

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

FELLIPE MATHEUS ACIOLI NUNES

**Dimensionamento de Pavimentos em vias urbanas: Estudo de caso da rua Valentim de
Castro, Marechal Deodoro-AL**

Maceió

2023

FELLIPE MATHEUS ACIOLI NUNES

Dimensionamento de Pavimentos em vias urbanas: Estudo de caso da rua Valentim de Castro, Marechal Deodoro-AL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao colegiado do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof^a. MSc. Aline Calheiros Espíndola

Maceió

2023

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

N972d Nunes, Fellipe Matheus Acioli.
Dimensionamento de pavimentos em vias urbanas : Estudo de caso da rua
Valentim de Castro, Marechal Deodoro-AL / Fellipe Matheus Acioli Nunes. -
2023.
101 f. : il.

Orientadora: Aline Calheiros Espíndola.
Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil) –
Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2023.

Bibliografia: f. 75-78.
Apêndices: f. 79-87.
Anexos: f. 88-101.

1. Planejamento territorial urbano - Marechal Deodoro (AL). 2. Pavimentos flexíveis. 3. Pavimentos rígidos. 4. Dimensionamento de estruturas. I. Título.

CDU: 625.021/.022(813.5)

À minha família, por todo suporte e amor fornecido ao longo dos anos.

AGRADECIMENTOS

De forma inicial, gostaria de agradecer a Deus, por me dar forças para ser alguém melhor todos os dias e por estar ao meu lado em todos os momentos.

Em segundo lugar, gostaria de citar todo o apoio e suporte fornecido, pelo maior bem que possuo, a minha família, não apenas ao longo da minha graduação, mas ao longo de toda minha vida. Aos meus avós, Goretti e Francisco, por serem os maiores exemplos a quem posso seguir. À minha mãe, Helena, que desempenha todas as lacunas que me faltam. Aos meu irmão, Lucca, que é o meu maior orgulho. À minhas irmãs, Alice e Maria Júlia pela pureza e animação para tornar meus dias melhores. Ao meu tio e meu melhor amigo, Diego, por todos os conselhos e momentos que compartilhamos. À minha tia, Kelly, por ser um modelo como pessoa e mulher. Aos meus tios, Fernanda e Pedro, pela felicidade que proporcionam a pessoas tão especiais e pela forma com que me acolheram. Ao meu querido amiguinho Dedé, por ter sido meu companheiro durante boa parte das minhas conquistas.

À minha namorada, Ágda, por, inicialmente, me direcionar dentro da universidade e por compartilhar essa trajetória ao longo de todo curso, me apoiando e sendo meu suporte nos dias mais difíceis. Além disso, por ser minha melhor amiga e companheira, com quem tenho o prazer de compartilhar a minha rotina todos os dias. Aos meus amigos de sala, João Albuquerque e João Paulo, por dividirem os pesos e responsabilidades da vida acadêmica, bem como, os momentos de diversão fora da instituição. Aos meus amigos, VD, Bola, HG e ED, pelos anos de convivência presencial e virtual. Ao meu amigo de turma, João Rosa, minha sincera gratidão por sempre estar disposto a ajudar a todos em qualquer dificuldade, sempre com tamanha humildade e boa vontade.

Ao PET PAESPE (C&T) por proporcionar tamanho crescimento pessoal, que jamais imaginaria ter, assim como, as amizades que pude fazer dentro do programa. À todos os alunos que pude ter, ao longo dos meus anos do PAESPE, por toda troca de conhecimentos e de vivências.

À minha orientadora, Aline, por estar sempre presente e disposta a ajudar, independente da hora ou do número de vezes que a importune, assim como, pelas conversas em suas disciplinas que nos acalmavam e que, literalmente, nos davam um norte frente ao receio do que estava por vir e sempre de modo descontraído. Aos professores do CTEC, por todo o conhecimento fornecido.

“Creio que apressar a marcha do Brasil,
ativar o seu desenvolvimento é imperativo
da defesa de nossa própria sobrevivência”

-Juscelino Kubitschek

RESUMO

NUNES, F. M. A. **Dimensionamento de Pavimentos em vias urbanas: Estudo de caso da rua Valentim de Castro, Marechal Deodoro-AL.** Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil. Maceió, 2023.

O desenvolvimento urbano de forma desordenada é uma das principais problemáticas inseridas no cotidiano, visto que a sua expansão está associada ao crescimento populacional e as suas implicações, como na necessidade de elevação do comércio e consequente interligação dos extremos das cidades, povoados e bairros. Em reflexo a isso, é possível identificar a falta de pavimentação ao longo de todo o território brasileiro, gerando um desconforto e uma série de consequências acarretadas pela priorização de uma necessidade a curto prazo em detrimento das a longo prazo. Desse modo, são comumente vistos, como é o caso do povoado de Barra Nova, em Marechal Deodoro, ruas que não possuem nenhuma infraestrutura adequada, comprometendo a adequação de todos os meios de transporte e, sendo, elevados em consequência dos fenômenos naturais, que amplificam os alagamentos, as fragilidade das camadas, a falta de espaço de convívio, a ausência de acessibilidade e os desgastes causados aos veículos. Para tanto, visando promover a mudança dessa realidade e a melhoria da qualidade de vida, esse trabalho tem como objetivo projetar a pavimentação da rua Valentim de Castro, na Barra Nova. Logo, para que sua efetivação seja proporcionada são necessários estudos referentes à geometria da plataforma, ao tráfego existente na via e a dados fornecidos sobre o estudo geotécnico de vias com caráter semelhante. Assim, serão realizadas propostas de dimensionamento frente aos revestimentos possibilitados pelas características analisadas da via de estudo.

Palavras-chave: Desenvolvimento urbano; Pavimento; Dimensionamento.

ABSTRACT

NUNES, F. M. A. **Dimensioning of Pavements in urban roads: Case study of the street Valentim de Castro, Marechal Deodoro-AL.** Conclusion Work of Undergraduate Course in Civil Engineering. Maceió, 2023.

Urban development in a disorderly way is one of the main problems inserted in everyday life, since its expansion is associated with population growth and its implications, as in the need for the elevation of commerce and consequent interconnection of the extremes of cities, towns and neighborhoods. In reflection of this, it is possible to identify the lack of paving throughout the Brazilian territory, generating discomfort and a series of consequences caused by the prioritization of a short-term need over long-term ones. Thus, they are commonly seen, as is the case of the village of Barra Nova, in Marechal Deodoro, streets that do not have any adequate infrastructure, compromising the adequacy of all means of transport and, being, elevated as a result of the natural phenomena that amplify the flooding, the fragility of the layers, the lack of living space, the lack of accessibility and the wear and tear caused to the vehicles. Therefore, in order to promote the change of this reality and the improvement of the quality of life, this work aims to design the paving of Valentim de Castro street, in Barra Nova. Therefore, for its effectiveness to be provided, studies are necessary regarding the geometry of the platform, the traffic existing on the road and to data provided on the geotechnical study of roads of a similar character. Thus, proposals for sizing will be made in front of the coatings made possible by the analyzed characteristics of the study pathway.

Keywords: urban development; Marechal Deodoro; Sizing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1: Resumo da rede rodoviária do estado do Ceará.
- Figura 2: Tipos de pavimento
- Figura 3: Composição estrutural de um pavimento flexível
- Figura 4: Deformações em pavimentos flexíveis e rígidos.
- Figura 5: Mistura asfáltica executada em via urbana
- Figura 6: Tipos de revestimento do pavimento flexível
- Figura 7: Execução de CBUQ
- Figura 8: Alvenaria poliédrica
- Figura 9: Paralelepípedo
- Figura 10: Bloco de concreto
- Figura 11: Tipos de intertravamento em blocos de concreto
- Figura 12: Cálculo do índice de grupo
- Figura 13: Espessura de revestimento
- Figura 14: Seção tipo do pavimento em intertravado de concreto
- Figura 15 : Espessura necessária de sub-base.
- Figura 16 : Espessura necessária da base
- Figura 17: Alternativas para composição estrutural em pavimentos de blocos de concreto pelo procedimento B.
- Figura 18: Mapa de Marechal Deodoro e o perfil municipal.
- Figura 19: Demarcação territorial e da rua em análise
- Figura 20: Apresentação de rota alternativa
- Figura 21: Estado atual da via
- Figura 22: Câmera de monitoramento
- Figura 23: Gabarito da rua Valentim de Castro
- Figura 24: Localização de possível alternativa de percurso
- Figura 25: Residências com a fundação apoiada no muro
- Figura 26: Poste com possibilidade de realocamento com o atendimento de exigências.
- Figura 27: Poste com possibilidade de realocamento sem o atendimento de exigências.
- Figura 28: Total de veículos por dia de estudo
- Figura 29: Total de veículos por turno de contagem
- Figura 30: Modais de transportes na rua Valentim de Castro
- Figura 31: Seção transversal do pavimento com bloco intertravado de concreto

Figura 32: Seção transversal do pavimento com bloco de paralelepipedo

Figura 33: Seção transversal do pavimento em alvenaria poliédrica

Figura 34: Seção transversal do pavimento com TSD

Figura 35: Ensaio de compactação do furo FBU-04.

Figura 36: Ensaio CBR do furo FBU-04.

Figura 37: Ensaio de compactação do furo FBU-08.

Figura 38: Ensaio CBR do furo FBU-08.

Figura 39: Ensaio de compactação do furo FBU-09.

Figura 40: Ensaio CBR do furo FBU-09.

Figura 41: Ensaio de compactação do furo FEL-01.

Figura 42: Ensaio CBR do furo FEL-01.

Figura 43: Ensaio de compactação do furo FPG-01.

Figura 44: Ensaio CBR do furo FPG-01.

Figura 45: Ensaio de compactação do furo FPG-05.

Figura 46: Ensaio CBR do furo FPG-05.

Figura 47: Ensaio de compactação do furo FVA-01.

Figura 48: Ensaio CBR do furo FVA-01.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Limites de largura de calçada e faixa de rolamento.

Tabela 2: Valores de largura de calçada e faixa de rolamento conforme a largura disponível na via.

Tabela 3: Características de uma via local.

Tabela 4: Valor Tabelado do CBRig em função do índice de grupo.

Tabela 5: Classificação dos materiais empregados.

Tabela 6: Faixas granulométricas para base granular.

Tabela 7: Coeficientes de equivalência estrutural.

Tabela 8: Espessura mínima de revestimento.

Tabela 9: Espessura e resistência do revestimento.

Tabela 10: Espessura da base granular necessária de acordo com o CBR e o número "N".

Tabela 11: Projeto básico de drenagem urbana.

Tabela 12: Contagem Volumétrica.

Tabela 13: Fatores de equivalência de carga da AASHTO

Tabela 14: Fatores de equivalência de carga da USACE.

Tabela 15: Estaqueamento da via.

Tabela 16: Interferências geradas pelos postes

Tabela 17: Características Técnicas da Rua Valentim de Castro

Tabela 18: Resumo da contagem volumétrica da rua Valentim de Castro

Tabela 19: Taxa de variação anual consoante à dados do IBGE

Tabela 20: Fator de equivalência conforme a USACE

Tabela 21: Fator de equivalência conforme a AASHTO

Tabela 22: Fator de veículos conforme a USACE

Tabela 23: Fator de veículos conforme a AASHTO

Tabela 24: Número N de acordo com USACE

Tabela 25: Número N de acordo com AASHTO

Tabela 26: Classificação da via e parâmetros de tráfego

Tabela 27: Dimensionamento da sub-base com revestimento em intertravado de concreto

Tabela 28: Cálculo da espessura total do pavimento com revestimento em paralelepípedo e alvenaria poliédrica

Tabela 29: Dimensionamento da Sub-base com o revestimento em paralelepípedo e alvenaria poliédrica

Tabela 30: Coeficientes de equivalência e espessura do revestimento

Tabela 31: Dimensionamento da camada de base com o revestimento em TSD

Tabela 32: Dimensionamento da camada de Sub-base com o revestimento em TSD

Tabela 33: Contagem do tráfego do dia 12/08/2023

Tabela 34: Contagem do tráfego do dia 13/08/2023

Tabela 35: Contagem do tráfego do dia 14/08/2023

Tabela 36: Contagem do tráfego do dia 15/08/2023

Tabela 37: Contagem do tráfego do dia 16/08/2023

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------|--|
| AASHTO | <i>American Association of State Highway and Transportation tOfficials</i> |
| ABCP | Associação Brasileira de Concreto Portland |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| AL | Alagoas |
| CAP | Cimento Asfáltico de Petróleo |
| CBR | California Bearing Ratio |
| CBUQ | Concreto Betuminoso Usinado a Quente |
| CNT | Confederação Nacional de Transportes |
| DNER | Departamento Nacional de Estrada de Rodagem |
| DNIT | Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes |
| FDC | Fundação Dom Cabral |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| SICRO | Sistema de Custos Referenciais de Obras |
| SINAPI | Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil |
| SOP | Superintendência de Obras Públicas do Ceará |
| TSD | Tratamento Superficial Duplo |
| UFAL | Universidade Federal de Alagoas |
| USACE | <i>Engineer Formation of the United States Army</i> |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 15 |
| 1.1 Comentários iniciais | 15 |
| 1.2 Objetivos | 18 |
| 1.2.1 Objetivo geral | 18 |
| 1.2.2 Objetivos específicos | 18 |
| 1.3 Justificativa | 18 |
| 1.4 Delimitação do trabalho | 19 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 20 |
| 2.1 Plano diretor | 20 |
| 2.2 Pavimento | 23 |
| 2.2.1 Pavimento Flexível | 25 |
| 2.3 Dimensionamento | 32 |
| 2.3.1 Revestimentos betuminosos | 32 |
| 2.3.2 Revestimentos em blocos intertravados de concreto | 37 |
| 2.3.3 Revestimentos em paralelepípedos e alvenaria poliédrica | 42 |
| 2.4 Drenagem urbana | 43 |
| 3 METODOLOGIA | 44 |
| 3.1 Estudo de caso | 44 |
| 3.2 Levantamento de campo | 48 |
| 3.2.1 Geometria da via | 48 |
| 3.2.2 Estudo de tráfego | 49 |
| 3.2.3 Estudo do subleito | 52 |
| 3.3 Projeto de pavimentação | 52 |
| 4 RESULTADOS | 53 |
| 4.1 Geometria da via | 53 |
| 4.2 Estudo de tráfego | 61 |
| 4.3 Dimensionamento | 67 |
| 4.3.1 Blocos intertravados de concreto | 67 |
| 4.3.2 Paralelepípedos e alvenaria poliédrica | 68 |
| 4.3.3 Tratamento superficial | 70 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 72 |
| REFERÊNCIAS | 73 |
| APÊNDICE A - CONTAGEM VOLUMÉTRICA | 78 |
| ANEXO A - ESTUDO DO SUBLEITO | 87 |

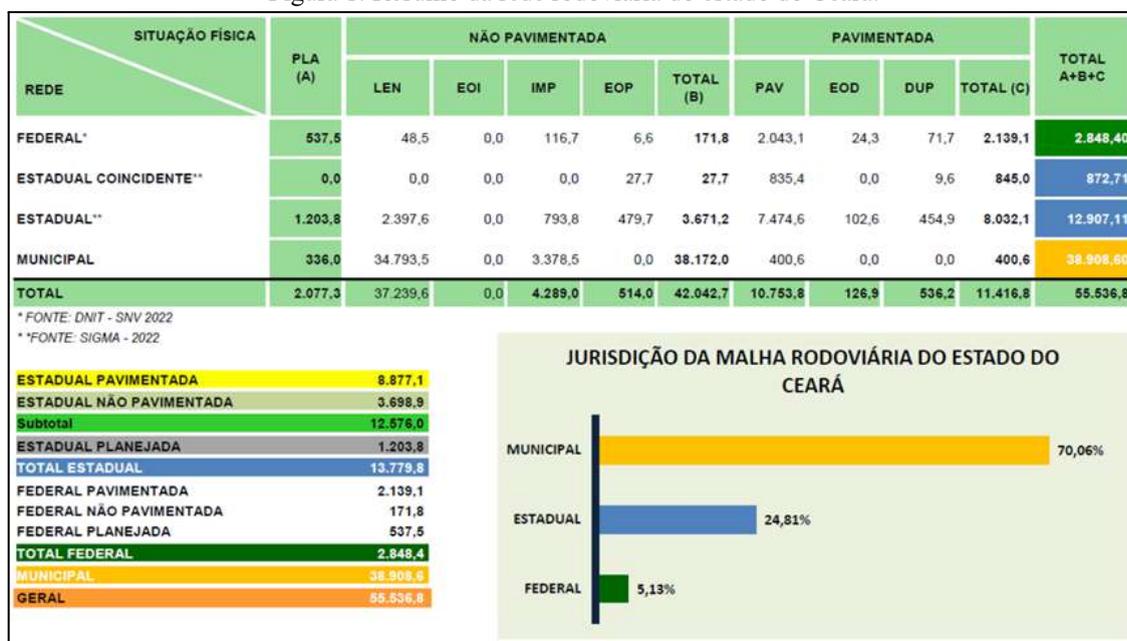
1 INTRODUÇÃO

1.1 Comentários iniciais

O desenvolvimento urbano no Brasil, de forma geral, está associado à necessidade da sociedade de expandir fronteiras. Dessa forma, grande parte das cidades brasileiras, tiveram um crescimento sem planejamento adequado, ou seja, a necessidade da população se sobrepõe em detrimento de uma urbanização de forma correta. Assim, pode-se dizer que isso também influenciou na quantidade de vias asfaltadas em todo Brasil, visto que essas, consoante a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2022), representam apenas 13% de sua totalidade.

Analogamente, torna-se perceptível o reflexo desse cenário nacional em um âmbito municipal, visto que mais de 80% das vias brasileiras estão sob jurisdição municipal (CNT, 2019). Como pode ser exemplificado pela situação do estado do Ceará, em que, um pouco mais de 70% de sua malha rodoviária estão sob competência dos municípios e dessas, cerca de 1,89% possuem pavimentação (Superintendência de Obras Públicas do Ceará (SOP), 2023), como pode ser observado na Figura 1. Assim, é compreendido que embora as estatísticas apontem uma falta de infraestrutura rodoviária nacional adequada, isso tende a ser intensificado quando observado ao longo das cidades.

Figura 1: Resumo da rede rodoviária do estado do Ceará.



Fonte: Superintendência de Obras Públicas do Ceará (SOP), 2023

Mesmo que, estatisticamente, a quantidade de frotas tenha aumentado cerca de 58% entre os anos de 2011 (70.543.535 veículos registrados) e 2021 (111.446.870 veículos registrados), de acordo com a pesquisa do CNT de 2023, atrelado não apenas a praticidade e conforto que esse meio de transporte tende a oferecer, mas também a forte influência dos incentivos fiscais que facilitaram a sua aquisição. Essa crescente pode ser explicada pelo fato de que o modal rodoviário é o mais utilizado no Brasil e que, consoante a pesquisa da Fundação Dom Cabral (FDC, 2017), é responsável por cerca de 75% da distribuição da produção nacional. Destarte, torna-se possibilitada a observação de uma importância da ampliação e qualificação da malha viária do país, visto que existe um movimento expansionista da sociedade. Assim, a economia, de forma direta ou indireta é atingida, tanto pela falta de infraestrutura adequada para o transporte de cargas rodoviário, quanto para o auxílio da população, ao longo de seu dia a dia, independente da forma de transporte que deseje utilizar, seja esse efetuado a pé, por meio de bicicletas, por transportes individuais ou por transportes coletivos.

Por conseguinte, pode ser constatado, em Alagoas, um crescimento percentual em sua frota, que segundo dados do IBGE de 2023, houve um aumento de, aproximadamente, 98% entre os anos de 2011 (495.715 veículos) e 2021 (981.823 veículos). Portanto, nota-se a similaridade e os impactos causados ao longo de todo território (estados, municípios, povoados e bairros), gerada pela necessidade de utilização desse meio de transporte. Somado a isso, em 2021, é válido salientar um percentual de um pouco mais de 75% dos veículos são compostos por automóveis (404.200 veículos) e motocicletas (344.189 veículos) (IBGE, 2023). De tal modo, é propiciado a compreensão do modal alagoano, o qual está circundado na necessidade da população em expandir suas fronteiras, comércios e pela busca de meios que facilitem e que sejam economicamente viáveis, exigindo cada vez mais de uma infraestrutura adequada em todos os seus municípios.

