2006. 278p

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação**. São Paulo: Pini, 1997. 761p

ANEXOS

ANEXO A

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3
	OUTROS DEFEITOS				CODIFICAÇÃO		
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALP			
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ATP			
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC			
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC			
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base				O			
Escorregamento (do revestimento betuminoso)				E			
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento				EX			
Desgaste acentuado na superfície do revestimento				D			
"Painéis" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores				P			
Remendos			Remendo Superficial	RS			
			Remendo Profundo	RP			

Fonte: DNIT (2003b)

NOTA 1: Classe das trincas isoladas

FC-1: Trincas com abertura maior que a das fissuras e inferior que 1,0mm.

FC-2: Trincas com abertura maior que 1,0mm e não possui erosão nas bordas.

FC-3: Trincas com abertura maior que 1,0mm possuindo erosão nas bordas.

NOTA 2: Classe das trincas interligadas

As trincas interligadas são divididas em FC-3 e FC-2 caso possuam ou não erosão nas bordas.

ANEXO C

Cálculo do IGGE

MT DNIT	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS											Folha	
	IGGE - ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL EXPEDITO (CÁLCULO)											de	
Código PNV _____ Ext. PNV _____ UNIT _____ Nº PISTA/LADO _____ MÊS/ANO _____ Largura da Pista: _____ Largura do Acostamento: _____ Trecho do PNV Início _____ MR Nº _____ Fim _____ VMD _____ MR Nº _____													
SEGMENTO				TRINCAS			DEFORMAÇÕES			PANELA + REMENDO			$(F_t \times P_t) +$ $(F_{oap} \times P_{oap}) +$ $(F_{pr} \times P_{pr}) =$ IGGE
Nº do Seg	Km Início	Km Fim	Extensão	F_t %	P_t	F_t x P_t	F_{oap} %	P_{oap}	F_{oap} x P_{oap}	F_{pr} nº	P_{pr}	F_{pr} x P_{pr}	

Fonte: DNIT (2003b)

ANEXO D

MT	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS								Folha
DNIT	RESULTADOS DO LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO								De
Código PNV _____		Ext. PNV _____		UNIT _____		N° PISTA/LADO _____		MÊS/ANO _____	
_____		Início _____		_____		_____		MR N° _____	
Trecho do PNV		Fim _____		VMD _____		_____		MR N° _____	
N° do Seg	SEGMAENTO			RESULTADOS					Observações
	Km Início	Km Fim	Extensão	ICPF	IGGE	IES			
						Valor	Cód	Conceito	

Fonte: ADAPTADO DO DNIT (2003b)

ICPF - Índices de Condição de Pavimentos Flexíveis

IGGE - Índice de Gravidade Global Expedito

IES - Índice do Estado da Superfície

APÊNDICES

APENDICE A

Local	TO-020 SAIDA P/APARECIDA DO RIO NEGRO	Data:	22/03/18
Obra:	PALMAS/APARECIDA RIO NEGRO	Estudo:	BASE

DENSIDADE IN SITU - FRASCO DE AREIA

Furo	1									
Estaca	2									
Posição	L/D									
Peso de jarro antes	6.000									
Peso de jarro depois	2.380									
Peso de areia sem correção	3.620									
Correção (funil)	535									
Peso de areia corrigido	3.085									
Densidade de areia	1.525									
Volume do furo	2,023									
Peso do material retirado	4.770									
Densidade úmida	2.358									
Teor de umidade %	12,0									
Densidade seca	2.105									
Espes. da camada. Inicial	0,00									
Espes. da camada. Final	0,20									

Recipiente N.º										
Amostra+ Tara + Água										
Amostra + Tara										
Peso da Tara										
Peso da Água										
Peso do Solo Seco										
Teor da Umidade %										

Umidade ótima %	11,9									
Densidade Máxima Seca	2,086									
Grau de compactação	100,9									

Encarregado do Laboratório

Técnico Responsável. Visto: _____

Local	TO-020 SAIDA P/ APARECIDA DO RIO NEGRO	Data:	22/03/18
Obra:	PALMAS/APARECIDA RIO NEGRO	Estudo:	SUB-BASE

DENSIDADE IN SITU - FRASCO DE AREIA

Furo	1									
Estaca	EX									
Posição										
Peso de jarro antes	6.000									
Peso de jarro depois	3.455									
Peso de areia sem correção	2.545									
Correção (funil)	535									
Peso de areia corrigido	2.010									
Densidade de areia	1.525									
Volume do furo	1,318									
Peso do material retirado	3.043									
Densidade úmida	2.309									
Teor de umidade %	11,7									
Densidade seca	2.067									
Espes. da camada. Inicial	0,20									
Espes. da camada. Final	0,20									

Recipiente N.º										
Amostra+ Tara + Água										
Amostra + Tara										
Peso da Tara										
Peso da Água										
Peso do Solo Seco										
Teor da Umidade %										

Umidade ótima %	11,9									
Densidade Máxima Seca	2.051									
Grau de compactação	100,8									

Encarregado do Laboratório

Técnico Responsável. Visto: _____

Local **TO-020 SAIDA P/APARECIDA DO RIO NEGRO** Data: **22/03/18**Obra: **PALMAS/APARECIDA RIO NEGRO** Estudo: **Subleito****DENSIDADE IN SITU - FRASCO DE AREIA**

Furo	1									
Estaca										
Posição	L/E									
Peso de jarro antes	6.000									
Peso de jarro depois	3.100									
Peso de areia sem correção	2.900									
Correção (funil)	535									
Peso de areia corrigido	2.365									
Densidade de areia	1.525									
Volume do furo	1,551									
Peso do material retirado	3.200									
Densidade úmida	2.063									
Teor de umidade %	12,7									
Densidade seca	1.831									
Espes. da camada. Inicial	0,00									
Espes. da camada. Final	0,20									

DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

Recipiente N.º										
Amostra+ Tara + Água										
Amostra + Tara										
Peso da Tara										
Peso da Água										
Peso do Solo Seco										
Teor da Umidade %										

Umidade ótima %	13,5									
Densidade Máxima Seca	1.840									
Grau de compactação	99,5									

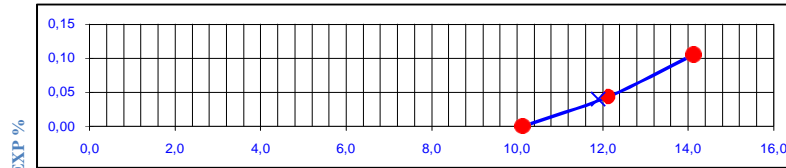
Encarregado do Laboratório

Compactação

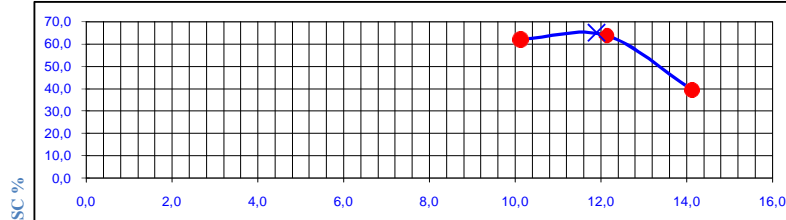
Obra: Palmas/Aparecida do Rio Negro	Trecho: TO-020	Saída p/Aparecida do rio negro	Data: 22/03/18
Material: Cascalho Laterítico ar.	Estaca: 0 0	Furo: 2	Prof: 0,00
% Ret # 4: 61.5	Proctor: Intermediario	Golpes: 26	Calculador:
		Operador:	

Anotações	Umidade Higroscópica		
	Cápsula	Nº	6
C+S+A	g	79,6	73,4
C+S	g	78,0	72,0
A- Água	g	1,6	1,4
C- Cápsula	g	12,3	15,9
S- Solo	g	65,7	56,2
Umidade	%	2,4	2,5
Umidade Media	%	2,5	

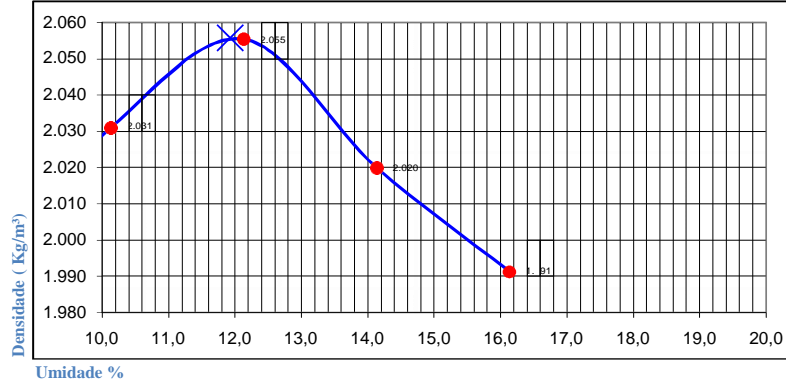
Compactação									
Água Adicionada	g	340	460	580	700	820	Peso do Material		
% Água Adicionada	%	5,7	7,7	9,7	11,7	13,7	6.000,0		
Umidade Adicionada	g	120	120	120	120	120	Peso do Material Seco		
Umidade Calculada	%	8,1	10,1	12,1	14,1	16,1	5.855,7		
Molde	Nº	4	8	10	1	39	Nº	Volume	Altura
M+S+A	g	8.700	9.250	8.800	8.930	9.000	4	2.084	114,3
M- Molde	g	4.210	4.600	4.080	4.160	4.160	8	2.079	114,2
S+A	g	4.490	4.650	4.720	4.770	4.840	10	2.048	114,8
Densidade Úmida	Kg/m³	2.155	2.237	2.305	2.305	2.312	1	2.069	113,5
Densidade Convertida	Kg/m³	2.039	2.077	2.102	2.065	2.034	39	2.093	114,6
Densidade seca	Kg/m³	1.993	2.031	2.055	2.020	1.991			



D.max:	2.056 Kg/m³
H.ót.	11,9 %
I.S.C.	64,9 %
EXP.	0,04 %



ISC %	EXP %
62,0	0,00
63,8	0,04
39,5	0,11



Observação

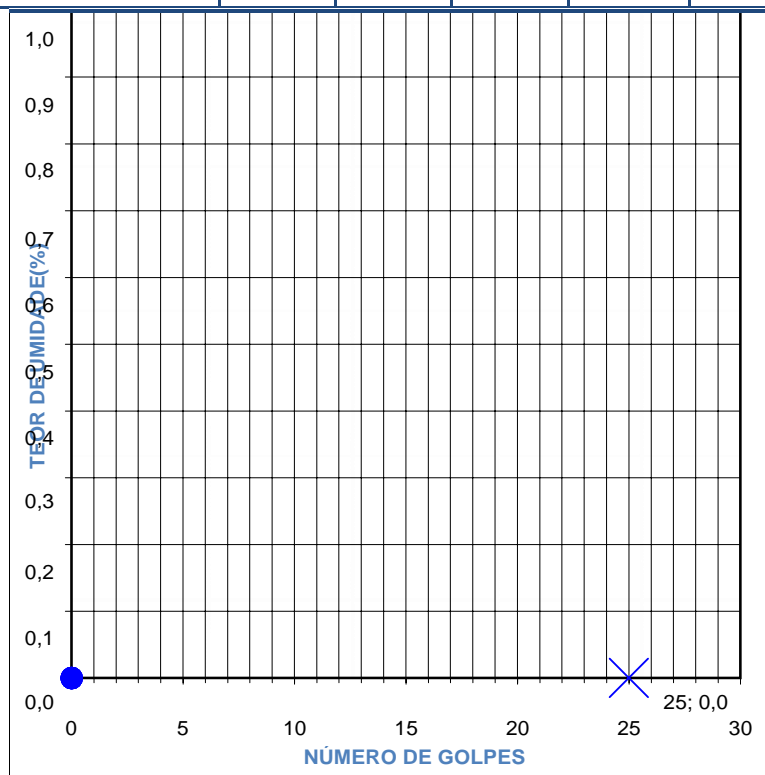
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE SÓLOS

Obra: PALMAS/APARECIDA RIO NEGRO	Trecho: TO-020 Saida p/Aparecida do rio negro	Data: 22/03/18
Estaca: 0 0	Furo: 2	Profundidade (m): 0,00 0,00
Material: Cascalho Lateritico ar.		Estudo: Base
		Operador:

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Umidade Higroscópica			Peneiramento Grosso				
Cápsula N°			Peneiras		Peso da Amostra Seca g		Porcentagem que
C+S+A	g		N°	mm	Retido	Passado	Passa da Amostra Total
C+S	g		2"	50		1.983,2	100,0
A - água	g		1 1/2	38		1.983,2	100,0
C- Cápsula	g		1	25	1,0	1.982,2	99,9
S- Solo	g		3/4	19	71,0	1.911,2	96,4
Umidade	%		3/8	9,5	270,0	1.641,2	82,8
			4	4,8	620,0	1.021,2	51,5
Umidade Media%	2,5		10	2,0	340,0	681,2	34,3
Amostra Total Seca			97,6		Peneiramento Fino		
a) Amostra Total Umida.			2.000,0		Recipiente N°		Peso da Amostra Umida g 100,0
b) Solo seco Ret # N°10.			1.302,0		Peneiras		Peso da Amostra Seca g
c) Solo úmido Pass # N° 10 (a-b).			698,0		N° mm		Retido
d) Solo seco pass # N° 10(c/1+h).			681,2		10 2,0		Passado
e) Amostra Total Seca (b+c).			1983,2		40 0,42		Am Parcial
					200 0,075		Am Total

