



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS PAVIMENTOS DE CONCRETO  
BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ) E BLOCOS  
INTERTRAVADOS DE CONCRETO, E O MAIS VIÁVEL PARA AS VIAS NÃO  
PAVIMENTADAS DE MACAPÁ-AP**

MÁRDEY VARGAS CARNEIRO  
SÉRGIO WILIAM DOS SANTOS VIEIRA

MACAPÁ  
2019





UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS PAVIMENTOS DE CONCRETO  
BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ) E BLOCOS  
INTERTRAVADOS DE CONCRETO, E O MAIS VIÁVEL PARA AS VIAS NÃO  
PAVIMENTADAS DE MACAPÁ-AP**

MÁRDEY VARGAS CARNEIRO  
SÉRGIO WILIAM DOS SANTOS VIEIRA

MACAPÁ  
2019



MÁRDEY VARGAS CARNEIRO  
SÉRGIO WILIAM DOS SANTOS VIEIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS PAVIMENTOS DE CONCRETO  
BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ) E BLOCOS  
INTERTRAVADOS DE CONCRETO, E O MAIS VIÁVEL PARA AS VIAS NÃO  
PAVIMENTADAS DE MACAPÁ-AP**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à banca examinadora do Curso Bacharelado em Engenharia Civil do Departamento de Ciências Exatas e Tecnologia – DCET da Universidade Federal do Amapá – UNIFAP, para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. MsC. Regis Brito Nunes

Coorientador: Eng. Edy Carlos Santos da Silva

MACAPÁ

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá  
Elaborado por Maria Cristina Q. Fernandes - CRB2/1569

---

Carneiro, Márdey Vargas.

Análise comparativa entre os pavimentos de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) e blocos intertravados de concreto, e o mais viável para as vias não pavimentadas de Macapá – AP / Márdey Vargas Carneiro; Sérgio Wiliam dos Santos Vieira; orientador, Regis Brito Nunes; coorientador, Edy Carlos Santos da Silva – 2019.

94 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil.

1. Pavimentos de concretos asfáltico. 2. Concreto – Pesquisa. 3. Pavimentos – Macapá. 4. Pavimentos de asfalto. I. Vieira, Sérgio Wiliam dos Santos. II. Nunes, Regis Brito, orientador. III. Fundação Universidade Federal do Amapá. IV. Título.

625.8 C289a  
CDD. 22 ed.

---



MÁRDEY VARGAS CARNEIRO  
SÉRGIO WILIAM DOS SANTOS VIEIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS PAVIMENTOS DE CONCRETO  
BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ) E BLOCOS  
INTERTRAVADOS DE CONCRETO, E O MAIS VIÁVEL PARA AS VIAS NÃO  
PAVIMENTADAS DE MACAPÁ-AP**

Monografia apresentada como requisito para a  
conclusão do Curso de Bacharelado em Enge-  
nharia Civil da Universidade Federal do Amapá.

Orientador: Prof. MsC. Regis Brito Nunes.  
Coorientador: Eng. Edy Carlos Santos da Silva

Aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. MsC. Regis Brito Nunes – Orientador  
Universidade Federal do Amapá – UNIFAP

---

Eng. Edy Carlos Santos da Silva – Coorientador  
8º Batalhão de Engenharia de Construção

---

Prof.<sup>a</sup> MsC. Crisitina Maria Baddini Lucas – Examinadora interna  
Universidade Federal do Amapá – UNIFAP

---

Arq. Urbanista Albério Pantoja Marques - Examinador externo  
Secretaria de Transportes do Estado do Amapá – SETRAP

MACAPÁ

2019

## DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho primeiramente a Deus que nos iluminou e permitiu que chegássemos até esse momento tão importante de nossa vida; assim como também nossos familiares - esposa, pais, irmãos, filhos e outras pessoas, das quais sem o apoio delas, não teríamos conseguido alcançar esse objetivo.

Ao nosso orientador Prof. MsC. Regis Nunes Brito, pelo sábio direcionamento e atenção prestada em todo o período de elaboração do projeto; ao Prof. MsC. Heldio José Carneiro de Souza, Prof. Esp. Luis Henrique Rambo, Prof. MsC. Fábio Araújo Pereira e Prof.<sup>a</sup> MsC. Gabrielle Curccino pelas dicas importantes sempre que buscamos por informações pertinentes a Engenharia Civil, que de alguma forma contribuíram com a escolha da pesquisa e aos outros professores e técnicos do colegiado de Engenharia Civil da Universidade Federal do Amapá, que passaram por nosso processo de aprendizagem.

Não podíamos deixar de citar os integrantes do 8º BEC: Cap. Yamashida - Cmt. do Destc., nosso Coorientador e Supervisor Técnico de Estágio Ten. Edy - Eng. Civil e o Sgt. Adilson - Tec. Laboratorista. Todos contribuindo com seus conhecimentos técnicos, além de nos dar total liberdade ao acervo técnico e demais documentos de posse do escritório de planejamento e disponibilizar os diversos tipos de equipamentos de laboratório e de campo.

À Comissão Regional de Obra da Oitava Região Militar, na pessoa do Ten Marques - Eng. Civil, também, nosso Supervisor Técnico de Estágio.

Nossos agradecimentos também ao Arq. e Urbanista Albério Pantoja Marques, funcionário do SETRAP, pela paciência em nos demonstrar todo o processo de manipulação e de preparação do CBUQ, sempre respondendo às nossas dúvidas.

Aos nossos amigos da turma 2014, em especial àqueles que sempre estiveram mais próximos nessa longa caminhada, sempre contribuindo com a experiência nos trabalhos em grupo, fortificando um verdadeiro laço de amizade: Adson Cardoso Monteiro, Edson Igreja Bentes, Franck César de Andrade Almeida, Calebe Araújo Azevedo e Marinaldo Gama. Não poderíamos deixar de referenciar a Sra. Maria Liane Q. Carneiro pela incansável ajuda prestada em todos os aspectos.

Por fim, agradecemos a todos os colaboradores, que de forma direta ou indireta fizeram parte do êxito deste trabalho. Pedimos a Deus que abençoe a cada pessoa citada com muita saúde, paz e sucesso em todas as suas aspirações.

Os autores.

## RESUMO

Tendo em vista que em Macapá - Amapá há um grande número de vias não pavimentadas, principalmente aquelas com menor fluxo de veículos, mediante esse fato, foi proposto o estudo sobre dois tipos de pavimentação, o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) e o pavimento intertravado, para compará-los e, posteriormente, sugerir o mais viável para mitigar o problema do déficit de pavimentação de Macapá. A pesquisa sobre a análise comparativa entre os dois tipos de pavimentos citados foi necessária, a fim de melhor entender e tentar mitigar o problema relatado. Para tanto, é necessário realizar o estudo de tráfego, do solo, para posteriormente realizar o dimensionamento e, de posse de valores unitários de cada pavimento, fazer a comparação técnica e econômica das obras. Realiza-se, então, uma pesquisa de estudo de caso de obra realizada na 22ª Brigada de Infantaria de Selva, acompanhando os processos construtivos de cada etapa da pavimentação e analisando, junto ao corpo técnico do Batalhão de Engenharia de Construção, os ensaios de resistência do concreto, do solo, como também dos estudos pluviométricos, no intuito de melhor entender a execução de cada pavimento. Diante disso, verifica-se que o tráfego da Vila Militar, conforme estimativa, é baixo e os pavimentos foram superdimensionados; que os dados dos ensaios realizados estão incompletos, impossibilitando o dimensionamento adequado dos pavimentos. No entanto, se considera satisfatória a demonstração e comparação dos custos unitários de cada tipo de pavimento através de planilhas com composições dos preços de insumos referentes aos dois serviços de pavimentação, o que impõe a constatação de que o pavimento intertravado é mais viável para as ruas não pavimentadas de Macapá, com as mesmas características do objeto estudado.

Palavras-chave: Pavimentação. Viabilidade. Pavimento Intertravado.

## ABSTRACT

Macapá is a city of Amapá with a large number of unpaved roads, especially those with lower traffic. This study proposes two kind of road paving: Bituminous concrete hot-machined (CBUQ on Brazilian Portuguese) and Paving Concrete Interlocking. And intend to compare both in order to propose the best solution to Macapá's paving deficit. A comparative research considering two paving methods informed above was required for the purpose of understand and reduce paving problems in the city. Therefore, is necessary to perform a ground's traffic study, after this, provide a structural dimensioning for each paving method considering unitary data, and make a technical/economy comparison. Based on a case study of a building work performed at 22 Jungle Infantry Brigade (22 JIB), and following the construction process of each paving method, analyzing together 22<sup>o</sup> JIB's construction engineering team the concrete load tests and pluviometric studies in order understand each paving. Can be observed that the Military Village where 22<sup>o</sup> JIB is located has a lower traffic, the structural dimensioning was exceeded, the data collected on the study was incomplete preventing a suitable structural dimensioning of paving. However, the analysis of data provided by this study was satisfactory, each paving method input unitary data was compared, and was verified that Paving Concrete Interlocking method is the better solution to Macapá's unpaved roads.

Keywords: Paving. Viability. Paving Concrete Interlocking.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Seção transversal tipo.....	16
<b>Figura 2</b> - Poluição hídrica por betume.....	17
<b>Figura 3</b> - Mapa de localização de parte da obra e trechos estudados .....	20
<b>Figura 4</b> - Av. Pedro Wanderley Fernandes - não pavimentada - com R. Guilherme Coelho - pavimentada; bairro Jardim I.....	22
<b>Figura 5</b> - Tv. 2 - não pavimentada - com Av. Caubi Sérgio Melo - pavimentada; bairro Renscer II.....	22
<b>Figura 6</b> - Tv. Eupátridas - não pavimentada - com a Av. Sandoval Almeida .....	23
<b>Figura 7</b> - Representação das camadas de um pavimento.....	25
<b>Figura 8</b> - Resposta mecânica de pavimento flexível: pressões concentradas .....	27
<b>Figura 9</b> - Resposta mecânica de pavimento rígido: pressões distribuídas .....	27
<b>Figura 10</b> - Depósito de CAP.....	30
<b>Figura 11</b> - Caminhão cisterna para transporte de CAP .....	31
<b>Figura 12</b> - Esquema de usina volumétrica .....	32
<b>Figura 13</b> - Silos de agregados frios .....	32
<b>Figura 14</b> - Correia transportadora .....	33
<b>Figura 15</b> - Elevador frio.....	33
<b>Figura 16</b> - Secador.....	34
<b>Figura 17</b> - Elevador de massa quente.....	34
<b>Figura 18</b> - Silo misturador .....	35
<b>Figura 19</b> - Torre de comando da usina.....	35
<b>Figura 20</b> - Caminhão com caçamba metálica.....	36
<b>Figura 21</b> - Caminhão espargidor .....	36
<b>Figura 22</b> - Vibroacabadora.....	37
<b>Figura 23</b> - Rolo compactador de pneus.....	37
<b>Figura 24</b> - Compressor tandem.....	38
<b>Figura 25</b> - Movimento de rotação.....	39
<b>Figura 26</b> - Forças vertical, horizontal e de giro .....	39
<b>Figura 27</b> - Cores possíveis de blocos de concreto através da pigmentação .....	40
<b>Figura 28</b> - Alguns formatos de blocos de concreto.....	41

<b>Figura 29</b> - Esquema moderno de fábrica de blocos de concreto .....	42
<b>Figura 30</b> - Misturador .....	42
<b>Figura 31</b> - Esteira de concreto .....	43
<b>Figura 32</b> - Vibroprensa.....	43
<b>Figura 33</b> - Molde ou fôrma para bloco 16 faces .....	44
<b>Figura 34</b> - Pavimentadora de paver .....	47
<b>Figura 35</b> - Histograma de máximas mensais – Posto: 08051002 - Macapá .....	54
<b>Figura 36</b> - Histograma de dias de chuva - Posto: 08051002 - Macapá .....	54
<b>Figura 37</b> - Detalhe de boca de lobo .....	57
<b>Figura 38</b> - Determinação de espessuras do pavimento.....	62
<b>Figura 39</b> - Ensaio de rompimento do bloquete .....	66
<b>Figura 40</b> - Ensaio de rompimento do corpo de prova .....	67
<b>Figura 41</b> - Tanque de imersão de corpo de prova.....	67
<b>Figura 42</b> - Serviço de pavimentação de blocos Intertravados da Via 01.....	69
<b>Figura 43</b> - Sarjetão em concreto armado entre a Via 01 e o Ram Toca da Onça...70	

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Principais impactos positivos do sistema de transportes em relação ao meio ambiente.....	18
<b>Quadro 2</b> - Classificação das vias segundo sua utilização .....	26
<b>Quadro 3</b> - Possibilidades de classificação atinentes às estruturas de pavimento com revestimentos asfálticos .....	28
<b>Quadro 4</b> - Possibilidades de classificação atinentes às estruturas de pavimento com revestimentos em blocos de concreto .....	28
<b>Quadro 5</b> - Estimativa do número de veículos da Vila Militar da 22 <sup>a</sup> Brigada.....	58

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Tolerâncias de dimensões de blocos de concreto (mm) .....	41
<b>Tabela 2</b> - Resistência característica à compressão .....	44
<b>Tabela 3</b> - Fator multiplicativo p .....	45
<b>Tabela 4</b> - Série anual de máximas diárias .....	55
<b>Tabela 5</b> - IS_IG em função de IG .....	59
<b>Tabela 6</b> - Coeficiente de equivalência estrutural .....	61
<b>Tabela 7</b> - Espessura mínima de revestimento betuminoso .....	61
<b>Tabela 8</b> - Quantitativo de serviços executado pelo 8º BEC .....	64
<b>Tabela 9</b> - Quantitativo de serviços executados pela SETRAP .....	64
<b>Tabela 10</b> - CBUQ - traço 05 faixa “C” Norma DNIT 031/2006 - SETRAP .....	64
<b>Tabela 11</b> - Custo unitário da emulsão asfáltica – SETRAP .....	65
<b>Tabela 12</b> - CBUQ - composição de preço por tonelada (capa de rolamento faixa “C”) - Construtora Reflorestadora Rio Pedreira LTDA .....	65
<b>Tabela 13</b> - Custo unitário da emulsão asfáltica - Construtora Reflorestadora Rio Pedreira LTDA .....	65
<b>Tabela 14</b> - Desvio-padrão a ser adotado em função da condição de preparo do concreto .....	68
<b>Tabela 15</b> - Custo por m <sup>2</sup> do bloco 16 faces da fábrica Ligue Blocos.....	70
<b>Tabela 16</b> - Custo estimado por traço do BEC para produção de bloquetes.....	70

## Lista de Abreviaturas

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADP's	Asfalto Diluído de Petróleo
BSTC	Bueiro Simples Tubular de Concreto
BEC	Batalhão de Engenharia de Construção
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CAUQ	Concreto Asfáltico Usinado a Quente
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
CA	Concreta Asfáltico
CR	Cura Rápida
CM	Cura Média
CBR	<i>California Bearing Ratio</i>
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
EPI's	Equipamentos de Segurança Individual
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IG	Índice de grupo
ISC	Índice de Suporte Califórnia
MPa	Megapascals
NBR	Norma Brasileira
Paver ou Pavers	Pavimento intertravado
PV	Poço de Visita
RM	Ruptura média
RR	Ruptura rápida
SETRAP	Secretaria de Transportes do Estado do Amapá
TSD	Tratamento Superficial Duplo

## SUMÁRIO

<b>1.0 INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	15
1.2 OBJETIVOS.....	19
1.2.1 OBJETIVO GERAL .....	19
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
1.3 JUSTIFICATIVA.....	21
1.4 ESTRUTURAÇÃO .....	24
<b>2.0 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	25
2.1 CAMADAS QUE COMPÕEM O PAVIMENTO .....	25
2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS SEGUNDO O TRÁFEGO.....	25
2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS.....	26
2.4 PAVIMENTO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ) 29	
2.4.1 DEFINIÇÃO .....	29
2.4.2 CARACTERÍSTICAS DO CBUQ .....	30
2.4.3 CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO (CAP) .....	30
2.4.4 ASFALTO DILUÍDO DE PETRÓLEO E EMULÇÕES ASFÁLTICAS.....	31
2.4.5 USINAGEM DO CBUQ .....	31
2.4.6 EQUIPAMENTOS USADOS PARA EXECUÇÃO DO CBUQ.....	35
2.5 PAVIMENTO INTERTRAVADO .....	38
2.5.1 DEFINIÇÃO .....	38
2.5.2 CARACTERÍSTICAS.....	40
2.5.3 EQUIPAMENTOS E MATERIAIS PARA FABRICAÇÃO DAS PEÇAS DE CONCRETO.....	41
2.6 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS .....	45

2.6.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO CBUQ .....	45
2.6.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO PAVIMENTO INTERTRAVADO .....	46
<b>3.0 METODOLOGIA E MÉTODO .....</b>	<b>47</b>
<b>4.0 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>52</b>
4.1 ESTUDO PLUVIOMÉTRICO.....	53
4.2 ANÁLISE E PREPARAÇÃO DO SOLO .....	55
4.3 IMPLANTAÇÃO DA FÁBRICA DE BLOCOS DE CONCRETO E BARRACÃO ..	56
4.4 SISTEMA DE DRENAGEM.....	57
4.5 ESTUDO DO TRÁFEGO NA VILA MILITAR DA 22ª BRIGADA .....	58
4.5.1 CÁLCULO DO NÚMERO PARÂMETRO DE TRÁFEGO N.....	58
4.6 EXECUÇÃO E CUSTOS DO PAVIMENTO CBUQ.....	63
4.7 ANÁLISE, EXECUÇÃO E CUSTOS DO PAVIMENTO INTERTRAVADO .....	66
4.7.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E ABSORÇÃO DE ÁGUA .....	66
4.7.2 EXECUÇÃO E CUSTOS DO PAVIMENTO INTERTRAVADO .....	69
<b>5.0 ANÁLISE DE RESULTADOS .....</b>	<b>71</b>
<b>6.0 CONCLUSÃO .....</b>	<b>73</b>
<b>7.0 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>77</b>

## 1.0 INTRODUÇÃO

A pavimentação é um serviço necessário para a melhoria nos serviços de transporte, favorecendo um melhor escoamento de pessoas, mercadorias e serviços de um lugar para outro, utilizando para isso, vias rodoviárias.

A pavimentação consiste na organização de camadas de solo sobrepostas, cada uma com sua função específica, trabalhando em sincronia, sendo que a última camada da superfície - o revestimento ou capa - é que proporciona conforto e segurança aos usuários da via através do trabalho de acabamento feito nesta camada, tornando-a regularizada e melhorando assim as suas condições de trafegabilidade.

Antes disso, porém, é necessário fazer uma série de estudos e trabalho de manejo do solo, a fim de que este suporte os esforços transferidos pelos veículos e ações climáticas, mantendo suas características, sem que haja um processo prematuro de deterioração de suas estruturas. Balbo (2007, p. 16) expõe:

Dessa forma, a pavimentação tem como meta propiciar um tráfego confortável e seguro, com estruturas e materiais capazes de suportar os esforços decorrentes da ação do tráfego combinados com as condições climáticas, a um mínimo custo, ou seja, buscando, sempre que possível, o aproveitamento de materiais locais para as obras, garantindo um bom desempenho em termos de custos operacionais e de manutenção ao longo dos anos de serviço desta infraestrutura social.

Para se ter todos os benefícios da pavimentação, devem ser feitos estudos para saber qual o tipo que melhor se adéque a determinado local ou região, de acordo com as características climáticas do local; disponibilidade dos componentes próximos ao local da obra; custo médio desses materiais; estimativa de curto e longo prazos do custo com operação e manutenção do pavimento.

O aspecto econômico é um dos mais importantes a serem levados em consideração para a escolha do tipo de pavimento, dentre os outros citados; para que assim, de acordo com a individualidade de cada local ou região, seja decidido qual o melhor pavimento a ser implantado. Nesse sentido, Balbo (2007, p. 16) afirma “O objetivo imediato na escolha e seleção de tipos de pavimentos a serem empregados em

determinada obra e, por consequência dos materiais a serem aplicados é a minimização de custos, mantidas as demais condições e exigências já discutidas”.

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Desde a pré-história, com a necessidade do homem de sair em busca de alimento e de terras para o cultivo de plantas, fez com que ele fosse cada vez mais longe, criando as primeiras vias de transporte, primeiramente percorridas a pé e, posteriormente, com carroça, graças a invenção da roda. Albano (2016, p. 14) diz que "A evolução da espécie humana indica que a utilização da roda ajudou a tornar os deslocamentos mais eficientes.". Depois de milhares de anos surgiu a máquina a vapor, utilizada nos trens e barcos; até a invenção dos motores a combustão de derivados do petróleo, utilizados nos veículos automotores de hoje.