Paralelo a isso, o povoado Barra Nova, em Marechal Deodoro, também teve, em seu início, um crescimento que priorizou as necessidades individuais em relação às coletivas, visto que é possível identificar uma quantidade significativa de ruas que não possuem infraestrutura adequada para comportar grande partes dos meios de transporte. Isso implica que as cidades tendem a possuir um aumento em suas populações e, conseqüentemente, nas

demandas exigidas pela população, o que gera uma série de requisitos a serem feitos pelos governantes.

De certo modo, as cidades são geradas, a comercialização tende a emergir e com ela a necessidade de interligações. Sendo estas, realizadas sem padrões ou qualquer diretriz, o que gerará no futuro, uma exigência muito maior para projetos e adaptações que não seriam necessárias, caso fossem realizadas de forma planejada. Tornando-se notório, o esquecimento de princípios básicos como o saneamento básico, abastecimento de água e drenagem das águas pluviais, visto que é introduzido um desenvolvimento a curto prazo sem pensar nas suas implicações futuras. Mesmo que os planos diretores das cidades surgiram com a função de normatizar e minimizar os impactos dessas problemáticas descritas acima, entretanto, algumas cidades, como é o caso da cidade de Marechal Deodoro, que o seu plano diretor tem um surgimento em uma época posterior a construção de muitas residências e que, atualmente, possui limitações, por conta da sua desatualização.

Dessa forma, acaba sendo gerado um ciclo infinito de repetições do mesmo processo, ao longo de todo país, acarretando em uma grande demanda futura, visto que a sociedade tende a continuar crescendo e expandindo consigo o número de veículos e da crescente de outros meios de transporte. Sendo assim, uma cidade com problemas de infraestrutura é obrigada a se adaptar e evoluir para o aprimoramento não só de transporte para os veículos motorizados, mas sim uma organização sem conflitos entre todos os tipos de modais existentes.

Para tanto, essa desorganização urbana é um fator primário para a existência de tantas ruas sem nenhum resquícios de pavimentação, drenagem ou saneamento. Destarte, é um dos principais causadores de alagamentos, condições perigosas geradas nas ruas por problemas mecânicos nos veículos automotivos. Por isso também, as ruas acabam possuindo pequenas larguras, que não proporcionam acessibilidade e nem uma boa convivência para pessoas e veículos. Somado a isso, pode-se evidenciar outros transtornos causados à sociedade visto que a falta de saneamento pode gerar um problema de saúde pública, bem com questões associadas à segurança pública, visto que essas condições no período noturno tendem a piorar, além dos riscos englobados na ausência da iluminação.

Quanto ao município de estudo é possível identificar grande partes dessas características supracitadas, por isso o trabalho vigente, tende a compreender as características e singularidade de toda a região que a envolve. Destacando-se que é necessário entender a

importância da pavimentação não apenas para a rua em questão, mas, de modo geral, tendo como entender a conectividade induzida e a mitigação dos demais problemas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo projetar a pavimentação na Rua Valentim de Castro, localizado em Marechal Deodoro, Alagoas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar as principais diferenças, vantagens e desvantagens das variações existentes de pavimentos urbanos;
- Analisar as diretrizes do plano diretor do município de Marechal Deodoro para infraestrutura viária;
- Identificar as soluções de pavimentação compatíveis com dados de tráfego e geotécnicos do subleito;
- Executar o dimensionamento das soluções propostas de pavimento do estudo de caso.

1.3 Justificativa

O município de Marechal Deodoro - AL, é uma cidade que abriga, cerca de 60 mil habitantes, conforme dados do IBGE (2023). Destarte, tem como uma das fontes de sua economia associada ao turismo e seu desenvolvimento surge ao encontro de tais necessidades. Sendo assim, possui povoados como Francês, Massagueira e Barra Nova, os quais tendem a ter seu desenvolvimento ligado a casas de veraneios e passeios, o que implica em uma movimentação mais sazonal. Porém, com o passar dos anos, é notório uma maior amplificação urbanística, que se deve tanto a sua proximidade com a capital alagoana quanto à ampliação do comércio e expansão de um movimento migratório pendular.

Em contrapartida, a falta de investimentos iniciais, muito por conta da sazonalidade encontrada na região, retrata a falta de melhorias na infraestrutura viária. Por isso, uma grande parcela da região não possui vias pavimentadas e, por isso, corriqueiramente, são encontrados problemas relacionados à drenagem e condições perigosas de deslocamentos em períodos chuvosos, tal como é perceptível na Rua Valentim de Castro, no povoado da Barra Nova-AL. Além disso, por meio de informações obtidas com os moradores, foi possível compreender

que embora essa rua da Barra Nova ainda não tenha sofrido com inundações, como em outros trechos do povoado, devido a proximidade com a lagoa e com o mar, são observados constantes alagamentos, em períodos de fortes chuvas, implicando em uma série de limitações no tráfego de veículos e de pessoas ao longo do seu trajeto.

Ademais, essa transição elencou consigo prioridades, no que se refere à infraestrutura urbana. Dentre essas, pode ser supracitado o caso da implantação de abastecimento de água em todo o povoado, o qual fora observado como uma prioridade em relação ao sistema de drenagem e de saneamento básico. Além disso, por mais que, atualmente, o saneamento seja de responsabilidade privada, por meio de um contrato de concessão, grande parte das ruas possuem apenas sistemas de saneamento individuais (fossa séptica e sumidouro) feitos pela própria população. O que implica, muitas vezes, em um descarte incorreto dos resíduos gerados, uma falta de manutenção e limpeza feita por equipes qualificadas e até mesmo uma provável contaminação do solo.

Dessa forma, a rua Valentim de Castro está contida nessa problemática, visto que a rua não possui pavimentação, o que influi diretamente em alagamentos constantes e dificulta o deslocamento dos moradores e de quem passa pela região. Sendo assim, as casas que ficam centralizadas tendem a ficar com passagens de risco ou até mesmo, dependendo do tipo de veículo, se torna incapaz de trafegar e com um desgaste maior em seu veículo. Por outro lado, as casas nas extremidades tendem a procurar outras vias de acessos que apresentam algum tipo de pavimentação, entretanto a mais próxima tende a aumentar o trajeto em torno de 2 km.

Somado a isso, é necessário a promoção de uma melhor qualidade de vida a todos é essencial, assim, faz-se imprescindível o atendimento mínimo dos pré-requisitos básicos para a saúde e desenvolvimento. Para tanto, a implementação de um sistema de drenagem e de saneamento poderia ocasionar uma evolução tanto para o local quanto para as pessoas que fazem parte dele.

1.4 Delimitação do trabalho

Embora exista uma enorme diversidade de ruas, na Barra Nova, Marechal-AL, que se enquadram na mesma problemática, esse estudo é restringido apenas à análise da rua Valentim de Castro. Mesmo que existam vias que têm ligação efetiva com a via analisada, estas não farão parte. Mas espera-se que sirva como estímulo para prefeitura para uma futura implantação da infraestrutura nas demais ruas que apresentam as mesmas características.

Por outro lado, esse trabalho delimita-se a propor soluções de pavimentos, com o fito de garantir e aprimorar a infraestrutura viária dessa localidade, tentando compreender a viabilidade, as características da região e o tráfego da localidade, assegurando a melhoria das condições de deslocamento e de circulação dos moradores e das pessoas que possam ser beneficiadas, ainda quando indiretamente, com essa execução.

Assim, o trabalho vigente tem como foco apenas a elaboração do projeto de pavimentação, mesmo tendo consciência da necessidade de um projeto de drenagem. Desta forma, este fora supracitado devido a sua importância, mas não fez parte dos objetivos do trabalho, visto que é necessária a retenção de dados, os quais não são possíveis a obtenção, devido a falta de equipamentos necessários e de disponibilidade de tempo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Plano diretor

O plano diretor é um instrumento de planejamento e gestão de municípios e prefeituras, circunstanciado por mudanças de seus conceitos e processos, levando em consideração as diretrizes da cidade. De certo modo, nele está listado o básico para orientação política para o desenvolvimento e expansão adequada do município. Entretanto, tem como limitação as regulamentações de ordem superior, ou seja, seus ideais devem ir ao encontro dessas (REZENDE; ULTRAMARI, 2007).

Somado a isso, todo plano diretor deve conter a delimitação que pode ser executado o parcelamento, edificação ou utilização compulsórias, tendo como base a infraestrutura e disposição para utilização, disposições e artigos da lei respectiva e sistemas de acompanhamento e controle. Desse modo, também existem designações e obrigações a serem cumpridas. De tal forma, é dever de todos os municípios a execução de um plano diretor, caso possua algumas das seguintes características (BRASIL, 2001):

- População maior que 20 mil habitantes;
- Compor regiões metropolitanas e aglomerações urbanas;
- Necessidade de utilização, por parte do público, dos instrumentos normativos do parágrafo 4 no artigo 182 da constituição;¹

¹ É facultado ao poder público municipal, por meio de uma lei específica para área incluída no plano diretor, demandar, de acordo com a lei federal, ao proprietário do solo urbano não edificado, subutilizado ou não, que propiciem o seu aproveitamento adequado, sob punições sucessivas, sendo estas, respectivamente, o

- A posse de áreas com especial ensejo turístico;
- Presente em regiões de intervenção de empreendimentos ou atividades que possuam consideráveis impactos ambientais;
- Cadastro nacional de municípios que possuem áreas com possibilidade de deslizamentos, inundações ou processos geológicos ou hidrológicos de grande proporção (BRASIL, 2001).

Conforme o plano diretor de Marechal Deodoro, o qual foi instituído em 2006, é de obrigação do município a expansão urbana e o crescimento ordenado e sustentável. Continuamente, deve assegurar as condições de continuidade viária, bem como a acessibilidade e interligação de zonas rurais com as urbanas. Dessa forma, existe um plano municipal de mobilidade e acessibilidade urbana que haja em conformidade com os dispostos no plano diretor. Nesse está representado as determinações públicas quanto ao transporte, qualificação do sistema viário, melhoria no trânsito e integração regional e metropolitana. Considera-se a importância turística e as implicações para um transporte qualificado e adequado entre os seus povoados, bem como a readequação do sistema viário, baseado em suas exigências atuais e a ampliação dos sistemas de transporte adequado às necessidades de todos. (MARECHAL DEODORO, 2006)

Em consonância, se faz necessário, em áreas urbanizadas, a adoção de redes coletoras de águas pluviais e de um sistema de drenagem. Para a garantia é efetivado o plano municipal de macrodrenagem do município, levando em consideração as bacias hidrográficas em conformidade com as políticas nacionais, de saúde, desenvolvimento urbano, recursos hídricos e meio ambiente. Por conseguinte, fora estabelecida os limites de macrozonas e zonas urbanas, bem como os possíveis estabelecimentos de parcerias com governo para verbas e ações para essa finalidade e limitações referente a disponibilidades financeiras (MARECHAL DEODORO, 2006).

Para tanto, diante da desatualização e das limitações apresentadas pelo plano diretor de Marechal, no que diz respeito a valores estabelecidas para aspectos como faixa de rolamento e calçada, foi utilizado o código de urbanismo e edificações do município de Maceió como embasamento, o qual tem a finalidade de estabelecer o atendimento das diretrizes dispostas no plano diretor da cidade, bem como o estabelecimento prático das diretrizes para construção e

parcelamento ou edificações compulsórias, imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana, progressivamente ao tempo e desapropriação mediante a pagamentos dos títulos de dívida pública previamente aprovados pelo senado federal.

modificação executados na cidade de Maceió. Sendo assim, este tende a inferir larguras padrões para a construção de vias ao longo da cidade. Ele parametriza de acordo com o comprimento da rua, as larguras necessárias de calçada, como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1: Limites de largura de calçada e faixa de rolamento.

| Comprimento da via | Largura da faixa de rolamento | Largura da calçada |
|---------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| De até 200 metros | 8 metros | 2 metros para cada lado |
| De 200 até 600 metros | 9 metros | 2,5 metros para cada lado |
| De 600 até 800 metros | 12 metros | 3 metros para cada lado |
| Acima de 800 metros | 18 metros | 3 metros para cada lado |

Fonte: Autor, 2023 adaptado de Código de urbanismo e edificações de Maceió

Entretanto, visivelmente, a via a ser utilizada possui um comprimento maior que 800 metros e uma largura disponível inferior ao necessário estabelecido. Por outro lado, o guia prático de construção e reforma de calçadas de Maceió, surge com o objetivo de oferecer a população da cidade uma ferramenta que simplifique as orientações quanto ao projeto e execução de calçadas, ao longo da cidade, e que utilizam normas e legislações vigentes e adaptam a realidade local. Através deste, fica possibilitada a identificação de diversos pontos como o fornecimento de acessibilidade e regulamentação das larguras de calçadas, conforme o disponível no local, como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2: Valores de largura de calçada e faixa de rolamento conforme a largura disponível na via.

| CAIÇADA | FAIXA LIVRE | FAIXA DE SERVIÇO |
|----------------------------|----------------------|-----------------------------|
| $\leq 2m$ | 1,20m | Largura excedente aos 1,20m |
| $2m < \text{calçada} < 4m$ | 60% da largura total | 40% da largura total |
| $\leq 4m$ | 40% da largura total | 60% da largura total |

Fonte: Guia prático de construção e reforma de calçadas de Maceió, 2020.

Somado a isso, o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas, do DNIT, de 2010, traz consigo uma atualização e complementação do documento Normas para o Projeto Geométrico de Vias Urbanas do DNER, de 1974. Esse tem como fito a padronização dos procedimentos utilizados por diversos órgãos e empresas privadas, para os valores e critérios

básicos de projeto. Por conseguinte, serve como uma ferramenta que facilita a análise das ruas conforme as suas singularidades, por meio das metodologias e critérios.

No tocante a classificação das vias, elas podem ser classificadas de acordo com a sua capacidade, tráfego e sua localização, de tal modo, podem ser classificadas como vias arteriais, vias coletoras, vias expressas, vias marginais ou vias locais. Para tanto, todas elas possuem parâmetros a serem seguidos conforme a sua singularidade. No que diz respeito a via local, elas tendem a assumir algumas padronizações, como pode ser identificado na Tabela 3 (DNIT, 2010).

Tabela 3: Características de uma via local.

| Características | Desejável | Absoluto |
|--|-----------|----------|
| Velocidade diretriz mínima | 40 km/h | 30 km/h |
| Distância mínima de visibilidade de parada | 50 m | 35 m |
| Raio mínimo de curva horizontal | | |
| • e = 2% | 50 m | 25 m |
| • e = 0% | 55 m | 30 m |
| Taxa máxima de superelevação | 2% | 2% |
| Rampa máxima | 6% | 15% |
| Rampa mínima | 0,5% | 0,2% |
| Valor mínimo de K para curvas verticais convexas | 4 | 2 |
| Valor mínimo de K para curvas verticais côncavas | 9 | 6 |
| Largura da faixa de rolamento | 3,30 m | 3,00 m |
| Declividade transversal da pista | 2% | 3% |
| Gabarito mínimo vertical | 4,50 m | 4,50 m |
| Largura da faixa de estacionamento | 2,50 m | 2,20 m |

Fonte: DNIT, 2010.

2.2 Pavimento

O pavimento é uma estrutura que tem seu início ligado a etapa posterior a terraplanagem, bem como sua execução se dá através da execução de camadas, de diversos tipos de materiais, com resistência e deformações diferentes (BERNUCCI *et al.*, 2008).

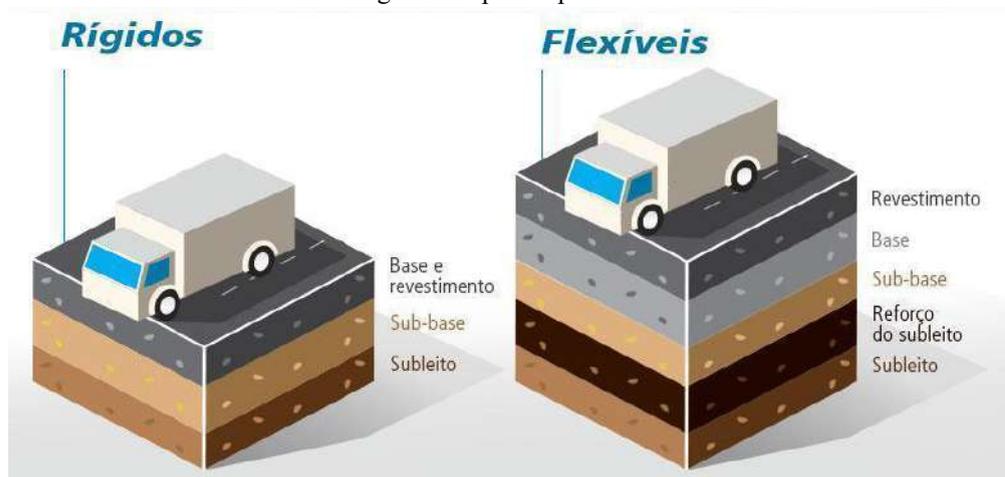
Em conformidade com essa ideia, o Instituto de Pesquisa em Transportes (DNIT, 2006), caracteriza o pavimento como uma superestrutura, que possui camadas de espessuras finitas, as quais estão assentadas sobre um semi-espaco, sendo essa a infraestrutura ou o terreno de fundação.

Desse modo, pode-se associar a estrutura de um pavimento, de forma geral, com as seguintes camadas constituintes (TAVARES *et al.*, 2015):

- Revestimento: Objetiva mitigar as condições de transportes, proporcionando bem estar e segurança aos motoristas, assim como, resistir a ações diretas resultantes do tráfego e de dispersar, em menores proporções estas para as camadas inferiores;
- Base: Tem como finalidade a resistência a cargas advindas dos veículos e a transmissão para a camada inferior (subleito). A sua utilização, muitas vezes, torna-se dispensada quando o pavimento é rígido;
- Sub Base: Possui uma função complementar a camada de base, destinada a ser economicamente mais viável, ou seja, diminuindo a necessidade de uma maior espessura;
- Reforço do subleito: Sua utilização está associada a elevação da capacidade estrutural do pavimento;
- Regularização do subleito: O subleito é terreno de fundação em que receberá as cargas provenientes do pavimento. A regularização diz respeito à terraplanagem.

O pavimento pode ser classificado em três categorias: Flexível, Rígido e Semi-rígido. O primeiro tem uma característica singular de possuir sua camada de revestimento em camada asfáltica, bem como, uma distribuição das cargas aplicadas para todas as camadas e, conseqüentemente, uma deformação elástica. O segundo tem uma associação ao fato da utilização do concreto cimento *Portland* em sua última camada, o que fornece ao pavimento uma maior rigidez e, isso, gera uma maior absorção de cargas nessa faixa. O terceiro tem sua configuração aproximada de um pavimento flexível em sua estruturação, porém com adição de um aglutinante com propriedades cimentícias na base ou na sub-base (DNIT, 2006). Como descrito na Figura 2, a qual demonstra a estruturação básica de um pavimento rígido e de um flexível.

Figura 2: Tipos de pavimento



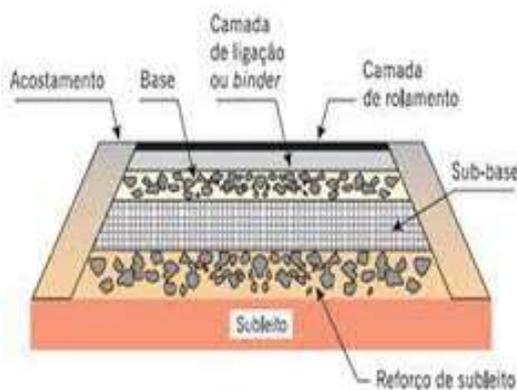
Fonte: Mapa da obra, 2016

2.2.1 Pavimento Flexível

Os pavimentos flexíveis são estruturas que têm sua composição associada a uma ou múltiplas camadas de espessura limitada alocados em um local determinado. Somado a isso, o seu revestimento está, em sua grande maioria, interligado com o seu revestimento betuminoso e a sua destinação principal como uma camada de rolamento e não de absorção. Desse modo, a sua estruturação é de responsabilidade da interação entre os materiais asfálticos e os agregados. Tal combinação pode ser tanto por mistura, com a envoltória do agregado no asfalto, de modo prévio à compressão, como por penetração, com uma ou mais aplicações diretas (TAVARES *et al.*, 2015).

Em relação a composição de suas camadas, podem ser subdivididas em quatro grupos principais, o revestimento asfáltico, a base, a sub-base e o reforço do subleito (caso se faça necessário). Destaca-se a grande importância estrutural das camadas subjacentes ao revestimento, que os esforços gerados são destinados a elas. Com isso, é de enfoque da área o estudo das combinações destas e de suas espessuras, a fim de mitigar as tensões e deformações ocasionadas em sua faixa final (BERNUCCI *et al.*, 2008). Pode-se evidenciar na **figura 3** a estrutura básica de um pavimento flexível.