Limite de Liquidez				Limite de Plasticidade			
Cápsula N°							
C+S+A	g						
C+S	g						
A - água	g						
C- Cápsula	g						
Umidade	%						
N° Golpes							
Constante							
LL Calculado	%						
				Numero de Pontos Aproveitados			
				Limite de Plasticidade Media			



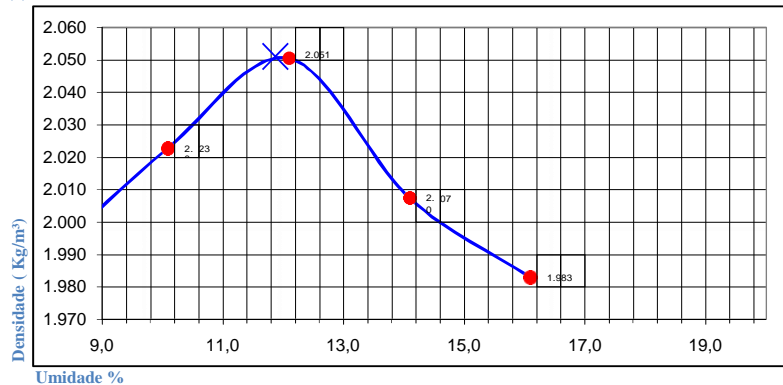
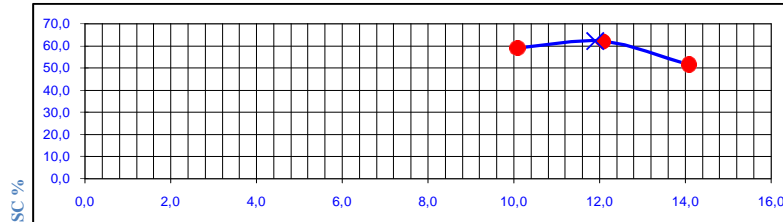
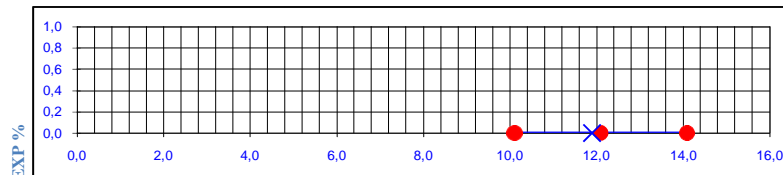
Resumo dos Ensaios Físicos		
Limite de Liquidez		
Limite de Plasticidade		
Índice de Plasticidade		
Equivalente de Areia		
IG		0
HRB		A1-B
Resumo dos Ensaios Granulométricos		
Pedregulho Acima # N° 4	48,5	%
Areia Grossa # N° 4 - 10	17,1	%
Areia Media # N° 10 - 40	10,0	%
Areia Fina # N° 40 - 200	8,0	%
Passado # N° 200	16,4	%
Total	100,0	%
Equivalente de Areia		
Proveta Numero	1	2
h1		
h2		
EA		
EA Médio		
Etapa	Data	Operador
Granulométrica		
LL		
LP		
EA		
Visto		

Compactação

Obra: Palmas/ Aparecida do Rio Negro		Trecho: TO-020 SAIDA P/APARECIDA RIO NEGRO		Data: 22/03/18	
Material:	cascalho lat.ar	Estaca:	0 0	Furo:	3
% Ret # 4:	59,9	Proctor:	Intermediario	Golpes:	26
			Calculador:	Operador:	
		Prof:	0,00 0,70	Estudo: SUB-BASE	

Anotações	Umidade Higroscópica		
	Cápsula	Nº	2
C+S+A	g	88,9	86,7
C+S	g	87,3	85,0
A- Agua	g	1,6	1,7
C- Cápsula	g	16,2	21,5
S- Solo	g	71,1	63,5
Umidade	%	2,3	2,6
Umidade Media	%	2,4	

Compactação									
Agua Adicionada	g	340	460	580	700	820	Peso do Material		
% Água Adicionada	%	5,7	7,7	9,7	11,7	13,7	6.000,0		
Umidade Adicionada	g	120	120	120	120	120	Peso do Material Seco		
Umidade Calculada	%	8,1	10,1	12,1	14,1	16,1	5.857,9		
Molde	Nº	12	15	16	18	22	Nº	Volume	Altura
M+S+A	g	8.555	8.805	8.960	9.030	9.520	12	2,086	114,4
M- Molde	g	4.070	4.135	4.140	4.250	4.865	15	2,097	115,0
S+A	g	4.485	4.670	4.820	4.780	4.655	16	2,097	115,2
Densidade Úmida	Kg/m³	2.150	2.227	2.299	2.290	2.302	18	2,087	115,0
Densidade Convertida	Kg/m³	2.035	2.068	2.096	2.051	2.025	22	2,022	110,0
Densidade seca	Kg/m³	1.989	2.023	2.051	2.007	1.983			



D.max:	2.051 Kg/m³
H.ót.	11,9 %
I.S.C.	62,2 %
EXP.	0,00 %

ISC %	EXP %
58,9	0,00
61,9	0,00
51,5	0,00

Observação

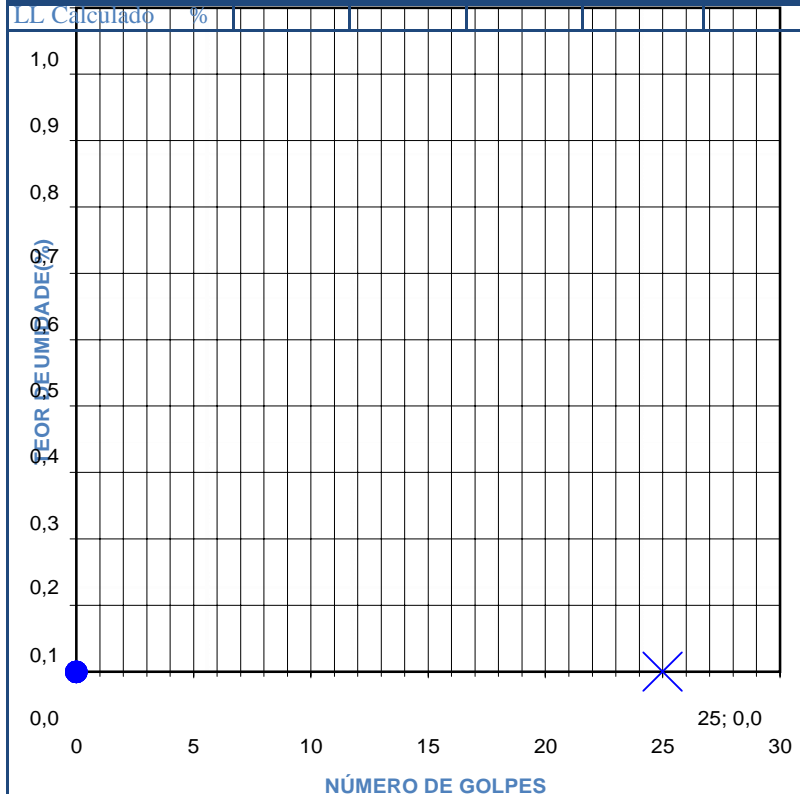
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE SÓLOS

Obra: PALMAS / APARECIDA R.NEGRO	Trecho: TO-020 SAIDA P/APARECIDA RIO NE	Data: 22/03/18
Estaca: 0 0	Furo: 3	Profundidade (m): 0,00 0,70
Material: cascalho lat.ar	Operador:	

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Umidade Higroscópica		Peneiramento Grosso					
Cápsula N°		Peneiras		Peso da Amostra Seca g		Porcentagem que	
C+S+A	g	N°	mm	Retido	Passado	Passa da Amostra Total	
C+S	g	2"	50		1.983,9	100,0	
A - água	g	1 1/2	38		1.983,9	100,0	
C- Cápsula	g	1	25	96,0	1.887,9	95,2	
S- Solo	g	3/4	19	150,0	1.737,9	87,6	
Umidade	%	3/8	9,5	280,0	1.457,9	73,5	
		4	4,8	334,0	1.123,9	56,7	
Umidade Media%	2,1	10	2,0	356,0	767,9	38,7	
Amostra Total Seca		Recipiente N°		Peso da Amostra Umida g		100,0	
a) Amostra Total Umida.	g	97,9					
b) Solo seco Ret # N°10.	g	2.000,0		Peneiras	Peso da Amostra Seca g	Porcentagem que passa da	
c) Solo úmido Pass # N° 10 (a-b).	g	1.216,0		N° mm	Retido	Passado	Am Parcial Am Total
d) Solo seco pass # N° 10(c/1+h).	g	784,0		10 2,0			
e) Amostra Total Seca (b+c).	g	1983,9		40 0,42	36,0	61,9	63,2 24,5
				200 0,075	22,0	39,9	40,8 15,8

Limite de Liquidez				Limite de Plasticidade			
Cápsula N°							
C+S+A	g						
C+S	g						
A - água	g						
C- Cápsula	g						
S- Solo	g						
N° Golpes							
Constante							
LL Cálculo	%						



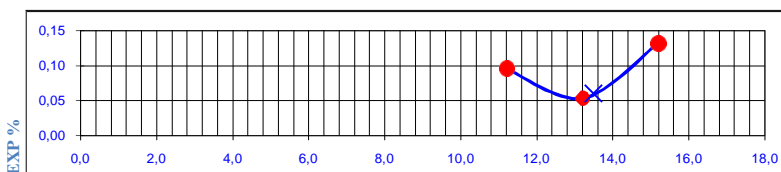
Resumo dos Ensaios Físicos		
Limite de Liquidez		
Limite de Plasticidade		
Índice de Plasticidade		
Equivalente de Areia		
IG		0
HRB		A1-B
Resumo dos Ensaios Granulométricos		
Pedregulho Acima # N° 4	43,3	%
Areia Grossa # N° 4 - 10	17,9	%
Areia Média # N° 10 - 40	14,2	%
Areia Fina # N° 40 - 200	8,7	%
Passado # N° 200	15,8	%
Total	100,0	%
Equivalente de Areia		
Proveta Numero	1	2
h1		
h2		
EA		
EA Médio		
Etapa	Data	Operador
Granulométrica	11/dez	
LL	7,2	
LP	0	
EA	A-1-B	
Visto	dani	

Compactação

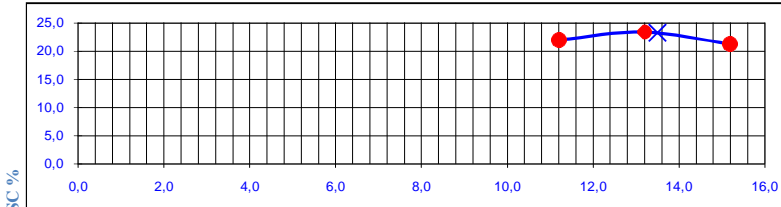
Obra: Palmas/ Aparecida do Rio Negro		Trecho: TO-020 SAIDA P/Aparecida do rio negro		Data: 22/03/18	
Material: Argila.c/pedregulho	Estaca: 0 0	Furo: 1	Prof: 0,00 0,60	Estudo: Subleito	
% Ret # 4: 11.8	Proctor: Normal	Golpes: 12		Calculador:	Operador:

Anotações	Umidade Higroscópica		
	Cápsula	Nº	
	C+S+A	g	90,5
	C+S	g	88,3
	A- Água	g	2,2
	C- Cápsula	g	21,5
	S- Solo	g	66,8
	Umidade	%	3,3
	Umidade Media	%	2,9

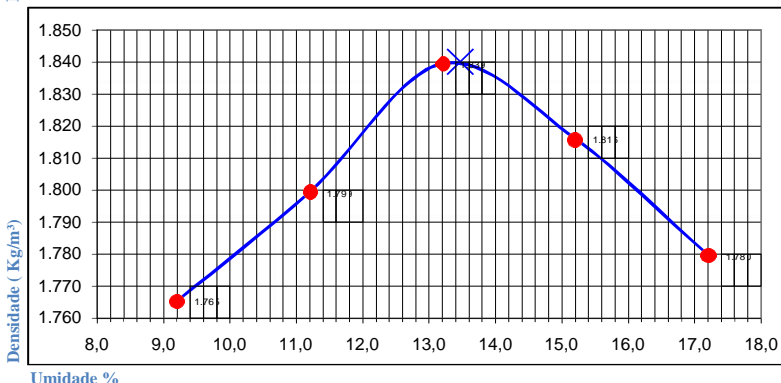
Compactação									
Água Adicionada	g	380	500	620	740	860	Peso do Material		
% Água Adicionada	%	6,3	8,3	10,3	12,3	14,3	6.000,0		
Umidade Adicionada	g	0	0	0	0	0	Peso do Material Seco		
Umidade Calculada	%	9,2	11,2	13,2	15,2	17,2	5.832,7		
Molde	Nº	2	3	5	7	9	Nº	Volume	Altura
M+S+A	g	8.220	8.020	8.120	8.450	8.300	2	2.093	114,2
M- Molde	g	4.185	4.034	3.820	4.105	4.005	3	1.992	114,5
S+A	g	4.035	3.986	4.300	4.345	4.295	5	2.065	112,7
Densidade Umida	Kg/m³	1.928	2.001	2.082	2.092	2.086	7	2.077	113,7
Densidade Convertida	Kg/m³	1.813	1.847	1.887	1.862	1.824	9	2.059	112,0
Densidade seca	Kg/m³	1.765	1.799	1.839	1.816	1.780			