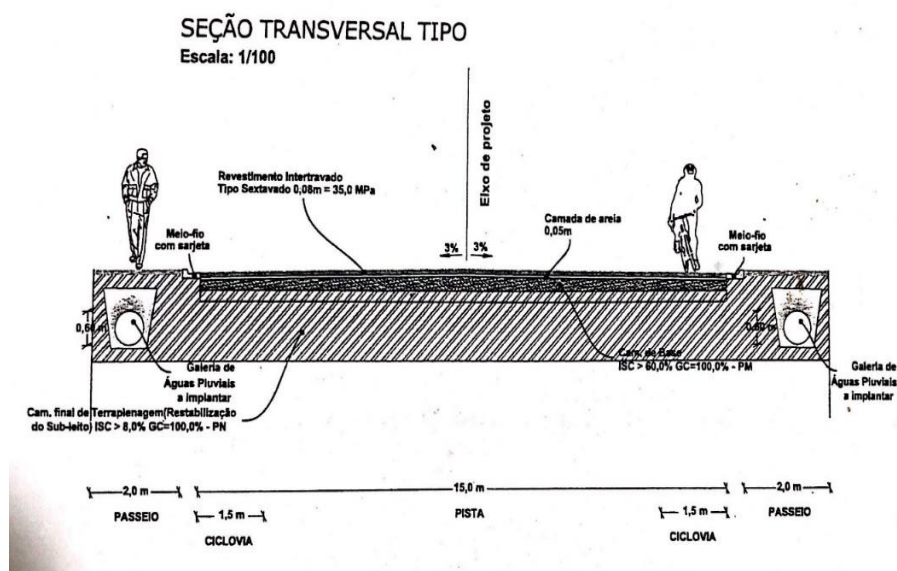
Pode-se dizer que o transporte é o meio pelo qual pessoas, bens ou serviços se deslocam de um ponto até outro, no espaço geográfico. O mais preocupante, contudo, é constatar que nesse processo há interferência na paisagem natural, gerando impacto ao meio ambiente. Segundo Albano (2016, p. 3):

É importante notar que o consumo de transportes provoca uma série de inconvenientes, também chamados de externalidades. São eles: prejuízos provocados por acidentes; tensão nervosa devido ao risco de acidentes; poluição do ar, da água e do solo; poluição sonora e vibrações do solo adjacente; conflitos decorrentes da disputa pelo uso das vias e congestionamentos, que acarretam perdas de tempo e consumo adicional de combustível.

Para que se tenha serviço de transporte de qualidade, é preciso investir no melhoramento das vias através da pavimentação. Também, neste processo, ocorre a degradação do meio ambiente, causando impactos ambientais, que podem ser mitigados com medidas alternativas de técnicas de construção, escolha de materiais que causem menos impacto, visando sempre o uso dos recursos naturais de forma responsável e sustentável. Vias não pavimentadas no Brasil ocorrem em várias regiões. Villibor e outros (2009, p. 11) concordam:

O déficit de pavimentos urbanos é grande em quase todas as cidades brasileiras abrangendo desde vias principais de cidades de grande porte, até vias de circulação de distritos e conjuntos habitacionais. Citam-se no Estado de São Paulo, cidades altamente desenvolvidas como a cidade de São Paulo, com déficit de aproximadamente 20 milhões de m<sup>2</sup>, e o município de Guarulhos que, mesmo já tendo uma rede pavimentada de 2,7 milhões de m<sup>2</sup>, ainda necessita executar, pelo menos, mais 30% (800 mil m<sup>2</sup>).

Segundo levantamento do IBGE (2010), em Macapá-AP existem apenas "8,8% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio)". É importante salientar que a drenagem é parte intrínseca da pavimentação, e que no projeto em estudo o sistema de drenagem é basicamente composto por declividade superficial de 3%, meio-fio, sarjeta, boca de lobo e bueiros em concreto conforme **Figura 1**.



**Figura 1** - Seção transversal tipo  
 Fonte: (PROJETO EXECUTIVO DA 22ª BRIGADA, p. 24)

Para o desenvolvimento social e econômico de uma civilização, um sistema eficiente de transportes é imprescindível. Porém, concomitantemente ao progresso advindo com a infraestrutura viária, deve ser despertado o interesse, pelas autoridades e pela sociedade, em atentar para a mitigação dos problemas ambientais causados, que derivam da implantação e operação desse sistema.

Obras de infraestrutura de transportes causam impactos ambientais que podem ser negativos ou positivos. Dentre os principais impactos negativos destacam-se: acidentes, poluição do ar, do solo e da água, conforme **Figura 2**; ruídos, congestionamentos, segregação urbana, intrusão visual e vibrações.



**Figura 2** - Poluição hídrica por betume

Fonte: <https://selesnafes.com/2015/03/em-macapa-secretaria-de-obras-pode-ser-punida-por-crime-ambiental/>

Nos locais onde não há pavimentação, os moradores sofrem com problemas como: ausência de serviços de saneamento básico; dificuldade de transporte coletivo; carência de segurança, pois dificulta as rondas policiais; falta de acessibilidade aos portadores de necessidades especiais; prejudica o acesso das prestadoras de serviços essenciais como correios, CAESA (Companhia de Água e Esgoto do Amapá), CEA (Companhia de Eletricidade do Amapá), dentre outros. Além de trazer problemas com a lama ou pó, este, por sua vez, podendo causar doenças respiratórias.

Por mais que sejam numerosos os impactos negativos causados pela implantação de vias, deixar de executar essas obras não é uma solução, pois todos têm a necessidade de se deslocarem, (ALBANO, 2016).

Alguns dos principais impactos positivos ao meio ambiente também podem ser citados, conforme **Quadro 1**, como forma de justificar a necessidade de construção de um sistema de transportes. De acordo com Albano (2016), a mobilidade e a acessibilidade são os benefícios mais essenciais propiciados pelos transportes.

### Quadro 1 - Principais impactos positivos do sistema de transportes em relação ao meio ambiente

A ligação e a maior integração de vilas e cidades mais afastadas por vias de transporte significam desenvolvimento socioeconômico.
Regiões de fronteira do território nacional são efetivamente ocupadas.
Regiões com potencial turístico podem ser exploradas, viabilizando lazer para visitantes e novas atividades para habitantes locais, melhorando o nível de emprego e fixando as pessoas em seu local de origem.
Vias de transporte viabilizam acesso mais rápido, por exemplo, até a assistência médica especializada existente em centros maiores.
Propriedades lindeiras às vias de transporte são valorizadas.
Aumenta a arrecadação de impostos na área de influência das vias de transporte.
Há desenvolvimento e aumento dos investimentos industriais e agrícolas, devido às facilidades de ingresso dos insumos e escoamento dos produtos até os centros de consumo, com garantia de tráfego em quaisquer condições climáticas.
Uma rodovia ou ferrovia pode ser utilizada como barreira contra incêndios.
Diminui o custo operacional dos veículos.
O tempo de deslocamento das pessoas é valorizado e otimizado.

Fonte: (ALBANO, 2016, p. 122)

Tendo em vista a grande deficiência de vias pavimentadas em várias regiões do Brasil, torna-se indispensável buscar por alternativas mais simples para mitigar essa carência. Para isso são necessários pesquisa e investimento em tecnologia em favor de encontrar uma maneira eficaz e econômica de pavimentação que atenda às necessidades dos municípios, desde aqueles com mais recursos àqueles com arrecadação menor. Sabe-se que:

A escolha do tipo de pavimentação, no entanto, deverá atentar para o caráter funcional das vias, ao caráter técnico dos materiais e ao caráter econômico-social [...]. Os pavimentos flexíveis ou asfálticos - revestidos com materiais asfálticos ou betuminosos - são comumente utilizados no Brasil, mas podem não ser necessariamente a solução mais econômica e tecnicamente viável em todos os casos. [...] se constituem boas opções os pavimentos semiflexíveis - asfálticos com base de solo-cimento ou pavimento com blocos intertravados [...] (MESQUITA, 2008, P. 40).

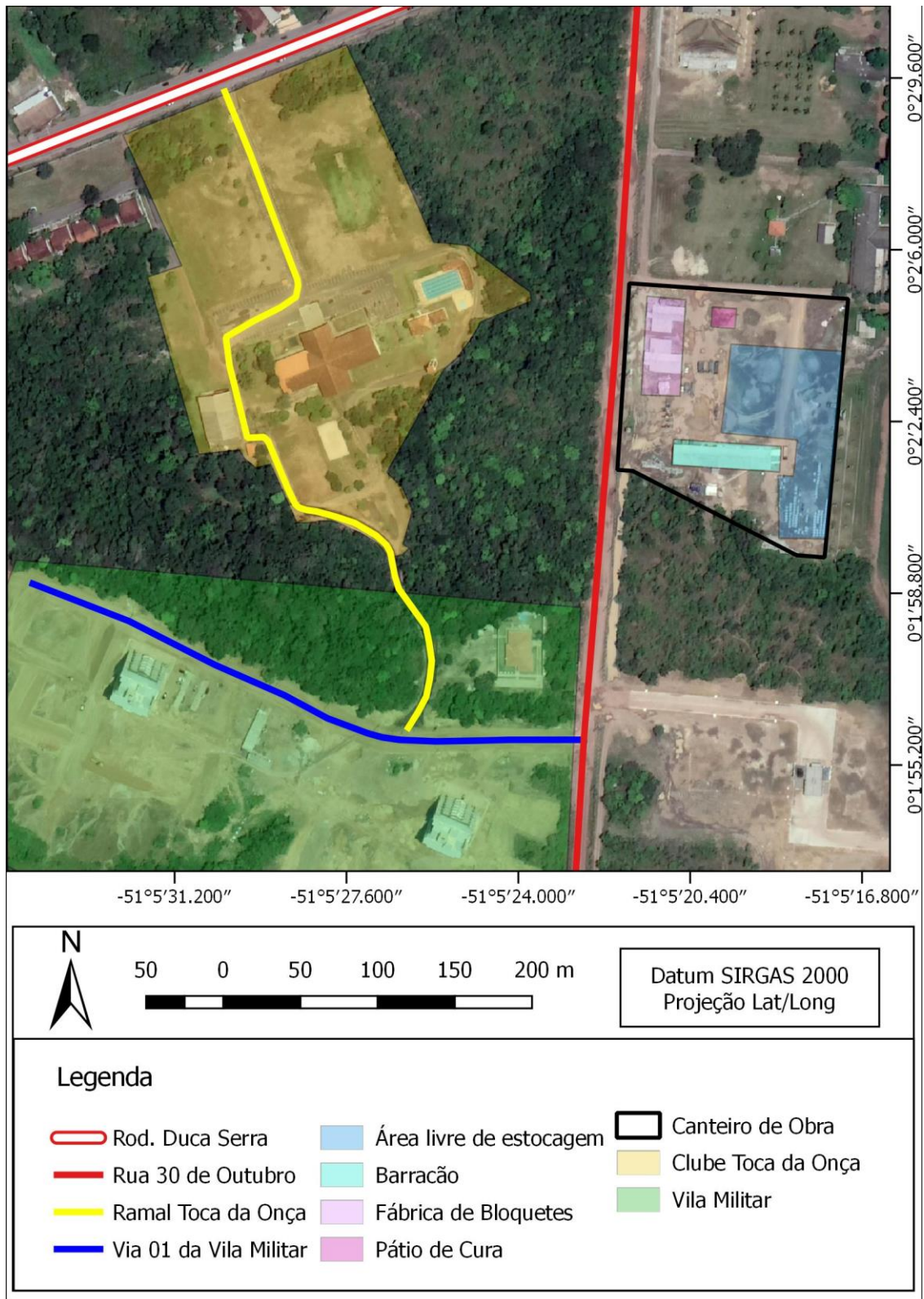
Alguns critérios técnicos são considerados pelos profissionais envolvidos na tarefa para a escolha do tipo de pavimento de uma via, como topografia, aspectos

técnicos de execução e manutenção, disponibilidade de materiais, condições ambientais, custo e outros. Vê-se, pois, que diante dos resultados obtidos no estudo preliminar, escolha-se o tipo de pavimento com mais pontos positivos. É preciso ressaltar, segundo Mesquita (2008) deixa claro, que nem sempre o pavimento mais utilizado é o mais adequado.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é mostrar qual tipo de pavimento, dentre o com blocos intertravados de concreto e o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), é mais viável para as vias não pavimentadas de Macapá com características semelhantes aos resultados obtidos na obra de pavimentação da 22ª Brigada de Infantaria de Selva, conforme o estudo de dois trechos de uma bifurcação entre a Via 01 da Vila Militar - com pavimento de blocos intertravados - e o Ramal Toca da Onça - com pavimento CBUQ - conforme **Figura 3**.



**Figura 3** – Mapa de localização de parte da obra e trechos estudados  
 Fonte: Laboratório de geoprocessamento e sensoriamento remoto/Geografia/UNIFAP

## 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Demonstrar:

- Estimativa do tráfego no trecho em estudo;
- Características do solo do local da obra;
- Dimensionamento dos pavimentos CBUQ e intertravado;
- Avaliar o custo por metro quadrado de cada pavimento sem considerar a mão de obra;
- Comparar os pavimentos e indicar o mais viável técnica e economicamente.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Observa-se que nas ruas de Macapá-AP, a Prefeitura Municipal de Macapá - PMM executa o serviço de pavimentação e manutenção mais comumente nas vias principais, de maior fluxo de trânsito, principalmente nos bairros. Ou seja, priorizando a pavimentação das ruas coletoras dos bairros, deixando as vias locais sem pavimentação. Isso também se deve à escassez dos recursos para execução e manutenção de pavimentos. Por isso é importante a necessidade de fazer estudos para demonstrar a questão técnica e econômica mais viável para a pavimentação dessas vias não pavimentadas.

Verifica-se também que algumas das vias não pavimentadas apresentam problemas de poças d'água, lama, invasão pelo mato à faixa de rolamento e lixo, que é jogado pelas pessoas, piorando ainda mais a situação e trazendo riscos à saúde pública conforme **Figura 4**.



**Figura 4** - Av. Pedro Wanderley Fernandes - não pavimentada - com R. Guilherme Coelho - pavimentada; bairro Jardim I  
Fonte: Os autores (2018)

Essa descontinuidade do calçamento, além de trazer um aspecto estético negativo, também traz consequências negativas como arrasto de terra (lama ou poeira) para a parte asfaltada conforme **Figura 5**.



**Figura 5** - Tv. 2 - não pavimentada - com Av. Caubi Sérgio Melo - pavimentada; bairro Renscer II  
Fonte: Os autores (2018)

Outro problema causado é o desgaste, em decorrência da descontinuidade do pavimento, nas interseções conforme **Figura 6**.



**Figura 6** - Tv. Eupátridas - não pavimentada - com a Av. Sandoval Almeida Sandin - pavimentada; bairro Renascer I  
Fonte: Os autores (2018)

Devido a parte não pavimentada possuir base de solo laterítico, quando chove, os veículos que passam por esse trecho acabam levando parte do material (lama), grudado nos pneus, para a parte asfaltada, tirando uma das finalidades, temporariamente, do pavimento asfáltico, que é de minimizar a poeira, pois quando essa lama perde sua água pela evaporação, suas partículas são suspensas ao transitar veículos.

Com as chuvas, a água escoada da parte asfaltada para a parte de solo, levando parte deste, e aumentando, assim, o desnível de um pavimento em relação ao outro. Esse desnível ocasiona a quebra da borda da pista asfáltica, provocando falhas que aumentam gradativamente com o tráfego. O contrário também ocorre, quando a água da chuva escoada da estrada para a pista, arrastando material para cima do pavimento asfáltico, trazendo transtornos para os transeuntes e ao poder público responsável pela execução e manutenção.

Olhando pela ótica da sustentabilidade, técnicas de execução, disponibilidade e custo dos materiais, sugere-se como proposta, para mitigar o problema dos locais não pavimentados, a aplicação do pavimento intertravado para as vias não pavimentadas de Macapá, com características semelhantes ao objeto em estudo, caso aquele se mostre viável na comparação com o pavimento CBUQ.

## 1.4 ESTRUTURAÇÃO

No Capítulo 1, Introdução, há um breve apanhado histórico sobre a pavimentação; sua importância, benefícios e impactos ambientais gerados.

No Capítulo 2, Referencial teórico, será apresentado os tipos de pavimentos que serão objeto de estudo deste trabalho: Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) e Pavimento intertravado. Suas definições, características; técnicas de produção, manejo e execução serão abordadas com a finalidade de mostrar os pontos negativos e positivos de cada pavimento.

No Capítulo 3, Metodologia e método, será exposto o método utilizado no estudo de caso da obra de pavimentação da 22ª Brigada de Infantaria de Selva, no intuito de melhor coletar os dados referentes ao processo de execução do preparo do solo e posterior pavimentação com os dois diferentes tipos de pavimento.

No Capítulo 4, Estudo de caso, é mostrado os passos de como foram executados os serviços, as técnicas utilizadas na execução de cada tipo de pavimento e seus respectivos custos por metro quadrado, que servirá, posteriormente, para compará-los.

No Capítulo 5, Análise de resultados, são discutidos os resultados obtidos no estudo de caso, comentando sobre algumas falhas nos ensaios de CBR e comparando os valores por metro quadrado dos pavimentos estudados.

No Capítulo 6, Conclusão, é apresentado o pavimento mais viável como base nos resultados obtidos no estudo e a comparação feita entre eles.

Encerra-se o estudo com a seção Anexos, onde estão os documentos que embasam alguns pontos fundamentais da pesquisa.

## 2.0 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CAMADAS QUE COMPÕEM O PAVIMENTO

A análise da estrutura do pavimento irá depender da espessura e rigidez de cada camada e da interação entre elas.

Os pavimentos são compostos pelas seguintes camadas: subleito, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento conforme **Figura 7**.

O revestimento é a camada responsável por receber diretamente os esforços provenientes do tráfego de veículos e é suscetível aos agentes climáticos. Também ele protege as camadas anteriores e absorve os esforços de compressão e tração.



**Figura 7** - Representação das camadas de um pavimento  
Fonte: Os autores (2018)

### 2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS SEGUNDO O TRÁFEGO

O Código de Trânsito Brasileiro (2013), conforme seus art. 60 e 61 classifica as vias urbanas de acordo com sua utilização, conforme **Quadro 2**, e velocidade máxima permitida para cada tipo de via:

**Quadro 2** - Classificação das vias segundo sua utilização

<b>Função</b>	<b>Tráfego previsto</b>
Via local residencial	Leve
Via coletora	Médio
Via arterial	Pesado

Fonte: (CTB, 2013)

- Via local: destinada ao acesso local e áreas restritas. Velocidade máxima permitida de 30 Km/h;
- Via coletora: distribui o trânsito na entrada e saída de vias arteriais. Velocidade máxima permitida de 40 Km/h;
- Via arterial: fornece acesso às vias coletoras e locais, sendo geralmente controlada por semáforos. Velocidade máxima permitida de 60 Km/h.

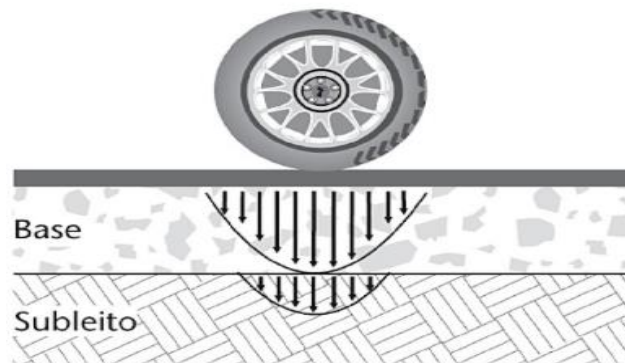
## 2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS

De acordo com o DNIT (2006, p. 95), os pavimentos classificam-se em:

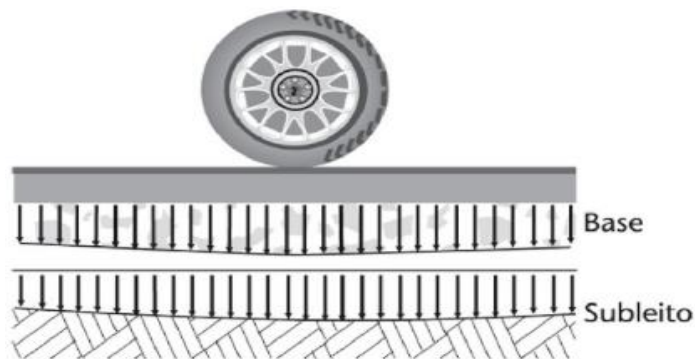
- Flexível: aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Exemplo típico: pavimento constituído por uma base de brita (brita graduada, macadame) ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica.
- Semirrígido: caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como por exemplo, por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.
- Rígido: aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado. Exemplo típico: pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland.

Para Balbo (2007), a diferença principal entre pavimentos flexíveis e rígidos, está no comportamento estrutural do pavimento, conforme a distribuição das cargas solicitantes nas camadas de base e sub-base do pavimento.

No pavimento flexível, as cargas são distribuídas de forma mais concentrada próxima ao ponto de transferência da solicitação, conforme **Figura 8**. No rígido, as cargas são distribuídas de forma mais homogênea, pois o revestimento, por ser bastante rígido, absorve praticamente todo o esforço, conforme a **Figura 9**. Sobre os pavimentos semirrígidos, Balbo (2007) diz que esses têm comportamento estrutural entre os limites de estruturas flexíveis e rígidas.



**Figura 8** - Resposta mecânica de pavimento flexível: pressões concentradas  
Fonte: (BALBO, 2007, p. 47)



**Figura 9** - Resposta mecânica de pavimento rígido: pressões distribuídas  
Fonte: (BALBO, 2007, p. 47)

Neste trabalho será abordado, no estudo de caso, apenas a classificação flexível de pavimento, pois os dois tipos de pavimentos do estudo são flexíveis, de acordo com a caracterização feita por Balbo (2007), conforme os **Quadro 3** e **Quadro 4**.