Figura 3: Composição estrutural de um pavimento flexível



Fonte: Bernucci *et al.* (2010)

Entretanto, entende-se que diferentemente do pavimento rígido em que as cargas superficiais são distribuídas em uma área significativa, o que alivia as tensões que passam para as camadas inferiores, que os pavimentos asfálticos possuem uma rigidez em seu revestimento quando se comparado com as suas camadas granulares, tende a ser baixa, implicando numa maior absorção de cargas e divisão entre todas as camadas. Dessa forma, é de fundamental importância que o pavimento seja dimensionado para o tráfego e condições climáticas a que estará sujeito, ou seja, que suas camadas consigam resistir e transferir as cargas a suas camadas adjacentes, sem que seja causado quaisquer alterações (BERNUCCI *et al.*, 2008). Desse modo, torna-se perceptível na Figura 4, a diferença das deformações causadas pela carga em um pavimento rígido e em um pavimento flexível, visto que os pavimentos com revestimentos flexíveis tendem a ter uma distribuição pequena das cargas ao longo do pavimento, o que implica, conseqüentemente, em um desgaste maior.

Figura 4: Deformações em pavimentos flexíveis e rígidos.



Fonte: CNT, 2017 Adaptado por Autor, 2023.

Consecutivamente, é possível compreender que, embora a maioria dos revestimentos flexíveis estão ligados aos materiais betuminosos, existem outros tipos de revestimentos, como é o caso dos revestimentos por tipo de calçamento. Ou seja, de modo geral, tem-se que

os pavimentos flexíveis podem ser divididos em dois grupos que são os com materiais betuminosos e os por tipo de calçamento (TAVARES *et al.*, 2015).

- **Revestimentos betuminosos:**

Genericamente, o seu uso faz uma associação entre uma mistura de agregados minerais, de diversos tamanhos e fontes e ligantes asfálticos. Essa junção, realizada com um embasamento teórico acerca das medidas e de sua fabricação, podem proporcionar o atendimento aos requisitos, tendo como base as características ambientais e o fluxo de veículo da localidade (Bernucci *et al.*, 2008). A elaboração dessa mistura asfáltica pode ser analisada na Figura 5.

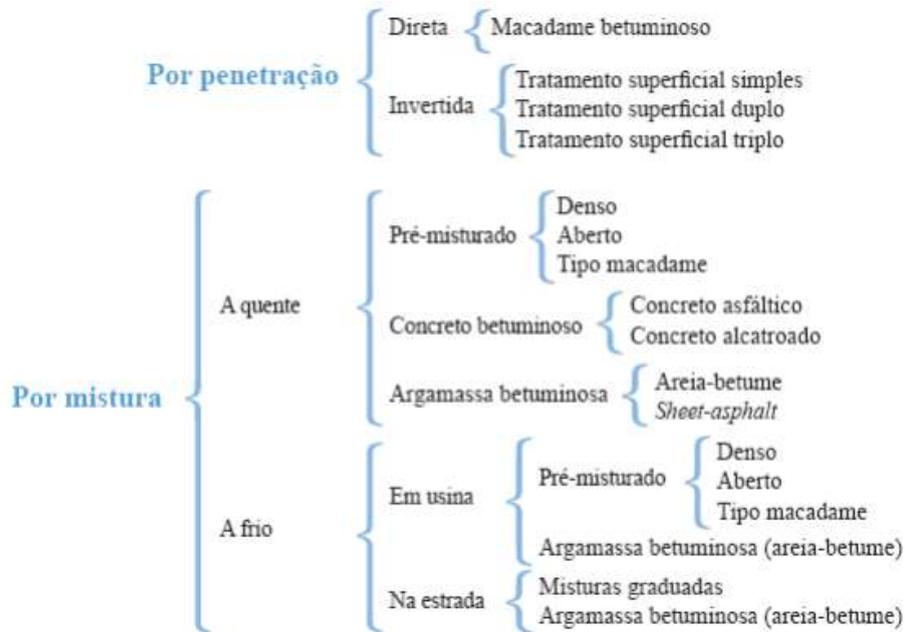
Figura 5: Mistura asfáltica executada em via urbana



Fonte: Vilabetume (2021)

No tocante a fabricação desse tipo de revestimentos eles podem ser divididos em dois grandes grupos, que referenciam o modo de execução, podendo ser de mistura prévia (mistura) ou por aplicação sucessiva de camadas (penetração). Além disso, existem subgrupos que tendem a estabelecer diferenças como a temperatura de aplicação, com o modo de inserção do ligante, posterior ou antes da camada de agregado, como a fabricação da pré-mistura, em usina ou na própria pista, e quanto ao tipo de ligante, como é possível ser observado na Figura 6 (PINTO, 2015).

Figura 6: Tipos de revestimento do pavimento flexível



Fonte: Pinto (2015)

Em conformidade com o ligante a mistura poderá ser a quente com o uso de cimento asfáltico de petróleo (CAP) ou a frio com a utilização de emulsões asfálticas de petróleo (EAP) (TAVARES *et al.*, 2015). Por conseguinte, o cimento asfáltico de petróleo (CAP) tem sua obtenção advinda do refinamento do petróleo cru. Analogamente, essa usabilidade é proporcionada por algumas concessões que este fornece ao pavimento, dado que apresenta uma boa aderência aos agregados, características de impermeabilização, grande flexibilidade e boa flexibilidade. Todavia, possui uma negativa em relação a exposição a alguns fatores que os causam transformações em sua composição química, acarretando patologias no pavimento (BALBO, 2007). No que tange aos conglomerados asfálticos, um dos exemplos mais importantes a serem destacados é o concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), pelo simples fato de que é a mistura asfáltica usinada mais utilizada no Brasil (BERNUCCI *et al.*, 2022). A sua execução é demonstrada através da Figura 7.

Figura 7: Execução de CBUQ



Fonte: Autor (2022)

- **Por calçamento:**

Esse tipo de revestimento pode ser dividido em três subgrupos: alvenaria poliédrica, paralelepípedos e blocos intertravados de concreto, as quais contém formas semelhantes, mas modos de execução que surgiram em épocas diferentes (TAVARES *et al.*, 2015).

- a) Alvenaria poliédrica

A alvenaria poliédrica é formada por camadas de pedras irregulares, justapostas e comprimidas sobre uma pequena camada de material granular apropriado e regularizado com juntas formadas por pequenas pedras e pelo solo, como pode ser visto na Figura 8 (MINEROPAR, 1983 *apud* HACHMANN, 2018). Dentre as vantagens que podem ser listadas para a sua serventia, falta de necessidade de uma mão de obra qualificada e a execução em zonas, cuja drenagem impõe uma maior dificuldade (PELLENZ, 1983 *apud* MEGIER, 2018).

Consecutivamente, a pavimentação poliédrica possui vantagens socioeconômicas, tendo em vista a possibilidade de mão de obra local, sem necessidade de qualificação especializada, nem de equipamentos sofisticados, o que proporciona, na maioria das vezes, a utilização de mão de obra local. Embora existam problemáticas acerca do desconforto causado pelas trepidações e o aumento do custo operacional, o qual tende a ser minimizado por seu uso está atrelado a via de tráfego leve (MINEROPAR, 1983).

Figura 8: Alvenaria poliédrica



Fonte: BRASPEVER (2011)

b) Paralelepípedo

O paralelepípedo possui um processo de composição e execução semelhante a alvenaria poliédrica em sua aplicação, tendo como diferença apenas a sua composição que é a base de pedras regulares de gnaiss, granito ou basalto, como pode ser analisado por meio da Figura 9 (PELLENZ, 1983 *apud* MEGIER, 2018). Assim, como a pavimentação da alvenaria poliédrica tende a ter um aspecto socioeconômico mais acentuado quando se comparado com outros tipos de revestimentos, visto que possui uma necessidade menor de mão de obra qualificada e de equipamentos sofisticados, mesmo que, negativamente, também presente, de maneira geral, problemas relacionados ao desconforto (MINEROPAR, 1983).

Figura 9: Paralelepípedo



Fonte: IBDA (2023)

De modo análogo, sabe-se que um dos maiores problemas desse tipo de revestimento está relacionado com a sua baixa durabilidade, essa pode ser explicada, justamente, pelo fato de que possui sua execução aliada ao trabalho manual o que prejudica a compactação e regularização das camadas envolvidas. Dessa forma, podem surgir recalques prematuras, que prejudiquem o revestimento, bem como a própria compactação e regularização realizadas de modo inadequado tendem a gerar as irregularidades e, consecutivamente, as trepidações (CONFEA, 2005).

Por outro lado, também existem vantagens que cerceiam a utilização desse tipo de revestimento, já que tem fácil e baixo custo para manutenção e até mesmo para remanejamento de redes subterrâneas, quando se comparado com os outros tipos de revestimentos citados acima. Por conseguinte, ainda proporciona um conforto térmico maior, visto que, em sua grande maioria, possuem cores mais claras em contraposição com a cor preta do asfalto, assim como a permeabilidade desse tipo de revestimento, que permite a infiltração de parte das águas pluviais (CONFEA, 2005).

Esse tipo de revestimento era fortemente difundido nas cidades brasileiras, contudo vem perdendo espaço para o intertravado de concreto, que tem sido amplamente utilizado nos Estados Unidos e na Europa. Mesmo que ambos possuam um processo construtivo semelhante, visto que ambos possuam um processo de juntas de travamento e possui sua montagem por meio de encaixe (CIMA, 2016).

c) Blocos intertravados de concreto

Por outro lado, o revestimento de intertravado conta com uma estrutura semelhante ao do pavimento flexível (base e sub base) e é composta por peças justapostas de concreto com juntas, proporcionadas por materiais de rejuntamento e sob uma camada de assentamento, como pode ser visto na Figura 10 (ABNT, 2013). No que se refere a sua classificação, tanto pode ser considerado como um pavimento semi-rígido, em casos que seja assentado sobre uma estrutura rígida, quanto flexível, no caso de bases granulares (TAVARES *et al.*, 2015).

Figura 10: Bloco de concreto



Fonte: Autor (2023)

Pode-se considerar como um aprimoramento e uma modernização, quando comparado com os outros revestimentos por calçamento. Embora sejam dimensionados para vias de tráfegos leves e medianos, tendem a propiciar diversas vantagens que favorecem a sua utilização, assim como, a liberação rápida da via após a conclusão do serviço, não necessita de uma mão de obra especializada, devido ao fácil manuseio, a facilidade de remoção para futuros aprimoramentos da via e o fornecimento das características associadas ao concreto (IP-06, 2004).

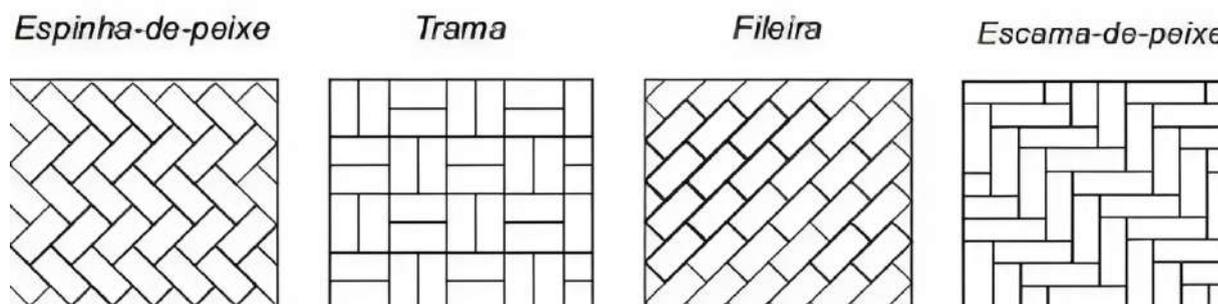
A sua durabilidade está interligada com o modo de execução do intertravamento (ABCP, 2010). Segundo ABNT (2013), pode ser alocado conforme ao tipo de deslocamentos das peças, dentre eles:

- **Deslocamento vertical:** Movimentação para cima da peça em concreto em relação a elevação destacada em projeto, em consonância com a aplicação de uma aplicação de uma força central individual.
- **Deslocamento horizontal:** Movimento lateral gerado por uma força horizontal.
- **Rotação ou giração:** Deslocamento rotacional na peça em conformidade com uma carga em sua parte mais extrema.

Somado a isso, sabe-se que o modo de confecção dos blocos, tende a proporcionar uma boa transferência de cargas, através do atrito ocasionado pela condição imposta pelo encaixe das peças, como pode ser visualizados na Figura 11, assim como, os diversos tipos

de intertravamento. É notório que, diretamente, parte das tensões seriam absorvidas por esse tipo de revestimento, o que ocasionaria uma diminuição nas cargas efetivas tanto no solo, quanto no subleito (IP-06, 2004).

Figura 11: Tipos de intertravamento em blocos de concreto



Fonte: HR PREMO, 2022

Dentre as vantagens do seu uso, pode-se destacar um assentamento prático e a falta da necessidade da interrupção duradoura das vias, tanto para a execução do revestimento quanto para a execução de manutenções. É comumente identificadas qualidades relacionadas à impermeabilidade do bloco, o que tende a contribuir com a drenagem urbana (WIEBBELLING, 2015).

Aglutinando-se a este pensamento, a depender do tipo e do dimensionamento das camadas inferiores pode proporcionar conforto e segurança para o trânsito de pessoas e veículos, tanto pesados quanto leves. Além disso, tem como uma característica marcante a qualidade e dimensionamento uniformes, visto que as peças são pré fabricadas, e sua fabricação segue padrões rígidos. Ao contrário do que se pensa, esse tipo de revestimento, em períodos chuvosos, tende a manter a aderência, assim como, proporcionar um excepcional conforto térmico e mitigar as dificuldades de manutenção, quando comparado com outros (TAVARES *et al.* 2015).

2.3 Dimensionamento

2.3.1 Revestimentos betuminosos

O método DNER de dimensionamento de pavimento flexível, é um dos mais empregados no Brasil, tem como fundamento o trabalho “*Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume*” de verificação na pista experimental da *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) dá

desenvolvido pelo W.J Turnbull, C. R. Foster, pelo corpo de engenheiros do E.E.U.U. (DNIT, 2006).

Inicialmente, é válido compreender que o índice de grupo (IG) é um valor numérico que varia de 0 a 20, com uma função de mensurar, tanto a plasticidade quanto a graduação das partículas que compõem o solo. O seu cálculo leva em consideração alguns aspectos fundamentais, como as características dos materiais passantes nas peneiras, os valores do limite de liquidez e o valor do índice de plasticidade, como observado na Figura 12 (DNIT, 2006).

Figura 12: Cálculo do índice de grupo

$$IG = 0,2 . a + 0,005 . a . c + 0,01 . b . d$$

| | | | |
|---|---|------------|--------------------|
| a | → | %P200 - 35 | $0 \leq a \leq 40$ |
| b | → | %P200 - 15 | $0 \leq b \leq 40$ |
| c | → | LL - 40 | $0 \leq c \leq 20$ |
| d | → | LP - 10 | $0 \leq d \leq 20$ |

%P200 = Porcentagem passante na peneira 200
LL = Limite de liquidez
LP= Limite de Plasticidade

Fonte: Autor, 2023 adaptado do DNIT, 2006

Consecutivamente, sabe-se que para mensurar a capacidade de suporte de um subleito, faz-se necessária a utilização do ensaio CBR. Entretanto, para propiciar uma maior segurança, a depender da necessidade, pode-se utilizar o índice de suporte (I.S), o qual tende a encontrar um valor corrigido para o índice da Califórnia, tendo como parâmetro o índice de grupo. A fórmula para encontrar o índice determinado está representada na equação 1 (DNIT, 1981).

$$I.S = \frac{CBR + CBRig}{2} \quad (\text{Equação 1})$$

Desse modo, o próximo passo é compreender uma das funcionalidades do índice de grupo para determinação do índice de suporte, como é possível identificar na Tabela 4.

Tabela 4: Valor Tabelado do CBRig em função do índice de grupo.

| Índice de Grupo (I.G) | CBR I.G |
|------------------------------|----------------|
| 0 | 20 |
| 1 | 18 |
| 2 | 15 |
| 3 | 13 |
| 4 | 12 |
| 5 | 10 |
| 6 | 9 |
| 7 | 8 |
| 8 | 7 |
| 9 a 10 | 6 |
| 11 a 12 | 5 |
| 13 a 14 | 4 |
| 15 a 17 | 3 |
| 18 a 20 | 2 |

Fonte: Autor, 2023 Adaptado de DNIT, 1981.

Por outro lado, é importante compreender a necessidade de atender algumas exigências para a promover as condições adequadas para cada camada que constitui o pavimento. Destarte, em aspectos gerais, é imprescindível a adoção de parâmetros para estabelecer as condições necessárias para o material e sua faixa respectiva, como observado na Tabela 5.

Tabela 5: Classificação dos materiais empregados.

| Parâmetro | Subleito | Reforço do Subleito | Sub-base | Base |
|-----------------------------|------------|----------------------------|-------------|--------------|
| Expansão | $\leq 2\%$ | $\leq 1\%$ | $\leq 1\%$ | $\leq 0,5\%$ |
| CBR | $\geq 2\%$ | $> \text{CBR DO SUBLEITO}$ | $\geq 20\%$ | $\geq 80\%$ |
| IG (Índice de grupo) | - | - | 0 | - |
| LL (Limite de liquidez) | - | - | - | $\leq 25\%$ |
| IP (Índice de plasticidade) | - | - | - | $\leq 6\%$ |

Fonte: Autor, 2023 adaptado DNIT, 2006

Além disso, exclusivamente para camada de base, caso haja valores superiores aos estabelecidos na tabela anterior, para o índice de plasticidade e/ou para o limite de liquidez, o

material pode ser utilizado, com a implicância de um equivalente de areia maior que 30. Por conseguinte, caso o número de solicitações do eixo padrão seja menor ou igual a 5×10^6 , o valor do índice de suporte califórnia pode reduzir a no máximo 60% (DNIT, 2006).

No tocante à base granular, são impostas condições para que se adequem a uma das faixas granulométricas baseadas no carregamento exercido pelo tráfego na via, como pode na tabela 6.

Tabela 6: Faixas granulométricas para base granular.

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

Fonte: DNIT, 2006

Para tanto, sabe-se que existem espessuras que atendem a garantir uma compactação mínima e máxima dessas camadas granulares, estabelecendo um valor mínimo (10 cm) e máximo (20 cm). Assim como, estabelecer um valor de espessura construtiva que representa as camadas inferiores do pavimento de 15 centímetros (cm) e uma definição para as faixas de acostamento, a qual seria um valor mínimo e máximo, embasado em 1 a 5% do tráfego da faixa de rolamento (DNIT, 2006).

Por outro lado, o coeficiente de equivalência estrutural desempenha um papel importante frente ao dimensionamento, visto que quantifica a relação da espessura das bases granulares de um material em analogia com uma camada do material considerado (IP-05,2004). Dessa maneira, é notória a possibilidade de observação desses coeficientes na tabela 7.

Tabela 7: Coeficientes de equivalência estrutural.

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

Fonte: DNIT, 2006

Para o revestimento betuminoso é fundamental a adoção de espessuras mínimas, visto que é essencial para a proteger a camada de base dos esforços projetados pela movimentação sobre a via contra prováveis rupturas. Desse modo, são adotados valores baseados no número de solicitações, as quais tem uma funcionalidade interligada com bases que possuam comportamento granular, destacada na Tabela 8.

Tabela 8: Espessura mínima de revestimento.