D.max:	1.840 Kg/m³
H.ót.	13,5 %
I.S.C.	23,3 %
EXP.	0,06 %



ISC %	EXP %
22,0	0,10
23,4	0,05
21,2	0,13



--	--

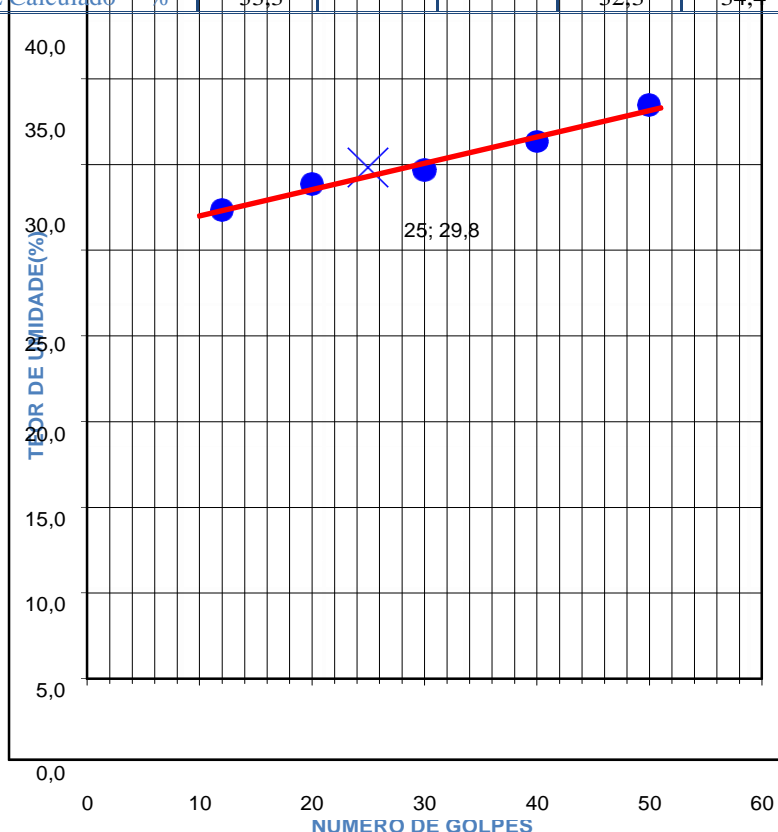
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE SÓLOS

Obra: Palmas serviço TCC	Trecho: TO-020 SAIDA P/Aparecida do rio negro	Data: 22/03/18
Estaca: L/D 0	Furo: 1	Profundidade (m): 0,00 0,60
Material: Argila.c/pedregulho	Estudo: Subleito	
Operador:		

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Umidade Higroscópica		Peneiramento Grosso					
Cápsula N°		Peneiras		Peso da Amostra Seca g		Porcentagem que	
C+S+A	g	N°	mm	Retido	Passado	Passa da Amostra Total	
C+S	g	2"	50		1.944,2	100,0	
A - água	g	1 1/2	38		1.944,2	100,0	
C- Cápsula	g	1	25		1.944,2	100,0	
S- Solo	g	3/4	19		1.944,2	100,0	
Umidade	%	3/8	9,5		1.944,2	100,0	
		4	4,8		1.944,2	100,0	
Umidade Media%	2,9	10	2,0		1.944,2	100,0	
Amostra Total Seca		Recipiente N°		Peso da Amostra Umida g		100,0	
a) Amostra Total Umida.	g	2.000,0		Peso da Amostra Seca g		Porcentagem que passa da	
G							
b) Solo seco Ret # N°10.	g	0,0		N°	mm	Retido	Passado
G						Am Parcial	Am Total
c) Solo úmido Pass # N°10 (a-b).	g	2.000,0		10	2,0		
d) Solo seco pass #N° 10(c/1+h).	g	1944,2		40	0,42	42,6	54,6
e) Amostra Total Seca (b+c).	g	1944,2		200	0,075	17,9	36,7
						37,8	37,8

Cápsula N°	Limite de Liquidez					Limite de Plasticidade					
	1	2	3	4	6	7	5	12	14	13	
C+S+A	g	15,50	15,90	16,50	15,47	16,04	10,90	11,20	10,39	11,00	10,90
C+S	g	14,10	14,30	13,89	12,90	14,10	10,10	10,73	9,67	9,98	10,43
A - água	g	1,40	1,60	2,61	2,57	1,94	0,80	0,47	0,72	1,02	0,47
C- Cápsula	g	8,98	8,75	5,10	4,70	8,30	5,97	8,33	5,97	4,94	8,07
S- Solo	g	5,12	5,55	8,79	8,20	5,80	4,13	2,40	3,70	5,04	2,36
Umidade	%	27,3	28,8	29,7	31,3	33,4	19,4	19,6	19,5	20,2	19,9
N° Golpes		12	20	30	40	50	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Constante	Média			1,029	1,029	Numero de Pontos Aproveitados				5,0	
LL Calculado	%	33,3			32,3	34,4	Limite de Plasticidade Média				19,7



Resumo dos Ensaios Físicos

Limite de Liquidez	29,8
Limite de Plasticidade	19,7
Índice de Plasticidade	10,1
Equivalente de Areia	
IG	0
HRB	A-4

Resumo dos Ensaios Granulométricos

Pedregulho Acima # N° 4	0,0	%
Areia Grossa # N° 4 - 10	0,0	%
Areia Média # N° 10 - 40	43,8	%
Areia Fina # N° 40 - 200	18,4	%
Passado # N° 200	37,8	%
Total	100,0	%

Equivalente de Areia

Proveta Numero	1	2
h1		
h2		
EA		
EA Médio		

Etapa	Data	Operador
Granulometria		
LL		
LP		
EA		
Visto		

Obra:	Palmas/Aparecida do Rio Negro			Trecho:	TO-020 Saida p/Aparecida do Rio Negro		
Estaca:	0	0	Furo:	2	Estudo:	Base	
Const:	0,119		Data:	22/03/18		Operador:	
Material:	0						

ENSAIO DE EXPANSÃO

Molde N.º 8						Molde N.º 10						Molde N.º 1					
Data	Altur	Hora	Leitura	Diferença	%	Data	Altur	Hora	Leitura	Diferença	%	Data	Altur	Hora	Leitura	Diferença	%
22/3	114,2	11:00	1,00	0,00	0,00	22/3	114,8	11:00	1,00	0,00	0,00	22/3	113,5	11:00	1,00	0,00	0,00
23/3		11:00	1,00	0,00	0,00	23/3		11:00	1,01	0,01	0,01	23/3		11:00	1,03	0,03	0,03
24/3		11:00	1,00	0,00	0,00	24/3		11:00	1,02	0,02	0,02	24/3		11:00	1,06	0,06	0,05
25/3		11:00	1,00	0,00	0,00	25/3		11:00	1,04	0,04	0,03	25/3		11:00	1,09	0,09	0,08
26/3		11:00	1,00	0,00	0,00	26/3		11:00	1,05	0,05	0,04	26/3		11:00	1,12	0,12	0,11

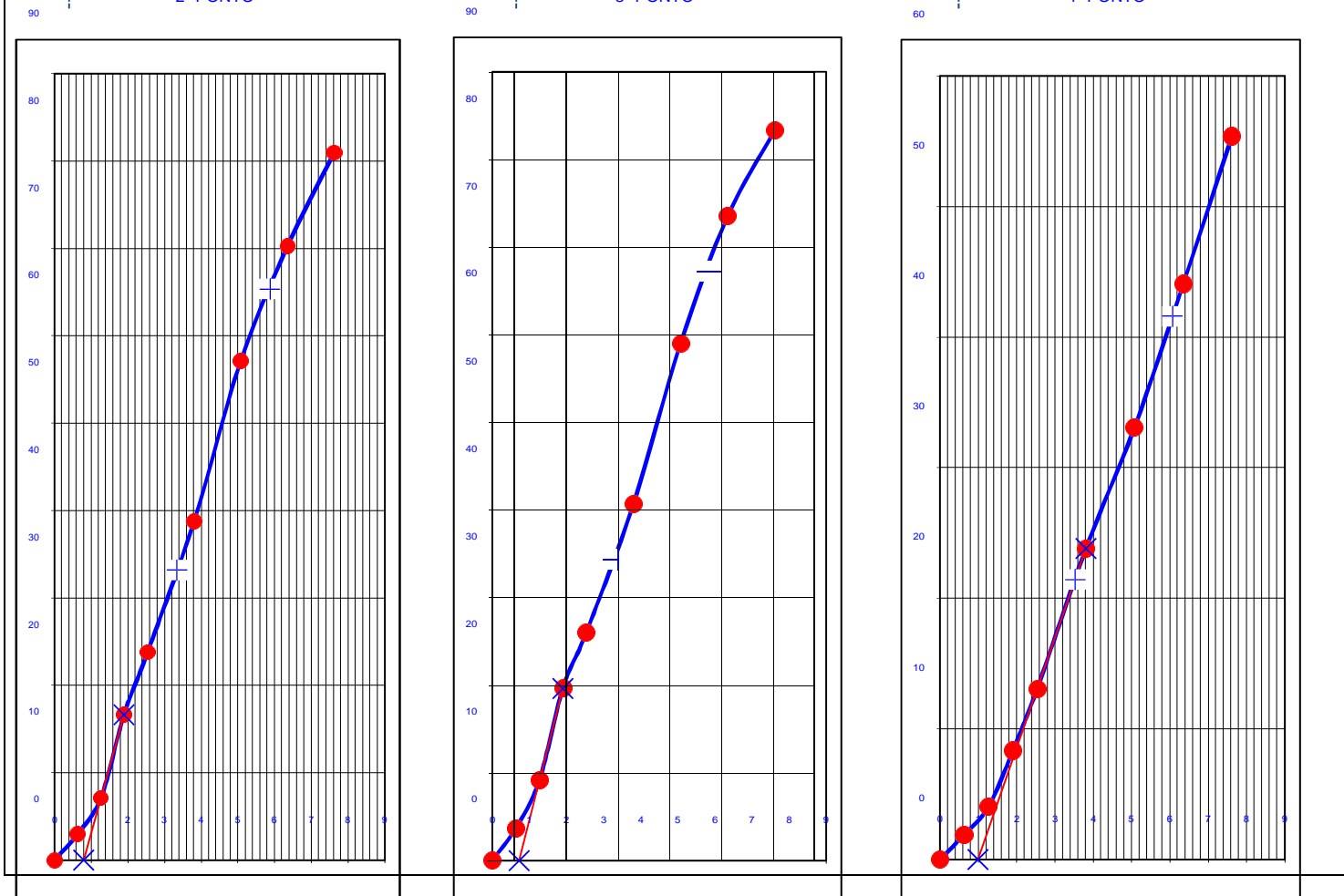
ENSAIO DE I.S.C.

Penet	Temp	Leitura	Pressão	Pres. Padr	ISC	ISC	Penet	Temp	Leitura	Pressão	Pres. Padr	ISC	ISC	Penet	Temp	Leitura	Pressão	Pres. Padr	ISC	ISC
mm	Min	Extens	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Corr	mm	Min	Extens	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Corr	mm	Min	Extens	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Corr
0,63	0,5	25	3,0				0,63	0,5	31	3,7				0,63	0,5	16	1,9			
1,27	1,0	60	7,1				1,27	1,0	77	9,2				1,27	1,0	34	4,0			
1,90	1,5	140	16,7				1,90	1,5	165	19,6				1,90	1,5	70	8,3			
2,54	2,0	200	23,8	70,31	33,9	47,2	2,54	2,0	219	26,1	70,31	37,1	48,9	2,54	2,0	110	13,1	70,31	18,6	30,5
3,81	3,0	326	38,8				3,81	3,0	342	40,7				3,81	3,0	200	23,8			
5,08	4,0	480	57,1	105,46	54,2	62,0	5,08	4,0	496	59,0	105,46	56,0	63,8	5,08	4,0	278	33,1	105,46	31,4	39,5
6,35	5,0	590	70,2				6,35	5,0	618	73,5				6,35	5,0	370	44,0			
7,62	6,0	680	80,9				7,62	6,0	700	83,3				7,62	6,0	465	55,3			
8,89	7,0						8,89	7,0						8,89	7,0					
10,16	8,0						10,16	8,0						10,16	8,0					
11,43	9,0						11,43	9,0						11,43	9,0					
12,70	10,0						12,70	10,0						12,70	10,0					

2º PONTO

3º PONTO

4º PONTO



Obra:	Palmas/Aparecida do Rio Negro	Trecho:	TO-020 SAIDA P/APARECIDA
Estaca:	0	Furo:	3
Const:	0,119	Data:	22/03/18
Material:		Operador:	0
		Estudo:	SUB-BASE