**Quadro 3** - Possibilidades de classificação atinentes às estruturas de pavimento com revestimentos asfálticos

Revesti-mento	Tipo de base	Tipo de sub-base	Classificação mista (tipo de pavimento)		
			Material do revesti-mento	Resposta estrutural	Associações
Asfálticas com mis-turas den-sas	Granular	- Granular Cimentada Concreto Asfáltica	Asfáltico	Flexível Flexível Semirrígido Rígido Flexível	Invertido Invertido
	Cimen-tado	- Granular Cimentada Concreto Asfáltica		Semirrígido Semirrígido Semirrígido Rígido Semirrígido	Composto se aderido Composto se aderido Híbrido/composto
	Concreto	- Granular Cimentada Concreto Asfáltica		Rígido-Híbrido Rígido-Híbrido Rígido-Híbrido Rígido-Híbrido Rígido-Híbrido	Composto se aderido Composto se aderido Composto se aderido
	Asfáltica	- Granular Cimentada Concreto Asfáltica		Flexível ou rígido Flexível ou rígido Semirrígido Rígido <i>Full depth</i> ou <i>perpétuo</i>	Híbrido

Fonte: (BALBO, 2007, p. 62)

**Quadro 4** - Possibilidades de classificação atinentes às estruturas de pavimento com revestimentos em blocos de concreto

Revesti-mento	Tipo de base	Tipo de sub-base	Classificação mista (tipo de pavimento)		
			Material do revesti-mento	Resposta estrutural	Associações
Blocos de concreto pré-mol-dado	Granular	- Granular Cimentada Concreto Asfáltica	Concreto	Intertravado flexível Intertravado flexível Intertravado rígido Intertravado rígido Intertravado flexível	
	Cimen-tado	- Granular Cimentada Concreto Asfáltica		Intertravado rígido Intertravado rígido Intertravado rígido Intertravado rígido Intertravado rígido	Bases híbridas
	Concreto	- Granular Cimentada Concreto Asfáltica	Concreto	Intertravado rígido Intertravado rígido Intertravado rígido Intertravado rígido Intertravado rígido	Bases híbridas
	Asfáltica	- Granular Cimentada Concreto Asfáltica		Intertravado flexível Intertravado flexível Intertravado rígido Intertravado rígido Intertravado flexível	Bases híbridas Bases híbridas

Fonte: (BALBO, 2007, p. 63)

Os dois tipos de pavimentos utilizados nas vias internas da 22ª Brigada, CBUQ e blocos intertravados, têm no subleito e base, material granular, o que os classifica como flexíveis, aspecto este que será mais detalhado adiante, no Capítulo estudo de caso.

## 2.4 PAVIMENTO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ)

De acordo com o Manual de pavimentação do DNIT (2006), as camadas do pavimento flexível se deformam estaticamente sob o carregamento aplicado, logo a carga se distribui aos poucos entre camadas.

### 2.4.1 DEFINIÇÃO

O CBUQ ou CAUQ (Concreto Asfáltico Usinado a Quente) pode ser considerado a mais comum e tradicional mistura asfáltica a quente empregada no país, utilizado na construção dos revestimentos de pavimentos, capas de rolamento e camadas de ligação contidas nos revestimentos, obtido por meio de misturas dos agregados minerais (BALBO, 2007).

Segundo Senço (2001), o CBUQ, o mais distinto dos revestimentos flexíveis, decorrente de uma mistura a quente de agregados e material betuminoso, é um dos tipos de revestimentos asfálticos mais utilizados nas vias urbanas e rodovias brasileiras.

O CAUQ é definido como o produto resultante da mistura de agregados e cimento asfáltico de petróleo, espalhado e comprimido a quente. Sendo utilizado como camada de regularização ou também como revestimento (BALBO, 2007).

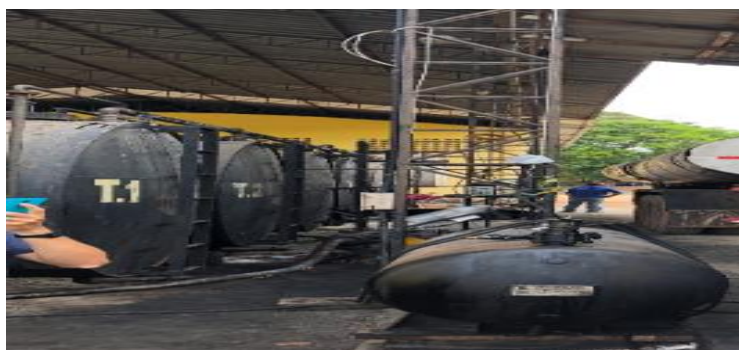
## 2.4.2 CARACTERÍSTICAS DO CBUQ

O CBUQ é um revestimento flexível, normalmente matizado por agregados junto com o CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo), agregado ligante logrado da destilação do petróleo. Essa mistura é realizada a quente em uma Usina de asfalto e transportada até o local da aplicação por transportes preparados e equipados, onde é lançado por uma vibroacabadora, e após seu lançamento a mistura é compactada por rolos compactadores até atingir a densidade especificada (SENÇO, 2001).

## 2.4.3 CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO (CAP)

Segundo Balbo (2007), o asfalto ou cimento asfáltico de petróleo (CAP) é obtido através de processos de refinamento do petróleo cru, com finalidade específica para a pavimentação, além de outras aplicações. É um material que possui grande quantidade de betume (hidrocarbonetos não voláteis). Devido a isso é também chamado de betume; possui a cor negra ou marrom muito escuro, sendo muito viscoso e agindo como ligante.

O CAP possui boa aderência aos agregados e apresenta alto teor de impermeabilizantes. Segundo Castro (2015), o CAP tem a necessidade de ser aquecido para que obtenha uma massa térmica para manter o asfalto com aspecto suficiente nas operações de mistura, transporte, espalhamento e compactação. As **Figura 10** e **Figura 11** mostram o local de armazenamento e como é transportado o CAP.



**Figura 10** - Depósito de CAP

Fonte: Os autores (2018)



**Figura 11** - Caminhão cisterna para transporte de CAP  
Fonte: Os autores (2018)

#### 2.4.4 ASFALTO DILUÍDO DE PETRÓLEO E EMULÇÕES ASFÁLTICAS

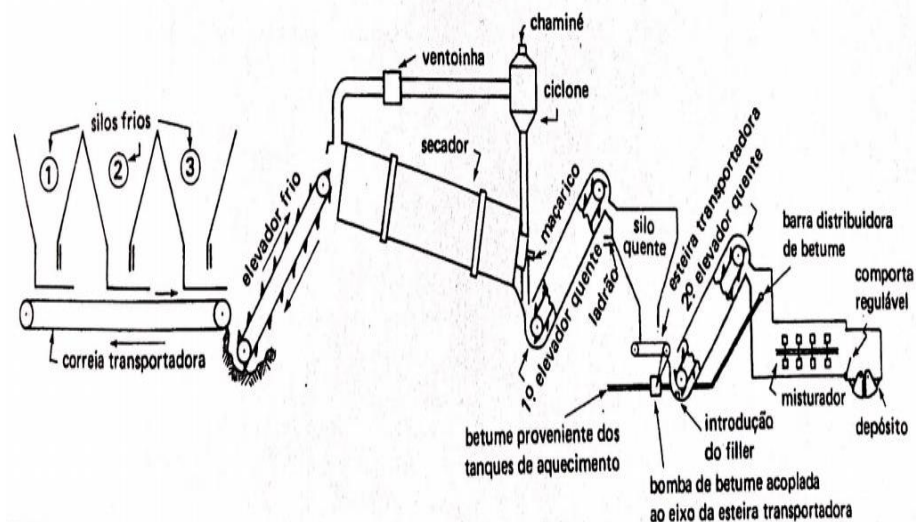
A Imprimação segundo a definição do DNIT na norma 144/2014 – ES, consiste na aplicação de Asfalto Diluído de Petróleo (ADP's). São classificados de acordo com a velocidade de cura. No Brasil são normalmente utilizados o Cura Rápida e Cura Média, que são denominados CR e CM, este último utilizado pelas usinas do Estado do Amapá. O CM-30 é aplicado sobre a superfície da base concluída com o objetivo de fortalecer dando coesão, aderência e impermeabilização.

A Pintura de Ligação segundo definição do DNIT na norma 145/2012 - ES, consiste na aplicação de emulsão asfáltica de Ruptura Rápida (RR-1C e RR-2C) ou Ruptura Média (RM-1C e RM-2C). O ligante asfáltico do tipo RR-1C ou RR-2C é aplicado sobre a superfície de base ou revestimento já existente, com o objetivo de promover aderência entre a base e a capa de pavimentação.

#### 2.4.5 USINAGEM DO CBUQ

Segundo Senço (2001), a usinagem betuminosa a quente ou Concreto Asfáltico (CA) tem um rigoroso controle na dosagem e mistura dos agregados, efetivamente realizada em uma usina fixa, chamada usina contínua. As usinas contínuas

ou volumétricas, conforme **Figura 12**, são compostas pelos seguintes equipamentos: silos de agregados frios, correia transportadora, elevador frio, secador, elevador de massa quente, silo misturador e torre de comando.



**Figura 12** - Esquema de usina volumétrica  
 Fonte: (SENÇO, 2001, p. 215)

Nos silos para agregados frios, conforme **Figura 13**, contêm os agregados como brita, areia e/ou pó de brita dependendo da situação.



**Figura 13** - Silos de agregados frios  
 Fonte: Os autores (2018)

Os agregados são despejados sobre a correia transportadora, conforme **Figura 14**, nas proporções determinadas de acordo com o traço, que os leva até o elevador frio.



**Figura 14** - Correia transportadora  
Fonte: Os autores (2018)

O elevador frio, conforme **Figura 15**, tem a mesma função que a correia transportadora. A diferença entre eles é que o elevador frio possui um ângulo de inclinação necessário para atender à posição, também inclinada, do secador.



**Figura 15** - Elevador frio  
Fonte: Os autores (2018)

O secador, conforme **Figura 16**, trata-se de um cilindro rotativo que retira a umidade dos agregados através da inserção de calor por meio de um queimador, que fica em seu interior, na extremidade contrária à da entrada dos agregados.



**Figura 16 - Secador**  
Fonte: Os autores (2018)

Após os agregados passarem pelo processo de secagem, estes seguem até o silo misturador através do elevador de massa quente, conforme **Figura 17**.



**Figura 17 - Elevador de massa quente**  
Fonte: Os autores (2018)

O silo misturador de massa quente, conforme **Figura 18**, é responsável pela mistura dos agregados com o CAP, que é injetado sobre o material agregado – com temperatura entre 150°C a 190°C -, finalizando o processo de produção do CBUQ, de onde é descarregado em caminhões-caçamba e transportado até o local da pavimentação.



**Figura 18** - Silo misturador  
Fonte: Os autores (2018)

Durante o processo de produção do CBUQ são obedecidas as determinações da torre de comando da usina, conforme **Figura 19**, de onde é feito o controle de adição dos agregados e do CAP de acordo com o traço exigido em projeto; além de outros comandos importantes no funcionamento da usina.



**Figura 19** - Torre de comando da usina  
Fonte: Os autores (2018)

#### 2.4.6 EQUIPAMENTOS USADOS PARA EXECUÇÃO DO CBUQ

De acordo com Senço (2001), os equipamentos utilizados para o transporte

e aplicação do CBUQ em uma pavimentação são: caminhões com caçambas metálicas conforme **Figura 20**, caminhão espargidor, vibroacabadora, rolo compactador de pneus e compressor tandem.



**Figura 20** - Caminhão com caçamba metálica  
Fonte: Os autores (2018)

A imprimação e a pintura de ligação são realizadas pelo bico espargidor, acoplado ao caminhão conforme **Figura 21**. Geralmente, são utilizados dois caminhões espargidores, um para a imprimação e outro para a pintura de ligação.



**Figura 21** - Caminhão espargidor  
Fonte: Os autores (2018)

A vibroacabadora, conforme **Figura 22**, é o equipamento que lança a camada de revestimento sobre a base, com a espessura exigida em projeto. Dependendo de sua espessura, o revestimento poderá ser lançado em mais de uma camada.



**Figura 22** - Vibroacabadora  
Fonte: Os autores (2018)

O rolo compactador de pneus, conforme **Figura 23**, confere acabamento final ao revestimento asfáltico, deixando a superfície lisa e selada; protegendo o pavimento contra a ação de chuvas. Este tipo de equipamento é indicado para a pavimentação de pontes e viadutos, pelo fato de não ser admitido compactação vibratória nessas estruturas.



**Figura 23** - Rolo compactador de pneus  
Fonte: Os autores (2018)

Com relação ao compressor tandem conforme **Figura 24**, este é utilizado principalmente para a compactação de revestimentos asfálticos por possuir dois cilindros; não possuindo pneus - que deixariam marcas na capa betuminosa.



**Figura 24** - Compressor tandem  
Fonte: Os autores (2018)

## 2.5 PAVIMENTO INTERTRAVADO

Há mais de 4.000 anos a.C., pedras foram utilizadas como material para pavimentação. Na Roma Antiga, muito se utilizou pelos romanos, o que acabou contribuindo com a evolução através da técnica de talhamento da pedra, surgindo o piso paralelepípedo. Depois, devido à necessidade de transitar por uma superfície mais plana, se começou a produzir peças pré-moldadas.

A Alemanha, após a Segunda Guerra Mundial, começou a produzir os blocos de concreto em larga escala, por meio das fábricas, principalmente, a partir dos anos 1970, e foi nesse período que chegaram ao Brasil. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2010).

### 2.5.1 DEFINIÇÃO

O pavers é constituído por unidades modulares feitas de concreto, e podendo ser confeccionadas em vários formatos. Trata-se de peças pré-moldadas em concreto justapostas em um colchão de areia e travadas entre si por meio da força de

atrito lateral entre as peças. A força de atrito é garantida através da contenção das bordas do piso pelos meios-fios.

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (2010), para que o pavimento intertravado tenha um bom desempenho, é imprescindível a contenção lateral e o rejunte com areia. A contenção impede os blocos de se deslocarem horizontalmente e, a areia de selagem entre os blocos proporciona, além do atrito lateral, a transferência dos esforços solicitantes entre as peças, mantendo cada unidade de bloco estável, sem deslocamento vertical, rotação ou giro em relação aos seus adjacentes, conforme as **Figura 25** e **Figura 26**.



**Figura 25** - Movimento de rotação  
Fonte: (ABCP, 2010, p. 10)



**Figura 26** - Forças vertical, horizontal e de giro  
Fonte: (T & A BLOCOS E PISOS, 2004, p. 28)

Para dar suporte ao setor de pavimentos de blocos de concreto, algumas normas foram elaboradas pela ABNT. A ABNT NBR 9781 – Peças de Concreto para Pavimentação, determina os processos e observações no momento da fabricação das peças de concreto, para que essas venham ter bom desempenho como revestimento das vias; A ABNT NBR 9050 – Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos, que orienta o projetista a dimensionar e criar as condições necessárias no acesso ao espaço público, de forma a permitir com que todos os cidadãos, inclusive os com mobilidade reduzida, de circular livremente.

## 2.5.2 CARACTERÍSTICAS

Segundo a ABCP (2010, p. 11) “O pavimento intertravado com peças de concreto apresenta grandes possibilidades de ordem estética, uma vez que as variações de forma e cor das peças assim o permitem”, conforme as **Figura 27** e **Figura 28**. Seus materiais constituintes também têm boa disponibilidade, o que favorece a fluidez dos serviços de pavimentação, pois será mais difícil a falta deles na produção dos blocos de concreto.



**Figura 27** - Cores possíveis de blocos de concreto através da pigmentação  
Fonte: (ABCP, 2010, p. 11)

Os blocos de concreto para revestimento de pavimento são classificados em três tipos básicos, conforme a ABCP (2010) define: tipo 1, caracterizado por ter dimensões de 20 cm de comprimento por 10 cm de largura, que possibilitam o carregamento, com uma das mãos, de uma unidade e suas faces laterais podem ter moldes diferentes; tipo 2, tem proporcionalmente as mesmas dimensões do tipo 1, o que o difere deste é o seu formato em "I"; e tipo 3, que tem dimensões maiores que os tipos anteriores, não podendo ser carregado com apenas uma das mãos, e com dimensões mínimas de 20 cm de comprimento por 20 cm de largura.



**Figura 28** - Alguns formatos de blocos de concreto  
 Fonte: (ABCP, 2010, p. 11)

Para as dimensões e tolerâncias das peças de concreto, a ABNT NBR 9781 (2013) determina que tenham no máximo 250 mm de comprimento nominal, mínimo de 97 mm de largura real e espessura nominal mínima de 60 mm, esta especificada com múltiplos de 20 mm. Quanto a tolerância dimensional, deve ser seguido o estabelecido na **Tabela 01**.

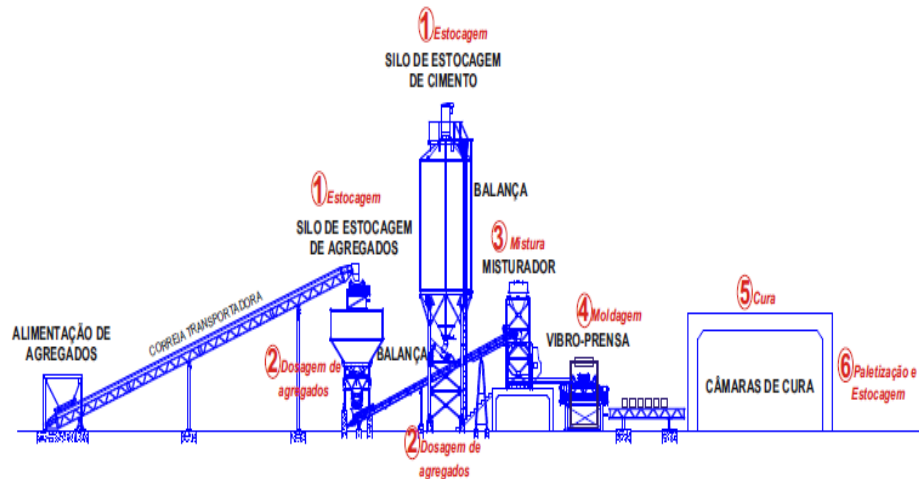
**Tabela 1** - Tolerâncias de dimensões de blocos de concreto (mm)

Comprimento	Largura	Espessura
±3	±3	±3

Fonte: ABNT NBR 9781 (2013)

### 2.5.3 EQUIPAMENTOS E MATERIAIS PARA FABRICAÇÃO DAS PEÇAS DE CONCRETO

Para a produção de blocos de concreto são necessárias algumas ferramentas. A seguir está demonstrado na **Figura 29** um projeto moderno de fábrica de blocos de concreto.



**Figura 29** - Esquema moderno de fábrica de blocos de concreto  
 Fonte: (T & A BLOCOS E PISOS, 2004, p. 19)

Na fábrica do 8º BEC em Macapá, a estrutura de produção é simples, constituída pelos seguintes equipamentos e acessórios: misturador conforme **Figura 30**, esteira de concreto, vibroprensa e molde. No misturador são colocados os materiais para a preparação do concreto com aspecto semi-seco, que deve ter consistência do tipo “farofa”, por isso a importância do controle na hora de adicionar os componentes da mistura.



**Figura 30** - Misturador  
 Fonte: Os autores (2018)

Após a mistura, a mistura pronta segue pela esteira de concreto, conforme **Figura 31**, até o silo da vibroprensa. O posicionamento da esteira deve ser de tal modo que o concreto caia no centro do silo da vibroprensa.



**Figura 31** – Esteira de concreto

Fonte: Os autores (2018)

A vibroprensa é o equipamento mais caro do conjunto conforme **Figura 32**. Existem as hidráulicas, as pneumáticas e as manuais; onde as do primeiro tipo são as mais eficientes, pois oferecem maior energia de compactação do concreto, que sincronizado com a vibração, produz blocos mais densos, com maior resistência e menor consumo de cimento.



**Figura 32** - Vibroprensa

Fonte: Os autores (2018)

O molde, conforme **Figura 33**, é que dá o formato desejado à peça de concreto. Por isso é importante, na hora da aquisição deste acessório, a verificação de suas dimensões para que as peças de concreto saiam de acordo com os padrões exigidos em norma. Em seguida, o processo de produção dos blocos é concluído com as etapas de cura e armazenamento.



**Figura 33** – Molde ou fôrma para bloco 16 faces  
 Fonte: Os autores (2018)

Os materiais utilizados para a produção dos blocos de concreto são: cimento Portland, agregados e água. É permitido, se houver necessidade, a utilização de pigmentos e aditivos, desde que sejam atendidas às exigências constantes em norma.

De acordo com a ABNT NBR 9781 (2013), na preparação do concreto para produção dos blocos, o cimento Portland pode ser de qualquer tipo de classe, desde que este tenha seguido as especificações de sua produção, conforme norma própria para cada tipo de classe de cimento. Quanto aos agregados, a ABNT NBR 9781 (2013) permite que possam ser de origem natural, industrial ou reciclado, desde que em acordo com a ABNT NBR 7211; e quanto a água de amassamento, os aditivos e os pigmentos, esses devem seguir o disposto nas normas ABNT NBR 15900-1, ABNT NBR 11768 e ASTM C 979/C 979M-10, respectivamente.

Para a resistência característica à compressão, os blocos devem atender aos limites estabelecidos na **Tabela 2**.

**Tabela 2** - Resistência característica à compressão

Solicitação	Resistência característica à compressão ( $f_{pk}$ ) aos 28 dias (MPa)
Tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha	$\geq 35$
Tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados	$\geq 50$

Fonte: (ABNT NBR 9781, 2013, p. 6)

Para determinar a resistência característica à compressão, segundo a ABNT NBR 9781 alguns equipamentos se fazem necessários, como máquina de ensaio de compressão, placas auxiliares de ensaio e paquímetro com resolução de 0,1 mm. Ainda de acordo com a norma, as peças da amostra para ensaio à compressão têm que estar saturadas em água há pelo menos 24 h antes do ensaio. Após o posicionamento adequado da peça sobre os pratos auxiliares, é imprimida uma força no eixo central da peça, de forma contínua, com velocidade de 550 kPa/s, com variação de aproximadamente 200 kPa/s, até o rompimento do bloco.

Para a obtenção do resultado em megapascals (MPa), pega-se o valor registrado na máquina de ensaio de compressão em newtons (N) e a divide pela área do bloco de ensaio, que está em milímetros quadrados (mm<sup>2</sup>). Com o resultado da divisão, multiplica-se este pelo fator “p”, relacionado com a espessura da peça, conforme a **Tabela 3**.