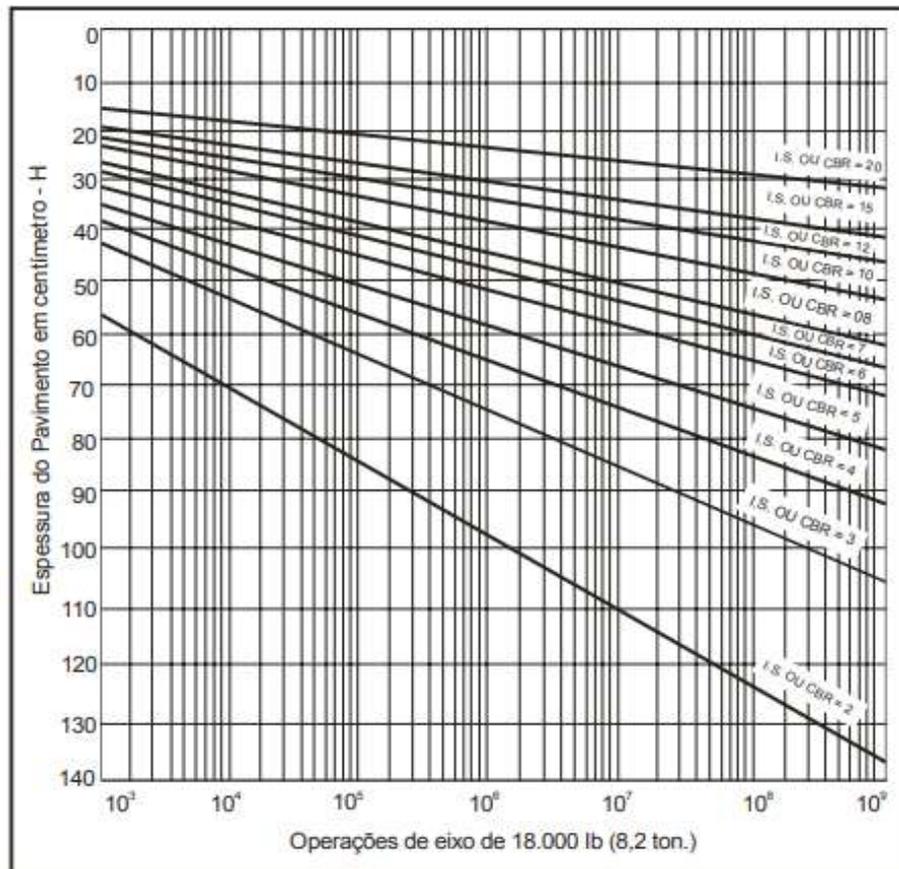
| N | Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso |
|--|--|
| $N \leq 10^6$ | Tratamentos superficiais betuminosos |
| $10^6 < N \leq 5 \times 10^6$ | Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura |
| $5 \times 10^6 < N \leq 10^7$ | Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura |
| $10^7 < N \leq 5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

Fonte: DNIT, 2006

No que se refere ao dimensionamento do pavimento, é possível inferir a espessura total do pavimento relacionada com o CBR e o número N, em termos de base granular, por

meio da Figura 13. Por conseguinte, também é possibilitada a identificação dos valores para Hm (espessura total do pavimento para proteger um material com CBR=20), Hn (Espessura da camada do pavimento com CBR=n), H20 (Espessura do pavimento sobre a sub-base).

Figura 11: Espessura de revestimento.



Fonte: DNIT, 2006

Contendo todos os dados anteriores, torna-se capaz de encontrar as espessuras de base (B), de sub-base (h20) e reforço do subleito, por meio do cálculo, de modo sucessivo, das seguintes inequações (DNIT, 2006):

$$R \times KR + B \times KB \leq H20 \quad (\text{Equação 2})$$

$$R \times KR + B \times KB + H20 \times Ks \leq Hn \quad (\text{Equação 3})$$

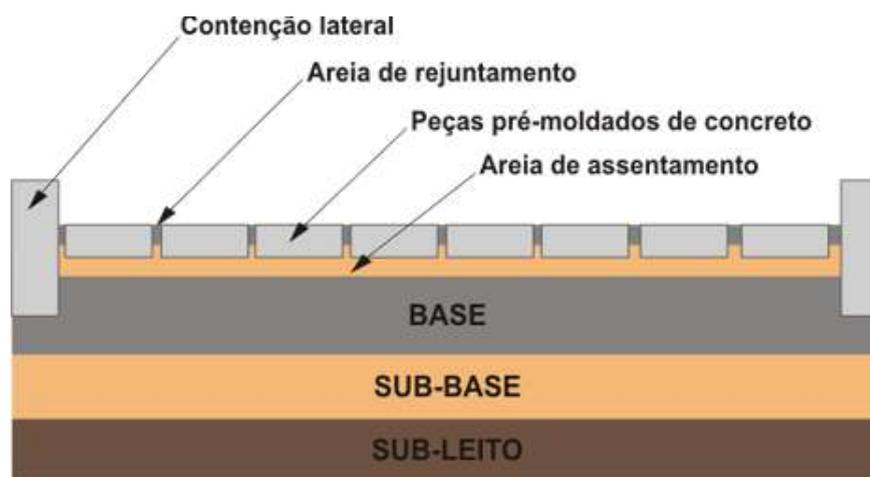
$$R \times KR + B \times KB + H20 \times Ks + Hn \times Kref \leq Hm \quad (\text{Equação 4})$$

2.3.2 Revestimentos em blocos intertravados de concreto

Consecutivamente dois métodos de cálculo de dimensionamento deste tipo de pavimento são fundamentados pela Associação Brasileira de Concreto *Portland* (ABCP). Os dois procedimentos tendem a ter um embasamento direto, por meio de inferência em gráficos, que tendem a ter um embasamento no número "N" de solicitações do eixo simples padrão.

Entretanto, devem ser adotados para vias que apresentem, no máximo, um tráfego médio (número N menor ou igual a $5 * 10^5$), assim, o primeiro procedimento é adequado a uma solicitação de no máximo 10^5 e o segundo entre 10^5 e $1,5 * 10^5$ (IP-06, 2004). De modo análogo, é importante compreender a estruturação básica de um pavimento com revestimento em bloco de concreto, podendo haver variações que irão depender da necessidade e características das vias de estudo, como pode ser descrita por meio da Figura 14 (IP-06, 2004).

Figura 14: Seção tipo do pavimento em intertravado de concreto.



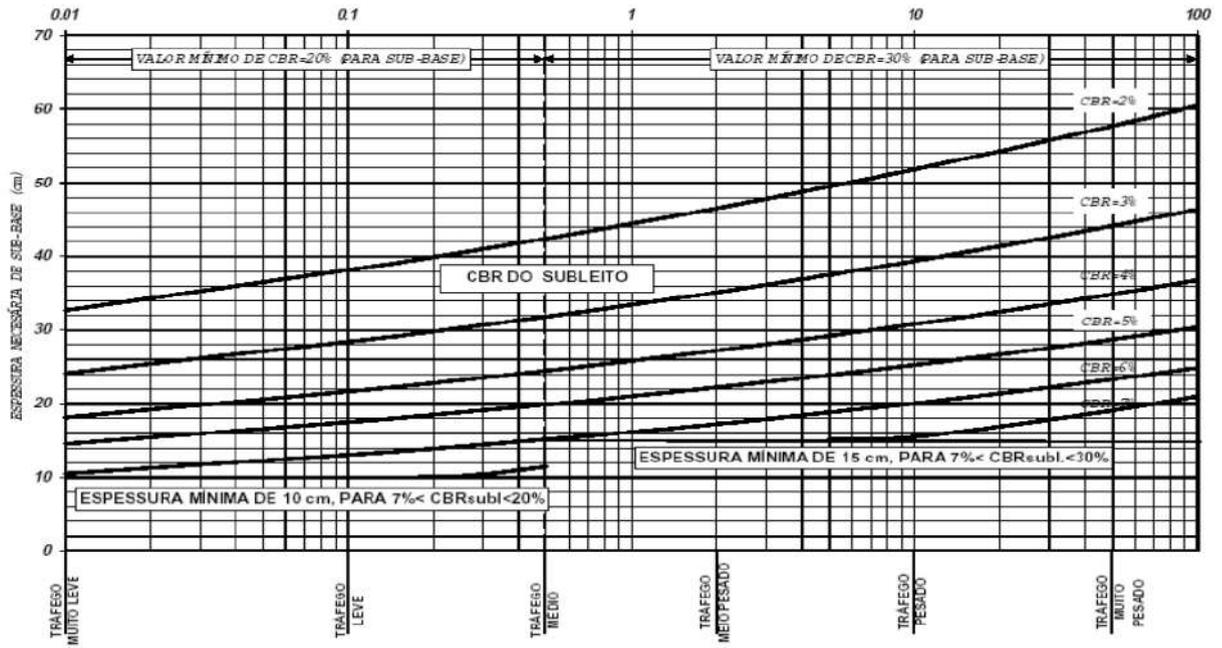
Fonte: Pedreira, 2012.

- Procedimento A

Analogamente, tem como preceito o embasamento em um trabalho proposto pela *British Cement Association* (BCA), o qual foi adaptado pela Associação Brasileira de Cimento *Portland* (ABCP) em um estudo técnico com a adoção de bases cimentadas. Basicamente, a sua metodologia utiliza dois gráficos de leitura direta, fornecendo as espessuras necessárias das camadas constituintes do pavimento (IP-06, 2004).

No tocante a sub-base, pode-se considerar desnecessária, caso o número de solicitações seja menor que $5 * 10^5$ e com um subleito que apresente um CBR maior ou igual a 20% ou solicitações maiores que $5 * 10^5$ e com um CBR maior ou igual a 30%. Entretanto, caso seja indispensável a execução desta camada, é possível a obtenção por inferência gráfica, por meio da posse dos valores das solicitações de o CBR do subleito, como pode ser observado na figura 15. (IP-06, 2004)

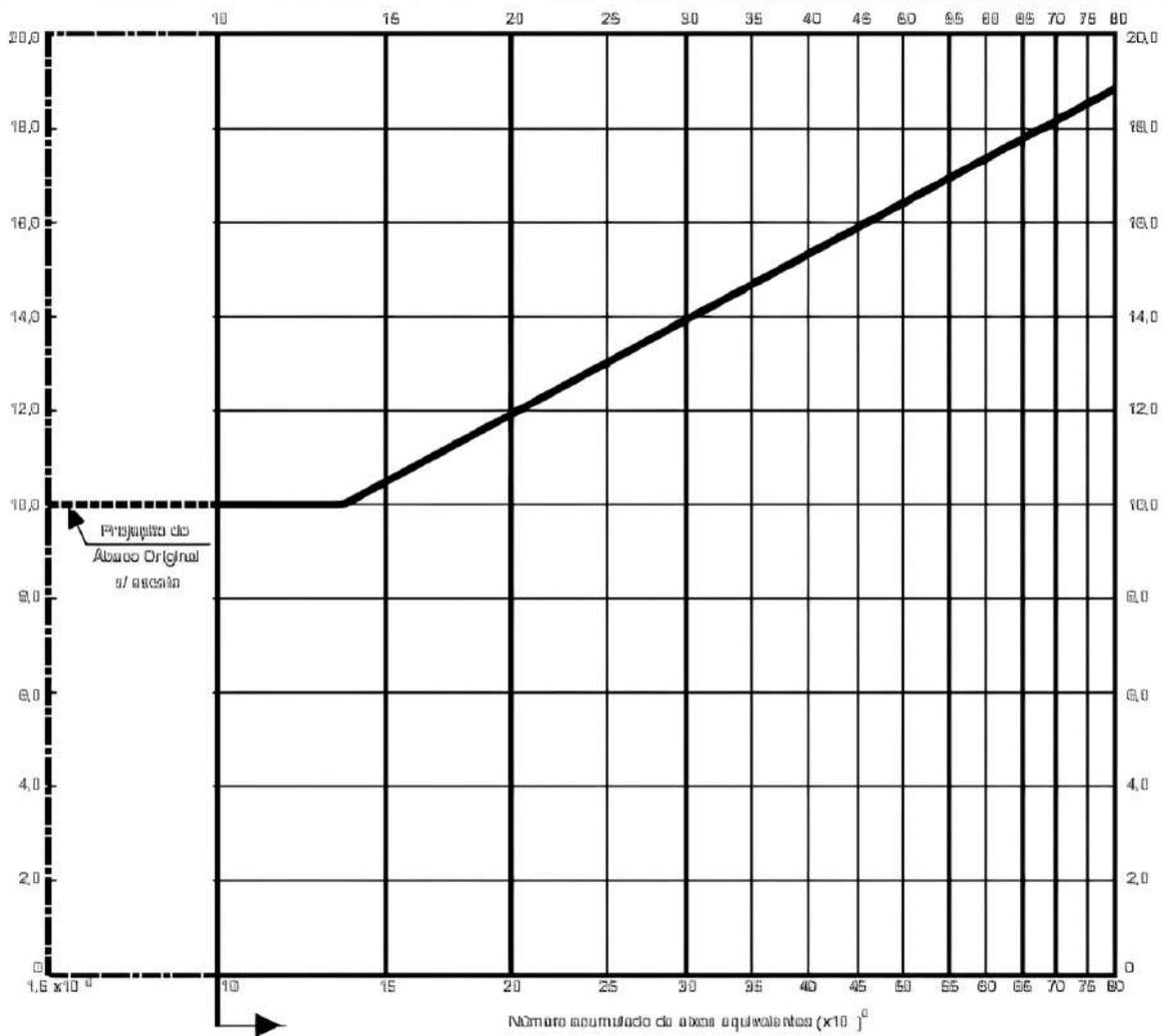
Figura 15 : Espessura necessária de sub-base.



Fonte: Pelegrini e Mezzomo, 2020

No tangível a faixa de revestimento, é válido salientar que por se tratar de um bloco de concreto pré moldado deve atender as especificações descritas em normativas brasileiras. Ainda sob essa óptica, é sabido que a base é desnecessária em vias que apresentem um número “N” inferior a $1,5 * 10^5$. Além disso, uma parametrização mínima de 10 centímetros para um número de repetições de um eixo padrão entre $1,5 * 10^5$ e 10^7 . Para tanto, para dimensionar essa camada, assim como foi realizado na anterior, basta utilizar-se de uma leitura gráfica, a qual tende a confrontar o número de repetições de um eixo padrão e a espessura da base cimentada, sendo perceptível a visualização na figura 16 (IP-06, 2004).

Figura 16 : Espessura necessária da base



Fonte: IP-06, 2004.

Consecutivamente, a espessura é normatizada em valores que tendem a caracterizar a espessura do revestimento, o tráfego e a resistência do bloco, como visualizado na Tabela 9.

Tabela 9: Espessura e resistência do revestimento.

| TRÁFEGO | ESPESSURA REVESTIMENTO | RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES |
|----------------------------|------------------------|----------------------------------|
| $N \leq 5 \times 10^5$ | 6,0 cm | 35 MPa |
| $5 \times 10^5 < N < 10^7$ | 8,0 cm | 35 a 50 MPa |
| $N \geq 10^7$ | 10,0 cm | 50 MPa |

Fonte: IP-06, 2004

- Procedimento B

Esse procedimento é uma evolução do método efetuado pelo Corpo de Engenheiros do Exército Americano (USACE), para pavimentos flexíveis, o qual teve um embasamento realizado em frentes de pesquisas realizadas na Austrália, na África do sul, na Grã Bretanha e nos Estados Unidos (IP-06, 2004).

Entretanto, assegura as condições propostas pelo intertravamento dos blocos de concreto, assim, é entendível que as camadas tendem a possuir uma resistência crescente, ou seja, quanto mais superficial, maior a resistência. Dessa forma, considera-se que a aglutinação das bases tratadas com cimento, possuam um fator estrutural igual a 1,65, visto que, admite-se que as deformações por cisalhamento e por consolidação dos materiais são pequenas, implicando em uma redução das deformações verticais ao seu mínimo, por conta desse aumento gradativo das faixas do pavimento (IP-06, 2004).

Nessa metodologia, é utilizada a Tabela 10 para que possa ser determinada a espessura do material puramente granular (H_{BG}), a qual tem como parâmetros o valor do índice de suporte da Califórnia (CBR) e o número de solicitações do eixo simples padrão (Número “N”).

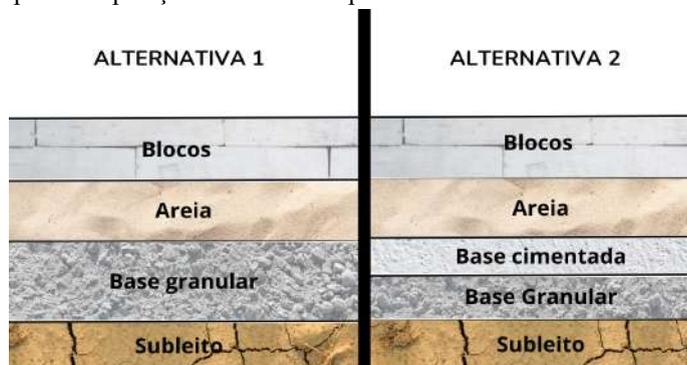
Tabela 10: Espessura da base granular necessária de acordo com o CBR e o número “N”.

| N.º de Solicitações equivalente do eixo padrão de 8,2 t (kN) | ESPESSURA DA BASE (H_{BG}) | | | | | | | | | | |
|--|---|-----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| | Valor do índice de Suporte Califórnia do Subleito | | | | | | | | | | |
| | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 15 | 20 |
| (10 ¹) | 27 | 21 | 17 | | | | | | | | |
| 2 x 10 ² | 29 | 24 | 20 | 17 | | | | | | | |
| 4 x 10 ² | 33 | 27 | 23 | 19 | 17 | | | | | | |
| 8 x 10 ² | 36 | 30 | 25 | 22 | 19 | | | | | | |
| (10 ³) | 37 | 31 | 26 | 23 | 20 | | | | | | |
| 2 x 10 ⁴ | 41 | 34 | 29 | 25 | 22 | 17 | | | | | |
| 4 x 10 ⁴ | 44 | 37 | 32 | 28 | 24 | 19 | | | | | |
| 8 x 10 ⁴ | 48 | 40 | 35 | 30 | 27 | 21 | 17 | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| (10 ⁵) | 49 | 41 | 36 | 31 | 28 | 22 | 18 | | | | |
| 2x10 ⁵ | 52 | 44 | 38 | 34 | 30 | 24 | 19 | | | | |
| 4x10 ⁵ | 56 | 47 | 41 | 36 | 32 | 26 | 21 | | | | |
| 8x10 ⁵ | 59 | 51 | 44 | 39 | 34 | 28 | 23 | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| (10 ⁶) | 60 | 52 | 45 | 40 | 35 | 29 | 23 | 16 | | | |
| 2x10 ⁶ | 64 | 55 | 47 | 42 | 38 | 30 | 25 | 17 | | | |
| 4x10 ⁶ | 68 | 58 | 50 | 45 | 40 | 33 | 27 | 19 | | | |
| 8 x 10 ⁶ | 71 | 61 | 53 | 47 | 42 | 34 | 29 | 20 | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| (10 ⁷) | 72 | 62 | 54 | 48 | 43 | 35 | 30 | 21 | | | |

Fonte: IP-06, 2004.

Além disso, para o dimensionamento nesse método é possibilitado a adoção de duas alternativas. De tal modo, a espessura do material puramente granular, pode ser subdividida, através da adoção de uma camada de base cimentada e uma sub-base puramente granular, os quais serão preconizados pelo fator estrutural. Logo, é notório que a composição do pavimento pode ser diferente, nas duas alternativas, como perceptível na Figura 17.

Figura 17: Alternativas para composição estrutural em pavimentos de blocos de concreto pelo procedimento B.



Fonte: Autor com base em dados do IP-06, 2004

As características fornecidas pelas bases cimentícias, destacam uma maior resistência do pavimento ao tráfego. Sendo assim, quanto mais nobre for o material da base, menor será a espessura final do pavimento e maior será seu atendimento às solicitações de tráfego. Somado a isso, neste método é assumida a espessura mínima para bases puramente granulares e para bases com materiais cimentícios de 15cm e 10cm, respectivamente.

2.3.3 Revestimentos em paralelepípedos e alvenaria poliédrica

Nesses tipos de revestimento, as cargas aplicadas sobre os blocos de pedra tendem a ser transmitidas, quase que completamente, ao subleito. Ou seja, existem distâncias entre um bloco e outro que impedem a imposição do atrito lateral, mesmo em peças que em algumas obras haja um rejuntamento. Por tal motivo, admite-se que se trata de um revestimento e não se atribui um valor estrutural (Mineropar, 1983).

Embora não haja métodos de dimensionamento que apresentem uma aceitação consensual e de ampla difusão, existe a norma rodoviária número 71 do DER/SP, que tende a fixar como 23 centímetros a espessura total (base de areia + pavimento em pedra). Adota-se a fórmula empírica do CBR, elaborada pelo francês Reymond Peltier, que tende a ter valores com uma boa aproximação, quando se comparado aos gráficos utilizados em outros métodos de pavimentação, a qual está representada na Equação 5 (Mineropar, 1983).

$$E_p = \frac{100 + 150 * \sqrt{P}}{I_s + 5} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

E_p = Espessura total do pavimento;

I_s = CBR = Índice de suporte Califórnia;

P = Carga por roda, em toneladas.