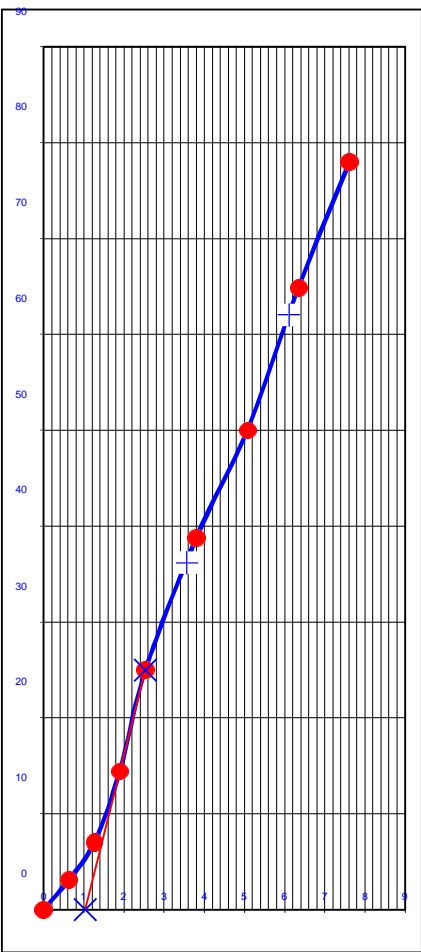
ENSAIO DE EXPANSÃO

Molde N.º		15					Molde N.º		16					Molde N.º		18				
Data	Altur	Hora	Leitura	Diferença	%	Data	Altur	Hora	Leitura	Diferença	%	Data	Altur	Hora	Leitura	Diferença	%			
22/3	115,0	0:00	1,00	0,00	0,00	22/3	115,2	0:00	1,00	0,00	0,00	22/3	115,0	0:00	1,00	0,00	0,00			
23/3		0:00	1,00	0,00	0,00	23/3		0:00	1,00	0,00	0,00	23/3		0:00	1,00	0,00	0,00			
24/3		0:00	1,00	0,00	0,00	24/3		0:00	1,00	0,00	0,00	24/3		0:00	1,00	0,00	0,00			
25/3		0:00	1,00	0,00	0,00	25/3		0:00	1,00	0,00	0,00	25/3		0:00	1,00	0,00	0,00			
26/3		0:00	1,00	0,00	0,00	26/3		0:00	1,00	0,00	0,00	26/3		0:00	1,00	0,00	0,00			

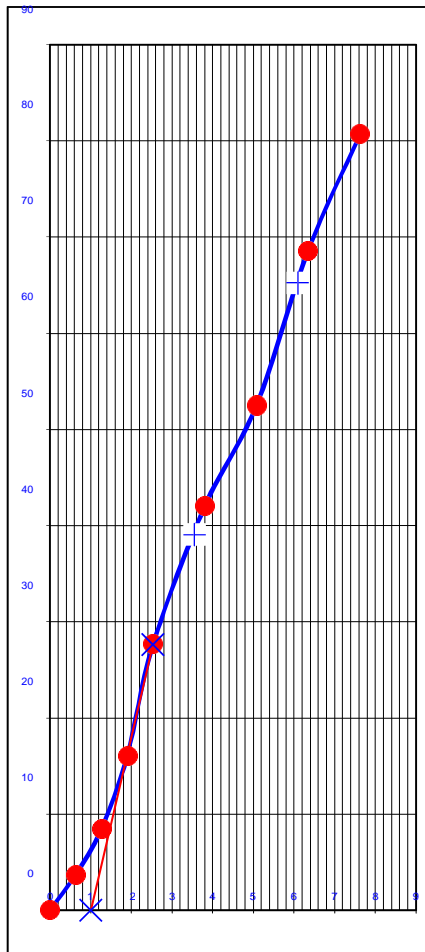
ENSAIO DE I.S.C.

Penet	Temp	Leitura	Pressão	Pres. Padr	ISC	ISC	Penet	Temp	Leitura	Pressão	Pres. Padr	ISC	ISC	Penet	Temp	Leitura	Pressão	Pres. Padr	ISC	ISC
mm	Min	Extens	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Corr	mm	Min	Extens	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Corr	mm	Min	Extens	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Corr
0,63	0,5	26	3,1				0,63	0,5	31	3,7				0,63	0,5	20	2,4			
1,27	1,0	59	7,0				1,27	1,0	71	8,4				1,27	1,0	45	5,4			
1,90	1,5	121	14,4				1,90	1,5	135	16,1				1,90	1,5	90	10,7			
2,54	2,0	210	25,0	70,31	35,5	51,5	2,54	2,0	232	27,6	70,31	39,3	55,5	2,54	2,0	169	20,1	70,31	28,6	38,9
3,81	3,0	326	38,8				3,81	3,0	353	42,0				3,81	3,0	235	28,0			
5,08	4,0	420	50,0	105,46	47,4	58,9	5,08	4,0	441	52,5	105,46	49,8	61,9	5,08	4,0	328	39,0	105,46	37,0	51,5
6,35	5,0	545	64,9				6,35	5,0	576	68,5				6,35	5,0	467	55,6			
7,62	6,0	655	77,9				7,62	6,0	678	80,7				7,62	6,0	589	70,1			
8,89	7,0						8,89	7,0						8,89	7,0					
10,16	8,0						10,16	8,0						10,16	8,0					
11,43	9,0						11,43	9,0						11,43	9,0					
12,70	10,0						12,70	10,0						12,70	10,0					

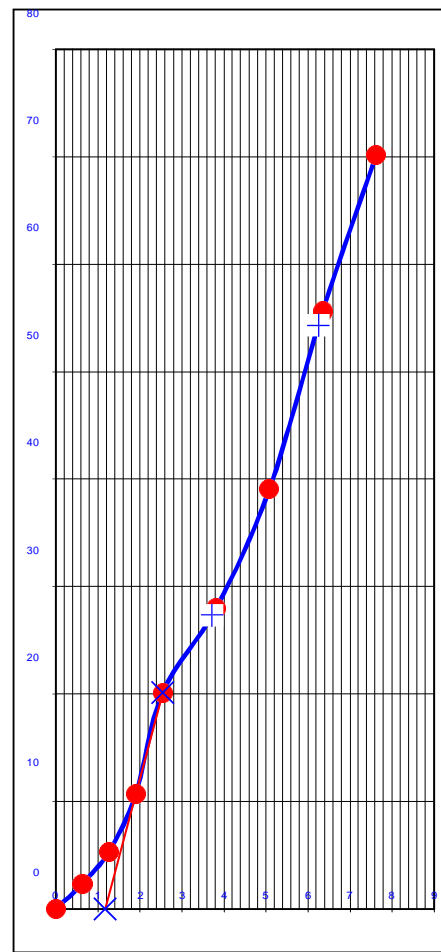
2º PONTO



3º PONTO



4º PONTO



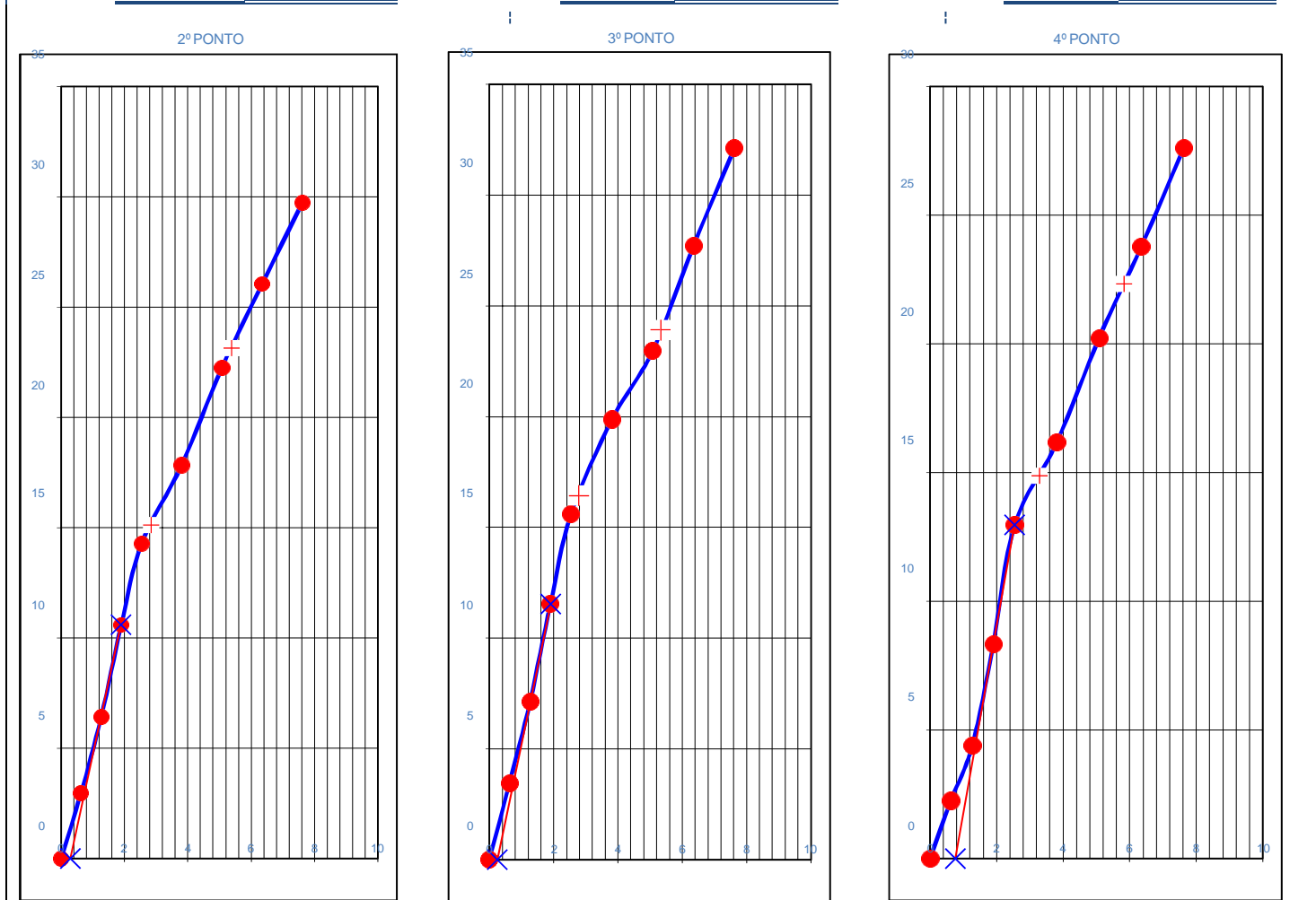
Obra:	Palma/Aparecida do Rio Negro	Trecho:	TO-020 saída p/Aparecida
Estaca:	0 0	Furo:	4
Const:	0,119	Data:	22/03/18
Material:	Argila silt. C/Pedregulho		
		Operador:	Subleito

ENSAIO DE EXPANSÃO

Molde N.º 3						Molde N.º 5						Molde N.º 7					
Data	Altur	Hora	Leitura	Diferença	%	Data	Altur	Hora	Leitura	Diferença	%	Data	Altur	Hora	Leitura	Diferença	%
22/3	114,5	15:00	1,00	1,00	0,00	22/3	112,7	15:00	1,00	0,00	0,00	22/3	113,7	15:00	1,00	0,00	0,00
23/3		15:00	1,02	0,02	0,02	23/3		15:00	1,01	0,01	0,01	23/3		15:00	1,04	0,04	0,04
24/3		15:00	1,06	0,06	0,05	24/3		15:00	1,03	0,03	0,03	24/3		15:00	1,07	0,07	0,06
25/3		15:00	1,09	0,09	0,08	25/3		15:00	1,05	0,05	0,04	25/3		15:00	1,10	0,10	0,09
26/3		15:00	1,11	0,11	0,10	26/3		15:00	1,06	0,06	0,05	26/3		15:00	1,15	0,15	0,13

ENSAIO DE I.S.C.