**Tabela 3** - Fator multiplicativo p

Espessura nominal da peça (mm)	P
60	0,95
80	1,00
100	1,05

Fonte: (ABNT NBR 9781, p. 11)

## 2.6 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

### 2.6.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO CBUQ

Segundo Balbo (2007), as vantagens e desvantagens do CBUQ são evidenciadas em diversos aspectos, principalmente nos aspectos físicos, químicos e econômicos. Como vantagens podem ser citados os seguintes pontos: baixa desagregação; rápida aplicabilidade; alta impermeabilidade; esteticamente apresentável; conforto com redução de ruídos no tráfego dos veículos; liberação imediata do tráfego logo após a execução da pavimentação; envelhecimento lento; não exige grande tempo de cura e apresenta menor custo financeiro do que o pavimento intertravado.

Dentre as desvantagens destacam-se: aplicabilidade com maquinários específicos; a mistura não pode ser estocada, uma vez preparada; dificulta a visibilidade noturna pela sua cor escura; alto custo de manutenção; agride o meio ambiente; deforma-se em alta temperatura; quando o ligante asfáltico entra em contato com óleo, graxa ou combustível dos veículos que trafegam pelas vias, ocorre o processo de oxidação, enfraquecendo o material ligante e não pode ser aplicado em dias chuvosos.

Ainda com relação às desvantagens, para o estado do Amapá, a aquisição do CAP é dificultada devido à localização geográfica do estado, pois o transporte encarece muito o produto, que é monopolizado pela PETROBRAS. Com o ponto de distribuição mais próximo de Macapá na cidade de Belém - PA.

## 2.6.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO PAVIMENTO INTERTRAVADO

Conforme T & A Blocos e Pisos (2004), o pavimento intertravado possui algumas vantagens, dentre elas a alta durabilidade, que é de 25 anos, quando bem executado os processos de fabricação das peças de concreto e de construção do pavimento, seguindo as normas pertinentes a cada processo; traz melhor conforto térmico e ajuda a diminuir os custos com energia luminosa, pois como o bloco possui uma cor mais clara que o CBUQ, absorve menor energia luminosa (maior refletância); confere um bom atrito aos pneumáticos, garantindo mais segurança aos motoristas e menor risco de acidente.

Os materiais constituintes dos bloquetes são de boa disponibilidade, o que favorece na continuidade do serviço de pavimentação; a permeabilidade parcial do bloco de concreto ajuda na drenagem superficial, contribuindo assim para mitigar os problemas com alagamentos, que afetam grande parte dos meios urbanos; fácil manutenção, pois a possibilidade de montagem e desmontagem das peças de concreto ajuda quando da necessidade de fazer reparos, seja no próprio pavimento, seja para instalação ou reparos dos serviços de rede sob o pavimento.

Quanto aos pontos negativos do pavimento intertravado, o alto custo inicial é bastante considerado pelos projetistas na hora de escolher o tipo de pavimento, em comparação com o custo inicial do pavimento asfáltico. O pavers apresenta menor conforto aos usuários quanto aos efeitos de vibração e ruído, por isso não é indicado para vias de longos percursos. O tempo de execução do pavers é considerado maior se comparado com o pavimento asfáltico, realidade que vem sendo mudada com a invenção de máquinas que dão mais agilidade ao serviço, conforme **Figura 34**.



**Figura 34** - Pavimentadora de paver

Fonte: <https://www.csm.ind.br/moldesmaquinas/producto/pavimentadora-de-paver-p6000/>

### 3.0 METODOLOGIA E MÉTODO

De acordo com Marconi e Lakatos (2003), pesquisa é uma forma de lidar com informações de forma lógica, no intuito de obter verdades ou respostas sobre a realidade. Para isso, deve-se considerar um método científico.

Ainda segundo Marconi e Lakatos (2003, p. 160) "Investigação pura e aplicada estuda um problema relativo ao conhecimento científico ou à sua aplicabilidade". Devido aos fins para encontrar uma solução viável para um problema, baseando-se em um estudo de caso, o trabalho será tratado como de natureza aplicada.

Pesquisa descritiva: quando o pesquisador apenas registra e descreve os fatos observados sem interferir neles. Visa a escrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis (PRODANOV e DE FREITAS, 2013, p. 52).

Esse trabalho tem o objetivo de observar os passos seguidos por uma obra executada pelo BEC na 22ª Brigada, e que a proposta é tê-la como modelo para implantação em outras áreas; diz-se que se trata de uma pesquisa descritiva, pois não será ampliado nenhum conhecimento, apenas será trabalhado e manipulado modelos já definidos.

Conforme verificado por Fonseca (2012), pesquisa qualitativa é aquela que o pesquisador é quem vai interpretar as informações. Trata-se inegavelmente de manusear de forma coerente dados como fotografias, entrevistas, observações e estudo de caso, de forma a seguir a coerência preestabelecida pelos objetivos.

Com relação a abordagem da pesquisa, ela será qualitativa devido ao fato de as informações coletadas dependerem da forma de como o pesquisador organiza suas ideias, ou seja, os dados terão caráter subjetivo. Em relação ao modo de análise de raciocínio, o trabalho aborda a forma hipotético-dedutivo, uma vez que se posiciona diante de um problema, sugerindo uma possível solução para este.

Pode-se dizer, conforme Marconi e Lakatos (2003), que pesquisa bibliográfica é aquela que utiliza como fonte livros, revistas ou qualquer outra forma de publicação científica. Ainda para Marconi e Lakatos (2003), fontes secundárias como gravações, fotografias ou outro tipo de mídia que trate do tema em estudo, também podem ser consideradas como conteúdo bibliográfico.

Segundo Gil (2008), estudo de caso é o estudo de um ou mais objetos com a finalidade de conhecê-lo profundamente. Ainda sobre esse método, Severino (2007) o define como pesquisa de um caso em particular, que representa outros objetos análogos, onde a forma de coletar dados tem semelhança com a pesquisa de campo.

A pesquisa tem cunho bibliográfico e de estudo de caso, pois utiliza como fonte de dados: livros, revistas ou outra fonte científica, no primeiro caso; e tem como base a observação e análise de uma obra de pavimentação realizada na 22ª Brigada, além da coleta de dados secundários em órgãos públicos como a Secretaria de Transportes do Estado do Amapá - SETRAP para a fundamentação do trabalho, na segunda situação.

Os instrumentos utilizados como forma de obtenção de dados para o trabalho foram de pesquisa literária através de livros e revistas; observação direta e registro de processos construtivos da obra; registros institucionais - análise de projeto de implantação da obra civil, análise de solo através de ensaio em laboratório no local da obra e teste de resistência dos bloquetes.

A pesquisa literária foi feita principalmente por meio de livros que tratam sobre o tema do trabalho, buscando aqueles mais citados em outras monografias e artigos. Esse estudo literário serviu para embasar e fundamentar a ideia central do TCC.

Por se tratar de um estudo de caso, o instrumento de observação é importante, pois através dele é possível averiguar e registrar cada etapa do processo construtivo. Através dessa ferramenta, foi inserido no trabalho imagens de algumas etapas da construção da via como: confecção de blocos de concreto, ensaios em laboratório, terraplanagem, visão aérea do canteiro de obra e sua delimitação por meio de mapas; além de informações coletadas por meio de visita técnica à usina asfáltica da SETRAP sobre o processo de transporte, armazenagem, preparo e aplicação do CBUQ, que foram repassadas pelo funcionário daquela empresa pública aos autores.

O acesso a informações do projeto favoreceu a pesquisa com dados sobre as condições pluviométricas da região, aspectos topográficos da área e características do solo.

Para Marconi e Lakatos (2003, p. 159), a investigação preliminar pode ser realizada baseada em dois aspectos: documental e contatos diretos. Sendo os principais tipos de documentos:

- a) Fontes Primárias - dados históricos, bibliográficos e estatísticos; informações, pesquisas e material cartográfico; arquivos oficiais e particulares; registros em geral; documentação pessoal (diários, memórias, autobiografias); correspondência pública ou privada etc.
- b) Fontes Secundárias - imprensa em geral e obras literárias. Os contatos diretos, pesquisa de campo ou de laboratório são realizados com pessoas que podem fornecer dados ou sugerir possíveis fontes de informações úteis. As duas tarefas, pesquisa bibliográfica e de campo, podem ser executadas concomitantemente.

Também foi examinado o levantamento topográfico da área a ser implantada a pavimentação da 22ª Brigada. Além de testes em laboratório para determinar os tipos de solos, que foram usados no dimensionamento do pavimento, juntamente com os dados estimados referentes ao tráfego de veículos.

Em visita técnica à usina asfáltica da SETRAP, localizada no km 09, foi feito levantamento de informações sobre os procedimentos para a pavimentação asfáltica. Onde o Arquiteto e Urbanista Albério Pantoja Marques, funcionário daquele órgão, repassou todas as informações necessárias, desde o percurso feito pelo material betuminoso até Macapá, seu armazenamento especial, sua aplicação nas ruas do município como pavimento flexível e o custo final, por tonelada, desta alternativa, sem considerar a mão de obra.

Em relação à fábrica de blocos de concreto do BEC, foi observado o processo de fabricação dos blocos, e descrito os passos da preparação de um traço de concreto, bem como os quantitativos de cada material utilizados para o traço e o volume deste.

Com base no método de dimensionamento de pavimento flexível do DNER, constante no Manual de pavimentação (2006), foram analisados os ensaios de CBR e feito uma tabela de estimativa de tráfego, nas vias em estudo, de acordo com a projeção do número de moradores da Vila Militar, visitantes e prestadores de serviços essenciais, como telecomunicações e coleta de lixo. Após a análise dos dados dos ensaios de CBR e do cálculo do parâmetro de tráfego "N", através da estimativa de tráfego feita, verificou-se o dimensionamento da camada base dos pavimentos estudados - a mesma para os dois tipos de pavimentos -, e revestimento - CBUQ e intertravado.

A estrutura para os dois tipos de pavimentos foi a mesma, com 0,25 m de folga para a implantação do sistema de drenagem, regularização do subleito e 0,20 m de base. Para a preparação do subleito, foi feito a supressão vegetal com trator de esteira, onde a vegetação com diâmetro acima de 0,50 m foi cortada na altura de 1,00 m do solo e, o tronco, aproveitado na referida obra.

Em seguida é retirada a camada de terra preta (material orgânico) e feito a regularização do solo da seguinte maneira: escarificação e compactação do solo, acrescentando camadas, caso necessário, de no máximo 0,20 m e compactando até atingir a cota de greide e  $ISC \geq 8,0\%$ . E por último, adicionada a camada de base de

0,20 m, sendo compactada até atingir o grau de compactação do ensaio de ISC  $\geq$  60,0%.

Para o ensaio de ISC, baseou-se nas recomendações da norma do extinto DNER-ME 049/94: Solos – determinação do Índice de Suporte Califórnia, utilizando amostras não trabalhadas. Uma quantidade de solo, que dê para fazer seis (06) moldes de ensaio, é coletada da jazida e levada para o laboratório, onde passa pelo processo de secagem ao sol. Logo após a secagem, toda a amostra é passada na peneira 3/4" de 19,0 mm para separar o solo grosso do médio. O solo grosso é pesado e separado para o ensaio de granulometria, e o médio, juntamente com o fino, é pesado, registrando-se sua massa antes de, uma pequena parte, ser passado na peneira número 4, de 4,75 mm para separar o solo médio do fino, sendo este destinado para ensaio de grau de umidade ótima de compactação.

A maior parte da mistura de solo médio e fino é utilizada para a confecção dos 06 moldes, sendo 05 moldes para ensaio de compactação e 01 molde para o ensaio de CBR. Cada molde para compactação é feito com 05 camadas de solo, com cada camada compactada com 55 golpes (proctor modificado) e grau de umidade diferente um do outro, conforme o acréscimo de água. De acordo com a quantidade de água adicionada em cada molde para o teste de compactação, também é colocado o mesmo percentual de água na amostra com solo fino, correspondente, para o teste de umidade ótima de compactação realizada em estufa a  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

Cada molde, depois de realizadas as 5 camadas, é rasado e pesado, registrando-se sua massa. Com isso é possível verificar qual o molde atingiu maior compactação, pois aquele com maior massa significa que atingiu maior massa específica, e conseqüentemente a amostra do teste de umidade ótima correspondente a este molde possui o percentual ótimo de água necessária para atingir a compactação ótima.

O molde destinado para o teste de CBR também é composto por 5 camadas de solo, diferindo com relação ao número de golpes, que é de 56. Após a última camada, é realizado o rasamento do molde e conectado sobre este um tripé com extensômetro, que em seguida é lavado ao tanque onde ficará submerso por 96 horas. Antes de ser submergido, o extensômetro é regulado na marca de 2,0 mm. Decorrido

o tempo, é medido em milímetros a expansão do solo, que deve atender as especificações de projeto, de  $\leq 1\%$ ; em seguida esse mesmo molde é levado para a prensa, onde será submetido ao teste de CBR.

Com estes estudos e informações, foi possível fazer uma comparação entre os tipos de pavimentos flexíveis, de forma a apontar um como solução mais viável para o problema de falta de pavimentação nas ruas locais de Macapá.

#### **4.0 ESTUDO DE CASO**

Foi feito um estudo de caso da obra de pavimentação da 22ª Brigada, começando pela visita à fábrica de blocos de concreto. Esta fábrica, o laboratório, caminhões e outros tipos de equipamentos utilizados na obra são de posse do BEC.

Para a confecção dos blocos de concreto usa-se areia média, pó de brita, brita zero, cimento e água. Os agregados são armazenados em baias separadas e cobertas, de modo a protegê-los da chuva. No preparo de um traço, levam-se quatro medidas de areia média, utilizando uma padiola de dimensões 35 cm x 40 cm x 20,1 cm; três medidas de pó de brita e duas medidas de brita, com a mesma padiola de dimensões 35 cm x 40 cm x 24,4 cm; trinta e dois litros de água e dois sacos de cimento Portland de 50 kg, considerando cada saco 0,036 m<sup>3</sup>; obtendo um volume total por traço de 0,386 m<sup>3</sup>.

Essas medidas são destinadas para um misturador nos seguintes passos: primeiro, se coloca parte da água; segundo as medidas de brita; terceiro, é colocado o cimento; quarto, os agregados miúdos e, por último, o restante da água. Após dois minutos no misturador, o concreto é despejado na esteira, que o leva até a máquina vibroprensadora onde são feitos os blocos de concreto. A máquina produz até 4.000 blocos por dia, trabalhando oito horas ao dia.

Considerando as dimensões do bloco de 16 faces com 11 cm de largura por 22 cm de comprimento e 10 cm de espessura, pode ser calculado o número de blocos por metro quadrado. O espaço de selagem entre os blocos é, em média, de 3 mm, conforme o projeto executivo. Então, fazendo o cálculo aproximado de 112 mm

x 222 mm, obtém-se uma área aproximada de 0,025 m<sup>2</sup> que, multiplicado por 40, resulta em aproximadamente 1,0 m<sup>2</sup>.

#### 4.1 ESTUDO PLUVIOMÉTRICO

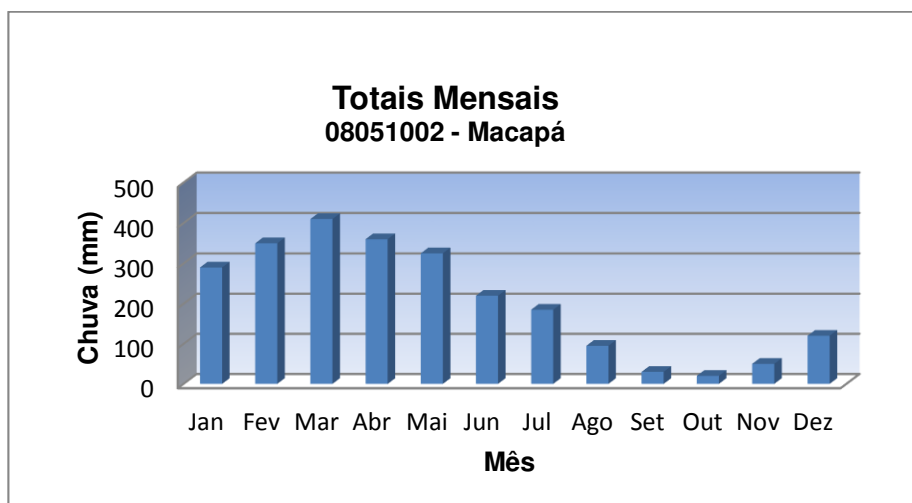
Para a implantação do empreendimento, foi feito um estudo pluviométrico da região para adequar a obra às condições climáticas, pluviométricas e hídricas, de modo a fornecer elementos necessários para as soluções que dotem a área condições indispensáveis para suportar os efeitos da natureza através do entendimento do ciclo hidrológico.

O objetivo central dos estudos é a definição do regime pluvial e do clima na área do projeto e dos métodos de dimensionamento das estruturas de drenagem superficial e obras de arte corrente.

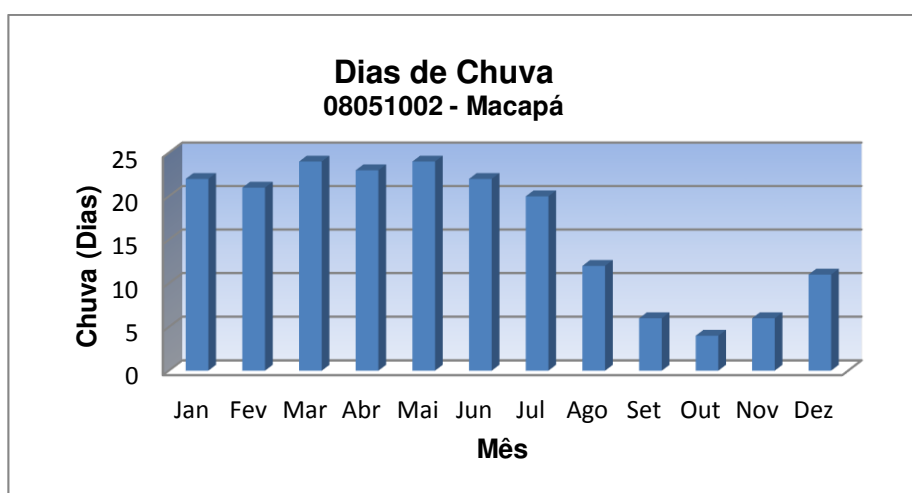
Foi constatado que chove em média 161 dias por ano, não havendo alteração significativa ao longo dos anos. A precipitação total média anual é de 2.031,9 mm, sendo que a máxima mensal média é de 354,3 mm em abril e a mínima mensal média 13,0 mm em setembro. Em abril de 2005, foi registrada a maior precipitação dos últimos 20 anos chegando a 620,8 mm, conforme estudo pluviométrico do projeto executivo da obra.

Quanto à distribuição de chuvas, pode-se identificar a estação seca entre agosto e novembro com maior decréscimo em outubro, e a chuvosa entre dezembro e julho com pico em abril. Do total médio pluviométrico anual, 77 % se concentram nos meses de janeiro a junho.

A região onde está localizado o empreendimento conta com a estação 08051002 com seus histogramas de totais mensais de chuva e dias de chuva mensal, e estação Carmo com tempos de recorrência, alturas e intensidades pluviométricas conforme **Figura 35** e **Figura 36**.



**Figura 35** - Histograma de máximas mensais – Posto: 08051002 - Macapá  
Fonte: (PROJETO EXECUTIVO 22ª BRIGADA, p. 27)



**Figura 36** - Histograma de dias de chuva - Posto: 08051002 - Macapá  
Fonte: (PROJETO EXECUTIVO 22ª BRIGADA, p. 27)

As precipitações máximas diárias foram catalogadas, formando uma série anual para análise de frequência, através do método Gumbel-Chow. Seguindo-se as orientações estabelecidas pelo método das isozonas, obtiveram-se as alturas de chuva para diferentes durações e períodos de recorrência para as estações supracitadas. São apresentados a seguir os resultados do estudo desenvolvido. Conforme **Tabela 4**.

**Tabela 4 - Série anual de máximas diárias**

<b>Posto</b>			<b>Isozona</b>		
<b>Carmo - AP</b>			<b>E</b>		
<b>N</b>	<b>Ano</b>	<b>Máxima</b>			
1	1985	92,0			
2	1986	69,5			
3	1987	56,7			
4	1988	17,8			
5	1989	76,6			
6	1990	59,0			
7	1991	63,9			
8	1994	69,9			
9	1995	45,1			
10	1996	142,2			
11	1997	42,8			
12	1998	203,4			
13	1999	40,8			
14	2000	77,3			
15	2001	59,9			
16	2002	99,0			
17	2003	121,9			
18	2004	78,9			
19	2005	105,8			
20	2006	57,5			
21	2007	83,8			
22	2008	114,7			
23	2009	59,1			
24	2010	85,9			
<b>Eventos</b>	<b>Soma</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio</b>		
24	1974,80	82,28	37,19		
<b>Valores de K (Gumbel – Chow)</b>					
<b>Tr – Tempo de Recorrência em anos</b>					
<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
0,893	1,584	1,960	2,457	3,104	3,747

Fonte: (PROJETO EXECUTIVO DA 22ª BRIGADA, p. 28)

## 4.2 ANÁLISE E PREPARAÇÃO DO SOLO

Os estudos topográficos para o projeto foram desenvolvidos em uma única fase, logo após a definição preliminar dos traçados por levantamento topográfico convencional. Foram levantadas seções transversais em todas as estacas da locação, abrangendo o terreno natural e os seguintes pontos da plataforma: eixo, bordos, início e fim de sistema de drenagem, degraus entre o revestimento primário e drenagem, borda do aterro e offsets.

O levantamento de seções transversais foi feito nos piquetes da linha de exploração, pelo método de irradiações com uso de estações totais para a eficácia dos trabalhos, em face da possibilidade de prescindir de cadernetas de campo, armazenar grande quantidade de dados e eliminar erros de anotação, muito frequentes nos serviços topográficos de campo, conforme **Anexo 1 e Anexo 2**.