De modo análogo, é importante salientar que, caso o subleito possua um suporte menor que o I_s encontrado, implicará no aumento da espessura do pavimento. Somado a isso, visto que com a posse a espessura total e da espessura do revestimento, pode-se obter a espessura da sub-base, por meio da Equação 6 (Mineropar, 1983).

$$E_{sb} = E_p - 23 \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

E_{sb} = Espessura da sub-base.

2.4 Drenagem urbana

Drenagem urbana é um conjunto de medidas que tentam minimizar os riscos a que a população está sujeita, diminuindo as contravenções causadas pelas inundações (TUCCI, 2012). A microdrenagem tem como objetivo o transporte das águas até o seu deságue ou até um sistema de macrodrenagem. Desse modo, tem-se como alguns dos seus principais componentes (TUCCI, 1995):

- Poços de visita: Dispositivos utilizados para inspeção e limpeza;
- Bocas de lobo: Dispositivo para a retenção de águas pluviais que transitam pela sarjeta;
- Conduitos de ligação: Tubos de interligação entre as bocas de lobo e os poços de visita;
- Caixas de passagem: Estrutura em alvenaria ou em concreto, com possibilidade de visita(nível da rua) e sem tampão;
- Sarjetas: Canais nas extremidades da faixa de rolamento, cuja finalidade é de condução superficial até as bocas de lobo;
- Meio fio: Estrutura que segrega a faixa de rolamento e o passeio;
- Galeria: Tubulações para transporte de águas pluviais.

No que se refere a macrodrenagem, basicamente, podem ser subdivididos em dois métodos (TUCCI, 1995):

- Destrutivos: Um método mais antigo que, conseqüentemente, possui negatividades como a necessidade de destruição das camadas de revestimentos existentes. Entretanto, consiste na abertura e fechamento de valas e o assentamento de tubulações;
- Não Destrutivos: Possui um surgimento mais recente, criado com o fito de mitigar as problemáticas da demolição, de tal modo, a não implicar no trânsito cotidiano. Por meio de redes subterrâneas.

De maneira análoga, um projeto básico de drenagem urbana deve atender, no mínimo, as condições apresentadas na Tabela 11 (TAVARES *et al.*, 2015).

Tabela 11: Projeto básico de drenagem urbana.

| | | |
|---------------------|---------------|--|
| Projeto de Drenagem | Desenho | Planta geral, perfil longitudinal ou planta contendo alturas altimétricas e seções transversais tipo |
| | Memorial | Memória de cálculo e Descritivo do projeto |
| | Especificação | Materiais e serviços |

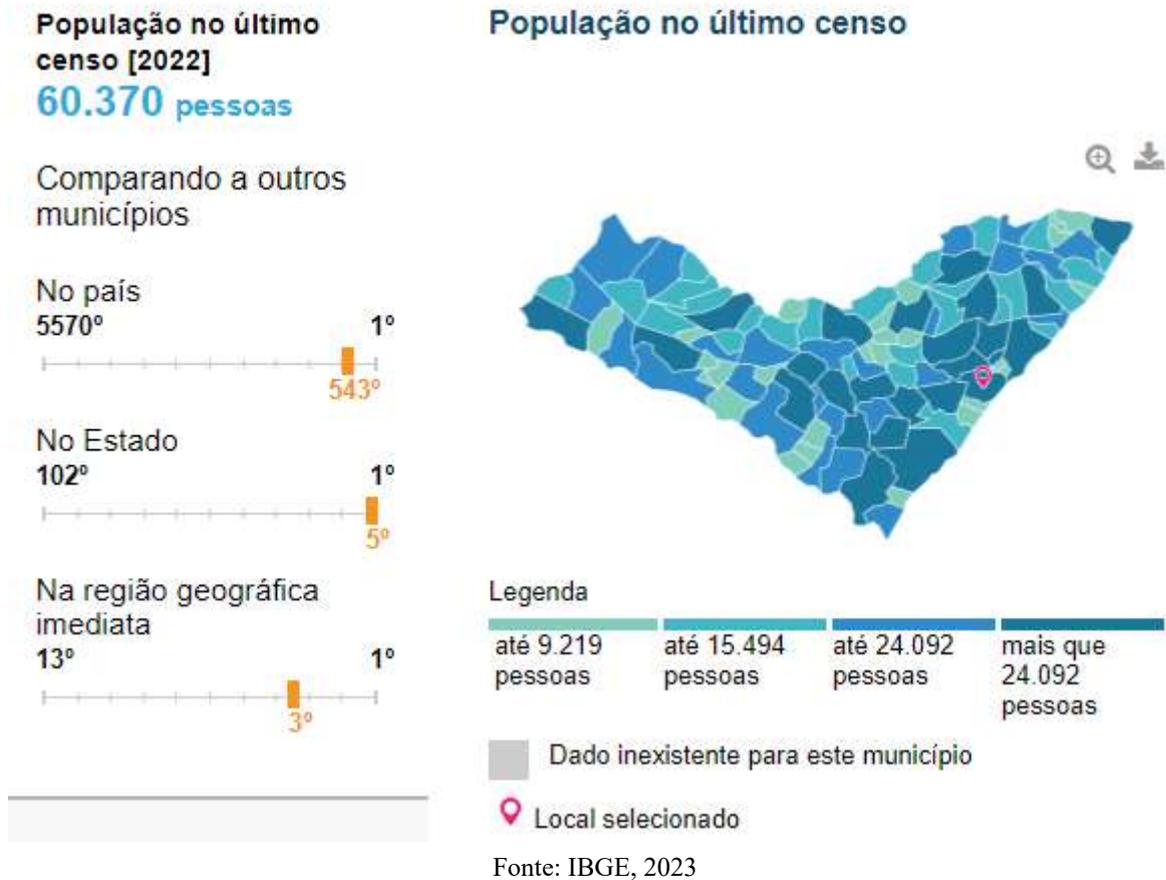
Fonte: Autor (2023) - Baseado em Tavares (2015)

3 METODOLOGIA

3.1 Estudo de caso

De modo geral, Marechal Deodoro é uma cidade alagoana com um clima tropical chuvoso, possui de marcante, em sua zona hídrica, trechos com existência da lagoa Mundaú, da lagoa Manguaba e pelo oceano atlântico. Além disso, consoante à dados do IBGE (2023), no que diz respeito ao contingente populacional, possui a quinta maior população (60.370 habitantes) do estado de Alagoas, interligado ao fato de que sua população mais que dobrou, em um período de 22 anos, que corresponde de 1990 a 2022. Consecutivamente, é notório essas características através dos dados de perfil municipal destacados na Figura 18.

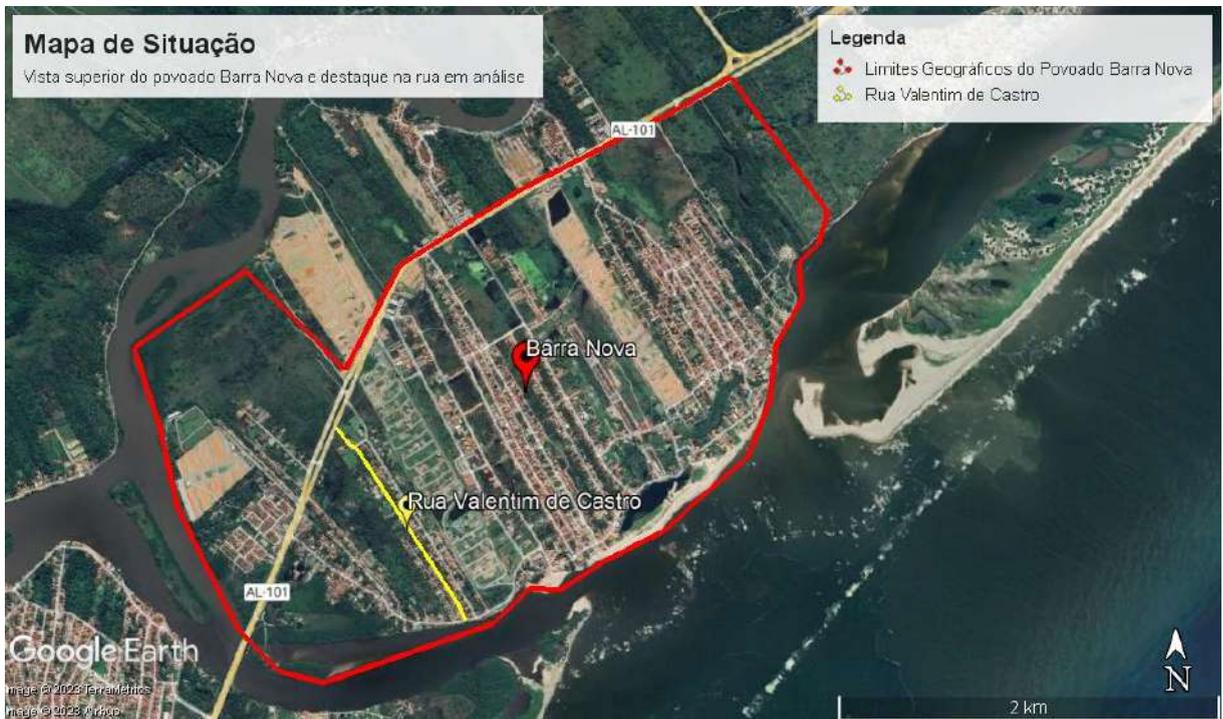
Figura 18: Mapa de Marechal Deodoro e o perfil municipal.



Analogamente, Barra Nova é um povoado populoso e importante do município de Marechal Deodoro, tanto por conta de sua relação turística quanto como a sua distância para a capital Alagoana, cerca de 13 km até o centro de Maceió.

A rua Valentim de Castro, fica localizada na Barra nova, uma via com, aproximadamente, 1,25 km, que possui, ao longo de todo o trajeto, moradias, chácaras e estabelecimentos voltados ao lazer, que acabam prejudicadas devido à falta de pavimento em seu percurso. Além disso, por ser a via mais próxima ao retorno da AL-101, caso seja pavimentada pode funcionar como uma via de acesso mais rápida à orla lagunar, tal como a um dos maiores pontos turísticos do município (Prainha da Barra Nova), com uma maior proximidade de um de seus pontos de travessia de balsa. A localização da rua de estudo pode ser observada na delimitação territorial da Barra Nova na Figura 19.

Figura 19: Demarcação territorial e da rua em análise.



Fonte: Autor, 2023 adaptado de Google Earth Pro

Somado a isso, seria uma melhoria para outros moradores do entorno, que teriam, mesmo que, indiretamente, o benefício da diminuição de trajetos do cotidiano ou na preservação de seus automóveis, visto que a rua mais próxima de acesso a cidade fica a um pouco mais de 600 metros. Quanto aos moradores da Valentim de Castro, grande parte, buscam essa via adjacente como uma rota alternativa, tanto em dias chuvosos quanto cotidianamente, suscetíveis a um aumento de, um pouco mais de 2,6 km de trajeto, em busca de conforto e segurança, como pode ser inferido na Figura 20.

Figura 20: Apresentação de rota alternativa



Fonte: Autor, 2023 Adaptado de Google Earth Pro

Dessa forma, a via não possui a infraestrutura adequada, visto que, cotidianamente, é possível identificar diversos trechos em que a rua apresenta alagamentos, o que corrobora para o dano causado nos veículos dos moradores da região. Logo, não apenas a falta de pavimentação é um problema visto ao longo de todo o seu trajeto, mas também a falta de acessibilidade, a qual também é corroborada pela largura da via, a falta de calçadas e de acessibilidade ao pedestre, a falta de regularização e compactação do subleito, a falta de drenagem e de saneamento básico. Dessa maneira, algum dos problemas listados ou de suas consequências é apresentado na Figura 21, a qual tende a transmitir a situação atual da via.

Figura 21: Estado atual da via.



Fonte: Autor, 2023

3.2 Levantamento de campo

3.2.1 Geometria da via

Diferentemente de outros projetos em que há um reconhecimento prévio que visa a escolha de um trajeto com uma melhor adequação, baseado em levantamentos, esse, por sua vez, possui sua delimitação geométrica estabelecida pelo gabarito da rua, o que infere em um estudo relacionado à melhor adequação, com base na identificação das necessidades e problemáticas inseridas ao decorrer do trajeto.

Desse modo, foi realizado o cadastro da geometria da rua buscando a compreensão da sua situação atual como a largura disponível, possíveis interferências, dispositivos de drenagem, abastecimento e saneamento básico e a identificação de elementos que comprometam a plataforma.

Para tal cadastro foi realizado um estaqueamento a cada 20 metros, onde foi contabilizado a largura total da via, ou seja, a largura disponível tanto para a faixa de rolamento quanto para o calçamento. Caso haja alguma interrupção ao longo da trajetória, essa possuirá uma estaca demarcando a sua distância e o tipo de interferência, independentemente, de ser um gargalo, um poste ou qualquer outro fator que atrapalhe o funcionamento correto. Porém, é válido ressaltar que em caso de interferências como, por exemplo postes, é entendido que existe a possibilidade de comunicação com órgão responsável pela distribuição de energia em alagoas (Equatorial), a fim de deslocar o poste para uma posição mais favorável, compreendendo os custos adicionais para essa implantação, que terão que ser analisadas, de acordo com a necessidade.

Em posse dessas informações, possibilita-se a execução de uma planilha detalhada acerca dos dados obtidos em campo. Com esses valores, a próxima etapa é a compatibilização dos trechos das ruas com as regulamentações vigentes, referentes às larguras mínimas de faixa de rolamento e calçamento. Para tanto, através do valor mínimo encontrado no estaqueamento, é possível inferir a caixa da rua, com o fito de uniformizar ao longo de todo o seu trajeto.

3.2.2 Estudo de tráfego

Consecutivamente, foram realizados estudos no tocante ao tráfego, que disponibilizam dados e informações sobre como ocorrem o fluxo de veículos e pessoas, por meio da inspeção e contagens manuais, com a finalidade de identificar a predominância dos tipos de veículos e de suas características e consequente definição de solução de pavimento, a quantidade e as espessuras das camadas que mais se adequem as cargas constantes da via. Por isso, é tomado como nota os horários críticos e precauções sobre a manutenção de dias que expressem exatamente o fluxo padrão, com cautela em relação a quaisquer interferências que modifiquem esse trânsito.

De modo inicial, a contagem foi realizada através de uma câmera de monitoramento, em uma das residências localizada em uma das extremidades da rua. A filmagem teve embasamento 5 dias da semana (Sábado, Domingo, Segunda, Terça e Quarta), tendo em vista que, por ser uma região que, ainda tem uma interligação forte com o turismo, possui um fluxo maximizado nos finais de semana, com isso permite mensurar a via em seu comportamento maximizado. A Figura 22 objetiva demonstrar o ambiente projetado por esse aparelho eletrônico de filmagem e sua localização próxima a uma das extremidades da rua.

Figura 22: Câmera de monitoramento.



Fonte: Autor, 2023

Por conseguinte, para auxílio da quantificação dos veículos utilizou-se a Tabela 12 como referência para contagem volumétrica, a qual é mais adequada a vias de tráfego mais leves e tende a levar em consideração cada tipo de veículo em função do seu eixo, de acordo com o regulamentado no manual de estudos de tráfego do DNIT (DNIT, 2006).

Tabela 12: Contagem Volumétrica.

The form consists of several input fields at the top: ESTADO, RODOVIA, CDS KM, TRECHO (with points A and B), LOCAL DA CONTAGEM, MARCO QUILOMÉTRICO, DATA DA CONTAGEM, HORA INÍCIO, HORA TÉRMINO, and SENTIDO (A to B or B to A). To the right is a diagram of a road intersection. Below these fields is a large grid for data entry. The grid has columns for vehicle types: VEÍCULOS LEVES (Autos, Camionetas), ÔNIBUS (2C, 3C, 4C), CAMINHÕES (2S1, 2S2, 2S3, 3S2, 3S3, 2C2, 2C3, 3C2, 3C3, 4S), and OUTROS. The rows represent different periods (PERÍODO) in minutes. A 'TOTAL' column is on the far right.

Fonte: DNIT, 2006

A etapa posterior ao preenchimento da planilha é o cálculo do volume médio diário, que teve como base o somatório do número de veículos, em todos os dias de pesquisa, dividido pelo número de dias (DNIT, 2006). Assim, a Equação 7 (DNIT, 2006) determina o volume médio diário.

$$VMD = \frac{\sum VMDP}{D} \quad \text{(Equação 7)}$$

Onde:

VMD = Volume médio diário;

VMDP = Volume médio diário por período;

D = número de dias de estudo.

Com a posse do volume médio diário, faz-se necessário o cálculo do volume médio diário anual, o qual está exposto na Equação 8 (DNIT, 2006).

$$VMDA = VMD * 365 \quad \text{(Equação 8)}$$

Onde:

VMDA = volume médio diário anual;

Consecutivamente, o próximo passo é encontrar os fatores de equivalência de carga. Dois métodos são bastantes utilizados, o da AASHTO tem embasamento na perda de serventia do material e tende a variar de acordo com o tipo de material, índice de serventia e resistência do pavimento, da USACE avaliam os efeitos decorrentes do rebaixamento nas trilhas de roda (DNIT, 2006). As expressões representadas nas Tabelas 13 e 14 servem para calcular os fatores de equivalência, onde FC representa o fator de equivalência de carga e P a carga solicitada por um eixo em toneladas, determinadas .

Tabela 13: Fatores de equivalência de carga da AASHTO.

| Tipos de eixo | Equações (P em tf) |
|-------------------------------|---------------------------|
| Simplex de rodagem simples | $FC = (P / 7,77)^{4,32}$ |
| Simplex de rodagem dupla | $FC = (P / 8,17)^{4,32}$ |
| Tandem duplo (rodagem dupla) | $FC = (P / 15,08)^{4,14}$ |
| Tandem triplo (rodagem dupla) | $FC = (P / 22,95)^{4,22}$ |

Fonte: DNIT, 2006.

Tabela 14: Fatores de equivalência de carga da USACE.

| Tipos de eixo | Faixas de Cargas (t) | Equações (P em tf) |
|--------------------------------------|----------------------|--|
| Dianteiro simples e traseiro simples | 0 – 8 | $FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,0175}$ |
| | ≥ 8 | $FC = 1,8320 \times 10^{-5} \times P^{6,2542}$ |
| Tandem duplo | 0 – 11 | $FC = 1,5920 \times 10^{-4} \times P^{3,472}$ |
| | ≥ 11 | $FC = 1,5280 \times 10^{-5} \times P^{5,484}$ |
| Tandem triplo | 0 – 18 | $FC = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$ |
| | ≥ 18 | $FC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$ |

Fonte: DNIT, 2006.

Posto isso, torna-se concebível o cálculo do fator de veículo (FV), que é necessário para encontrar o resultado para o número de solicitações do eixo padrão. O qual é determinado pela seguinte Equação 9 (DNIT, 2006):

$$FV = FC \times FR \times FE \quad (\text{Equação 9})$$

Onde:

FC = fator de equivalência de carga;

FR= fator climático regional;

FE= fator de eixo;

Por fim, com a posse de todos os dados, para o cálculo do número de repetições do eixo padrão é necessário a utilização das Equações 10 e 11 (DNIT,2006).

$$N = \sum Ni \quad (\text{Equação 10})$$

$$N = \sum VMD * 365 * c * FV \quad (\text{Equação 11})$$

Onde:

FV = Fator de veículo;

VMD = Volume médio diário;

c = Percentual de veículos comerciais na faixa de projeto;

N = Número equivalente de operações de eixo padrão;

Ni= Número equivalente de operações de eixo padrão acumulado durante o ano i;

3.2.3 Estudo do subleito

Esse estudo tem como fito entender as características do subleito (fundação) e identificação quanto a necessidade do seu reforço, além de embasamento teórico para o dimensionamento das outras camadas de pavimento. Além disso, discernir que por ser uma região de manguezal e com proximidade à lagoa, pode ser que implique, em prováveis, problemas frente ao nível do lençol freático e solo da região que podem ser identificados durante os levantamentos geotécnicos. Ou seja, a possibilidade de realização da definição de seus aspectos e a adaptação frente a necessidade para o seu dimensionamento.

A obtenção desses dados, só foi possível através do auxílio da Secretaria de Obras e Infraestrutura do Município de Marechal Deodoro (SEMINFRA MD), por meio do fornecimento de um estudo do subleito de diversas rua no loteamento El Dourado, em Marechal Deodoro, que possui características semelhantes a rua de estudo. Assim foi constatado um CBR de 2%, o qual serviu como parâmetro para esse estudo, devido ao reduzido tempo para elaboração do estudo. Para tanto, os resultados obtidos nos furos desse ensaio encontram-se no anexo A deste documento.