Penet	Temp	Leitura	Pressão	Pres. Padr	ISC	ISC	Penet	Temp	Leitura	Pressão	Pres. Padr	ISC	ISC	Penet	Temp	Leitura	Pressão	Pres. Padr	ISC	ISC
mm	Min	Extens	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Corr	mm	Min	Extens	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Corr	mm	Min	Extens	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Corr
0,63	0,5	25	3,0				0,63	0,5	29	3,5				0,63	0,5	19	2,3			
1,27	1,0	54	6,4				1,27	1,0	60	7,1				1,27	1,0	37	4,4			
1,90	1,5	89	10,6				1,90	1,5	97	11,5				1,90	1,5	70	8,3			
2,54	2,0	120	14,3	70,31	20,3	21,5	2,54	2,0	131	15,6	70,31	22,2	23,4	2,54	2,0	109	13,0	70,31	18,4	21,2
3,81	3,0	150	17,9				3,81	3,0	167	19,9				3,81	3,0	136	16,2			
5,08	4,0	187	22,3	105,46	21,1	22,0	5,08	4,0	193	23,0	105,46	21,8	22,7	5,08	4,0	170	20,2	105,46	19,2	21,2
6,35	5,0	219	26,1				6,35	5,0	233	27,7				6,35	5,0	200	23,8			
7,62	6,0	250	29,8				7,62	6,0	270	32,1				7,62	6,0	232	27,6			
8,89	7,0						8,89	7,0						8,89	7,0					
10,16	8,0						10,16	8,0						10,16	8,0					
11,43	9,0						11,43	9,0						11,43	9,0					
12,70	10,0						12,70	10,0						12,70	10,0					



Técnico Responsável. Visto: _____

Local **TO-020 SAIDA APARECIDA DO R.NEGRO/PALMAS** Data: **22/03/18**Obra: **TCC** Estudo: **BASE****DENSIDADE IN SITU - FRASCO DE AREIA**

Furo	1									
Estaca										
Posição	B/D									
Peso de jarro antes	6.000									
Peso de jarro depois	3.435									
Peso de areia sem correção	2.565									
Correção (funil)	535									
Peso de areia corrigido	2.030									
Densidade de areia	1.525									
Volume do furo	1,331									
Peso do material retirado	3.121									
Densidade úmida	2.345									
Teor de umidade %	13,0									
Densidade seca	2.075									
Espes. da camada. Inicial	0,00									
Espes. da camada. Final	0,20									

DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

Recipiente N.º										
Amostra+ Tara + Água										
Amostra + Tara										
Peso da Tara										
Peso da Água										
Peso do Solo Seco										
Teor da Umidade %										

Umidade ótima %	11,1									
Densidade Máxima Seca	2.069									
Grau de compactação	100,3									

Encarregado do Laboratório

Técnico Responsável. Visto: _____

Local TO-020 APARECIDA DO R.NEGRO A PALMAS **Data:** 22/03/18
Obra: TCC **Estudo:** SUB-BASE

DENSIDADE IN SITU - FRASCO DE AREIA

Furo	1									
Estaca										
Posição	EX									
Peso de jarro antes	6.000									
Peso de jarro depois	3.289									
Peso de areia sem correção	2.711									
Correção (funil)	535									
Peso de areia corrigido	2.176									
Densidade de areia	1.525									
Volume do furo	1,427									
Peso do material retirado	3.311									
Densidade úmida	2.320									
Teor de umidade %	13,0									
Densidade seca	2.053									
Espes. da camada. Inicial	0,00									
Espes. da camada. Final	0,20									

Recipiente N.º										
Amostra+ Tara + Água										
Amostra + Tara										
Peso da Tara										
Peso da Água										
Peso do Solo Seco										
Teor da Umidade %										

Umidade ótima %	12,2									
Densidade Máxima Seca	2.044									
Grau de compactação	100,5									

Encarregado do Laboratório

Técnico Responsável. Visto: _____

Local TO-020 APARECIDA DO RIO NEGRO A PALMAS **Data:** 22/03/18
Obra: TCC **Estudo:** SUBLEITO

DENSIDADE IN SITU - FRASCO DE AREIA

Furo	1									
Estaca										
Posição	B.E									
Peso de jarro antes	6.000									
Peso de jarro depois	3.355									
Peso de areia sem correção	2.645									
Correção (funil)	535									
Peso de areia corrigido	2.110									
Densidade de areia	1.525									
Volume do furo	1,384									
Peso do material retirado	2.833									
Densidade úmida	2.048									
Teor de umidade %	11,7									
Densidade seca	1.833									
Espes. da camada. Inicial	0,00									
Espes. da camada. Final	0,20									

DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

Recipiente N.º										
Amostra+ Tara + Água										
Amostra + Tara										
Peso da Tara										
Peso da Água										
Peso do Solo Seco										
Teor da Umidade %										

Umidade ótima %	12,9									
Densidade Máxima Seca	1.830									
Grau de compactação	100,2									

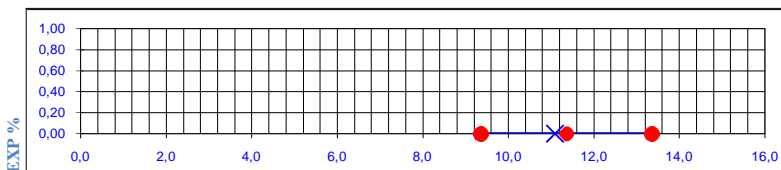
Encarregado do Laboratório

Compactação

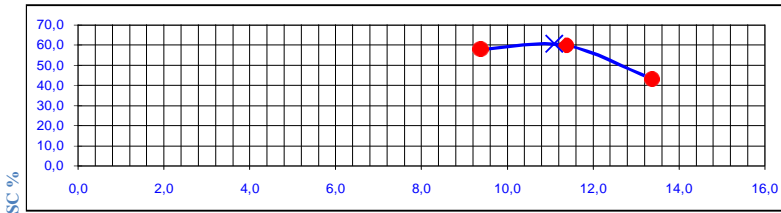
Obra: APARECIDA R.NEGRO/PALMAS	Trecho: SAIDA APARECIDA R.NEGRO/PALMAS	Data: 22/03/18
Material: Cascalho laterítico.ar	Estaca: 0 0	Furo: 1
% Ret # 4: 54,9	Proctor: Intermediário	Golpes: 26
Calculador:	Operador:	

Anotações	Umidade Higroscópica	
	Cápsula	Nº
C+S+A	g	90,5 91,3
C+S	g	89,0 90,3
A- Água	g	1,5 1,0
C- Cápsula	g	16,2 16,2
S- Solo	g	72,8 74,1
Umidade	%	2,1 1,3
Umidade Media	%	1,7

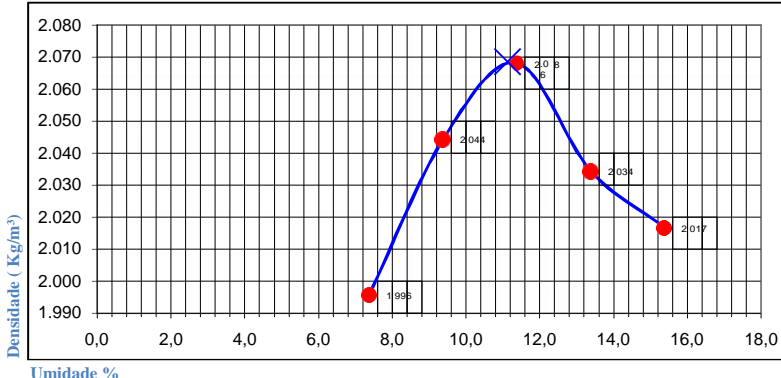
Compactação									
Água Adicionada	g	340	460	580	700	820	Peso do Material		
% Água Adicionada	%	5,7	7,7	9,7	11,7	13,7	6.000,0		
Umidade Adicionada	g	0	0	0	0	0	Peso do Material Seco		
Umidade Calculada	%	7,4	9,4	11,4	13,4	15,4	5.899,4		
Molde	Nº	2	3	5	7	9	Nº	Volume	Altura
M+S+A	g	8.670	8.689	8.620	8.900	8.640	17	2.093	112,8
M- Molde	g	4.185	4.034	3.820	4.105	4.005	11	2.082	114,2
S+A	g	4.485	4.655	4.800	4.795	4.635	4	2.084	114,3
Densidade Úmida	Kg/m³	2.143	2.236	2.303	2.306	2.327	8	2.079	114,2
Densidade Convertida	Kg/m³	2.028	2.077	2.100	2.065	2.047	3	1.992	114,5
Densidade seca	Kg/m³	1.996	2.044	2.068	2.034	2.017			



D.max:	2.069 Kg/m³
H.ót.	11,1 %
I.S.C.	60,7 %
EXP.	0,00 %



ISC %	EXP %
58,0	0,00
59,9	0,00
43,1	0,00



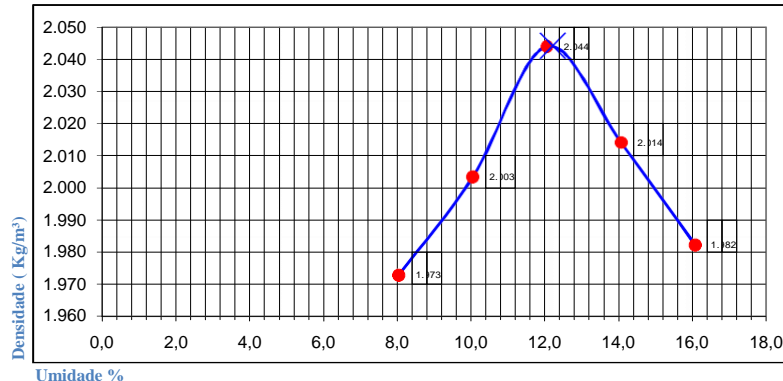
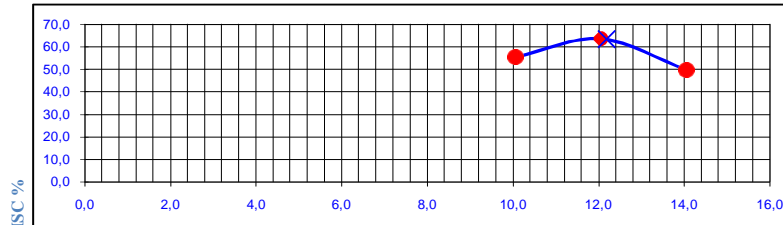
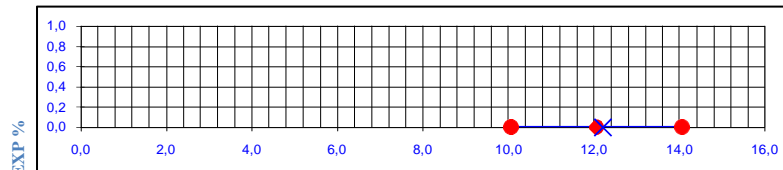
--	--

Compactação

Obra: APARECIDA R.NEGRO A PALMAS	Trecho: SAIDA APARECIDA A PALMAS	Data: 22/03/18
Material: CASCALHO LAT.AR	Estaca: 0 0	Furo: 5 Profun: 0,00 0,00
% Ret # 4: 58,8	Proctor: Intermediario	Golpes: 26
Calculador:		Operador:
		Estudo: SUB-BASE

Anotações	Umidade Higroscópica		
		Cápsula	Nº
	C+S+A	g	80,9
	C+S	g	79,4
	A- Água	g	1,5
	C- Cápsula	g	16,2
	S- Solo	g	63,2
	Umidade	%	2,4
	Umidade Media	%	2,4

Compactação										
Água Adicionada	g	340	460	580	700	820	Peso do Material			
% Água Adicionada	%	5,7	7,7	9,7	11,7	13,7	6.000,0			
Umidade Adicionada	g	120	120	120	120	120	Peso do Material Seco			
Umidade Calculada	%	8,1	10,1	12,1	14,1	16,1	5.859,9			
Molde	Nº	38	39	40	42	44	Nº	Volume	Altura	
M+S+A	g	8.565	8.775	8.940	9.055	8.980	38	2.106	114,9	
M- Molde	g	4.075	4.160	4.105	4.210	4.105	39	2.093	114,6	
S+A	g	4.490	4.615	4.835	4.845	4.875	40	2.111	114,8	
Densidade Úmida	Kg/m³	%	2.132	2.205	2.290	2.297	2.301	42	2.109	115,1
Densidade Convertida	Kg/m³	%	2.018	2.048	2.088	2.057	2.024	44	2.119	116,0
Densidade seca	Kg/m³	%	1.973	2.003	2.044	2.014	1.982	:	:	:



D.max:	2.044 Kg/m³
H.ót.	12,2 %
I.S.C.	63,4 %
EXP.	0,00 %

ISC %	EXP %
55,5	0,00
63,7	0,00
49,8	0,00

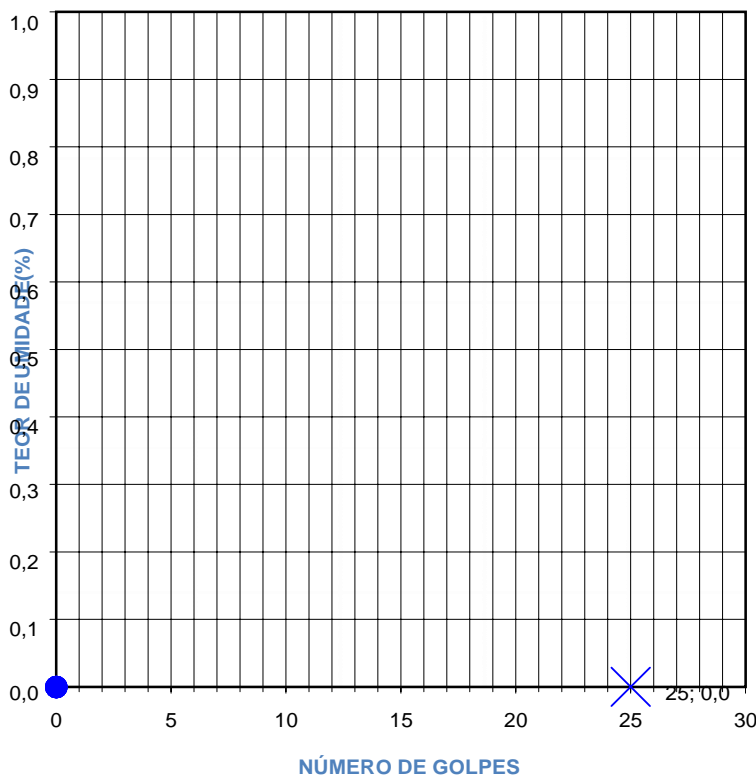
Observação

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE SÓLOS

Obra: APARECIDA R.NEGRO A PALMAS	Trecho: SAIDA APARECIDA A PALMAS	Data: 22/03/18
Estaca: 0 0	Furo: 5	Profundidade (m): 0,00 0,00
Material: CASCALHO LAT.AR	Operador:	0