#### 4.3 IMPLANTAÇÃO DA FÁBRICA DE BLOCOS DE CONCRETO E BARRACÃO

Sobre planejamento e preparação da obra de pavimento intertravado, a NBR 15953 (2011, p.8) cita os procedimentos: “Inicialmente deve ser feito um reconhecimento do local, com definição da área a ser pavimentada, das bordas e dos limites do pavimento, bem como dos acessos e locais para estocagem de materiais e equipamentos”.

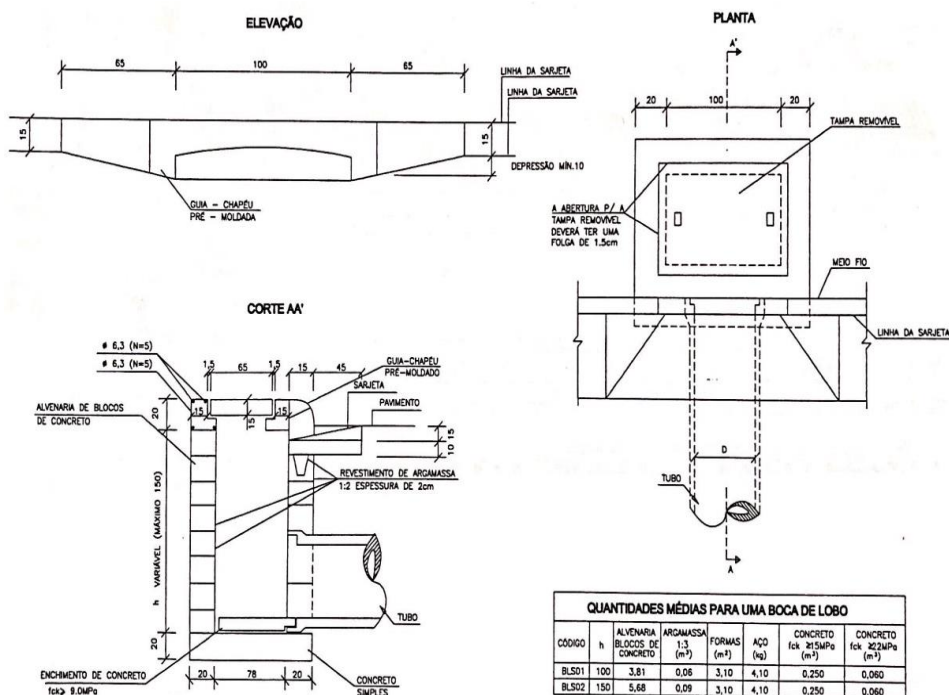
O barracão da obra de pavimentação da 22ª Brigada foi construído próximo à fábrica de bloquete, facilitando o acesso aos materiais armazenados, necessários para a fabricação das peças de concreto. Neste mesmo barracão, também foram alocadas as áreas de vivência, administração da obra e fiscalização.

A escolha da localização da fábrica de bloquete foi planejada no sentido de facilitar o transporte das peças em paletes, considerando a distância de transporte para as frentes de trabalho, de modo a minimizar os riscos de quebra das peças nesse transporte. Esta localização também é estratégica, pois fica a cerca de 200 m da principal via (Rod. Duca Serra) e ao lado da Rua 30 de Outubro conforme a **Figura 3**, por onde chegam os suprimentos necessários para a fabricação dos blocos – areia, cimento, brita – e para o andamento das obras.

#### 4.4 SISTEMA DE DRENAGEM

Na fase de preparação do subleito foram feitos os serviços de rede subterrânea de esgoto e drenagem de águas pluviais. Para a drenagem superficial dos pavimentos tanto de CBUQ quanto intertravado adotou-se uma declividade de 3% em relação ao eixo de projeto para as bordas de cada via, que é obedecida desde a adequação do subleito.

O sistema de micro drenagem é constituído por bocas de lobo de 1,0 m de largura e profundidade variável – de no máximo 1,50 m, conforme **Figura 37**; com distância entre uma e outra de 50,0 m. Cada boca de lobo é interligada à drenagem principal por meio de BSTC (Bueiro Simples Tubular de Concreto) com diâmetro de 0,40 m. E a drenagem principal é constituída por BSTC com diâmetro de 0,60 m e PV (Poço de Visita), que distam entre si de 50,0 m. A Via 01 da Vila Militar, também possui um canteiro principal com gramado, que ajuda na drenagem pluvial.



**Figura 37** - Detalhe de boca de lobo  
 Fonte: (PROJETO EXECUTIVO DA 22ª BRIGADA, p. 77)

## 4.5 ESTUDO DO TRÁFEGO NA VILA MILITAR DA 22ª BRIGADA

Foi feito um levantamento estimativo de trafego das vias em estudo por um período de 10 anos, prazo previsto para o término da construção dos 8 blocos - moradias funcionais do Exército Brasileiro - com 6 pavimentos, sendo 4 apartamentos por pavimento conforme **Quadro 5**. Hoje dispondo de apenas 2 blocos.

**Quadro 5** - Estimativa do número de veículos da Vila Militar da 22ª Brigada

Observações		Veículos diário			
		Passeio	Moto	Van	Caminhão
8 Blocos/6 andares/4 apartamento por andar	192 apartamento	x	x	x	x
Estimativa de 5 moradores cada apartamento	960 moradores	x	x	x	x
Estimativa de 2 veículos por apartamento	Morador	384	x	x	x
Estimativa de 30% do número de apartamento	Morador	x	57	x	x
Estimativa de 20% do número de apartamento	Visitantes	38	x	x	x
Estimativa de 10% do número de apartamento	Visitantes	x	19	x	x
Viaturas militares	Veículos	3	x	x	1
Caminhão do lixo de segunda a sábado	Serviço	x	x	x	1
Veículos de concessionárias (CA-ESA, CEA, internet e outros)	Serviços	1	x	x	x
Estimativa de transporte	Escolar	x	x	4	x
<b>Total estimado de veículos diário</b>		<b>426</b>	<b>76</b>	<b>4</b>	<b>2</b>

Fonte: Os autores (2018)

### 4.5.1 CÁLCULO DO NÚMERO PARÂMETRO DE TRÁFEGO N

Para o cálculo do parâmetro de trafego N foi considerado o manual de pavimentação do DNIT (2006). Para realizar o cálculo do N são considerados os seguintes tipos e limites de cargas por eixo: eixo simples com rodas simples - máximo de 6,0 t; eixo simples com rodas dupla - máximo de 10,0 t; eixo em tandem duplo - máximo de 17,0 t; e eixo em tandem triplo - máximo de 25,5 t. Mas, no caso específico do cálculo do N para o tráfego da Vila Militar, será considerado solicitações do eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN.

De acordo com o DNIT (2006), para solos com granulação grossa deve ser adotada a energia de compactação correspondente do proctor modificado. No caso da obra em estudo, o ensaio de CBR para o subleito foi realizado com energia de proctor normal; e do solo utilizado para a base, com energia de proctor modificado. O tipo de solo presente no subleito é argila amarelada e, na base das obras de pavimentação da 22ª Brigada, solo laterítico, conforme ensaios de CBR realizados **Anexos 3-A, 3-B e 3-C**.

O solo do subleito do pavimento da Vila Militar apresenta CBR ≥ 8,2, conforme resultado mostrado em ensaio de CBR; já o CBR da base é ≥ 67,1 conforme ensaio em **Anexos 3-D, 3-E e 3-F**.

Conforme DNIT (2006), podem ser empregados materiais com CBR ≥ 60%, desde que o parâmetro de tráfego seja inferior a  $N \leq 5 \times 10^6$ ; o que acabou sendo atendido conforme demonstrado a seguir. No entanto, ainda segundo o DNIT (2006), para ensaios de solo com limite de liquidez superior a 25% e/ou índice de plasticidade superior a 6%, este pode ser utilizado como base desde que possua um equivalente de areia maior que 30%. Com relação a esta última informação o projeto de pavimentação estudado não atende aos requisitos da norma, pois está ausente a informação referente ao equivalente de areia.

Para calcular a capacidade de suporte do subleito, tem-se:

$$IS = \frac{IS_{CBR} + IS_{IG}}{2} \quad (1)$$

$$IS_{CBR} = CBR \quad (2)$$

$$IS_{IG} = f(IG) \quad (3)$$

$$IS \leq IS_{CBR} \quad (4)$$

$$IS = \frac{8,2 + 9,0}{2} = \frac{17,2}{2} = 8,6$$

IS: Índice de suporte;

f(IG): De acordo com a **Tabela 5**.

**Tabela 5** - IS\_IG em função de IG

IG	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9-10	11-12	13-14	15-17	18-20
IS <sub>IG</sub>	20	18	15	13	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2

Fonte: Método do DNER

De acordo com o resultado do IS, o CBR do subleito não satisfaz a condição (4) exigida pela norma, o que inviabilizaria o material utilizado no pavimento. Seria necessária uma camada de reforço com maior CBR.

Para calcular a capacidade de suporte da base, tem-se:

$$\text{CBR} \geq 60,0\% \rightarrow N \leq 5 \times 10^6 \quad (5)$$

No cálculo do número N serão consideradas apenas as cargas dos eixos simples com rodas duplas, que correspondem aos caminhões de porte médio (caminhão do Exército e caminhão do lixo), com dois eixos, sendo o dianteiro simples e o traseiro de rodas duplas, este com carga de 80 KN. Os veículos leves serão desconsiderando no cálculo do número N, embora calculáveis, são desprezíveis.

$$N = 365 \times P \times V_m \times FE \times FC \times FR \quad (6)$$

$$V_t = 365 \times P \times V_m \quad (7)$$

Sendo  $V_t$  o volume total de tráfego durante um período. Considerando  $P = 10$  anos e  $V_m$  conforme o **Quadro 5** de estimativa de tráfego da Vila Militar, que mostra a quantidade de tráfego de dois caminhões por dia com eixo simples de rodas duplas. Sendo  $V_m = 2$ , tem-se:

$$V_t = 365 \times 10 \times 2$$

$$V_t = 7.300 \text{ caminhões durante o período de 10 anos.}$$

$$FV = FE \times FC \quad (8)$$

O cálculo do FV, fator de veículo; FE, fator de eixo e FC, fator de carga, serão desconsiderados no cálculo, por se tratar do tráfego em vias internas de uma Vila Militar onde os veículos que transitam atendem apenas aos moradores da instituição, diferente de uma via pública.

Com relação ao fator climático regional FR, o DNIT (2006) adota  $FR = 1,0$ . Para dimensionar as camadas do pavimento, deve ser considerado o coeficiente de equivalência estrutural K, que depende de cada material que compõe o pavimento, conforme **Tabela 6**.

**Tabela 6 - Coeficiente de equivalência estrutural**

<b>Componentes de pavimento</b>	<b>Coeficiente K</b>
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,0
Base ou revestimento de pré-misturado a quente, de graduação densa	1,7
Base ou revestimento de pré-misturado a frio, de graduação densa	1,4
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,2
<b>Camadas granulares</b>	<b>1,0</b>
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias superior a 45 Kg/cm	1,7
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias superior a 45 Kg/cm 28 Kg/cm	1,4
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias superior a 28 Kg/cm a 21 Kg/cm	1,2

Fonte: (DNIT, 2006, p. 146)

De acordo com a **Tabela 6**, o coeficiente de equivalência estrutural do revestimento CBUQ do Ram. Toca da Onça KR = 2,0 e da base, considerando-a como granular, KB = 1,0.

Para determinar a espessura mínima do revestimento de CBUQ, é utilizado os parâmetros conforme a **Tabela 7**.

**Tabela 7 - Espessura mínima de revestimento betuminoso**

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

Fonte: (DNIT, 2006, p. 147)

Retomando a equação (6), se pode inferir que: tendo os valores de P = 10 anos; Vm = 2,0 caminhões de eixo padrão por dia; FE e FC não considerados no cálculo pelos motivos já mencionados anteriormente; e FR = 1, se chega à equação final  $N = 365 \times P \times Vm \times FR$ . Com isso, conclui-se que:

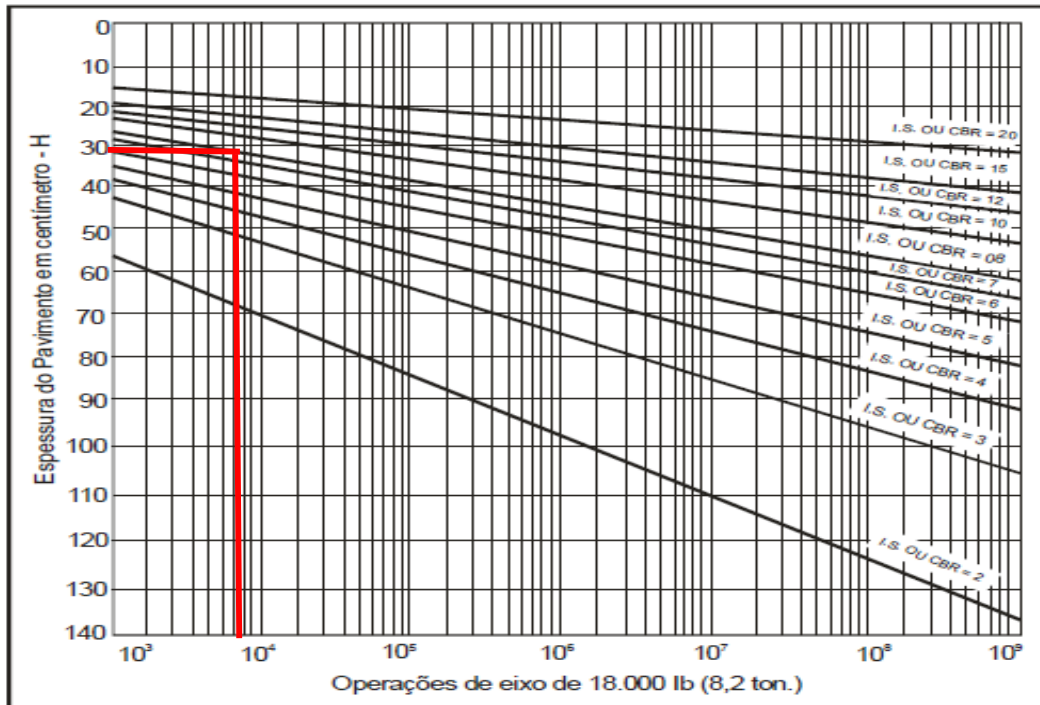
$$N = 365 \times P \times Vm \times FR \quad (9)$$

$$N = 365 \times 10 \times 2 \times 1$$

$$N = 7.300$$

Portanto, o valor do parâmetro de tráfego N está enquadrado, conforme a **Tabela 7**, em  $N \leq 10^6$ , o que tem como recomendação correspondente o tratamento superficial betuminoso. Embora, fora executado no Ram. Toca da Onça um revestimento CBUQ com R = 5,0 cm de espessura.

As espessuras dos pavimentos das vias em estudo podem ser encontradas através do ábaco da **Figura 38**. Com  $N = 7,3 \times 10^3$ , localiza-se esse valor na abscissa, depois é traçado uma reta vertical até a linha referente ao CBR determinado para o subleito, que é  $\geq 8\%$ . Logo após, é projetada uma reta horizontal até o eixo das ordenadas, encontrando o valor da espessura total do pavimento  $H_m \cong 30,0$  cm.



**Figura 38** - Determinação de espessuras do pavimento

Fonte: (DNIT, 2006, p. 149)

Com  $H_m$  encontrado, e como no projeto em estudo existem apenas as camadas de base e revestimento, pode ser calculada a espessura da base  $B$  dos pavimentos em estudo através da equação:

$$RK_R + BK_B = H_m \quad (10)$$

Onde  $R$  é a espessura do revestimento;  $K_R$  e  $K_B$  são os coeficientes de equivalência estrutural do revestimento e da base, respectivamente, com seus respectivos valores já determinados anteriormente. Logo, temos:

$$5,0 \times 2,0 + B \times 1 = 30,0$$

$$B = 20,0 \text{ cm de espessura}$$

Por não se ter a camada de reforço do subleito, a base deveria ter 25 cm de espessura.

É mostrado, na **Figura 1**, seção transversal de pavimento tipo, que serve para representar os dois tipos de pavimentos estudados, diferindo apenas, entre si, na camada de revestimento.

#### 4.6 EXECUÇÃO E CUSTOS DO PAVIMENTO CBUQ

A obra de pavimentação do Ramal Toca da Onça, foi executada com a parceria entre o Exército Brasileiro e Governo do Estado, melhorando o acesso da Vila militar da 22ª Brigada à Rod. Duca Serra, seguindo as etapas previstas em projeto para pavimentar o referido Ramal.

As dimensões do Ramal são: 510,0 m de comprimento, 5,0 m de largura e 0,05 m de espessura, no qual o 8º BEC executou os estudos e os serviços Pluviométrico, Topográfico, Solo e Drenagem; e a SETRAP executou o serviço de revestimento com CBUQ do referido Ramal, seguindo, primeiro, com as etapas de imprimação com CM - 30 e pintura de ligação com RR - 2C; e depois, com a capa de CBUQ com 5,0 cm de espessura e a compactação.

Após a preparação do terreno com a execução do subleito, base, meio fio e drenagem, foi executada a imprimação da base, pintura de ligação e a capa asfáltica, material produzido na usina da SETRAP, atendendo as normas vigentes e o Projeto do 8º BEC.

O CBUQ ao sair do misturador foi descarregado diretamente do Silo de massa em caminhões basculantes e transportado para o local de aplicação dentro de uma curta distância existente, da usina até o local de aplicação, em torno de 8 km. Os caminhões tiveram suas caçambas lubrificadas com água e sabão ou óleo cru, cobertas com lona para proteção e também manter a temperatura da mistura asfáltica. A descarga da mistura foi efetuada pelos caminhões direto na vibroacabadora, que espalhou a massa asfáltica de acordo com a espessura prevista.

Logo após o espalhamento pela vibroacabadora, a compactação foi executada com equipamentos adequados: rolo tandem vibratório, rolo compactador de

pneus, placa vibratória compactadora, sempre iniciando das bordas para o centro da pista. Após esse procedimento, a pista foi liberada. É destacado, conforme a **Figura 3**, o trecho pavimentado com CBUQ.

Na pavimentação do referido Ramal, tem-se a discriminação dos quantitativos e valores de custos unitários dos serviços feitos pelo 8º BEC e pela SETRAP. A seguir, as **Tabela 8** e **Tabela 9** mostram os quantitativos dos serviços executados pelas instituições públicas.

**Tabela 8** - Quantitativo de serviços executado pelo 8º BEC

Serviços	Comprimento (m)	Largura (m)	Espessura (m)	Volume (m³)
Base	510,0	5,0	0,20	510,0
Subleito	510,0	5,0	x	x
Sarjeta	1020,0	0,13	0,12	15,9
Meio fio	1020,0	0,09	0,25	23,0

Fonte: Os autores (2018)

**Tabela 9** - Quantitativo de serviços executados pela SETRAP

Serviços	Comprimento (m)	Largura (m)	Espessura (m)
Imprimação	510,0	5,0	0,02
Pintura de ligação	510,0	5,0	x
Revestimento	510,0	5,0	0,05
Compactação	1020,0	5,0	x

Fonte: Os autores (2018)

Na sequência, na **Tabela 10** é mostrado o traço padrão da mistura asfáltica usinada na SETRAP, utilizada no revestimento do Ram. Toca da Onça. O traço obtido através de documento, conforme **Anexos 4-A e 4-B**, está indicado em porcentagem de massa, e não contém os custos unitários dos insumos para uma tonelada. Antes da aplicação do CBUQ foram realizados os serviços, pela SETRAP, de imprimação e pintura de ligação, com CM-30 e RR-2C respectivamente. Os custos com esses serviços preliminares são mostrados na **Tabela 11**.

**Tabela 10** - CBUQ – traço 05 faixa “C” Norma DNIT 031/2006 – SETRAP

Material	Armaz.	Proporção tonelada	Consumo (Kg)	Un.	Conversão de consumo	Custo Unit. (R\$)	Custo Tot. (R\$)
Brita 1”	Silo 03	18,9%	189,0	m³	0,126	144,50	18,20
Brita 0”	Silo 02	23,7%	237,0	m³	0,158	144,50	22,83
Pó de brita	Silo 01	36,0%	360,0	m³	0,21	88,50	18,58
Areia	Silo 01	14,2%	142	m³	0,1	45,00	4,50
Filler – Cimento		1,9%	19	kg	19	0,60	11,40
CAP 50/70		5,3%	53	t	0,053	2.585,59	137,04
<b>Soma dos agregados100%</b>							<b>212,55</b>

Fonte: Informativo Técnico do servidor/SETRAP/GEA – Arquiteto Albério Pantoja Marques

**Tabela 11** - Custo unitário da emulsão asfáltica – SETRAP

Material	Unidade	Consumo	Custo/t (R\$)	Custo/m <sup>2</sup> (R\$)
CM 30	t	0,0012	3.775,98	4,53
RR 2C	t	0,0004	2.214,81	0,88
<b>Custo Total por m<sup>2</sup></b>				<b>5,41</b>

Fonte: Informativo Técnico do servidor/SETRAP/GEA – Arquiteto Albério Pantoja Marques

Na composição de custos, conforme **Anexos 5-A, 5-B, 5-C, 5-D e 5-E**, praticados na usinagem do CBUQ na Região de Santana e Macapá por uma usina privada, é mostrado cada insumo e seu respectivo valor unitário correspondente à fabricação de uma tonelada da massa asfáltica conforme **Tabela 12**.