Todo o ensaio foi realizado em conformidade com o estabelecido na norma NBR 9895. Por fim, foi possível obter a posse da curva de compactação, da massa específica aparente úmida e do CBR. De tal modo, com o valor do Índice de Suporte Califórnia (CBR) e com a obtenção do número “N” é possível iniciar a etapa de dimensionamento. Entretanto, caso o projeto seja posto em prática, é importante ressaltar que devem ser realizados estudos geotécnicos pela equipe de execução de obra, com a finalidade de constatar o CBR do subleito encontrado.

3.3 Projeto de pavimentação

À posteriori, com as análises anteriores, foi possível a retenção de dados que possibilitem a execução do dimensionamento. Desse modo, foi determinado o tipo de pavimento a ser aplicado, tendo como base a relação entre os custos e necessidade de

implantação de cada tipo. Posto isso, torna-se praticável o dimensionamento, baseado na escolha de um método a partir da solução anteriormente designada.

Consecutivamente, pela impossibilidade de obtenção de dados referentes a jazidas e pela inexigibilidade de tempo hábil, para o dimensionamento dos quatro tipos de revestimento supracitados acima, foram utilizados os valores mínimos exigidos pelas normas para as suas camadas respectivas. Com isso, é possível compreender os requisitos mínimos a serem atingidos em um possível futuro projeto executivo. Portanto, é apresentado as seções tipos contendo a espessura de cada camada de revestimento, levando em consideração as exigências de cada um dos métodos utilizados para cálculo. Por fim, foi elaborada a comparação entre os tipos de revestimentos analisados neste trabalho.

4 RESULTADOS

4.1 Geometria da via

O plano diretor de Marechal Deodoro, é insuficiente na questão de parametrização de valores mínimos exigidos, não somente em aspectos ligados à pavimentação. O que implica em construções não normatizadas, que acabam ocasionando problemas futuros, visto que são elaboradas, de acordo com a necessidade de cada indivíduo ou em conformidade a outros diversos tipos de documentos e não baseadas para uma homogeneidade na construção. Dessa forma, o desenvolvimento urbano é problematizado, frente a falta de exigências, as quais são um problema a se seguir até mesmo durante as fiscalizações públicas, visto que essas não possuem uma definição local.

Analogamente, esse não quantifica especificamente qual deve ser a largura mínima de faixa de rolamento e de calçada em suas ruas. Para tanto, fez-se necessário a utilização de outros parâmetros brasileiros para o conhecimento da largura necessária para a faixa de rolamento e da calçada, visto que, no aspecto visual, a rua apresentava uma largura total pequena.

De tal maneira, através do guia prático de construção de obras de Maceió, cidade que faz fronteira com a de estudo, é necessária uma faixa livre de, no mínimo, 1,2 metros destinados à passagem de pedestres. Em seguida, foi utilizado o manual de projetos geométricos de travessias urbanas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte

(DNIT), de 2010, o qual classifica o objeto de estudo como uma via local e com uma necessidade de 3,3 metros de largura mínima para faixa de rolamento.

Tendo como base, esses parâmetros, foram elaborados o estaqueamento da via, por completo e a Tabela 15, a qual visa indicar a largura total do trecho a cada 20 metros, bem como a localização e o tipo de cada interferência encontrada.

Tabela 15: Estaqueamento da via.

| Estaca | Largura Efetiva (m) | Tipo de Interferência | Lado da interferência | Distância da intervenção (m) |
|---------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| 0 | 5,6 | Poste | | 0,8 |
| 1 | 5,1 | Sem Interferência | | |
| 1+11,9 | 5,5 | Poste | Direito | 0,7 |
| 2 | 6,1 | Sem Interferência | | |
| 3 | 5,7 | Sem Interferência | | |
| 3+14,5 | 5,1 | Gargalo | | |
| 4 | 5,6 | Sem Interferência | | |
| 5 | 5,5 | Sem Interferência | | |
| 5+2,7 | 5,5 | Poste | Direito | 0,9 |
| 6 | 5,7 | Sem Interferência | | |
| 6+17,7 | 5,5 | Poste | Direito | 1,1 |
| 7 | 6,1 | Sem Interferência | | |
| 8 | 6,9 | Sem Interferência | | |
| 8+14,2 | 6,5 | Poste | Direito | 0,8 |
| 9 | 7,3 | Sem Interferência | | |
| 10 | 6,6 | Sem Interferência | | |
| 11 | 7 | Sem Interferência | | |
| 12 | 6,3 | Sem Interferência | | |
| 12+11,8 | 6,4 | Poste | Direito | 0,8 |
| 13 | 6,4 | Sem Interferência | | |
| 14 | 6,4 | Sem Interferência | | |
| 14+8,1 | 6,3 | Poste | Direito | 0,7 |
| 15 | 6,5 | Sem Interferência | | |
| 16 | 6,4 | Sem Interferência | | |
| 16+ 6,8 | 6,4 | Poste | Direito | 0,7 |
| 17 | 6,4 | Sem Interferência | | |
| 18 | 6,6 | Poste | | |
| 18+6,7 | 6,6 | Poste | Esquerdo | 0,8 |
| 19 | 6,6 | Sem Interferência | | |
| 20 | 6,8 | Sem Interferência | | |
| 21 | 6,7 | Sem Interferência | | |

| | | | | |
|----------|------|-------------------|----------|------|
| 22 | 6,6 | Sem Interferência | | |
| 23 | 6,6 | Sem Interferência | | |
| 24 | 6,7 | Sem Interferência | | |
| 24+6 | 6,7 | Poste | Esquerdo | 1,1 |
| 25 | 6,6 | Sem Interferência | | |
| 26 | 6,7 | Sem Interferência | | |
| 26+5 | 6,7 | Poste | | 1 |
| 27 | 6,7 | Sem Interferência | | |
| 28 | 6,6 | Sem Interferência | | |
| 28+8,1 | 5,8 | Poste | Esquerdo | 0,7 |
| 29 | 6,3 | Sem Interferência | | |
| 29+13,4 | 6,1 | Gargalo | | |
| 30 | 6,2 | Sem Interferência | | |
| 30+16,7 | 6,3 | Poste | Esquerdo | 0,7 |
| 31 | 6,7 | Sem Interferência | | |
| 32 | 6,5 | Sem Interferência | | |
| 33 | 6,3 | Poste | Esquerdo | 0,4 |
| 33+12,2 | 5,9 | Gargalo | | |
| 34 | 6,2 | Sem Interferência | | |
| 35 | 6,3 | Sem Interferência | | |
| 36 | 6,3 | Sem Interferência | | |
| 37 | 6,3 | Sem Interferência | | |
| 38 | 6,3 | Sem Interferência | | |
| 38+6,6 | 6,3 | Poste | Esquerdo | 0,7 |
| 39 | 6,3 | Sem Interferência | | |
| 40 | 6,3 | Sem Interferência | | |
| 40+11 | 6,3 | Poste | Esquerdo | 0,5 |
| 41 | 5,6 | Sem Interferência | | |
| 42 | 6,2 | Sem Interferência | | |
| 42+15,31 | 6,2 | Poste | Esquerdo | 0,5 |
| 43 | 6,2 | Sem Interferência | | |
| 44 | 6,25 | Sem Interferência | | |
| 45 | 5,9 | Poste | Esquerdo | 0,6 |
| 46 | 5,9 | Sem Interferência | | |
| 47 | 5,9 | Sem Interferência | | |
| 47+6,1 | 5,9 | Poste | Esquerdo | 0,75 |
| 48 | 5,8 | Sem Interferência | | |
| 49 | 6 | Sem Interferência | | |
| 49+10,1 | 5,9 | Poste | Esquerdo | 0,8 |
| 50 | 6 | Sem Interferência | | |
| 51 | 6 | Sem Interferência | | |

| | | | | |
|---------|-----|-------------------|----------|-----|
| 51+14,2 | 6,3 | Poste | Esquerdo | 0,7 |
| 52 | 6,1 | Sem Interferência | | |
| 53 | 6,9 | Sem Interferência | | |
| 53+10,1 | 7 | Curva | | |
| 54 | 6,7 | Sem Interferência | | |
| 55 | 8,5 | Sem Interferência | | |
| 56 | 8,5 | Sem Interferência | | |
| 57 | 8,5 | Sem Interferência | | |
| 58 | 8,5 | Sem Interferência | | |
| 59 | 8,3 | Sem Interferência | | |
| 60 | 8 | Sem Interferência | | |
| 60+4,3 | 7,4 | Sem Interferência | | |

Fonte: Autor, 2023

Por conseguinte, a Figura 23, tende a apresentar a localização da rua, o seu gabarito e o seu estaqueamento.

Figura 23: Gabarito da rua Valentim de Castro



Fonte: Autor, 2023 adaptado de AutoCad

A rua Valentim de Castro é uma rua que sua geometria é limitada pelo seu gabarito, assim deve-se adequar às condições presentes. Deste modo, é notório que pela dimensão apresentada pela via em detrimento das normatizações anteriormente apresentadas, que é inviável a disposição de duas faixas de rolamento, que seriam necessárias, pelo menos, 9 metros (2 faixas de rolamento + 2 calçadas), distância que é superior a maior largura disponível na rua.

Para tanto, para a instalação de uma via com um único sentido de tráfego, é necessária uma distância mínima de 5,7 metros (1 faixa de rolamento + 2 lados de calçada), destacando que isso não afetaria ao tráfego da região, que existe uma via ao lado, a rua José Valentim de Castro, que embora sofra das mesmas problemáticas e não faça parte desse estudo, poderia, futuramente, ser executada no sentido contrário ao deste estudo, entendendo que esse projeto básico funcionaria como um incentivo para o desenvolvimento urbano adequado da região. A Figura 24 demonstra a disposição dessas duas vias.

Figura 24: Localização de possível alternativa de percurso.



Fonte: Google Earth Adaptado por Autor, 2023.

Dessa forma, a ideia era uma padronização ao longo de toda a via, independentemente de possuírem tantos valores distintos, tendo um mínimo de 5,1 metros e um máximo de 8,5 metros. Porém, pela Tabela 16, percebe-se que da estaca 0 até a estaca 6+17,7 é o local onde

se manifesta os menores tamanhos de todo seu trajeto. Logo, entendendo que o seu tamanho mínimo nesse trecho é de 5,1 metros, faz-se necessário apenas nesse trecho a adoção de calçada no lado direito da via (devido a iluminação), com o fito de respeitar as normatizações vigentes. O processo de desapropriação seria complicado, visto que as casas presentes nessa parte possuem suas fundações apoiadas no muro, o que comprometeria toda a sua estrutura, visto que, grande parte das residências foram construídas, de modo anterior, a execução do plano diretor da cidade, como pode ser observado na Figura 25.

Figura 25: Residências com a fundação apoiada no muro.



Fonte: Autor, 2023

Para o trecho que vai da estaca 7 até a estaca 60,43, não existem gargalos que comprometam a integridade da via, podendo ser executada com 5,7 metros. Para tanto, em relação às interferências geradas pelos postes, foi realizada uma Tabela 16 que quantifica e qualifica, em relação a largura necessária para execução de todo projeto.

Tabela 16: Interferências geradas pelos postes.

| Estaca | Largura Disponível (m) | Distância da intervenção (m) | Largura necessária | Largura efetiva | Atende às condições? | Largura do poste | Atende com a realocação do poste? |
|----------|------------------------|------------------------------|--------------------|-----------------|----------------------|------------------|-----------------------------------|
| 0 | 5,6 | 0,8 | 4,5 | 4,8 | SIM | 0,3 | SIM |
| 1+11,9 | 5,5 | 0,7 | 4,5 | 4,8 | SIM | 0,3 | SIM |
| 5+2,7 | 5,5 | 0,9 | 4,5 | 4,6 | SIM | 0,3 | SIM |
| 6+17,7 | 5,5 | 1,1 | 4,5 | 4,4 | NÃO | 0,3 | SIM |
| 8+14,2 | 6,5 | 0,8 | 5,7 | 5,7 | SIM | 0,3 | SIM |
| 12+11,8 | 6,4 | 0,8 | 5,7 | 5,6 | NÃO | 0,3 | SIM |
| 14+8,1 | 6,3 | 0,7 | 5,7 | 5,6 | NÃO | 0,3 | SIM |
| 16+ 6,8 | 6,4 | 0,7 | 5,7 | 5,7 | SIM | 0,3 | SIM |
| 18+6,7 | 6,6 | 0,8 | 5,7 | 5,8 | SIM | 0,3 | SIM |
| 24+6 | 6,7 | 1,1 | 5,7 | 5,6 | NÃO | 0,3 | SIM |
| 26+5 | 6,7 | 1 | 5,7 | 5,7 | SIM | 0,3 | SIM |
| 28+8,1 | 5,8 | 0,7 | 5,7 | 5,1 | NÃO | 0,3 | NÃO |
| 30+16,7 | 6,3 | 0,7 | 5,7 | 5,6 | NÃO | 0,3 | SIM |
| 33 | 6,3 | 0,4 | 5,7 | 5,9 | SIM | 0,3 | SIM |
| 38+6,6 | 6,3 | 0,7 | 5,7 | 5,6 | NÃO | 0,3 | SIM |
| 40+11 | 6,3 | 0,5 | 5,7 | 5,8 | SIM | 0,3 | SIM |
| 42+15,31 | 6,2 | 0,5 | 5,7 | 5,7 | SIM | 0,3 | SIM |
| 45 | 5,9 | 0,6 | 5,7 | 5,3 | NÃO | 0,3 | NÃO |
| 47+6,1 | 5,9 | 0,75 | 5,7 | 5,15 | NÃO | 0,3 | NÃO |
| 49+10,1 | 5,9 | 0,8 | 5,7 | 5,1 | NÃO | 0,3 | NÃO |
| 51+14,2 | 6,3 | 0,7 | 5,7 | 5,6 | NÃO | 0,3 | SIM |

Fonte: Autor, 2023.

Logo, é compreendido que 11 dos 21 postes, não atendem a distância necessária em suas localidades atuais. Porém, com a realocação, apenas 4 não estariam atendendo aos critérios exigidos para a faixa livre da calçada. Dessa forma, faz-se necessária a realocação desses 11 postes, para que seja permitida a livre circulação dos moradores, entendendo que, infelizmente, alguns deles não irão atender as exigências necessárias, mas irão maximizar, de acordo com o possível, a largura de utilização. Assim, pode-se visualizar, por meio das Figuras 26 e 27, um exemplo de um poste que pode ser realocado e um que, embora realocado, não atenderia as exigências necessárias, respectivamente.

Figura 26: Poste com possibilidade de realocamento com o atendimento de exigências.



Fonte: Autor, 2023

Figura 27: Poste com possibilidade de realocamento sem o atendimento de exigências.



Fonte: Autor, 2023

Portanto, é possível determinar a geometria da rua, apresentada na Tabela 17, que apresenta as características da via de estudo.

Tabela 17: Características Técnicas da Rua Valentim de Castro.

| Características Técnicas da Rua Valentim de Castro | | | | | | | | | | |
|--|------------------|---|------|--------------|---|------|--------------|-----------|-----------------------|-------------------|
| Extensão total da via: | | | | | | | 1204,3m | | | |
| TRECHO | ESTACA (ÍNICIO) | | | ESTACA (FIM) | | | EXTENÇÃO (m) | PISTA (m) | PASSEIO PROJETADO (m) | |
| | | | | | | | | | LADO DIREITO (m) | LADO ESQUERDO (m) |
| I | 0 | + | 0,00 | 6 | + | 17,7 | 137,7 | 3,3 | 1,2 | 0 |
| II | 6 | + | 17,7 | 60 | + | 4,3 | 1066,6 | 3,3 | 1,2 | 1,2 |

Fonte: Autor, 2023

4.2 Estudo de tráfego

De modo inicial, para a análise de tráfego atual foi utilizado como embasamento os critérios utilizados na Tabela 12, a qual segue as recomendações do DNIT, classificando os veículos conforme os seus eixos. Para tanto, fora executada a contagem em um período de 5 dias, que vai do dia 12/08/2023 ao dia 16/08/2023. As planilhas de contagem diária estão incluídas no anexo A deste trabalho.

Assim, para determinação do volume máximo de tráfego diário foi considerada a média dos 5 dias de estudo. Somado a isso, foi aplicado um fator de distribuição de 50% para elaboração do cálculo do número N, visto que a contagem foi realizada considerando um tráfego nos dois sentidos. Desse modo, a Tabela 18 tende a sintetizar o fluxo de veículos na rua Valentim de Castro.

Tabela 18: Resumo da contagem volumétrica da rua Valentim de Castro

| DIA | Automóveis | Ônibus | Caminhões | MOTOS | BICICLETAS | TOTAL |
|--------------|------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| | | 2C | 2C | | | |
| 12/08/2023 | 138 | 2 | 1 | 63 | 42 | 246 |
| 13/08/2023 | 130 | 0 | 0 | 89 | 32 | 251 |
| 14/08/2023 | 94 | 2 | 1 | 51 | 35 | 183 |
| 15/08/2023 | 83 | 4 | 4 | 58 | 31 | 180 |
| 16/08/2023 | 98 | 7 | 4 | 65 | 40 | 214 |
| Média | 109 | 3 | 2 | 65 | 36 | |
| Total | 543 | 15 | 10 | 326 | 180 | |

Fonte: Autor, 2023

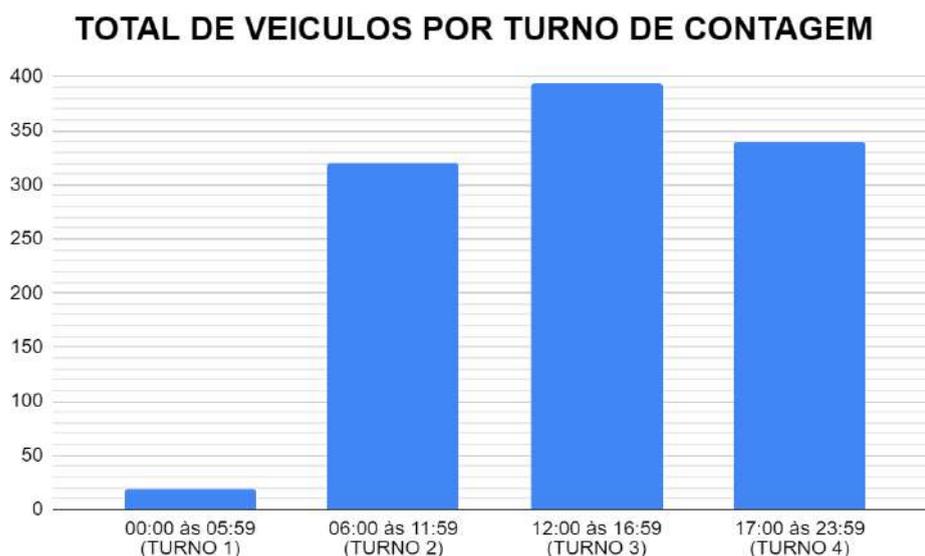
Com a posse desses dados, foi possível compreender as características da rua Valentim de Castro, bem como o fluxo de veículos e dos turnos em que a rua se encontra em maior estado de movimentação. Desse modo as Figuras 28 e 29 apresentam a caracterização da rua conforme a frota total de veículos por dia de estudo e a frota total de veículos por turno, respectivamente.