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Umidade Higroscópica			Peneiramento Grosso					
Cápsula N°			Peneiras		Peso da Amostra Seca g		Porcentagem que	
C+S+A	g		N°	mm	Retido	Passado	Passa da Amostra Total	
C+S	g		2"	50		1.973,8	100,0	
A - água	g		1 1/2	38		1.973,8	100,0	
C- Cápsula	g		1	25	33,0	1.940,8	98,3	
S- Solo	g		3/4	19	89,0	1.851,8	93,8	
Umidade	%		3/8	9,5	145,0	1.706,8	86,5	
			4	4,8	289,7	1.417,1	71,8	
Umidade Media%	2,4		10	2,0	321,9	1.095,2	55,5	
			Peneiramento Fino					
Amostra Total Seca			97,7	Recipiente N°		Peso da Amostra Umida g		100,0
a) Amostra Total Umida.			2.000,0	Peneiras		Peso da Amostra Seca g		Porcentagem que passa da
b) Solo seco Ret # N°10.			878,6	N°	mm	Retido	Passado	Am Parcial
c) Solo úmido Pass # N° 10 (a-b).			1.121,4	10	2,0			Am Total
d) Solo seco pass # N° 10(c/1+h).			1095,2	40	0,42	22,8	74,9	76,7
e) Amostra Total Seca (b+c).			1973,8	200	0,075	45,8	29,1	29,8
								16,5
Limite de Liquidez					Limite de Plasticidade			
Cápsula N°								
C+S+A	g							
C+S	g							
A - água	g							
C- Cápsula	g							
S- Solo	g							
Umidade	%							
N° Golpes								
Constante						Numero de Pontos Aproveitados		5,0
LL Calculado	%					Limite de Plasticidade Media		0,0



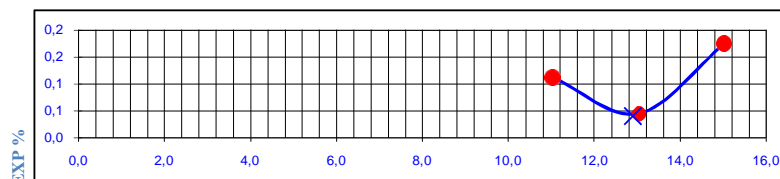
Resumo dos Ensaios Físicos		
Limite de Liquidez		NL
Limite de Plasticidade		0,0
Índice de Plasticidade		NP
Equivalente de Areia		
IG		0
HRB		A1-B
Resumo dos Ensaios Granulométricos		
Pedregulho Acima # N° 4	28,2	%
Areia Grossa # N° 4 - 10	16,3	%
Areia Media # N° 10 - 40	13,0	%
Areia Fina # N° 40 - 200	26,0	%
Passado # N° 200	16,5	%
Total	100,0	%
Equivalente de Areia		
Proveta Numero	1	2
h1		
h2		
EA		
EA Médio		
Etapa	Data	Operador
Granulométrica		
LL		
LP		
EA		
Visto		

Compactação

Obra: APARECIDA DO R.NEGRO/PALMAS		Trecho: SAIDA APARECIDA R. NEGRO/PALMAS		Data: 22/03/18	
Material: Argila arenosa com pedregulho	Estaca: 0 0	Furo: 4	Profun: 0,00 0,00	Estudo: SUBLEITO	
% Ret # 4: 12,8	Proctor: NORMAL	Golpes: 12	Calculador:	Operador:	

Anotações	Umidade Higroscópica	
		Nº
	g	83,9 82,8
	g	81,9 81,0
	g	2,0 1,8
	g	9,3 12,4
	g	72,7 68,6
	%	2,8 2,6
	%	2,7

Compactação										
Água Adicionada	g	380	500	620	740	860	Peso do Material			
% Água Adicionada	%	6,3	8,3	10,3	12,3	14,3	6.000,0			
Umidade Adicionada	g	120	120	120	120	120	Peso do Material Seco			
Umidade Calculada	%	9,0	11,0	13,0	15,0	17,0	5.842,9			
Molde	Nº	17	14	19	2	6	Nº	Volume	Altura	
M+S+A	g	8.910	8.320	8.230	8.324	8.180	17	2.087	112,8	
M- Molde	g	4.890	4.155	3.930	4.005	3.950	14	2.077	115,5	
S+A	g	4.020	4.165	4.300	4.319	4.230	19	2.079	112,5	
Densidade Úmida	Kg/m³	%	1.926	2.005	2.068	2.067	2.059	2	2.089	114,2
Densidade Convertida	Kg/m³	%	1.811	1.851	1.875	1.841	1.801	6	2.054	112,8
Densidade seca	Kg/m³	%	1.767	1.806	1.830	1.797	1.760	:	:	:

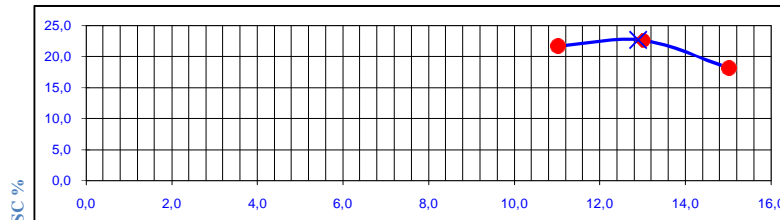


D.max: 1.830 Kg/m³

H.ót. 12,9 %

I.S.C. 22,7 %

EXP. 0,04 %

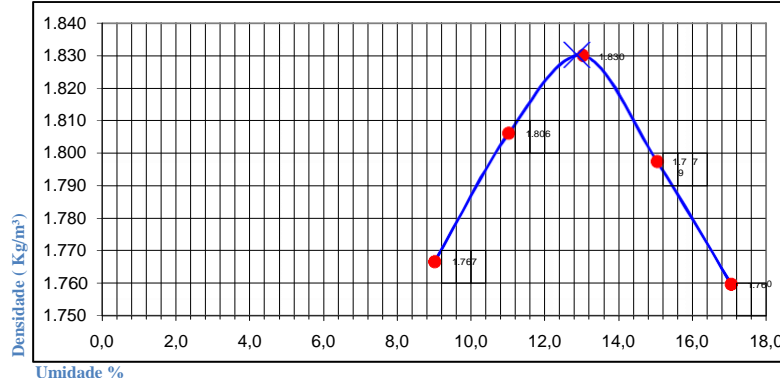


ISC % EXP %

21,7 0,11

22,6 0,04

18,2 0,18



Observação

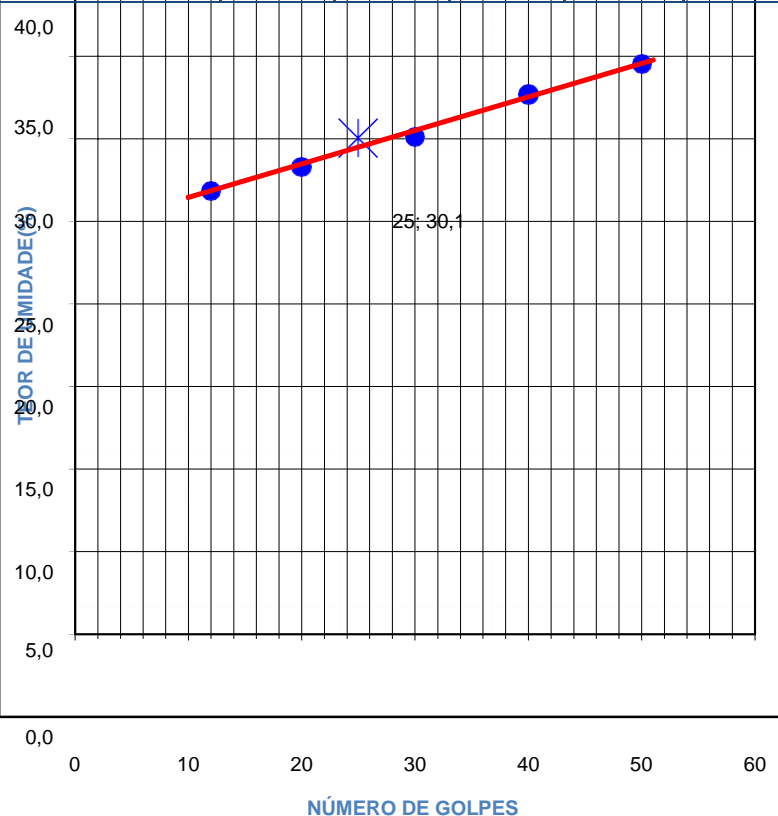
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE SÓLOS

Obra: APARECIDA DO R.NEGRO/PALMAS	Trecho: SAIDA APARECIDA R. NEGRO/PALM	Data: 22/03/18
Estaca: 0 0	Furo: 4	Profundidade (m): 0,00 0,00
Material: Argila arenosa com pedregulho	Operador:	0

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Umidade Higroscópica			Peneiramento Grosso					
Cápsula N°			Peneiras		Peso da Amostra Seca g		Porcentagem que	
C+S+A	g		N°	mm	Retido	Passado	Passa da Amostra Total	
C+S	g		2"	50		1.947,6	100,0	
A - água	g		1 1/2	38		1.947,6	100,0	
C- Cápsula	g		1	25		1.947,6	100,0	
S- Solo	g		3/4	19		1.947,6	100,0	
Umidade	%		3/8	9,5		1.947,6	100,0	
			4	4,8		1.947,6	100,0	
Umidade Media%	2,7		10	2,0		1.947,6	100,0	
Amostra Total Seca			Peneiramento Fino					
g			97,4	Recipiente N°		Peso da Amostra Umida g		100,0
a) Amostra Total Umida.	g	2.000,0	Peneiras		Peso da Amostra Seca g		Porcentagem que passa da	
b) Solo seco Ret # N°10.	g	0,0	N°	mm	Retido	Passado	Am Parcial	Am Total
c) Solo úmido Pass # N° 10 (a-b).	g	2.000,0	10	2,0				
d) Solo seco pass # N° 10(c/1+h).	g	1947,6	40	0,42	23,0	74,4	76,4	76,4
e) Amostra Total Seca (b+c).	g	1947,6	200	0,075	36,7	37,7	38,7	38,7

Limite de Liquidez						Limite de Plasticidade				
Cápsula N°	4	7	14	11	21	34	22	36	33	41
C+S+A	g	17,89	18,90	18,00	19,67	20,09	12,23	13,11	13,89	14,67
C+S	g	15,10	16,05	14,98	16,73	16,33	11,23	12,16	12,86	13,44
A - água	g	2,79	2,85	3,02	2,94	3,76	1,00	0,95	1,03	1,23
C- Cápsula	g	4,70	5,97	4,94	7,73	5,43	6,07	7,32	7,56	7,39
S- Solo	g	10,40	10,08	10,04	9,00	10,90	5,16	4,84	5,30	6,05
Umidade	%	26,8	28,3	30,1	32,7	34,5	19,4	19,6	19,4	20,3
N° Golpes		12	20	30	40	50	SIM	SIM	SIM	SIM
Constante	Média				1,029	1,029				
LL Calculado	%	34,6			33,6	35,5	Numero de Pontos Aproveitados			5,0
							Limite de Plasticidade Media			19,7



Resumo dos Ensaios Físicos		
Limite de Liquidez	30,1	
Limite de Plasticidade	19,7	
Índice de Plasticidade	10,4	
Equivalente de Areia	#DIV/0!	
IG	1	
HRB	A-4	
Resumo dos Ensaios Granulométricos		
Pedregulho Acima # N° 4	0,0 %	
Areia Grossa # N° 4 - 10	0,0 %	
Areia Media # N° 10 - 40	23,6 %	
Areia Fina # N° 40 - 200	37,7 %	
Passado # N° 200	38,7 %	
Total	100,0 %	
Equivalente de Areia		
Proveta Numero	1 2	
h1		
h2		
EA		
EA Médio		
Etapa	Data	Operador
Granulométrica		
LL		
LP		
EA		
Visto		