**Tabela 12** - CBUQ – composição de preço por tonelada (capa de rolamento faixa “C”) – Construtora Reflorestadora Rio Pedreira LTDA

Material	Unidade	Consumo	Custo Unit. (R\$)	Custo Tot. (R\$)
Areia	m <sup>3</sup>	0,0658	45,00	2,96
Brita 0	m <sup>3</sup>	0,1608	144,50	23,24
Brita 1	m <sup>3</sup>	0,1491	144,50	21,54
Pó de brita	m <sup>3</sup>	0,2967	88,50	26,26
CAP 50/70	t	0,0550	3.814,94	209,82
Óleo comb. 1 <sup>a</sup>	l	9	2,60	23,40
<b>Custo Total por tonelada</b>				<b>307,22</b>

Fonte: Eng. Esmeraldo Coelho Cayres – CREA 48244/D-MG

De posse da composição de custos da **Tabela 12**, foi feita uma adaptação, acrescentando o campo custo unitário na **Tabela 10**, que possibilitou estimar o valor total do traço por tonelada de CBUQ produzido pela SETRAP.

Abaixo, na **Tabela 13**, é demonstrado o custo por unidade de área das emulsões asfálticas vendidas pela usina privada.

**Tabela 13** - Custo unitário da emulsão asfáltica – Construtora Reflorestadora Rio Pedreira LTDA

Material	Unidade	Consumo	Custo/t (R\$)	Custo/m <sup>2</sup> (R\$)
CM 30	t	0,0012	4.863,00	5,84
RR 1C	t	0,0004	2.353,00	0,94
<b>Custo Total por m<sup>2</sup></b>				<b>6,78</b>

Fonte: Eng. Esmeraldo Coelho Cayres – CREA 48244/D-MG

## 4.7 ANÁLISE, EXECUÇÃO E CUSTOS DO PAVIMENTO INTERTRAVADO

### 4.7.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E ABSORÇÃO DE ÁGUA

Como o projeto de pavimento intertravado da 22ª Brigada é destinado para o trânsito de veículos leves e veículos comerciais de linha, como carros, caminhões, ônibus, empilhadeiras e carretas de pequeno porte, as peças do pavimento devem ter resistência à compressão de 35 Mpa.

No que se refere à amostragem, cada lote contém 12.000 blocos. E de cada lote são retirados, de forma aleatória, seis (06) blocos 16 faces para avaliação dimensional e visual; três (03) blocos e três (03) corpos-de-prova (feitos com o mesmo concreto do lote dos blocos) para o ensaio de resistência à compressão e três (03) blocos para o teste de absorção de água. Este procedimento é de acordo com a ABNT NBR 9781: 2013, item 6.2.2.

Aos três (03), quatorze (14) e vinte e oito (28) dias de cura da amostragem são rompidos um (01) bloco e um (01) corpo de prova, e anotados os resultados da carga aplicada em cada peça de concreto conforme as **Figura 39** e **Figura 40**.



**Figura 39** – Ensaio de rompimento do bloquete  
Fonte: Os autores (2018)



**Figura 40** – Ensaio de rompimento do corpo de prova  
Fonte: Os autores (2018)

Depois de 24 horas imersos em água conforme a **Figura 41**, as peças separadas para o teste de absorção de água são retiradas e, depois de retirado o excesso de água, pesadas. Logo em seguida, são colocadas na estufa para perderem a água absorvida e serem pesadas novamente. Com esses resultados, se determina a absorção de água média, em porcentagem. Um resultado de teste de resistência à compressão e de absorção de água, feita no BEC, é mostrado no **Anexo 6-A e 6-B**.



**Figura 41** – Tanque de imersão de corpo de prova  
Fonte: Os autores (2018)

De acordo com a ABNT NBR 12655 (2015: versão corrigida), para o cálculo da resistência da dosagem do concreto devem ser consideradas algumas variáveis relacionadas com as condições de preparo do concreto, a saber: condição A, quando o aglomerante e os agregados são medidos em massa, a água de amassamento é

medida em massa ou volume; condição B, quando o aglomerante é medido em massa, os agregados são medidos em massa combinada com volume e a água é medida em volume; e condição C, quando o cimento Portland é medido em massa, os agregados e a água de amassamento são medidos em volume.

De acordo com as condições de preparo do concreto, é adotado um desvio padrão conforme **Tabela 14**, que serve para calcular a resistência de dosagem do concreto, resistência essa que deverá ser alcançada nos ensaios de resistência à compressão das peças de concreto.

**Tabela 14** - Desvio-padrão a ser adotado em função da condição de preparo do concreto

Condição de preparo do concreto	Desvio-padrão (MPa)
A	4,0
B	5,5
C	7,0

Fonte: (ABNT NBR 12655, 2015, p. 17)

Para as condições de preparo do concreto na fábrica de blocos do BEC, foi verificado a condição C conforme citado na tabela anterior, que corresponde a um desvio-padrão  $S_D = 7,0$  MPa. Com essas características, e utilizando um dado coletado no ensaio de compressão de corpo de prova  $f_{ckj} = 30,9$  MPa, referentes aos 14 dias, do **Anexo 6-A**, o cálculo da resistência de dosagem do concreto deve ser feito da seguinte forma:

$$f_{cmj} = f_{ckj} + 1,65 \times S_D \quad (11)$$

$$f_{cmj} = 31,5 + 1,65 \times 7,0$$

$$f_{cmj} = 43,05 \text{ Mpa}$$

$f_{cmj}$ : resistência média à compressão, em MPa, prevista para j dias;

$f_{ckj}$ : resistência característica à compressão do concreto aos j dias, em MPa;

$S_D$ : desvio-padrão da dosagem, em MPa.

Aos 14 dias de cura, a resistência à compressão  $f_{ckj}$  do corpo de prova deveria alcançar o valor de  $f_{cmj}$ , ou seja, 43,05 MPa; o que não ocorreu conforme o ensaio do **Anexo 6-A**, que deu 30,9 MPa.

#### 4.7.2 EXECUÇÃO E CUSTOS DO PAVIMENTO INTERTRAVADO

Os procedimentos de execução do piso intertravado foram baseados no Manual de Pavimento Intertravado da ABCP e na norma da ABNT NBR 15953: 2011.

Para a execução do pavers, equipamentos simples como carrinho de mão, pá e enxadas, linha de nylon, marretas de borracha, vassouras, serra de disco para concreto, régua de madeira ou metálica, trena, placas vibratórias, guias em madeira ou metálicas com dimensão da espessura da camada de assentamento, foram necessários para executar o serviço; além de equipamentos de segurança individual (EPs), que são obrigatórios.

Após a inspeção da base da estrutura de pavimento e executado o serviço de contenção, através de viga de contenção ou outro tipo de método de contenção, procedeu-se o espalhamento da camada de assentamento com 5,0 cm de espessura, constituído por material granulado (areia média), na quantidade suficiente para o assentamento do revestimento diário.

Ao lado das vigas de contenção, foram colocadas guias niveladas com nível de mão. Sobre essas guias corre uma régua em madeira ou alumínio, que sarrafeando o colchão de areia, o deixa com superfície lisa e na cota prevista de projeto. Em seguida começa a disposição dos blocos de concreto conforme os alinhamentos longitudinal e transversal, feitos por linhas esticadas a cada 5,0 m, formando ângulos perpendiculares entre si; e obedecendo o espaçamento entre as peças, de 2 a 3 mm, conforme **Figura 42**.



**Figura 42** - Serviço de pavimentação de blocos Intertravados da Via 01  
Fonte: Os autores (2018)

Depois do assentamento das peças foi feita a compactação por placa vibratória, garantindo uma sobreposição entre as faixas de compactação para evitar possíveis “degraus”, respeitando a distância mínima de 1,0 m das peças assentadas, mas ainda sem a contenção. Ao término da compactação, espalhou-se, com vassoura, uma fina camada de areia para preencher as juntas de selagem. E mais uma vez, para finalizar, uma compactação para conferir estabilidade definitiva para o pavimento. No ponto de transição entre pavimento intertravado – Via 01 – e flexível (CBUQ) – Ram. Toca da Onça – da bifurcação, foi feito um sarjetão com material rígido, garantindo a contenção lateral dos blocos conforme **Figura 43**.



**Figura 43** - Sarjetão em concreto armado entre a Via 01 e o Ram Toca da Onça  
Fonte: Os autores (2018)

Em visita à fábrica de bloquetes no Distrito do Coração; Macapá – AP, foi repassado pelo proprietário daquela fábrica informações sobre custos para a fabricação de bloquetes conforme **Tabela 15**.

**Tabela 15** - Custo por m<sup>2</sup> do bloco 16 faces da fábrica Ligue Blocos

Tipo	Preço Unitário (R\$)	Quant. Por m <sup>2</sup>	Preço Total (R\$)
16 face	1,50	40	60,00

Fonte: Fábrica Ligue Blocos

Em seguida a **Tabela 16** apresenta o custo por traço do concreto produzido no BEC. Também foi entregue um panfleto com informações sobre nome e CNPJ da empresa, tipos de peças em concreto e suas características conforme **Anexo 7**.

**Tabela 16** - Custo estimado por traço do BEC para produção de bloquetes

Material	Unidade	Quantidade	Preço un. (R\$)	Total (RS)
Areia média	m <sup>3</sup>	0,112	90,00	25,20
Brita zero	m <sup>3</sup>	0,068	120,00	8,16
Pó de brita	m <sup>3</sup>	0,102	90,00	9,18
Cimento	Saco (50 kg)	2,000	30,00	60,00
<b>Total</b>				<b>102,54</b>

Fonte: Setor de compras do 8º BEC

Como já se sabe que para 1,0 m<sup>2</sup> de pavimento intertravado são necessárias 40 peças de concreto, e que o valor do traço é de R\$ 102,54; que o volume de 01 bloco de concreto com espessura de 10,0 cm é 0,0024 m<sup>3</sup>, logo tem-se que 40,0 blocos dão um volume de 0,096 m<sup>3</sup>. Fazendo uma regra de três simples entre as razões de volume do traço pelo volume de 40,0 blocos e do valor em reais do traço pelo valor de 40,0 blocos, é encontrado o valor por metro quadrado do bloco de concreto com espessura de 10,0 cm, que é de aproximadamente US\$ 6,45 (cotação do Dólar de 31 de dezembro de 2018).

## 5.0 ANÁLISE DE RESULTADOS

A execução do subleito e da base da obra de pavimentação da 22 Brigada apresentou algumas falhas correspondentes aos ensaios realizados. Para o CBR do subleito de  $\geq 8\%$ , os testes mostraram uma resistência aquém do desejável, conforme mostrado no estudo de caso. Uma camada de reforço do subleito, com CBR maior, seria necessário.

Em relação à base, que deve ter CBR  $\geq 60\%$ , segundo um dos requisitos mencionados pela norma, que é satisfazer a condição CBR  $\geq 60\%$ , quando  $N \leq 5 \times 10^6$ , ela atendeu a este requisito, pois o N calculado foi de 7.300 repetições de eixo padrão simples com rodas duplas, com carga de pesagem de 80 KN. Mas, outro critério para ser aceito um CBR de 60% é a condição de que o solo tenha valor equivalente de areia superior a 30%, caso possua limite de liquidez superior a 25% e/ou índice de plasticidade maior que 6%. Esta última exigência não foi atendida de acordo com os ensaios, pois nestes não há a informação do equivalente de areia.

A respeito dos estudos da adequação do subleito e da base para a composição do pavimento, ficou evidente que algumas medidas de correção devem ser tomadas em relação aos ensaios, como o preenchimento de todos os campos com informações necessárias para se adequar as camadas do pavimento de acordo com as exigências do projeto.

No estudo do dimensionamento dos pavimentos CBUQ e intertravado foram utilizados os mesmos parâmetros para o cálculo da caracterização do subleito e da base para ambos os tipos de pavimento, conforme mostrado no capítulo Estudo de Caso. Foi constatado, para o dimensionamento do CBUQ, que este fora superdimensionado, sendo que em lugar do CBUQ, poderia ter sido empregado um revestimento do tipo Tratamento superficial betuminoso.

Referente ao revestimento do pavimento intertravado, este, por ser destinado para o fluxo de veículos comerciais de linha, deveria atender ao critério de resistência característica que é de  $f_{pk} \geq 35$  MPa, de acordo com ABCP (2010), mas devido à estrutura da fábrica de bloquetes não ter equipamento de balança para fazer o controle do traço de concreto, isto faz aumentar o desvio padrão  $S_D$  e, conseqüentemente, os materiais utilizados no traço do concreto devem alcançar 43,05 Mpa aos 14 dias, e com isso cumpre-se os requisitos de projeto conforme estabelecido na ABNT NBR 12655:2015.

Contudo, para a estrutura da fábrica do BEC, o  $f_{pk}$  adequado para os bloquetes produzidos naquela fábrica seria de aproximadamente  $< 30$  MPa. Então, uma sugestão seria alterar o tipo de cimento da composição, melhorar o controle de massa e umidade dos agregados ou fazer alteração no fator água/cimento para se alcançar o  $f_{pk}$  de 35 MPa.

Comparando os custos por metro quadrado dos dois tipos de pavimentos em estudo, sem considerar a mão de obra, foi possível coletar dois valores por metro quadrado para cada tipo de pavimento, conforme cotação do Dólar do dia 31 de dezembro de 2018. Para o revestimento de CBUQ, os valores foram de US\$ 6,64, média de preço por metro quadrado com 5,0 cm de espessura da mistura usinada na SE-TRAP; e de US\$ 9,60 do CBUQ usinado na empresa Construtora e Reflorestadora Rio Pedreira LTDA.

Para o pavimento intertravado, foram encontrados os valores de US\$ 6,45, custo estimado do metro quadrado de pavimento intertravado produzido pelo BEC e de US\$ 15,50, preço este praticado pela empresa Lique Bloco.

Analisando os valores acima, é percebido uma aproximação entre os preços por metro quadrado do CBUQ produzido na SETRAP de US\$ 6,64 e o preço de US\$ 6,45 do metro quadrado do bloquete produzido pelo BEC.

Comparando os tipos de pavimentos CBUQ e intertravado do ponto de vista da execução, o CBUQ leva vantagem, pois o pavimento intertravado não conta com o mesmo aparato tecnológico para execução do revestimento que o CBUQ.

O pavers ainda dispõe de pouca tecnologia para acelerar seu processo de execução, mas algumas tecnologias já estão surgindo no mercado, como o surgimento da pavimentadora de paver. Esse fato reforça as possibilidades de escolha do pavers diante do CBUQ. Em compensação, o pavers oferece vantagens mais atrativas em relação ao CBUQ, como melhor drenagem superficial do pavimento por ser parcialmente permeável, durabilidade de 25 anos contra 10 do CBUQ, melhora o conforto térmico e é de fácil manutenção.

## **6.0 CONCLUSÃO**

Mesmo que alguns problemas relacionados a falta de dados tenham prejudicado a confiabilidade de parte dos processos de dimensionamento dos tipos de pavimentos, ainda assim foi possível alcançar o objetivo proposto, pois se conseguiu demonstrar o nível de complexidade do projeto, abordando todos os passos desde a aquisição dos materiais, a manipulação destes para se chegar ao produto final, e a execução do serviço com cada material utilizado em cada um dos pavimentos estudados.

Na etapa de dimensionamento dos pavimentos estudados, devido a singularidade do projeto, por se tratar de uma vila residencial, foram feitas algumas adaptações referentes ao cálculo do parâmetro de tráfego N, porém, sem comprometer a confiabilidade deste. Sendo possível estimar, baseado nas normas, o tráfego nas vias em estudo.

Por falta de alguns parâmetros nos ensaios de CBR, na análise do solo, houve dificuldade no dimensionamento das camadas de pavimentação, contudo conseguiu-se chegar a um resultado satisfatório.

Comparando as vantagens e desvantagens entre os revestimentos, o intertravado supera as expectativas por ser de fácil execução, sem a necessidade de equipamentos sofisticados; possuir a característica de fácil manutenção, com as peças podendo ser reutilizadas; melhor disponibilidade de materiais; reduz o efeito do calor; esteticamente adequado e mais seguro, pois diminui a distância de frenagem; parcialmente permeável, ajudando a mitigar o problema com alagamentos; maior durabilidade e melhor custo benefício a longo prazo.

Por fim, foi possível também estabelecer a comparação entre os dois tipos de pavimentos referente ao custo por metro quadrado de cada um, chegando a um resultado de valores quase semelhantes, em relação aos custos das instituições públicas: SETRAP e 8º BEC.

Considerando os aspectos citados e as vantagens e desvantagens dos pavimentos estudados, conclui-se que o pavimento intertravado pode ser mais viável para as vias não pavimentadas de Macapá, com as mesmas características do objeto estudado, ajustando alguns parâmetros exigidos pelas normas de pavimentação.

## SUGESTÃO PARA FUTUROS TRABALHOS

- É sugerido o estudo sobre o Tratamento Superficial Duplo (TSD), indicado para vias com tráfego leve, que potencialmente pode ser revelado como outra forma viável de pavimentação com baixo custo para as vias não pavimentadas de Macapá;
- Seguindo a ideia de sustentabilidade, propõe-se o estudo do asfalto permeável, pois evitando o escoamento rápido das águas superficiais do pavimento, mitiga-se os problemas com enchentes no meio urbano;
- Fazer um estudo econômico aprofundado, considerando os custos de execução e manutenção de todas as camadas do pavimento.

## 7.0 REFERÊNCIAS

ALBANO, J. F. **Vias de Transporte**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, v. 1, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de Pavimento Intertravado: Passeio Público**. 1. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, v. 1, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento**. Rio de Janeiro. 2015: versão corrigida.

BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica - materiais, projeto e restauração**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação Asfáltica: Formação básica para engenheiros**. 3. ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, v. 1, 2010.

BRASIL. Lei n. 9.503, de 23 de set. de 1997, e legislação correlata. **Código de Trânsito Brasileiro**, Brasília, DF, out 2013.

DNIT. **Manual de pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro: Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, v. 1, 2006.

FONSECA, R. C. V. D. **Metodologia do trabalho científico**. 1 revisada. ed. Curitiba: IESDE Brasil, v. 1, 2012.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: ATLAS S.A., v. I, 2008.

HOEL, L. A.; GARBER, N. J.; SADEK, A. W. **Engenharia de infraestrutura de transportes - uma integração multimodal**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Território e Ambiente. **Cidades IBGE**, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ap/macapa/panorama>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, v. 1, 2003.

MESQUITA, A. P. **Parcelamento do Solo Urbano e suas Diversas Formas**. Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2008.

PRODANOV, C. C.; DE FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: FEEVALE, v. 1, 2013.

SENÇO, W. D. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. São Paulo: Pini, 2001.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. São Paulo: Cortez, v. I, 2007.

T & A BLOCOS E PISOS. **Manual técnico de piso intertravado de concreto**. 1. ed. Fortaleza: T & A Blocos e Pisos, v. 1, 2004.

VILLIBOR, D. F. et al. **Pavimentos de Baixo Custo para Vias Urbanas**. 2. ed. São Paulo: Arte & Ciência, 2009.