Figura 28: Total de veículos por dia de estudo



Fonte: Autor, 2023

Figura 29: Total de veículos por turno de contagem



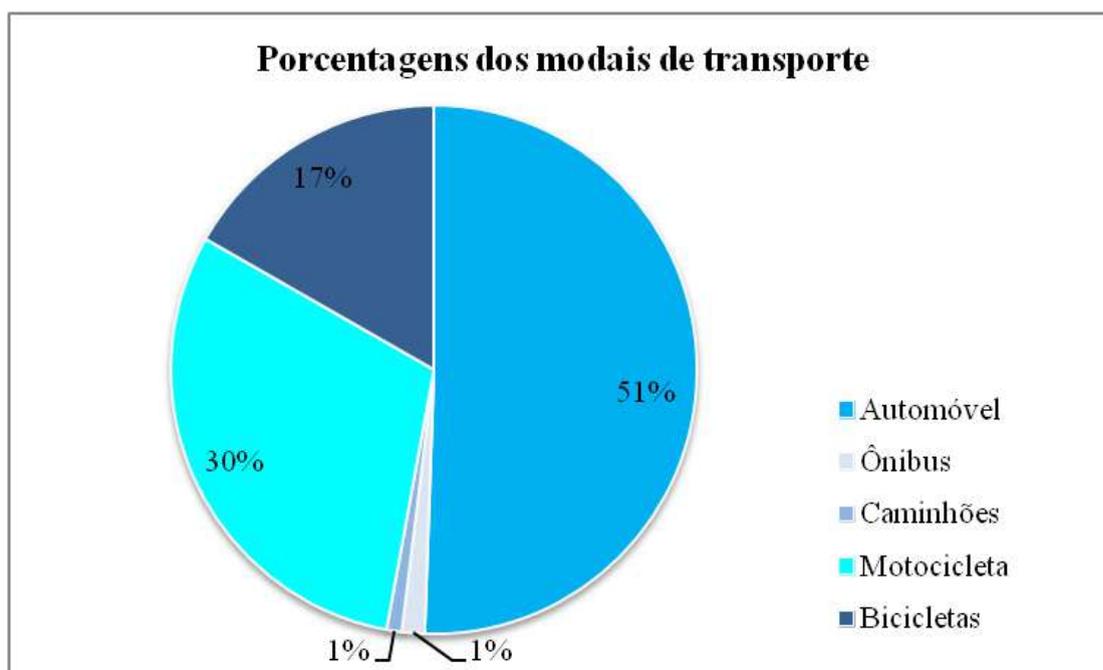
Fonte: Autor, 2023

De tal forma, é possível compreender, como esperado, por conta das informações obtidas com a população local, a predominância na quantidade de veículos presentes no final

de semana, quando se comparado com os outros dias. Ademais, em relação aos horários de tráfego, é perceptível uma dominância no turno 3, bem como uma redução significativa no turno 2. Tais fatos, podem estar relacionados com a forte ligação turística da cidade, bem como com a forte presença de casas de veraneio, podendo servir como um indicador para uma percepção das atividades decorrentes no povoado.

No que diz respeito aos modais de transporte, a Figura 30 demonstra as porcentagem de cada tipo na via em análise. Por meio deste, é possível diagnosticar uma superioridade no número de automóveis quando comparado com os outros, apresentando cerca de 51% do total dos veículos. Sendo assim, é perceptível a enorme predominância dos veículos mais leves, visto que esses compõem, aproximadamente, 98% da frota total. Dessa forma, pode-se relacionar com as singularidades descritas, previamente, nesse documento, entendendo que a via referida possui um deslocamento associado à habitação.

Figura 30: Modais de transportes na rua Valentim de Castro



Fonte: Autor, 2023

Por conseguinte, para elaboração da taxa percentual de crescimento de tráfego, fator fundamental para auxiliar no cálculo do número N, foi necessário a utilização dos dados do IBGE referentes ao número de caminhões e ônibus durante um período igual a vida útil do projeto, ou seja, de 10 anos. Consecutivamente, com a taxa de variação obtida em cada ano, fora realizada uma média, como demonstrada na Tabela 19, a qual servirá para representar o percentual de crescimento anual no estudo.

Tabela 19: Taxa de variação anual consoante à dados do IBGE.

| ANO | QUANTIDADE | VARIAÇÃO ANUAL (%) |
|--------------|---------------|--------------------|
| 2012 | 341 | 11,44 |
| 2013 | 368 | 7,92 |
| 2014 | 409 | 11,14 |
| 2015 | 431 | 5,38 |
| 2016 | 447 | 3,71 |
| 2017 | 460 | 2,91 |
| 2018 | 473 | 2,83 |
| 2019 | 490 | 3,59 |
| 2020 | 526 | 7,35 |
| 2021 | 569 | 8,17 |
| 2022 | 627 | 10,19 |
| Média | 467,36 | 6,78 |

Fonte: Autor 2023, adaptado de IBGE 2022.

O percentual encontrado, foi de 6,78%, que, embora alto, tem como uma de suas justificativas a influência do provável aumento do fluxo de veículos, por conta das condições atuais da via, as quais seriam extintas após a pavimentação, proporcionando uma tendência de aumento no trânsito de veículos. Concomitante a isso, a ligação da via com uma rodovia com jurisdição estadual pode afetar significativamente nesse acréscimo.

Com a obtenção de tais valores, calculou-se fatores de equivalência de carga, adotando-se uma valor de 100% de carga legal, consoante aos dois métodos descritos acima, USACE e AASHTO, apresentados na Tabela 20 e 21, respectivamente.

Tabela 20: Fator de equivalência conforme a USACE

| Fator de Equivalência de Carga | | |
|--------------------------------|------|--------|
| Tipos de Eixo | P | FCi |
| SRS | 6 | 0,278 |
| SRD | 10 | 3,2895 |
| TD | 17 | 8,5488 |
| TT | 25,5 | 9,2998 |

Fonte: Autor, 2023

Tabela 21: Fator de equivalência conforme a AASHTO

| Fator de Equivalência de Carga | | |
|--------------------------------|------|-------|
| Tipos de Eixo | P | FCi |
| SRS | 6 | 0,327 |
| SRD | 10 | 2,394 |
| TD | 17 | 1,642 |
| TT | 25,5 | 1,560 |

Fonte: Autor, 2023

Por conseguinte, com a coleta dos fatores de equivalência de carga, permitiu-se a determinação dos fatores de veículos totais e parciais pelos dois métodos, USACE e AASHTO, que podem ser analisados nas Tabela 22 e 23, na devida ordem.

Tabela 22: Fator de veículos conforme a USACE

| DOIS SENTIDOS | | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----|-----|----|----|-------|------------|----------------|--------------|
| Tipo de Eixo | | SRS | SRD | TD | TT | FVi | Quantidade | % | FV' |
| 2CB | Carga Legal | 1 | 1 | - | - | 3,567 | 3 | 60,00% | 2,140 |
| 2C | Carga Legal | 1 | 1 | - | - | 3,567 | 2 | 40,00% | 1,427 |
| SOMATÓRIO | | | | | | | 5 | 100,00% | 3,567 |

Fonte: Autor, 2023

Tabela 23: Fator de veículos conforme a AASHTO

| DOIS SENTIDOS | | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----|-----|----|----|-------|------------|----------------|--------------|
| Tipo de Eixo | | SRS | SRD | TD | TT | FVi | Quantidade | % | FV' |
| 2CB | Carga Legal | 1 | 1 | - | - | 2,722 | 3 | 60,00% | 1,633 |
| 2C | Carga Legal | 1 | 1 | - | - | 2,722 | 2 | 40,00% | 1,089 |
| SOMATÓRIO | | | | | | | 5 | 100,00% | 2,722 |

Fonte: Autor, 2023

Tendo posse de todos os dados anteriores, foi feito o cálculo do número N, com base nos 10 anos de vida útil do projeto. Entretanto, foi adicionado um multiplicador de 0,5 a cada número N anual, devido ao fator de distribuição de 50%, uma vez que o tráfego observado é medido nos dois sentidos. Dessa forma, as Tabelas 24 e 25 expressam os valores encontrados nos métodos da USACE e AASHTO, nesta ordem.

Tabela 24: Número N de acordo com USACE

| Cálculo do N | | | |
|--------------|-----|----------|-------------|
| Ano | VDM | N ano | N acumulado |
| 2023 | 5 | 3,26E+03 | - |
| 2024 | 6 | 3,91E+03 | 3,91E+03 |
| 2025 | 6 | 3,91E+03 | 7,81E+03 |
| 2026 | 7 | 4,56E+03 | 1,24E+04 |
| 2027 | 7 | 4,56E+03 | 1,69E+04 |
| 2028 | 7 | 4,56E+03 | 2,15E+04 |
| 2029 | 8 | 5,21E+03 | 2,67E+04 |
| 2030 | 8 | 5,21E+03 | 3,19E+04 |
| 2031 | 9 | 5,86E+03 | 3,78E+04 |
| 2032 | 10 | 6,51E+03 | 4,43E+04 |
| 2033 | 10 | 6,51E+03 | 5,08E+04 |
| 2034 | 11 | 7,16E+03 | 5,79E+04 |

Fonte: Autor, 2023

Tabela 25: Número N de acordo com AASHTO

| Cálculo do N | | | |
|--------------|-----|----------|-------------|
| Ano | VDM | N ano | N acumulado |
| 2023 | 5 | 2,48E+03 | - |
| 2024 | 6 | 2,98E+03 | 2,98E+03 |
| 2025 | 6 | 2,98E+03 | 5,96E+03 |
| 2026 | 7 | 3,48E+03 | 9,44E+03 |
| 2027 | 7 | 3,48E+03 | 1,29E+04 |
| 2028 | 7 | 3,48E+03 | 1,64E+04 |
| 2029 | 8 | 3,97E+03 | 2,04E+04 |
| 2030 | 8 | 3,97E+03 | 2,43E+04 |
| 2031 | 9 | 4,47E+03 | 2,88E+04 |
| 2032 | 10 | 4,97E+03 | 3,38E+04 |
| 2033 | 10 | 4,97E+03 | 3,87E+04 |
| 2034 | 11 | 5,46E+03 | 4,42E+04 |

Fonte: Autor, 2023

Por fim, com base na identificação dos valores nesses dois métodos de estudo, tem-se que o valor que representa o número de repetições de um eixo-padrão. Foi considerado o maior entre eles, a fim de maximizar o estudo. Logo, é válido caracterizar que o número N da via em análise é de $5,79 \times 10^4$, o que caracteriza uma de tráfego leve, como observado na Tabela 26, a qual apresenta dados da instrução normativa de São Paulo, referente a classificação de vias.

Tabela 26: Classificação da via e parâmetros de tráfego

| Função predominante | Tráfego previsto | Vida de projeto | Volume inicial faixa mais carregada | | Equivalente / Veículo | N | N característico |
|------------------------------|------------------|-----------------|--|------------------|-----------------------|--|---------------------|
| | | | Veículo Leve | Caminhão/ Ônibus | | | |
| Via local | LEVE | 10 | 100 a 400 | 4 a 20 | 1,50 | 2,70 x 10 ⁴ a 1,40 x 10 ⁵ | 10 ⁵ |
| Via Local e Coletora | MÉDIO | 10 | 401 a 1500 | 21 a 100 | 1,50 | 1,40x 10 ⁵ a 6,80x 10 ⁵ | 5 x 10 ⁵ |
| Vias Coletoras e Estruturais | MEIO PESADO | 10 | 1501 a 5000 | 101 a 300 | 2,30 | 1,4 x 10 ⁶ a 3,1 x 10 ⁶ | 2 x 10 ⁶ |
| | PESADO | 12 | 5001 a 10000 | 301 a 1000 | 5,90 | 1,0 x 10 ⁷ a 3,3 x 10 ⁷ | 2 x 10 ⁷ |
| | MUITO PESADO | 12 | > 10000 | 1001 a 2000 | 5,90 | 3,3 x 10 ⁷ a 6,7 x 10 ⁷ | 5 x 10 ⁷ |
| Faixa Exclusiva de Ônibus | VOLUME MÉDIO | 12 | | < 500 | | 3 x 10 ⁶ (1) | 10 ⁷ |
| | VOLUME PESADO | 12 | | > 500 | | 5 x 10 ⁷ | 5 x 10 ⁷ |

Fonte: IP-02, 2004

4.3 Dimensionamento

De modo inicial, sabe-se que com base nos estudos anteriores, é possível identificar quais revestimentos são adequados para a via de estudo, principalmente, com base no estudo de tráfego. Ademais, nesse estudo, foi dimensionado para três tipos de pavimentos, a fim de comparar as estruturas, tanto em relação às espessuras das camadas, quanto às características fornecidas por cada tipo de revestimento.

4.3.1 Blocos intertravados de concreto

Sabe-se que na IP-06 de São Paulo, de 2004, a qual trata sobre dimensionamento de pavimentos com blocos intertravados de concreto, é exposto dois procedimentos para esse tipo de revestimento. Entretanto, tem-se que o procedimento A, tende a ser o mais adequado para esse projeto, visto que o tráfego da rua Valentim de Castro possui um tráfego leve com um número N menor que $1,5 \times 10^5$.

Dessa maneira, como o subleito apresenta um CBR de apenas 2%, fez-se necessário a adoção de uma camada de sub-base, não sendo apenas necessário o assentamento sob o colchão de areia. Para tanto, a Tabela 27, expressa a espessura e o CBR mínimo da camada de sub-base, de acordo com a inferência realizada na Figura 15.

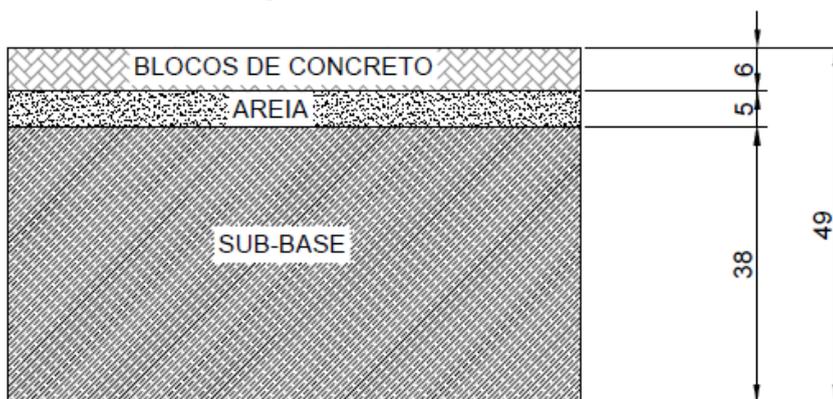
Tabela 27: Dimensionamento da sub-base com revestimento em intertravado de concreto

| SUB-BASE | | | |
|--------------|----------|----------------------|----------------|
| CBR SOLO (%) | NÚMERO N | CBR MIN SUB-BASE (%) | ESPESSURA (cm) |
| 2 | 5,79E+04 | 20 | 38 |

Fonte: Autor, 2023

Por fim, para o dimensionamento da espessura do bloco, foi utilizada a Tabela 9 que tende a correlacionar a espessura do revestimento com as solicitações do eixo-padrão. Desse modo, foi encontrado um valor de 6 centímetros para a espessura do bloco intertravado de concreto. Por fim, fora permitido a execução da seção transversal desse revestimento, como pode ser observado através da Figura 31.

Figura 31: Seção transversal do pavimento com revestimento em bloco intertravado de concreto



Fonte: Autor, 2023

4.3.2 Paralelepípedos e alvenaria poliédrica

Analogamente, para este dimensionamento foi levado em consideração o manual de utilização de paralelepípedos e alvenaria poliédrica do estado do Paraná. Neste, é fixada uma espessura de 23 centímetros para a espessura de areia juntamente com o revestimento de pedra. Para tanto, por meio da fórmula empírica do CBR elaborada pelos franceses Peltier é possibilitada o cálculo da espessura total do pavimento, adotando-se uma carga por roda de 6 toneladas. Na Tabela 28, torna-se permitida a exibição dos valores encontrados conforme as características da via.

Tabela 28: Cálculo da espessura total do pavimento com revestimento em paralelepípedo e alvenaria poliédrica

| CBR SOLO (%) | NÚMERO N | Carga por Roda (P) | Espessura Areia + Revestimento Pedra | Espessura de Total em Pavimentos (Ep) |
|--------------|----------|--------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 2 | 5,79E+04 | 6 | 23 | 67 |

Fonte: Autor, 2023

Consecutivamente, para uma via urbana com um tráfego leve, não se faria necessária a adoção de outras camadas de revestimento, bastaria apenas o assentamento sobre o colchão de areia, entretanto, por ser um solo com um CBR muito menor que 15%, faz-se necessária a adoção de uma camada de sub-base. Para tanto, é feita a substituição na fórmula empírica de Peltier para encontrarmos o CBR mínimo das camadas de sub-base, bem como o dimensionamento de sua espessura, visto que essa é a diferença entre a espessura total e a espessura de areia e revestimento de pedra. Dessa forma, esses valores estão expressos na Tabela 29.

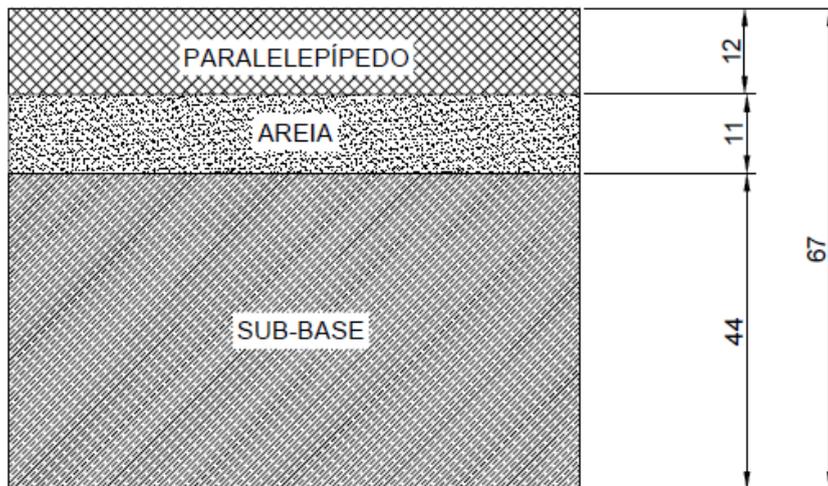
Tabela 29: Dimensionamento da Sub-base com o revestimento em paralelepípedo e alvenaria poliédrica

| Sub-Base | | | | |
|--------------------------------------|----------|--------------------|----------------------|----------------------------|
| Espessura Areia + Revestimento Pedra | NÚMERO N | Carga por Roda (P) | CBR min sub-base (%) | Espessura da Sub-Base (cm) |
| 23 | 5,79E+04 | 6 | 21 | 44 |

Fonte: Autor, 2023

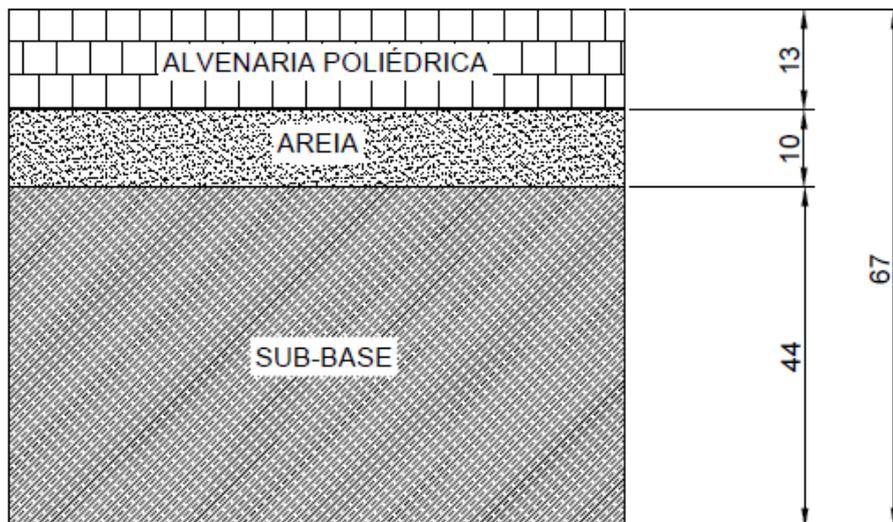
Por sua vez, entende-se que a dimensão do paralelepípedo deve-se enquadrar em uma altura entre 10 a 14 centímetros (PARNAMIRIM, 2017). Para isso, no dimensionamento deste presente trabalho foi considerado um valor médio. Sendo assim, foi obtido um valor de 12 centímetros para a camada de paralelepípedo e de 11 centímetros para o colchão de areia, totalizando os 23 centímetros fixos exigidos nesse método de dimensionamento. Em relação ao revestimento em alvenaria poliédrica, pode-se considerar uma altura entre 10 e 15 centímetros (SANTO ANTÔNIO DO PARAÍSO, 2013). Portanto, foi adotada uma camada de alvenaria poliédrica de 13 centímetros e de 10 centímetros para o colchão de areia. Por fim, pode-se visualizar a seção transversal desses dois revestimentos na Figura 32 e 33, respectivamente.

Figura 32: Seção transversal do pavimento com bloco de paralelepípedo



Fonte: Autor, 2023

Figura 33: Seção transversal do pavimento em alvenaria poliédrica



Fonte: Autor, 2023

4.3.3 Tratamento superficial

De modo análogo, o dimensionamento com TSD, teve como base o método do DNER de pavimentos flexíveis e sua utilização ao invés do pavimento em CBUQ, que é o mais comum nas vias urbanas, está interligado com a necessidade da via, visto que apresenta um tráfego leve, o qual não sofre de uma carga suficiente para utilização deste tipo de revestimento. Somado a isso, é importante frisar que pela ausência de dados referentes a jazidas da região, fora estabelecido os valores de CBR mínimos, estabelecidos no método, para cada camada dimensionada.