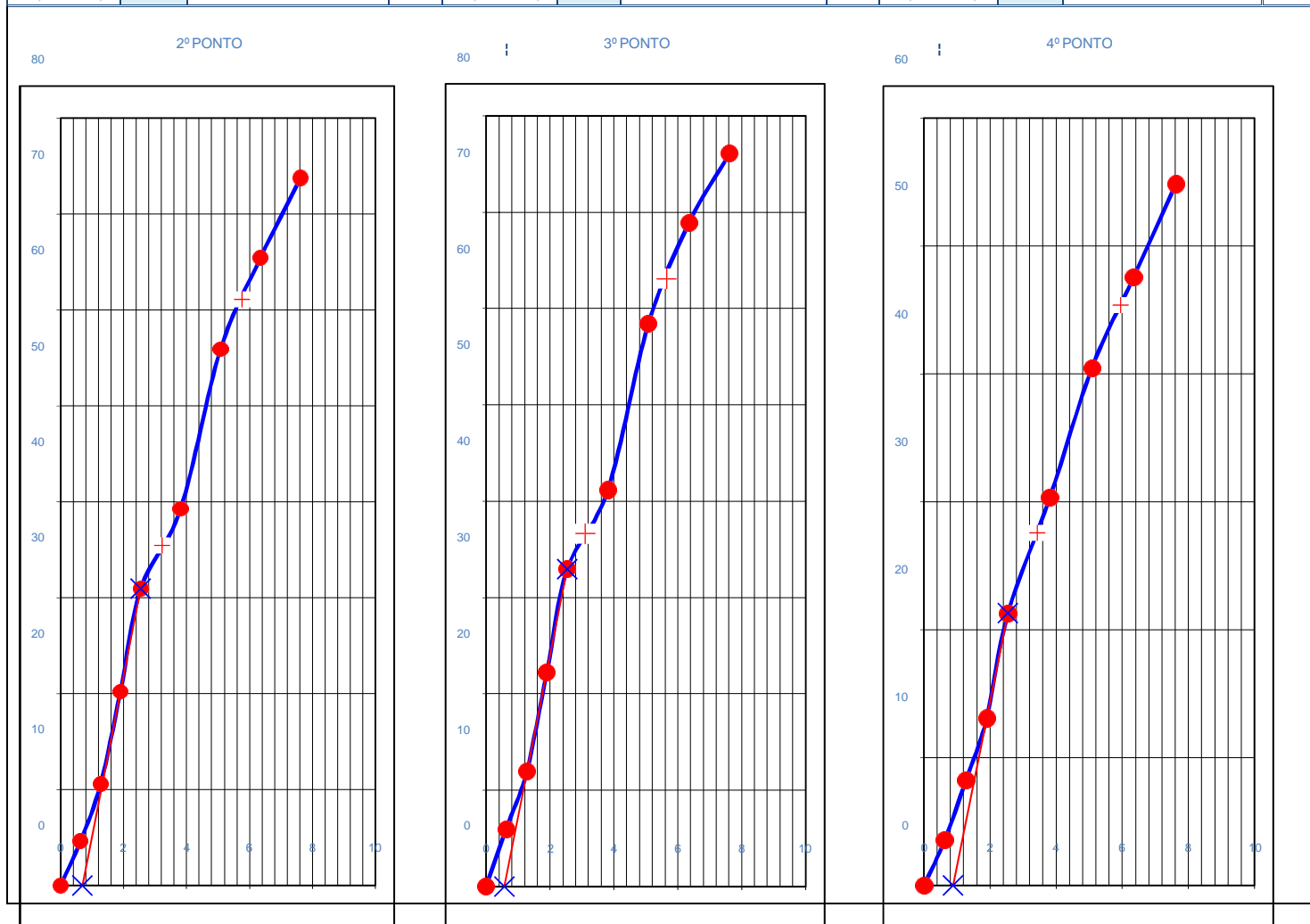
Obra:	APARECIDA R NEGRO/PALMAS	Trecho:	SAIDA APARECIDA R.NEGRO/P
Estaca:	0	Furo:	1
Const:	0,119	Data:	22/03/18
Material:	Cascalho laterítico ar.		
	Estudo:	Base	
	Operador:		

ENSAIO DE EXPANSÃO

Molde N.º 11						Molde N.º 4						Molde N.º 8					
Data	Altur	Hora	Leitura	Diferença	%	Data	Altur	Hora	Leitura	Diferença	%	Data	Altur	Hora	Leitura	Diferença	%
22/3	114,2	15:00	1,00	1,00	0,00	22/3	114,3	15:00	1,00	1,00	0,00	22/3	114,2	15:00	1,00	1,00	0,00
23/3		15:00	1,15	0,00	0,00	23/3		15:00	1,27	0,00	0,00	23/3		15:00	1,28	0,00	0,00
24/3		15:00	1,43	0,00	0,00	24/3		15:00	1,39	0,00	0,00	24/3		15:00	1,44	0,00	0,00
25/3		15:00	1,58	0,00	0,00	25/3		15:00	1,49	0,00	0,00	25/3		15:00	1,60	0,00	0,00
26/3		15:00	1,70	0,00	0,00	26/3		15:00	1,90	0,00	0,00	26/3		15:00	1,88	0,00	0,00

ENSAIO DE I.S.C.

Penet	Temp	Leitura	Pressão	Pres. Padr	ISC	ISC	Penet	Temp	Leitura	Pressão	Pres. Padr	ISC	ISC	Penet	Temp	Leitura	Pressão	Pres. Padr	ISC	ISC
mm	Min	Extens	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Corr	mm	Min	Extens	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Corr	mm	Min	Extens	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Corr
0,63	0,5	39	4,6				0,63	0,5	50	6,0				0,63	0,5	30	3,6			
1,27	1,0	89	10,6				1,27	1,0	100	11,9				1,27	1,0	69	8,2			
1,90	1,5	170	20,2				1,90	1,5	187	22,3				1,90	1,5	110	13,1			
2,54	2,0	260	30,9	70,31	44,0	50,5	2,54	2,0	277	33,0	70,31	46,9	52,1	2,54	2,0	179	21,3	70,31	30,3	39,2
3,81	3,0	330	39,3				3,81	3,0	346	41,2				3,81	3,0	255	30,3			
5,08	4,0	470	55,9	105,46	53,0	58,0	5,08	4,0	491	58,4	105,46	55,4	59,9	5,08	4,0	340	40,5	105,46	38,4	43,1
6,35	5,0	550	65,5				6,35	5,0	579	68,9				6,35	5,0	400	47,6			
7,62	6,0	620	73,8				7,62	6,0	640	76,2				7,62	6,0	461	54,9			
8,89	7,0						8,89	7,0						8,89	7,0					
10,16	8,0						10,16	8,0						10,16	8,0					
11,43	9,0						11,43	9,0						11,43	9,0					
12,70	10,0						12,70	10,0						12,70	10,0					



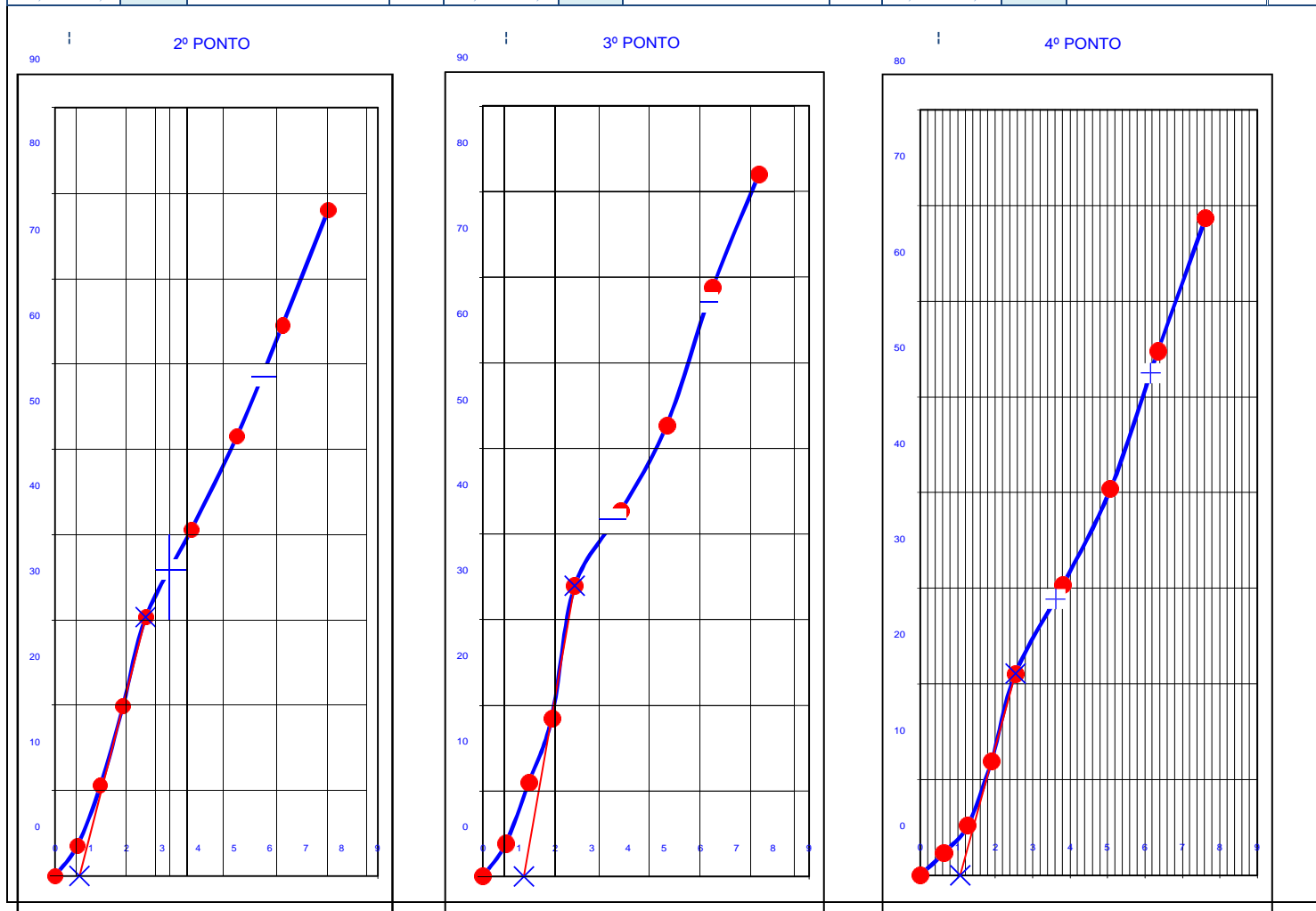
Obra:	APARECIDA R.NEGRO A PALMAS			Trecho:	SAIDA APARECIDA A PALMAS
Estaca:	0	0 Furo:	5	Estudo:	SUB-BASE
Const:	0,119	Data:	22/03/18	Operador:	
Material:	CASALHO LAT.AR				

ENSAIO DE EXPANSÃO

39						40						42								
Molde N.º	Data	Altur	Hora	Leitura	Diferença	%	Molde N.º	Data	Altur	Hora	Leitura	Diferença	%	Molde N.º	Data	Altur	Hora	Leitura	Diferença	%
	22/3	114,6	0:00	1,00	0,00	0,00		22/3	114,8	0:00	1,00	0,00	0,00		22/3	115,1	0:00	1,00	0,00	0,00
	23/3		0:00	1,00	0,00	0,00		23/3		0:00	1,00	0,00	0,00		23/3		0:00	1,00	0,00	0,00
	24/3		0:00	1,00	0,00	0,00		24/3		0:00	1,00	0,00	0,00		24/3		0:00	1,00	0,00	0,00
	25/3		0:00	1,00	0,00	0,00		25/3		0:00	1,00	0,00	0,00		25/3		0:00	1,00	0,00	0,00
	26/3		0:00	1,00	0,00	0,00		26/3		0:00	1,00	0,00	0,00		26/3		0:00	1,00	0,00	0,00

ENSAIO DE I.S.C.

Penet	Temp	Leitura	Pressão	Pres. Padr	ISC	ISC	Penet	Temp	Leitura	Pressão	Pres. Padr	ISC	ISC	Penet	Temp	Leitura	Pressão	Pres. Padr	ISC	ISC
mm	Min	Extens	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Corr	mm	Min	Extens	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Corr	mm	Min	Extens	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Corr
0,63	0,5	30	3,6				0,63	0,5	32	3,8				0,63	0,5	20	2,4			
1,27	1,0	89	10,6				1,27	1,0	92	10,9				1,27	1,0	44	5,2			
1,90	1,5	167	19,9				1,90	1,5	155	18,4				1,90	1,5	100	11,9			
2,54	2,0	255	30,3	70,31	43,2	51,0	2,54	2,0	285	33,9	70,31	48,2	59,5	2,54	2,0	177	21,1	70,31	30,0	41,1
3,81	3,0	341	40,6				3,81	3,0	359	42,7				3,81	3,0	255	30,3			
5,08	4,0	433	51,5	105,46	48,9	55,5	5,08	4,0	443	52,7	105,46	50,0	63,7	5,08	4,0	339	40,3	105,46	38,3	49,8
6,35	5,0	542	64,5				6,35	5,0	578	68,8				6,35	5,0	460	54,7			
7,62	6,0	655	77,9				7,62	6,0	689	82,0				7,62	6,0	577	68,7			
8,89	7,0						8,89	7,0						8,89	7,0					
10,16	8,0						10,16	8,0						10,16	8,0					
11,43	9,0						11,43	9,0						11,43	9,0					
12,70	10,0						12,70	10,0						12,70	10,0					