## ANEXO 2: CÁLCULO DE VOLUME POR COMPARAÇÃO DE PERFIS: TERRENO X PROJETO

char \*Pointer Informática  
Volume: VIA DA VILA 01


Data: 03/03/15 Hora: 17:06 Página: 1  
Projeto: VILA MILITAR Local: MACAPÁ

Cálculo de Volume por Comparação de Perfis: Terreno x Projeto

Estaca	Área Corte	Área Aterro	Semi-Dis.	Vol.Corte	Vol.Aterro
0	0,304	1,281			
			10,000	40,660	12,810
1	3,762	0,000			
			10,000	127,570	0,000
2	8,995	0,000			
			10,000	187,440	0,000
3	9,749	0,000			
			2,694	46,326	0,000
3+5,387	7,450	0,000			
			7,307	54,433	47,514
4	0,000	6,503			
			10,000	0,700	87,220
5	0,070	2,219			
			10,000	2,860	28,420
6	0,216	0,623			
			4,379	1,349	15,782
6+8,758	0,092	2,981			
			5,621	0,708	38,678
7	0,034	3,900			
			10,000	2,570	65,280
8	0,223	2,628			
			10,000	8,350	51,660
9	0,612	2,538			
			10,000	14,710	43,930
10	0,859	1,855			
			10,000	21,420	22,060
11	1,283	0,351			
			10,000	31,190	8,560
12	1,836	0,505			
			10,000	46,260	5,100
13	2,790	0,005			
			10,000	57,320	2,570
14	2,942	0,252			
			10,000	38,340	19,550
15	0,892	1,703			
			10,000	13,000	42,370
16	0,408	2,534			
			10,000	7,360	55,890
17	0,328	3,055			
			10,000	17,270	43,450
18	1,399	1,290			
			8,033	22,587	20,708
18+16,065	1,413	1,288			

	Corte	Aterro
Áreas	45,6570 m <sup>2</sup>	35,511 m <sup>2</sup>
Volumes	742,423 m <sup>3</sup>	611,552 m <sup>3</sup>

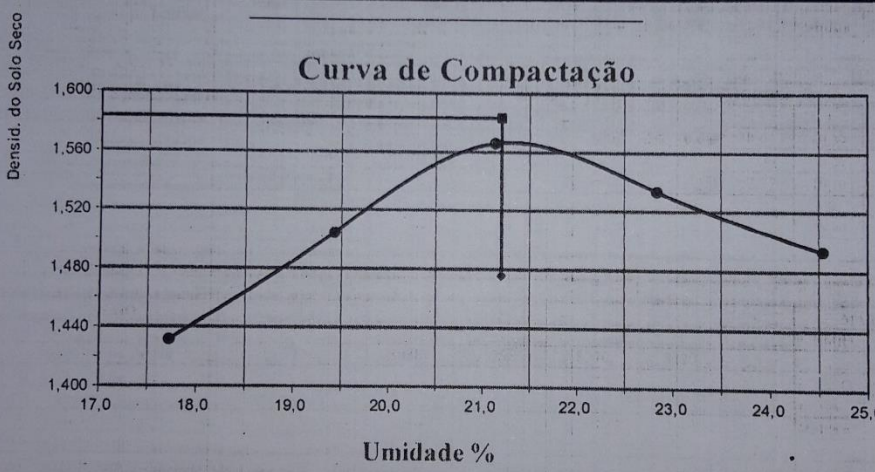
**ANEXO 3-A: ENSAIO DE CBR DO SUBLEITO (FOLHA 1)**




**MINISTÉRIO DA DEFESA - EXÉRCITO BRASILEIRO**  
**2º GRUPAMENTO DE ENGENHARIA**  
**8º BATALHÃO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO**  
**SEÇÃO TÉCNICA - LABORATÓRIO DE ENSAIOS TÉCNICOS**

Obra:	MACAPÁ	REGISTRO:	0013/17.	Material:	ARGILA AMARELADA		
Trecho:	BRIGADA DA FOZ	Data:	7-mar-2017	Estaca:	Camada	2º	
Sub-trecho:	EST. EX- VB2 - PC3 (PAIOL)	PROCTO	NORMAL	Estudo:	SUB LEITO	FURO	1
ENSAIO DE COMPACTAÇÃO		BOLÉTIM DE SONDAGEM / PERFIL DO FURO			DNER-ME - 129/94		
TEOR DE UMIDADE		C. VIBETA (m)			HIGROSCÓPICA		
Cápsula - Nº		C. ARGILA (m)	1,20	1,2	13	3	26
Peso Bruto Úmido		C. TARTAR (m)	0,80	0,8	78,61	69,39	71,60
Peso da Cápsula		OBSE. M. C. D. 2.ª CAMADA		0,8	77,39	68,09	70,27
Peso da Água	900	PROF. FURO (m)	2,20		17,77	19,19	14,62
Peso do Solo Seco					1,22	1,30	1,33
Umidade (%)					59,62	48,90	55,65
Umidade Calculada (%)					2,05	2,66	2,39
					15,00	16,67	18,35
					20,00	21,67	23,35
ENSAIO		1		2		3	
Nº do Cilindro	31	31	31	31	31	MASSA	
Peso do Cilindro + Solo Úmido	7855	8088	8298	8270	8220	P. UMID	6.000,00
Peso do Cilindro	4333	4333	4333	4333	4333	K 1	0,9769
Peso do Solo Úmido	3522	3755	3965	3937	3887	P. SECO	5.861,39
Volume do Cilindro	2090	2090	2090	2090	2090	AGUA	138,62
Densidade do Solo Úmido	1,685	1,797	1,897	1,884	1,860	Molde nº	31
Densidade do Solo Seco	1,432	1,504	1,566	1,534	1,493	Peso	4333
						Volume	2090

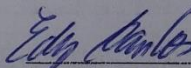
### Curva de Compactação



Umidade Ótima:	21,2 %
Densidade Seca Máxima:	1,567 g/cm³



LABORATORISTA



ENGENHEIRO  
 Edy Carlos Santos da Silva  
 Engenheiro Civil  
 CREA: 16.094 D/PA


Fonte: Laboratório do BEC da 22ª Brigada

ANEXO 3-B: ENSAIO DE CBR DO SUBLEITO (FOLHA 2)

MINISTÉRIO DA DEFESA - EXÉRCITO BRASILEIRO									
2º GRUPAMENTO DE ENGENHARIA									
8º BATALHÃO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO									
SEÇÃO TÉCNICA - LABORATÓRIO DE ENSAIOS TÉCNICOS									
ENSAIO DO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFORNIA									
DNER-ME - 049/94									
OBRA/TRECHO:		ESTUDO:				DATA:			
MACAPÁ		SUBLEITO		BRIGADA DA FOZ		07-04-2017			
RS1/FURCAM	1	MATERIAL:		ENERGIA:	OPERADOR:		REGISTRO:		
0	2ª	ARGILA AMARELADA		12	SC FÉLIX		0013/17		
PREPARAÇÃO DA AMOSTRA									
UMIDADES		HIGROSCÓPICA			DE MOLDAGEM		APÓS SATURAÇÃO		
Cápsula nº		13	3	26	9	12			
Peso da C+S+A (g)		78,61	69,39	71,60	99,10	99,00			
Peso da C+S (g)		77,39	68,09	70,27	84,16	84,30			
Peso da Água (g)		1,22	1,30	1,33	14,94	14,70			
Peso da Cápsula (g)		17,77	19,19	14,62	14,00	15,23			
Peso do Solo Seco (g)		59,62	48,90	55,65	70,16	69,07			
Teor de Umidade (%)		2,05	2,66	2,39	21,29	21,28			
Umidade Média (%)		2,4%			21,3				
UMID. ÓTIMA (%)		21,2%	AMOSTRA ÚMIDA (g)		6000,0	ÁGUA A ADICIONAR (ml)	1130,1		
COMPACTAÇÃO DA AMOSTRA					EXPANSÃO				
MOLDAGEM		ÓTIMA	SATURADO	Altura do Corpo de Prova (mm)		Tempo Decorrido (Dias)		Leitura Deflet. (mm)	Expansão (%)
Cilindro nº	*	31		DATA					114,00
Água Adicionada (ml)		1130							
Peso do Cilindro+Solo Úmido (g)		8277							
Peso do Cilindro (g)		4333		7/3/2017	00:00	2,00		1,75	
Peso do Solo Úmido (g)		3944		8/3/2017	24:00			0,00	
Volume do Cilindro (cm³)		2090		9/3/2017	48:00			0,00	
Densid. Aparente Úmida (g/cm³)		1,887		10/3/2017	72:00			0,00	
Densid. Aparente Seca (g/cm³)		1,556		11/3/2017	96:00	2,37		2,08	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO									
Constante do Anel				0,1033					
Tempo (min.)	Penet. (mm)	Leitura 0,001 mm	Pressão (kgf/cm²)						
0,5	0,64	20	2,1						
1	1,27	33	3,4						
1,5	1,91	44	4,5						
2	2,54	56	5,8						
3	3,81	68	7,0						
4	5,08	77	8,0						
6	7,62	86	8,9						
8	10,16	92	9,5						
10	12,70	98	10,1						
CÁLCULO DO I.S.C.									
Leitura (mm)	Pressão		I.S.C. (%)						
	Aplic.	Corrigida							
2,54	5,8	5,7848	8,2						
5,08	8,0	7,9541	7,5						
D. MÁX (g/cm³)	1,567	H. ÓT. (%)	21,2%	I.S.C. (%)	8,2	Exp. (%)	0,32%		
Observ.:									
TÉCNICOS DO CONTRÔLE DE QUALIDADE					DNIT				

Fonte: Laboratório do BEC da 22ª Brigada

### ANEXO 3-C: ENSAIO DE CBR DO SUBLEITO (FOLHA 3)



**MINISTÉRIO DA DEFESA - EXÉRCITO BRASILEIRO**  
**2º GRUPAMENTO DE ENGENHARIA**  
**8º BATALHÃO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO**  
**SEÇÃO TÉCNICA - LABORATÓRIO DE ENSAIOS TÉCNICOS**

**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO - DNER-ME 080/94**

UMIDADE	%	%	AMOSTRA	TOTAL	PARCIAL
CÁPSULA - Nº	25	1	CÁPSULA Nº		
P. BRUTO ÚMIDO	98,12	92,41	PESO BRUTO ÚMIDO		
P. BRUTO SECO	96,46	90,42	PESO ÚMIDO	2000,00	200,00
P. DA CÁPSULA	14,62	13,95	PESO RETIDO NA # Nº 10	0,00	
P. DA ÁGUA	1,96	1,99	PESO ÚMIDO PASS. NA # Nº 10	2000,00	
P. DO SOLO SECO	81,84	76,47	PESO SECO PASS. NA # Nº 10	1954,74	
UMIDADE	2,03	3,60	PESO DA AMOSTRA SECA		195,47
UMIDADE MÉDIA	2,3				

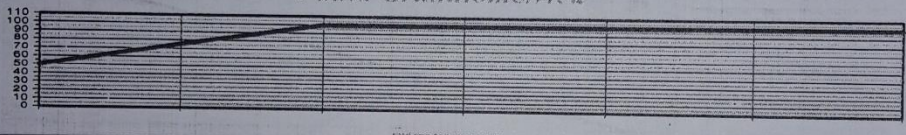
AMOSTRA TOTAL	PENEIRAMENTO						CONSTANTES	
	PENEIRAS		PESO RETIDO PARCIAL	% DA AMOSTRA TOTAL	% RETIDA ACUMULADA	% QUE PASSA DA AM. TOTAL		
	POL	mm						
	2	50,8	0,00	0,00	0,00	100,0	K 1 = $\frac{100}{1977,96}$	0,051
	1 1/2	38,1	0,00	0,00	0,00	100,0		
	1	25,4	0,00	0,00	0,00	100,0		
	3/4	19,1	0,00	0,00	0,00	100,0	K 2 = $\frac{100,00}{195,47}$	0,5116
	3/8	9,5	0,00	0,00	0,00	100,0		
	4	4,8	0,00	0,00	0,00	100,0		
	10	2	0,00	0,00	0,00	100,0		
	40	0,42	48,00	24,56	75,44	24,56	FAIXA :	ABNT
	200	0,074	50,00	25,58	49,87	49,9	OBS.:	08-mar-17
							DATA :	
							OPERADOR :	SC Félix

FAIXA "A"			FAIXA DE TOLERANCIA			GRANULOMETRIA MATERIAL		
	GRAN	tol. Mínimo	tol. Máximo					
200	5	30	49,9	3	32			
40	10	45	75,4	5	50			
10	15	60	100,0	10	65			
4	20	75	100,0	15	80			

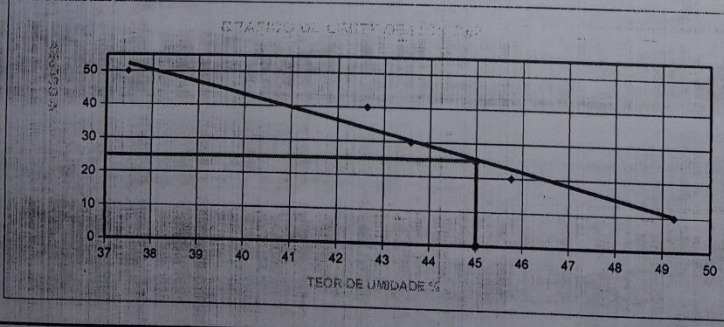
Faixa Granulométrica



ENSAIOS FÍSICOS										
CÁPSULA - Nº	LIMITE DE LIQUEDEZ - DNER-ME 122/94					LIMITE DE PLASTICIDADE - DNER-ME - 082/94				
	47	55	43	41	79	62	69	86	87	70
P. BRUTO ÚMIDO	20,03	22,24	19,71	21,13	19,80	7,59	7,89	8,33	7,60	8,03
P. BRUTO SECO	15,98	17,38	15,53	16,38	14,94	7,24	7,49	7,88	7,04	7,65
P. DA CÁPSULA	5,17	5,98	5,94	6,00	5,07	5,95	6,02	6,20	5,00	6,14
P. DA ÁGUA	4,95	4,86	4,13	4,75	4,86	0,33	0,40	0,25	0,56	0,38
P. DO SOLO SECO	10,81	11,40	9,59	10,38	9,87	1,29	1,47	1,68	2,94	1,31
UMIDADE	37,5	42,6	43,6	45,8	49,2	27,1	27,2	26,8	27,5	25,2
Nº GOLPES	50	40	30	20	10	OK	OK	OK	OK	OK



**RESUMO DOS ENSAIOS**

LIMITE DE LIQUEDEZ: 45,0

LIMITE DE PLASTICIDADE: 26,7

ÍNDICE DE PLASTICIDADE: 18,3

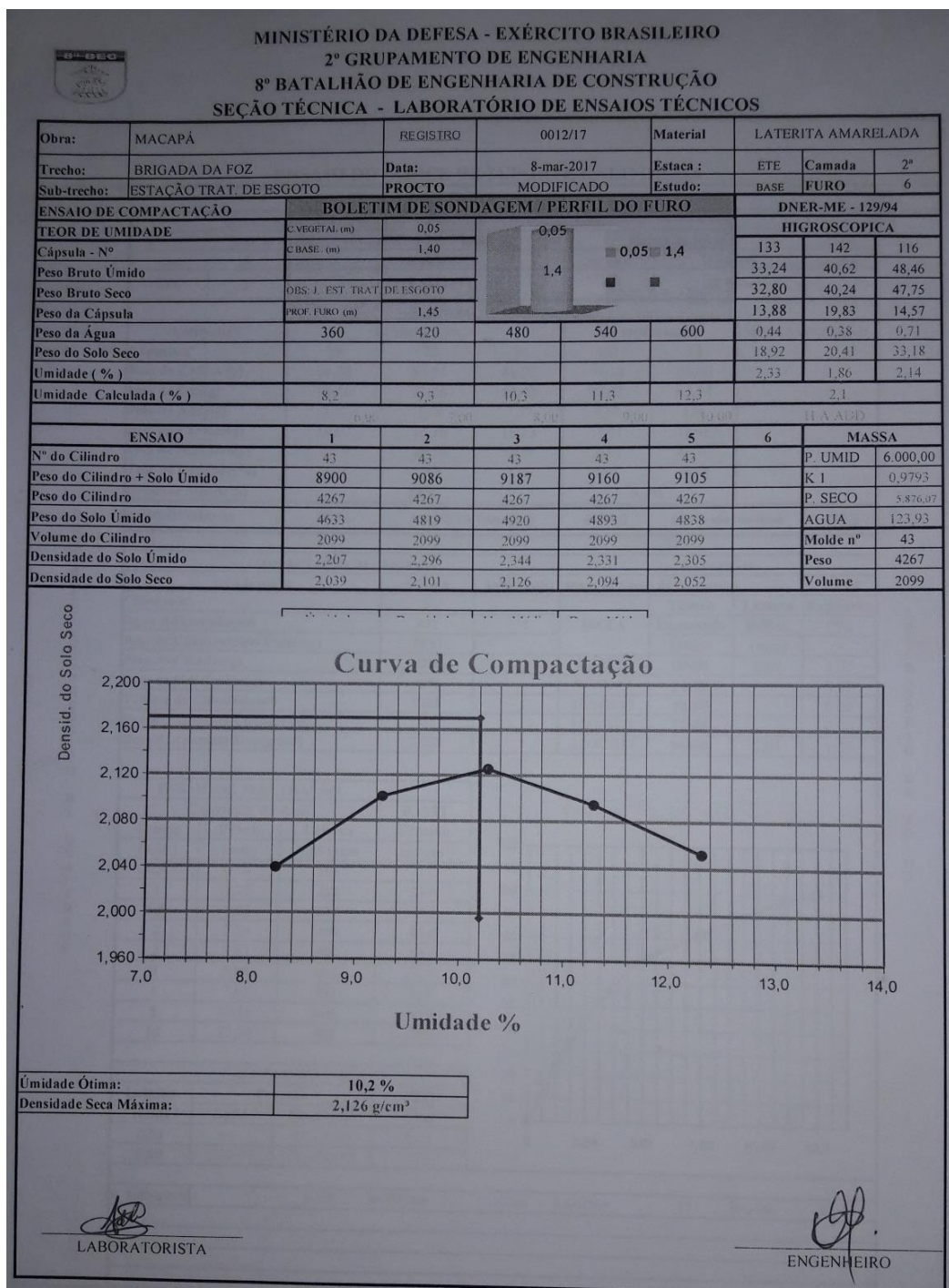
ÍNDICE DE GRUPO: 6,2

CLASSIFICAÇÃO HRB: A-7-6

EQUIVALENTE DE AREIA:

Fonte: Laboratório do BEC da 22ª Brigada

**ANEXO 3-D: ENSAIO DE CBR DA BASE (FOLHA 1)**



Fonte: Laboratório do BEC da 22ª Brigada

ANEXO 3-E: ENSAIO DE CBR DA BASE (FOLHA 2)

EXÉRCITO BRASILEIRO  
**MINISTÉRIO DA DEFESA - EXÉRCITO BRASILEIRO**  
**2º GRUPAMENTO DE ENGENHARIA**  
**8º BATALHÃO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO**  
**SEÇÃO TÉCNICA - LABORATÓRIO DE ENSAIOS TÉCNICOS**

**ENSAIO DO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFORNIA**  
**DNER-ME - 049/94**

OBRA/TRECHO: MACAPÁ		ESTUDO: BASE		BRIGADA DA FOZ		DATA: 05-mar-17
FURO: 6	MATERIAL: LATERITA AMARELADA			ENERGIA: 56	OPERADOR: SC Félix	REGISTRO:
ETE: 2ª						

PREPARAÇÃO DA AMOSTRA						
UMIDADES	HIGROSCÓPICA			DE MOLDAGEM		APÓS SATURAÇÃO
Cápsula n°	59	73	56	152	13	
Peso da C+S+A (g)	90,38	83,54	86,20	76,10	66,80	
Peso da C+S(g)	88,16	81,66	84,43	71,62	62,14	
Peso da Água(g)	2,22	1,88	1,77	4,48	4,66	
Peso da Cápsula(g)	14,07	15,16	15,23	15,01	18,91	
Peso do Solo Seco(g)	74,09	66,50	69,20	56,61	43,23	
Teor de Umidade(%)	3,00	2,83	2,56	7,91	10,78	
Umidade Média(%)	2,8%			9,3%		
UMID. ÓTIMA(%)	10,2%	AMOSTRA ÚMIDA(g)		6000,0	ÁGUA A ADICIONAR(ml)	432,3

COMPACTAÇÃO DA AMOSTRA				EXPANSÃO		
MOLDAGEM	ÓTIMA	SATURADO	Altura do Corp. de Prova(mm)	Tempo Decorrido (Dias)	Leitura Deflet. (mm)	Expansão (%)
Cilindro n°	3					114,00
Água Adicionada(ml)	432					
Peso do Cilindro+Solo Úmido(g)	8620					
Peso do Cilindro(g)	4366		8/3/2017	00:00	2,00	1,75
Peso do Solo Úmido(g)	4254		9/3/2017	24:00		0,00
Volume do Cilindro(cm³)	2068		10/3/2017	48:00		0,00
Densid. Aparente Úmida(g/cm³)	2,057		11/3/2017	72:00		0,00
Densid. Aparente Seca(g/cm³)	2,055		12/3/2017	96:00	2,04	1,79

ENSAIO DE PENETRAÇÃO			
Constante do Anel			0,1033
Tempo (min.)	Penet. (mm)	Leitura 0,001mm	Pressão (kgf/cm²)
0,5	0,64	108	11,2
1	1,27	228	23,6
1,5	1,91	334	34,5
2	2,54	430	44,4
3	3,81	562	58,1
4	5,08	682	70,5
6	7,62	792	81,8
8	10,16	902	93,2
10	12,70	968	100,0

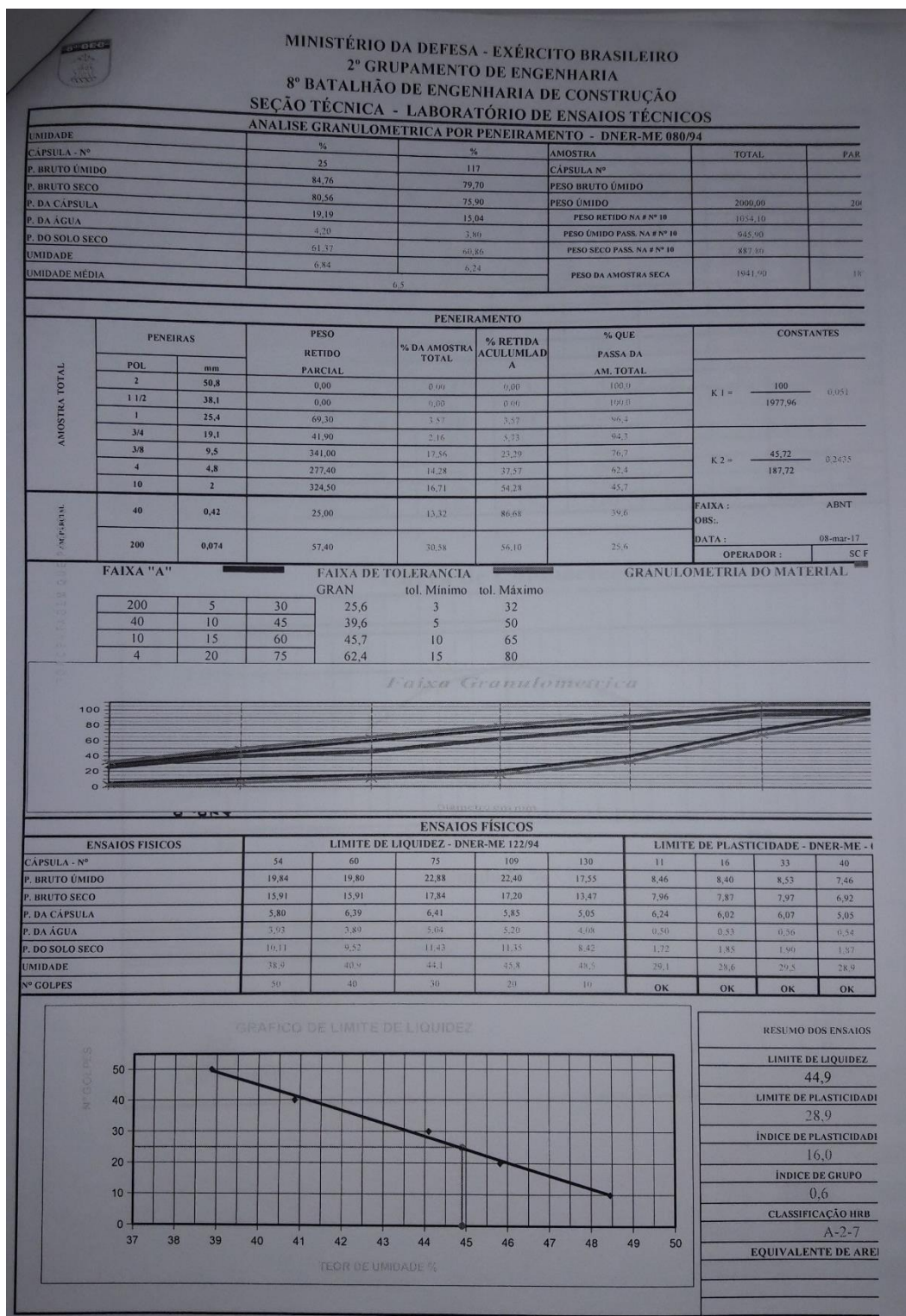
CÁLCULO DO I.S.C.			
Leitura (mm)	Pressão		I.S.C. (%)
	Aplic.	Corrigida	
2,54	44,4	45,10078	64,1
5,08	70,5	70,734675	67,1