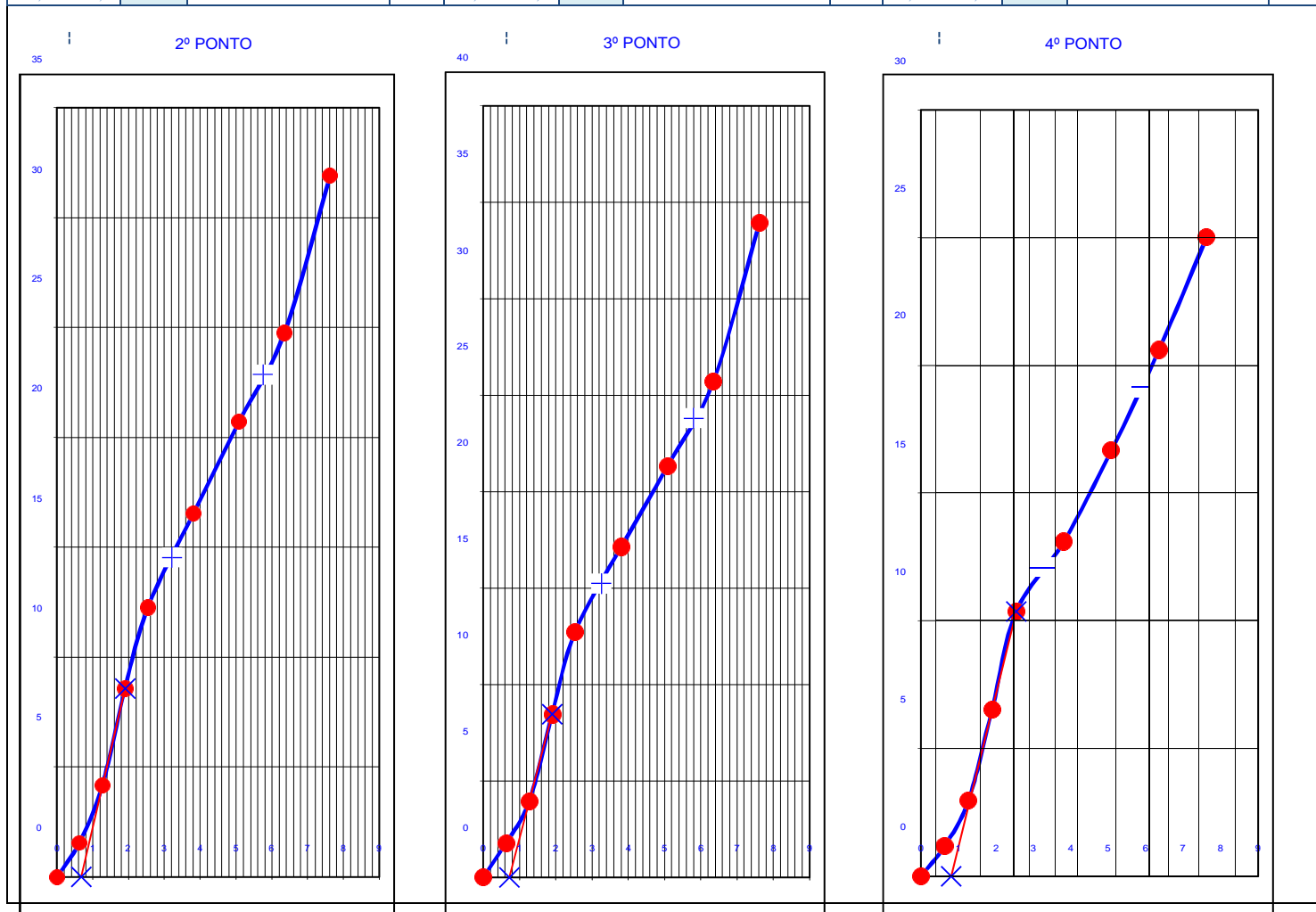
Obra:	APARECIDA DO R.NEGRO/PALMA		Trecho:	SAIDA APARECIDA R. NEGRO/	
Estaca:	0	0 Furo:	4	Estudo:	SUBLEITO
Const:	0,119	Data:	22/03/18	Operador:	
Material:	0				

ENSAIO DE EXPANSÃO

14						19						2								
Molde N.º	Data	Altur	Hora	Leitura	Diferença	%	Molde N.º	Data	Altur	Hora	Leitura	Diferença	%	Molde N.º	Data	Altur	Hora	Leitura	Diferença	%
	22/3	115,5	0:00	1,00	0,00	0,00		22/3	112,5	0:00	1,00	0,00	0,00		22/3	114,2	0:00	1,00	0,00	0,00
	23/3		0:00	1,00	0,00	0,00		23/3		0:00	1,00	0,00	0,00		23/3		0:00	1,00	0,00	0,00
	24/3		0:00	1,00	0,00	0,00		24/3		0:00	1,00	0,00	0,00		24/3		0:00	1,00	0,00	0,00
	25/3		0:00	1,00	0,00	0,00		25/3		0:00	1,00	0,00	0,00		25/3		0:00	1,00	0,00	0,00
	26/3		0:00	1,13	0,13	0,11		26/3		0:00	1,05	0,05	0,04		26/3		0:00	1,20	0,20	0,18

ENSAIO DE I.S.C.

Penet	Temp	Leitura	Pressão	Pres. Padr	ISC	ISC	Penet	Temp	Leitura	Pressão	Pres. Padr	ISC	ISC	Penet	Temp	Leitura	Pressão	Pres. Padr	ISC	ISC
mm	Min	Extens	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Corr	mm	Min	Extens	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Corr	mm	Min	Extens	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Corr
0,63	0,5	13	1,5				0,63	0,5	15	1,8				0,63	0,5	10	1,2			
1,27	1,0	35	4,2				1,27	1,0	33	3,9				1,27	1,0	25	3,0			
1,90	1,5	72	8,6				1,90	1,5	71	8,4				1,90	1,5	55	6,5			
2,54	2,0	103	12,3	70,31	17,4	20,7	2,54	2,0	107	12,7	70,31	18,1	21,7	2,54	2,0	87	10,4	70,31	14,7	17,2
3,81	3,0	139	16,5				3,81	3,0	144	17,1				3,81	3,0	110	13,1			
5,08	4,0	174	20,7	105,46	19,6	21,7	5,08	4,0	179	21,3	105,46	20,2	22,6	5,08	4,0	140	16,7	105,46	15,8	18,2
6,35	5,0	208	24,8				6,35	5,0	216	25,7				6,35	5,0	173	20,6			
7,62	6,0	268	31,9				7,62	6,0	285	33,9				7,62	6,0	210	25,0			
8,89	7,0						8,89	7,0						8,89	7,0					
10,16	8,0						10,16	8,0						10,16	8,0					
11,43	9,0						11,43	9,0						11,43	9,0					
12,70	10,0						12,70	10,0						12,70	10,0					



APENDICE B

Formulario para o levantamento visual contínuo														
Ex exec 15km Início: 51113										MÊS/ANO 04/2018				
SEGMENTO			FREQUÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B, OU S)											
N° DO SEG	ODÔMETRO/KM		Ext (km)	P	TRINCAS			R	DEFORMA- ÇÕES		OUTROS DEFEITOS			ICPF
	INICIO	FIM			TR	TJ	TB		AF	O	D	EX	E	
1	51113	51114	1	A	S	S	S	A	A	S	A	S	S	1
2	51114	51115	1	A	S	S	S	A	S	S	A	S	S	1
3	51115	51116	1	A	S	S	S	A	S	S	A	S	B	1
4	51116	51117	1	A	S	S	S	A	S	S	A	S	B	1
5	51117	51118	1	A	S	S	S	A	S	S	A	S	S	1
6	51118	51119	1	A	S	S	S	A	A	S	A	S	S	2
7	51119	51120	1	A	S	S	S	A	M	S	A	S	S	1
8	51120	51121	1	A	S	S	S	A	S	S	A	S	S	1
9	51121	51122	1	A	S	S	S	A	S	S	A	S	S	1
10	51122	51123	1	A	S	S	S	A	A	S	A	S	S	1
11	51123	51124	1	M	S	S	S	A	M	S	A	S	M	1
12	51124	51125	1	A	S	S	S	A	S	S	A	S	M	1
13	51125	51126	1	A	S	S	S	A	S	S	A	S	M	1
14	51126	51127	1	M	M	S	S	M	S	S	A	A	S	2
15	51127	51128	1	A	S	S	S	A	A	A	A	A	S	1
Aparecida do Rio Negro - TO sentido Palmas - TO (Lado Direito)														
15.1	51128	51129	1	A	S	S	S	A	A	M	A	S	S	1
14.1	51129	51130	2	B	M	S	S	A	S	M	A	S	S	2
13.1	51130	51131	3	A	S	S	S	A	S	M	A	S	S	1
12.1	51131	51132	4	A	S	S	S	A	S	S	A	S	S	1
11.1	51132	51133	5	A	S	S	S	A	S	S	A	S	S	1
10.1	51133	51134	6	A	S	S	S	A	S	S	A	S	M	1
9.1	51134	51135	7	A	S	S	S	A	S	S	A	S	S	1
8.1	51135	51136	8	A	S	S	S	A	S	S	A	S	M	1
7.1	51136	51137	9	A	S	S	S	A	S	S	A	S	S	1
6.1	51137	51138	10	A	S	S	S	A	S	A	A	S	S	1
5.1	51138	51139	11	A	S	S	S	A	S	S	A	S	B	1
4.1	51139	51140	12	A	S	S	S	A	S	S	A	S	S	1
3.1	51140	51141	13	M	S	S	S	A	S	S	A	S	S	1
2.1	51141	51142	14	A	S	S	S	A	S	S	A	S	S	1
1.1	51142	51143	15	A	S	S	S	A	S	S	A	S	S	1

Formulário para o levantamento visual contínuo													
Ex exec 15km				MÊS/ANO 4/2018									
Início: 51113				VMD =157,3									
Fim: 51143													
Segmento				Trincas			Deformações			Panela + Remendo			IGGE
Nº Seg.	Km (In)	Km (Fin)	Ext (km)	Ft %	Pt	Ft x Pt	Foap %	Poap	Foap x Poap	Fpr nº	Ppr	Fpr x Ppr	
1	0	1	1	0	0	0	50	0,7	35	56	1	56	91
2	1	2	1	0	0	0	0	0,6	0	55	1	55	55
3	2	3	1	0	0	0	0	0,6	0	45	1	45	45
4	3	4	1	0	0	0	0	0,6	0	208	1	208	208
5	4	5	1	0	0	0	0	0,6	0	198	1	198	198
6	5	6	1	0	0	0	50	0,7	35	15	1	15	50
7	6	7	1	0	0	0	30	0,7	21	44	1	44	65
8	7	8	1	0	0	0	0	0,6	0	158	1	158	158
9	8	9	1	0	0	0	0	0,6	0	160	1	160	160
10	9	10	1	0	0	0	0	0,6	0	23	1	23	23
11	10	11	1	0	0	0	30	0,7	21	9	1	9	30
12	11	12	1	0	0	0	0	0,6	0	137	1	137	137
13	12	13	1	0	0	0	0	0,6	0	31	1	31	31
14	13	14	1	8	2	16	0	0,6	0	6	1	6	22
15	14	15	1	0	0	0	85	1	85	25	1	25	110
Aparecida do Rio Negro-TO sentido Palmas -TO													
15.1	0	1	1	0	0	0	40	0,7	28	34	1	34	62
14.1	1	2	1	6	2	12	0	0	0	7	1	7	19
13.2	2	3	1	0	0	0	0	0	0	132	1	132	132
12.1	3	4	1	0	0	0	0	0	0	212	1	212	212
11.1	4	5	1	0	0	0	10	0	0	54	1	54	54
10.1	5	6	1	0	0	0	0	0	0	158	1	158	158
9.1	6	7	1	0	0	0	0	0	0	183	1	183	183
8.1	7	8	1	0	0	0	0	0	0	150	1	150	150
7.1	8	9	1	0	0	0	0	0	0	83	1	83	83
6.1	9	10	1	0	0	0	50	0,7	35	203	1	203	238
5.1	10	11	1	0	0	0	0	0	0	137	1	137	137
4.1	11	12	1	0	0	0	0	0	0	83	1	83	83
3.1	12	13	1	0	0	0	0	0	0	177	1	177	177
2.1	13	14	1	0	0	0	20	0,6	12	21	1	21	33
1.1	14	15	1	0	0	0	0	0	0	48	1	48	48

Formulário para o levantamento visual contínuo						MÊS/ANO 04/2018		
Ex exec .15km								
Início: 51113								
Fim: 51143						VMD =157,3		
Nº do Seg.	Km Início	Km Final	Ext (km)	ICPF	IGGE	IES		
						Valor	Cód	Conceito
1	0	1	1	1	91	10	E	PESSIMO
2	1	2	1	1	55	5	D	RUIM
3	2	3	1	1	45	5	D	RUIM
4	3	4	1	1	208	10	E	PESSIMO
5	4	5	1	1	198	10	E	PESSIMO
6	5	6	1	2	50	5	D	RUIM
7	6	7	1	1	65	8	E	PESSIMO
8	7	8	1	1	158	10	E	PESSIMO
9	8	9	1	1	160	10	E	PESSIMO
10	9	10	1	1	23	3	C	REGULAR
11	10	11	1	1	30	3	C	REGULAR
12	11	12	1	1	137	10	E	PESSIMO
13	12	13	1	1	31	3	C	REGULAR
14	13	14	1	2	22	1	C	REGULAR
15	14	15	1	1	110	10	E	PESSIMO
Aparecida do Rio Negro-TO sentido Palmas -TO								
15.1	0	1	1	1	62	8	E	PESSIMO
14.1	1	2	1	2	19	1	C	REGULAR
13.2	2	3	1	1	132	10	E	PESSIMO
12.1	3	4	1	1	212	10	E	PESSIMO
11.1	4	5	1	1	54	5	D	RUIM
10.1	5	6	1	1	158	10	E	PESSIMO
9.1	6	7	1	1	183	10	E	PESSIMO
8.1	7	8	1	1	150	10	E	PESSIMO
7.1	8	9	1	1	83	8	E	PESSIMO
6.1	9	10	1	1	238	10	E	PESSIMO
5.1	10	11	1	1	137	10	E	PESSIMO
4.1	11	12	1	1	83	8	E	PESSIMO
3.1	12	13	1	1	177	10	E	PESSIMO
2.1	13	14	1	1	33	5	D	RUIM
1.1	14	15	1	1	48	5	D	RUIM