D. MÁX(g/cm³)	2,126	H. ÓT.(%)=	10,2%	I.S.C.(%)=	67,1	Exp.(%)	0,04%
Observ.:							

TÉCNICOS DO CONTRÔLE DE QUALIDADE DNIT

Fonte: Laboratório do BEC da 22ª Brigada

### ANEXO 3-F: ENSAIO DE CBR DA BASE (FOLHA 3)



Fonte: Laboratório do BEC da 22ª Brigada

**ANEXO 4-A: TRAÇO 05 FAIXA "C" NORMAL DNIT 031/2006 – ES**

**DEMONSTRAÇÃO OPERADOR DA USINA**

**TRAÇO 05 FAIXA "C" NORMA DNIT 031/2006 - ES**

Composição sem Betume			Composição com Betume		
Brita 1"	SILO 03	20,0%	Brita 1"	SILO 03	18,9%
Brita 0"	SILO 02	25,0%	Brita 0"	SILO 02	23,7%
Pó de pedra mais areia	SILO 01	53,0%	Pó de brita mais areia	SILO 01	50,2%
Filler - Cimento		2,0%	Filler - Cimento		1,9%
Soma dos agregados		100,0%	Cap		5,3%
			Soma dos agregados		100,0%

Brita 1"	SILO 03	20,0%	Brita 1"	SILO 03	18,9%
Brita 0"	SILO 02	25,0%	Brita 0"	SILO 02	23,7%
Pó de pedra	SILO 01	38,0%	Pó de brita	SILO 01	36,0%
Areia		15,0%	Areia		14,2%
Filler - Cimento		2,0%	Cimento		1,9%
Soma dos agregados		100,0%	Cap		5,3%
			Soma dos agregados		100,0%

Firma: GEA DEPI/SETRAP

Macapá - 07 de março de 2018

Fonte: Secretaria de Transportes do Amapá - SETRAP

## ANEXO 4-B: COMPOSIÇÃO DOS AGREGADOS

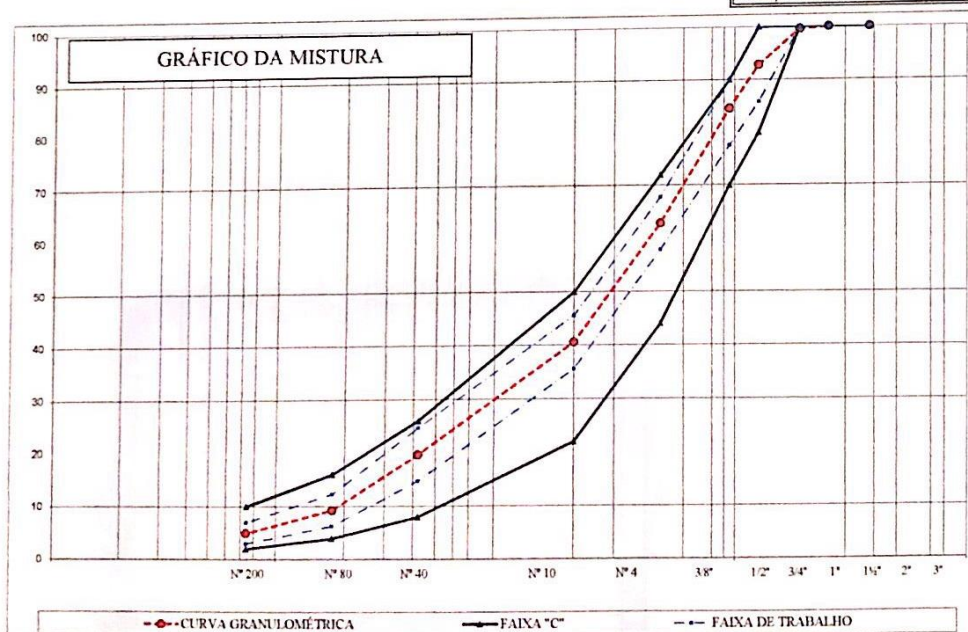
PENEIRAS		Brita 1"		Brita 0"		Pó de pedra		Areia Fina		Filler - Cimento		FAIXA * C * DNIT		
		#	% Mistura	#	% Mistura	#	% Mistura	#	% Mistura	#	% Mistura	FAIXA DE TRABALHO	Minimo	Obtido
		% Pass.	18,0%	% Pass.	30,0%	% Pass.	38,0%	% Pass.	12,0%	% Pass.	02,0%			
2"		100,00	18,00	100,00	30,00	100,00	38,00	100,00	12,00	100,00	2,00	100,00	100,00	100,00
1 1/2"		100,00	18,00	100,00	30,00	100,00	38,00	100,00	12,00	100,00	2,00	100,00	100,00	100,00
1"		100,00	18,00	100,00	30,00	100,00	38,00	100,00	12,00	100,00	2,00	100,00	99,60	100,00
3/4"		97,84	17,60	100,00	30,00	100,00	38,00	100,00	12,00	100,00	2,00	85,80	92,80	99,80
1 1/2"		60,26	10,80	100,00	30,00	100,00	38,00	100,00	12,00	100,00	2,00	77,60	84,60	90,00
3/8"		25,24	4,50	94,13	28,20	99,71	37,90	100,00	12,00	100,00	2,00	57,90	62,90	67,90
Nº 4		7,21	1,30	35,87	10,80	98,25	37,30	95,81	11,50	100,00	2,00	35,60	40,60	45,60
Nº 10		5,06	0,90	5,72	1,70	66,93	25,40	88,62	10,60	100,00	2,00	14,70	19,70	24,70
Nº 40		3,28	0,60	2,55	0,80	27,75	10,50	48,20	5,80	100,00	2,00	6,30	9,30	12,30
Nº 80		1,92	0,30	1,32	0,40	14,04	5,30	11,13	1,30	98,79	2,00	3,00	5,00	7,00
Nº 200		0,87	0,20	0,67	0,20	6,66	2,50	1,80	0,20	96,06	1,90	3,00	5,00	7,00

Brita 1"	18,00%
Brita 0"	30,00%
Pó de pedra	38,00%
Areia Fina	12,00%
Filler - Cimento	2,00%
	100%

Brita 1"	17,1%
Brita 0"	28,5%
Pó de pedra	36,1%
Areia Fina	11,4%
Filler - Cimento	1,9%
Agente	5,0%
TOTAL	100,00%

%VAZIOS	3,50
% V C B	11,60
%V A M	15,10
%R B V	76,80
ESTABILIDADE	1079 Kgf
FLUÊNCIA mm	2,60
DENS. DE PROJETO Kg / cm <sup>3</sup>	2,348
DENS. TEÓRICA Kg. / cm <sup>3</sup>	2,433
DOPE %	0,3
VARIAÇÃO DE CAP	5,2 a 5,5

Energia de compactação 75 Golpes por face



Fonte: Secretaria de Transportes do Amapá - SETRAP

**ANEXO 5-A: DESCRIÇÃO DE SERVIÇO DE USINAGEM DO CBUQ DA USINA RIO PEDREIRA**

COMPOSIÇÃO AUXILIAR DE PREÇO UNITÁRIO							
Serviço : Usinagem de CBUQ (capa de rolamento) AC/SC						Unidade :	t
<b>( A )</b>	<b>Equipamentos (A)</b>		<b>Utilização</b>		<b>Custo Operacional</b>		<b>Custo Horário (R\$)</b>
Código	Discriminação	Quantidade	Produtiva	Improdutiva	Produtiva	Improdutiva	
E010	Carregadeira de Pneus : Caterpillar : 950H - 3,3 m3	1,00	0,10	0,90	R\$ 234,59	R\$ 20,01	R\$ 41,47
E110	Tanque de Estocagem de Asfalto : Cifali : - 30.000 l	3,00	1,00	0,00	R\$ 23,76	R\$ 16,19	R\$ 71,28
E112	Aquecedor de Fluido Térmico : Tenge : TH III -	1,00	1,00	0,00	R\$ 119,74	R\$ 0,00	R\$ 119,74
E113	Usina de Asfalto a Quente : Cifali : DMC-2 - 40 / 60 t/h	1,00	1,00	0,00	R\$ 779,46	R\$ 419,54	R\$ 779,46
E501	Grupo Gerador : Heimer : GEHM-40 - 36/40 KVA	1,00	1,00	0,00	R\$ 26,53	R\$ 0,00	R\$ 26,53
E503	Grupo Gerador : Heimer : GEHM-180 - 164 / 180 KVA	1,00	1,00	0,00	R\$ 108,57	R\$ 0,00	R\$ 108,57
<b>Total (A)</b>							<b>R\$ 1.147,05</b>
<b>( B )</b>	<b>Mão de obra (B)</b>				<b>Salários (R\$)</b>		
Código	Discriminação				Quantidade	Base	Total
P9875	Encarregado de turma				1,0000	R\$ 38,20	R\$ 38,20
P9954	Servente				8,0000	R\$ 15,90	R\$ 127,20
<b>Total da Mão de Obra</b>							<b>R\$ 165,40</b>
Adicional sobre Mão de Obra - Ferramentas						15,51%	R\$ 25,65
<b>Total (B)</b>							<b>R\$ 191,05</b>
<b>Custo Horário Total (A+B):</b>							<b>R\$ 1.338,10</b>
<b>( C )</b>	<b>Produção da Equipe:( C )</b>	<b>65,00</b>					
<b>( D )</b>	<b>Custo Unitário de Execução ( D ) = ( A+B ) / C:</b>						<b>R\$ 20,59</b>
<b>( E )</b>	<b>Materiais ( E )</b>			<b>Unidade</b>	<b>Consumo</b>	<b>Custo</b>	<b>Custo Total</b>
Código	Discriminação						
M705	Pó de pedra			m³	0,2967	R\$ 88,50	R\$ 26,26
M704B	Areia			m³	0,0658	R\$ 45,00	R\$ 2,96
AM35A	Brita 0			m³	0,1608	R\$ 144,50	R\$ 23,24
AM35	Brita 1			m³	0,1491	R\$ 144,50	R\$ 21,54
M101	Cimento asfáltico CAP 50/70			t	0,0550	R\$ 3.814,94	R\$ 209,82
M003	Óleo combustível 1A			l	9,0000	R\$ 2,60	R\$ 23,40
<b>Total ( E )</b>							<b>R\$ 307,22</b>
<b>( F )</b>	<b>Atividades Auxiliares (F)</b>			<b>Unidade</b>	<b>Consumo</b>	<b>Custo</b>	<b>Custo Total</b>
Código	Discriminação						
<b>Total ( F )</b>							<b>R\$ 0,00</b>
<b>( G )</b>	<b>Transporte de Materiais Produzido / Comerciais ( G )</b>	<b>DMT Rod. PV (km)</b>	<b>DMT Rod.NP(km)</b>	<b>DMT (Total) (km)</b>	<b>Consumo (t)</b>	<b>Custo</b>	<b>Custo Total (btkm)</b>
Código	Discriminação						
	Transporte Cimento Asfáltico de Petróleo CAP 50/70	6,0000		6,0000	0,0550	R\$ 0,96	R\$ 0,32
<b>Total ( G )</b>							<b>R\$ 0,32</b>
<b>Custo Unitário Total (D)+(E)+(F)+(G)</b>							<b>R\$ 328,12</b>
<b>Bonificação:</b>						<b>0,00%</b>	<b>R\$ 0,00</b>
<b>Preço Unitário Total</b>							<b>R\$ 328,12</b>

Fonte: Construtora Reflorestadora Rio Pedreira LTDA

**ANEXO 5-B: DESCRIÇÃO DE SERVIÇO DE IMPRIMAÇÃO DA USINA RIO PEDREIRA (FOLHA 1)**

Nº ITEM	BASE	CODIGO	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	FIC	FIT	(P) PROD EQUI	UNID.		
4.3	SICRO2PA	250230000	Imprimação			1.125,00	m²		
Composição de Preço Unitário									
BASE	CÓDIGO	EQUIPAMENTO	UND	QTD	UTILIZAÇÃO OPERATIVA	UTILIZAÇÃO IMPRODUTIVO	CUSTO OPERATIVO	CUSTO IMPRODUTIVO	CUSTO TOTAL
SICRO2PA	E007	Trator Agrícola : Massey Ferguson : MF 4291/4 449A -	h	1,00	R\$ 0,33	R\$ 0,67	R\$ 23,60	R\$ 4,57	R\$ 10,84
SICRO2PA	E107	Vassoura Mecânica : CMV : VM 2440 - rebocável	h	1,00	R\$ 0,33	R\$ 0,67	R\$ 1,39	R\$ 0,00	R\$ 0,45
SICRO2PA	E110	Tanque de Estocagem de Asfalto : Citalli : - 30.000 l	h	2,00	R\$ 1,00	R\$ 0,00	R\$ 6,05	R\$ 0,00	R\$ 12,10
SICRO2PA	E111	(*) Equip. Distribuição de Asfalto : Ferrex : - montado em caminhão	h	1,00	R\$ 1,00	R\$ 0,00	R\$ 40,26	R\$ 4,57	R\$ 40,26
(E) CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTO									R\$ 63,65
MÃO DE OBRA									
BASE	CÓDIGO		UND	QTD			SALARIO		CUSTO TOTAL
SICRO2PA	T511	Encarreg. de pavimentação	h	1,00			R\$ 35,15		R\$ 35,15
SICRO2PA	T701	Servente	h	3,00			R\$ 8,94		R\$ 26,82
(O) CUSTO HORÁRIO DE MÃO-DE-OBRA									R\$ 61,97
(A) ACRÉSCIMO DE MÃO-DE-OBRA (15,51%)									R\$ 9,61
(E + O + A) CUSTO HORÁRIO DE EXECUÇÃO									R\$ 135,23
(E + O + A) CUSTO UNITÁRIO DE EXECUÇÃO									R\$ 0,12
CUSTO DO FIC									
CUSTO DO FIT									

Dilson Carlos Greijal Gouvêa CREA : 6671-D  
Responsável Técnico

Fonte: Construtora Reflorestadora Rio Pedreira LTDA

**ANEXO 5-C: DESCRIÇÃO DE SERVIÇO DE IMPRIMAÇÃO DA USINA RIO PEDREIRA (FOLHA 2)**

Nº ITEM	BASE	CODIGO	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	FIC	FIT	(P) PROD EQUI	UNID.
BASE	CÓDIGO		MATERIAL	UND	QTD	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
SICROZPA	M103		Asfalto diluído CM-30	1	0,0012	4.863,00	R\$ 5,84
CUSTO TOTAL DO MATERIAL							R\$ 5,84
CUSTO TOTAL							R\$ 5,96
PREÇO (BDI: 30,00%)							R\$ 7,75
sete reais e setenta e cinco centavos							

Dilson Carlos Greijal Gouvêa CREA : 6671-D  
Responsável Técnico

**ANEXO 5-D: DESCRIÇÃO DE SERVIÇO DE PINTURA DE LIGAÇÃO DA USINA RIO PEDREIRA (FOLHA 1)**

Nº ITEM	BASE	CODIGO	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	FIG	FIT	(P) PROD EQUI	UNID.		
4,4	SICRO2PA	2S0240000	Pintura de ligação			1.687,00	m²		
Composição de Preço Unitário									
BASE	CODIGO	EQUIPAMENTO	UND	QTD	UTILIZAÇÃO OPERATIVA	UTILIZAÇÃO IMPRODUTIVO	CUSTO OPERATIVO	CUSTO	CUSTO TOTAL
SICRO2PA	E007	Traitor Agrícola : Massey Ferguson : MF 4291/4 449A -	h	1,00	0,50	0,50	R\$ 23,60	R\$ 4,57	R\$ 14,08
SICRO2PA	E107	Vassoura Mecânica : CMV : VM 2440 - rebocável	h	1,00	0,50	0,50	R\$ 1,39	R\$ 0,00	R\$ 0,69
SICRO2PA	E110	Tanque de Estocagem de Asfalto : Cifail : - 30.0001	h	2,00	1,00	0,00	R\$ 6,05	R\$ 0,00	R\$ 12,10
SICRO2PA	E111	(*) Equip. Distribuição de Asfalto : Ferlex : - montado em caminhão	h	1,00	1,00	0,00	R\$ 40,26	R\$ 4,57	R\$ 40,26
								(E) CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTO	R\$ 67,13
BASE	CODIGO	MÃO DE OBRA	UND	QTD	SALARIO	CUSTO TOTAL			
SICRO2PA	T511	Encarreg. de pavimentação	h	1,00	R\$ 35,15	R\$ 35,15			
SICRO2PA	T701	Servente	h	3,00	R\$ 8,94	R\$ 26,82			
								(O) CUSTO HORÁRIO DE MÃO-DE-OBRA	R\$ 61,97
								(A) ACRÉSCIMO DE MÃO-DE-OBRA (15,51%)	R\$ 9,61
								(E + O + A) CUSTO HORÁRIO DE EXECUÇÃO	R\$ 138,71
								(E + O + A/P) CUSTO UNITÁRIO DE EXECUÇÃO	R\$ 0,08
								CUSTO DO FIG	
								CUSTO DO FIT	

Dilson Carlos Greijal Gouvêa CREA : 6671-D  
Responsável Técnico




## ANEXO 6-A: ENSAIO DE COMPRESSÃO DE BLOQUETE

**8º BATALHÃO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO  
SEÇÃO TÉCNICA  
LABORATÓRIO DE ENSAIOS TECNOLÓGICOS**

**ENSAIO DE COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS DE CONCRETO  
Método de Ensaio - DNER-ME 091/98**

Interessado: 8º BEC.			
Data de Moldagem: 13/08/2018			
Fck estimado: 35 MPa		Abatimento: 0	Umidade: 4,7%
Traço em peso: 1:0,77:1,54:1,54:0,38	Fator água/cimento:		0,38 LOTE: 33

Nº CP	Data Moldagem	Idade de Cura	Data Ruptura	Peça Concretada	Leitura Manômetro (kgf)	Leitura Manômetro (ton)	Área de Contato (cm²)	Pressão em (MPa)
BL 1	13/08/2018	3DIAS	16/08/2018	BLOQUETE	55.305		200,00	28,2
BL 2	13/08/2018	14DIAS	27/08/2018		60.660		200,00	30,9
BL 3	13/08/2018	28DIAS	10/09/2018		70.250		200,00	35,8
							200,00	
							200,00	
							200,00	
							200,00	
							200,00	
							200,00	
							200,00	
							200,00	
							200,00	
							200,00	
							200,00	
							200,00	

Macapá-AP, 10/09/2018  
  
 Laboratório de Ensaios Tecnológicos

  
 Seção Técnica do 8º BEC

Fonte: Laboratório do BEC da 22ª Brigada

## ANEXO 6-B: ENSAIO DE COMPRESSÃO DE CORPO DE PROVA

**8º BATALHÃO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO  
SEÇÃO TÉCNICA  
LABORATÓRIO DE ENSAIOS TECNOLÓGICOS**

**ENSAIO DE COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS DE CONCRETO  
Método de Ensaio - DNER-ME 091/98**

Interessado: 8º BEC.			
Data de Moldagem: 13/08/2018			
Fck estimado: 35 MPa		Abatimento: 0	Umidade: 4,7%
Traço em peso:	1:0,77:1,54:1,54:0,38	Fator água/cimento:	0,38 LOTE: 33

Nº CP	Data Moldagem	Idade de Cura	Data Ruptura	Peça Concretada	Leitura Manômetro (kgf)	Leitura Manômetro (ton)	Área de Contato (mm²)	Pressão em (MPa)
CP 1	13/08/2018	3DIAS	16/08/2018	CORPO DE PROVA	20.830		7854	26,0
CP.2	13/08/2018	14DIAS	27/08/2018		24.120		7854	30,1
C. ...	13/08/2018	28DIAS	10/09/2018		29.010		7854	36,2
							7854	
							7854	
							7854	
							7854	
							7854	
							7854	
							7854	

Macapá-AP, 10/09/2018

  
Laboratório de Ensaos Tecnológicos

  
Seção Técnica do 8º BEC

Fonte: Laboratório do BEC da 22ª Brigada

## ANEXO 7: ORÇAMENTO DA FÁBRICA DE BLOQUETE LIGUE BLOCO

**Ligue Bloco**  
CNPJ nº 24.487.616/0001-05

**Rosivaldo**  
Gerente ☎ 99178-2771 / ☎ 98118-8424

☎ Rua São Francisco de Assis, nº 1292 - Distrito do Coração

### Blocos de Piso

	Piso intertravado de 8 faces em formato S Dimensão: 10cm x 17cm		Sextavado ou Bloquete Piso intertravado de em formato hexagonal Dimensão: 20cm x 20cm
	Piso intertravado em formato retangular Dimensão: 10cm x 20cm		Piso intertravado de 3 pontas Dimensão: 21cm x 21cm
	Piso intertravado de 16 faces Dimensão: 10,5cm x 24,5cm		

### Blocos de Vedação

	Bloco de Vedação 9x19x39		Bloco de Vedação 19x19x19
	Bloco de Vedação 14x19x39		

### Calhas

	Calha 9x19x39		Calha 14x19x39
--	------------------	--	-------------------

Fonte: Fábrica de blocos de concreto Ligue Bloco