De tal modo, a Tabela 30, tende a detalhar as características da via, em relação a suas dimensões, ao subleito, aos coeficientes de equivalência estrutural e a espessura do revestimento.

Tabela 30: Coeficientes de equivalência e espessura do revestimento

| Estudo do Subleito | | Kr | Kb | Ksb | Kref | R (cm) | Dados da Via | |
|--------------------|----------|-----|--------------------|-----|------|--------|--------------|---------|
| CBR SOLO (%) | NÚMERO N | TSD | Camadas Granulares | | 1 | 3 | Comprimento | Largura |
| 2 | 5,79E+04 | 1,2 | 1 | 1 | | | 1250 | 3,3 |

Fonte: Autor, 2023

Em seguida, foi feito o dimensionamento da camada de base, com embasamento na fórmula empírica da espessura aproximada, a fim de encontrar a espessura h_{20} , além da utilização da Equação 2, para o cálculo da espessura da camada de base, como pode ser visto na Tabela 31.

Tabela 31: Dimensionamento da camada de base com o revestimento em TSD

| BASE | | | | | | | | |
|---------|-------------|----------|---------------|----------------|---------------|-------------|------------|------------|
| CBR min | EXP MÁX (%) | H20 (cm) | B mínimo (cm) | B adotado (cm) | B adotado (m) | Volume (m³) | LL max (%) | IP max (%) |
| 60 | 0,5 | 21,969 | 18,369 | 19 | 0,19 | 783,75 | 25 | 6 |

Fonte: Autor, 2023

Por conseguinte, tem-se o dimensionamento da camada de sub-base, sua necessidade está interligada com o baixo índice de suporte Califórnia do subleito. Assim, com a utilização da fórmula empírica da espessura é possível efetuar o cálculo da espessura total do pavimento e consecutivamente da espessura da sub-base, como pode ser identificado na Tabela 32.

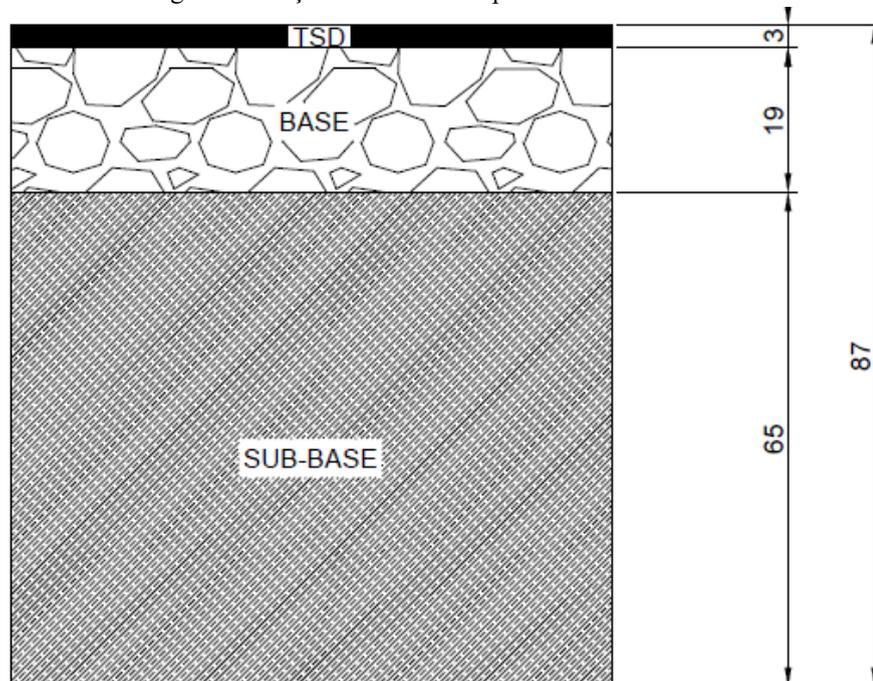
Tabela 32: Dimensionamento da camada de Sub-base com o revestimento em TSD

| SUB-BASE | | | | | | |
|----------|-------------|-------------|-----------------|------------------|-----------------|-------------|
| CBR min | EXP MÁX (%) | Hn (cm) | h20 mínimo (cm) | h20 adotado (cm) | h20 adotado (m) | Volume (m³) |
| 20 | 1 | 87,05908082 | 64,45908082 | 65 | 0,65 | 2681,25 |

Fonte: Autor, 2023

Com a posse de todos esses dados, se faz possível a elaboração da seção transversal do pavimento com revestimento em tratamento superficial, como observado na Figura 34.

Figura 34: Seção transversal do pavimento com TSD



Fonte: Autor, 2023

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, sabe-se que o desenvolvimento urbano, em grande parte do Brasil, surge de maneira desordenada, em que muitas vezes a expansão das fronteiras tendem a ser consideradas mais importantes do que o planejamento adequado. De modo análogo, a rua Valentim de Castro está contida nesse cenário, visto que a rua não possui requisitos básicos de infraestrutura, bem como um gabarito que tende a limitar o seguimento integral de algumas diretrizes. Além disso, um dos fatores que tendem a ampliar essa problemática é a desatualização do plano diretor da cidade de Marechal Deodoro, bem como uma série de restrições no que diz respeito à normatização de valores mínimos.

Dessa forma, o estudo teve como um ideal, a tentativa de minimização desses efeitos e com uma função de um agente propulsor para melhorias na infraestrutura da cidade, destacando que, imagina-se que as demandas tendem a ser grandes, visto que é um problema que vem se propagando ao longo de muitos anos. Sendo assim, foram realizadas propostas de revestimentos, com a finalidade de melhoria na infraestrutura viária da cidade. Para isso, foi realizada uma série de estudos, que proporcionaram um embasamento para as soluções, como é o caso do estudo de tráfego elaborado e o estudo do subleito de uma via semelhante do município, que foi concedido pela Secretaria de Obras e Infraestrutura de Marechal Deodoro.

Outrora, com a percepção de que diante de um CBR baixo e de uma via que apresenta um tráfego leve, fora possibilitado o entendimento de quais seriam os revestimentos adequados e a definição dos dimensionamentos, que, em sua grande maioria tiveram a necessidade da utilização de uma camada de sub-base, pelo baixo índice de suporte Califórnia. Assim, surgiram como propostas os revestimentos em Tratamento Superficial Duplo, em blocos intertravados de concreto e em paralelepípedos ou alvenaria poliédrica.

Por fim, dentro dos parâmetros analisados nesse projeto, é importante o entendimento das características fornecidas por cada tipo. Sendo assim, os revestimentos em bloco de intertravado e em alvenaria poliédrica, encontram-se como soluções que fornecem a via uma facilidade maior em sua manutenção, o que seria um fator importante a ser destacado, visto que não haveria impacto em caso de mudanças ou da espera pela inserção de alguns outros sistema básicos de infraestrutura. Em contrapartida, por muitas vezes serem executados de forma manual, tendem a possuir um recalque maior de sua sub-base ou subleito quando se comparado aos pavimentos flexíveis.

Por outro lado, no tocante às dimensões das camadas de sub-base, quando comparado os revestimentos por calçamento, eles tendem a exigir um CBR do subleito semelhante, entretanto, o intertravado de concreto em sua seção transversal possui uma espessura menor nas camadas de sub-base e de areia. No que diz respeito ao TSD, quando comparado a outros revestimentos betuminosos, tendem a possuir um custo significativamente menor, em comparação aos revestimentos por calçamento, a sua diferenciação está basicamente no conforto proporcionado, assim como, nas propriedades.

Tendo em vista todo o contexto em que a via está inserida, assim como os dimensionamentos realizados, sugere-se a implementação do bloco intertravado de concreto, visto que a rua não apresenta um sistema de infraestrutura adequado. Sendo assim, para a sua implementação não há a necessidade de aguardar a execução de outros sistemas, como é o caso do saneamento, o qual depende da empresa que terceiriza esse serviço ao município, já que esse dispõe de uma facilidade em sua manutenção e implantação. Em comparação com os outros revestimentos por calçamento, além de ser mais moderno e possuir características fornecidas pelo concreto e aspectos relacionados a praticidade e visual, também possui as vantagens discutidas anteriormente no dimensionamento da via, em que é necessária tanto uma espessura menor da sub-base, com CBR mínimo da jazida semelhante, e com uma menor espessura da camada de assentamento de areia.

Ademais, diante das lacunas expostas na rua Valentim de Castro, no tocante a infraestrutura, é válido destacar a importância de estudos futuros que visem a inclusão e o desenvolvimento do projeto de pavimentação incluindo os projetos de drenagem e de saneamento, com o fito de atribuir valor às propostas de dimensionamentos apresentadas neste trabalho e proporcionar uma melhor qualidade de vida para a população. Da mesma forma que possa servir para impactar positivamente no desenvolvimento das infraestruturas das vias em geral, tanto no município quanto do povoado.

Por fim, ressalta-se também a relevância do estudo da rua José Valentim de Castro, paralela a via deste trabalho, tendo em vista a sugestão da adoção dela como um traçado alternativo. Assim, por possuírem uma restrição geométrica, elas poderão funcionar de forma conjunta, sanando tanto a problemática referente ao deslocamento quanto a da restrição geométrica das duas, de tal modo, funcionarão como mão única e em sentidos opostos. Com isso, sugere-se a realização tanto do projeto de infraestrutura, quanto dos estudos geotécnicos e de tráfego, visando atingir um melhor funcionamento em conjunto dessas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15953: Amostras de solo – Preparação para Ensaios de Compactação e ensaios de Caracterização**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15953: Pavimento Intertravado com Peças de concreto – execução**. Rio de Janeiro, 2011.

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 9895: Solo-Índice de Suporte Califórnia (ISC) – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2016.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. Ed. Oficina de textos: São Paulo, Brasil, 2007.

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

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os artigos 182 e 183, da Constituição Federal e Estabelece Diretrizes Gerais Da Política Urbana e Dá Outras Providências. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2001. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm>. Acesso em: 01 de Maio de 2023.

CIMA, P. H. **Avaliação da Influência do Tipo de Revestimentos de Vias Urbanas de Alegrete Quanto ao Ruído no Entorno e a Serventia ao Usuário da Via**. Universidade Federal do Pampa. Rio Grande do Sul, 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES (CNT). **Anuário CNT do Transporte-Estatísticas consolidadas**. Disponível em: <<https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2019/File/MaterialImprensa.pdf>>. Acesso em: 23 de Setembro de 2023.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES (CNT). **Painel CNT do Transporte-Rodoviário**. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/painel-cnt-transporte-rodoviario>>. Acesso em: 19 de Abril de 2023.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES (CNT). **Por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?**. Disponível em: <https://cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Estudos%20CNT/estudo_pavimentos_na_o_duram.pdf>. Acesso em: 20 de Abril de 2023.

CRISTIANO, B. R.; MAIA, R. D. **Pavimentos Rígidos em rodovias**. Instituto Doctum de Educação e Tecnologia. Minas Gerais, 2014.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE (DNIT). **Manual de Estudos de Tráfego**. Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE (DNIT). **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE (DNIT). **Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis**. Rio de Janeiro, 1981.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE (DNIT). **Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas**. Rio de Janeiro, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE (DNIT). **Brasil Tem Apenas 13% das vias asfaltadas**. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/brasil/estradas/brasil-tem-apenas-13-das-estradas-pavimentadas,7474a9670cb9f1e0180774a18f84b1ca5dzs3j5k.html>>. Acesso em: 25 de Abril de 2023.

FUNDAÇÃO DOM CABRAL (DNIT). **Custo logísticos no Brasil**. Disponível em: <<https://www.fdc.org.br/conhecimento-site/nucleos-de-pesquisa-site/Materiais/pesquisa-custos-logisticos2017.pdf>>. Acesso em: 15 de Setembro de 2023.

HACHMANN, L. A. **Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica do Pavimento Poliédrico em Rodovias Rurais**. Trabalho de conclusão de curso - UFSC. Florianópolis, 2018.

HR PREMO. **Intertravado: O que é, principais tipos e como fazer**. Disponível em: <<https://www.hrpremo.com.br/blog-post/paginacao-de-piso-intertravado/>>. Acesso em 09 de Junho de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Frotas de veículos em Alagoas**. Disponível em:

<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/pesquisa/22/28120?tipo=ranking>>. Acesso em 20 de Setembro de 2023

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Frotas de veículos em Marechal Deodoro.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/marechal-deodoro/pesquisa/22/28120>>. Acesso em 20 de Setembro de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Marechal Deodoro.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/marechal-deodoro/panorama>>. Acesso em 25 de Abril de 2023.

PREFEITURA DE MACEIÓ. **Guia prático de construção e reforma de calçada.** Plano Diretor Municipal de Marechal Deodoro. Maceió, 2020.

MAPA DA OBRA. **Pavimento Rígido: Solução para Corredores de Ônibus.** Disponível em:<<https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/pavimento-rigido-para-corredores-de-onibus/>>. Acesso em 09 de Junho de 2023.

MARECHAL DEODORO. **Lei municipal nº 919, de 09 de novembro de 2006.** Plano Diretor Municipal de Marechal Deodoro. Marechal Deodoro, 2006.

MEGIER, M. B. **Projeto de Revestimento Funcional com base em Levantamento de Defeitos em Rodovia do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.** Trabalho de conclusão de curso- UNIJUÍ. Ijuí, 2019.

OLIVEIRA, P. L. **Projeto Estrutural de Pavimentos Rodoviários e de Pisos Industriais de Concreto.** São Carlos, 2000.

PEDREIRÃO. **Assentamento de Piso Intertravado, Passo a Passo!.** Disponível em:<<http://pedreira.blogspot.com/2012/02/assentamento-de-piso-intertravado-passo.html>>. Acesso em 09 de Junho de 2023.

PELEGRINI E MEZZOMO. **Dimensionamento de Pavimento em Bloco Intertravado de Concreto.** Passo do Sobrado, 2020.

PELLENZ, E; NUNES, C; SININSKY C. **Paralelepípedos e Alvenaria Poliédrica: Manual de Utilização.** Paraná, 1983.

PINTO, I. E.; PINTO, S. **Pavimentação Asfáltica, Conceitos Fundamentais Sobre Materiais e Revestimentos Asfálticos**. Rio de Janeiro, 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MACEIÓ. **Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió**. Maceió, 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MACEIÓ. **Guia Prático: Construção e Reforma de Calçada**. Maceió, 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARECHAL DEODORO. **Obra: Implantação de Pavimentação Asfáltica e Drenagem de Águas Pluviais Diversas Ruas no Município de Marechal Deodoro- 1ª Etapa**. Marechal Deodoro, 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PARNAMIRIM. **Especificações Técnicas de Pavimentação**. Parnamirim, 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO PMSP – IP 06/2004. **Dimensionamento de Pavimentos com Blocos Intertravados de Concreto**. São Paulo, 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO PMSP – IP 05/2004. **Instrução de Projeto – Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis para Tráfego Meio Pesado, Pesado, Muito Pesado e Faixa Exclusiva de ônibus**. São Paulo, 2004.

REZENDE, D. A.; ULTRAMARI, C. **Plano Diretor e Planejamento Estratégico Municipal: Introdução Teórico-Conceitual**. Rio de Janeiro, 2007.

SOUZA, B. S. **Estudo e Abordagem da Origem e Desenvolvimento das Patologias em Pavimentos**. Revista Saber Acadêmico nº 21. São Paulo, 2016.

SUPERINTENDÊNCIA DE OBRAS PÚBLICAS DO CEARÁ. **Informativo Gerencial. Ceará, 2023**.

TAVARES L. R. S.; *et al.* **Drenagem, Pavimentação e Urbanização de Vias Composições de Custos Unitários**. Brasília, 2014.

TUCCI, C. E. M.; GENZ, F. **Controle da Urbanização in: Drenagem Urbana**. Editora da Universidade. ABRH, 1995.

WIEBBELLING, P. O. G. **Pavimento com blocos intertravados de concreto: estudo de caso na UNIVATES**. UNIVATES, 2015

APÊNDICE A - CONTAGEM VOLUMÉTRICA

Tabela 33: Contagem do tráfego do dia 12/08/2023.

| CONTAGEM VOLUMÉTRICA | | | | | | |
|-----------------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------|
| Estado | Alagoas | | | TRECHO (SENTIDO) | | |
| Município | Marechal Deodoro | | | A | <----> | B |
| LOCAL | Rua Valentim de Castro | | | Localização da contagem | | E2 + 12,9 |
| DATA | 12/08/2023 | | Horário do início | 00:00 | Horário do término | 23:59 |
| PERÍODO | | TURNO 1 (00:00-05:59) | TURNO 2 (06:00-11:59) | TURNO 3 (12:00-16:59) | TURNO 4 (17:00-23:59) | TOTAL |
| CARROS DE PASSEIO | | 3 | 40 | 41 | 33 | 117 |
| CAMINHONETAS | | 2 | 3 | 10 | 6 | 21 |
| ÔNIBUS | 2C | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| | 3C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CAMINHÕES | 2C | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | 3C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 4C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2S1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2S2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2S3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | |
|--|---------------------|---|----|----|----|-----|
| | | | | | | |
| | 3S2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3S3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3S2S2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2C2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2C3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3C2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3C3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | BICICLETA | 0 | 12 | 12 | 18 | 42 |
| | MOTOCICLETAS | 2 | 26 | 21 | 14 | 63 |
| | TOTAL | 7 | 83 | 84 | 72 | 246 |

Fonte: Autor, 2023 adaptado de DNIT, 2006

Tabela 34: Contagem do tráfego do dia 13/08/2023.

| CONTAGEM VOLUMÉTRICA | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------|
| Estado | Alagoas | | TRECHO (SENTIDO) | | |
| Município | Marechal Deodoro | | A | <----> | B |
| LOCAL | Rua Valentim de Castro | | Localização da contagem | | E2 + 12,9 |
| DATA | 13/08/2023 | Horário do início | 00:00 | Horário do término | 23:59 |
| PERÍODO | TURNO 1 (00:00-05:59) | TURNO 2 (06:00-11:59) | TURNO 3 (12:00-16:59) | TURNO 4 (17:00-23:59) | TOTAL |

| | | | | | | |
|--------------------------|--------------|---|----|----|----|-----|
| | | | | | | |
| CARROS DE PASSEIO | | 4 | 38 | 46 | 33 | 121 |
| CAMINHONETAS | | 0 | 5 | 3 | 1 | 9 |
| ÔNIBUS | 2C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CAMINHÕES | 2C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 4C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2S1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2S2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2S3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3S2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3S3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3S2S2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2C2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2C3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | |
|---------------------|------------|---|----|----|----|-----|
| | | | | | | |
| | 3C2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3C3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BICICLETA | | 0 | 9 | 9 | 14 | 32 |
| MOTOCICLETAS | | 0 | 23 | 37 | 29 | 89 |
| TOTAL | | 4 | 75 | 95 | 77 | 251 |

Fonte: Autor, 2023 adaptado de DNIT, 2006

Tabela 35: Contagem do tráfego do dia 14/08/2023.

| CONTAGEM VOLUMÉTRICA | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|-----------|
| Estado | Alagoas | | | TRECHO (SENTIDO) | | |
| Município | Marechal Deodoro | | | A | <----> | B |
| LOCAL | Rua Valentim de Castro | | | Localização da contagem | | E2 + 12,9 |
| DATA | 14/08/2023 | | Horário do início | 00:00 | Horário do término | 23:59 |
| PERÍODO | TURNO 1 (00:00-05:59) | TURNO 2 (06:00-11:59) | TURNO 3 (12:00-16:59) | TURNO 4 (17:00-23:59) | TOTAL | |
| CARROS DE PASSEIO | 3 | 22 | 34 | 28 | 87 | |
| CAMINHONETAS | 0 | 2 | 4 | 1 | 7 | |
| ÔNIBUS | 2C | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| | 3C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | |
|-----------------------|--------------|----|----|----|----|---|
| CAMINH ÕES | 2C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3C | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | 4C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2S1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2S2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2S3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3S2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3S3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3S2S2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2C2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2C3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3C2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3C3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BICICLETA | 0 | 6 | 19 | 10 | 35 | |
| MOTOCICLETAS | 0 | 14 | 18 | 19 | 51 | |

| | | | | | |
|--------------|---|----|----|----|-----|
| TOTAL | 3 | 45 | 77 | 58 | 183 |
|--------------|---|----|----|----|-----|

Fonte: Autor, 2023 Adaptado de DNIT, 2006

Tabela 36: Contagem do tráfego do dia 15/08/2023.

| CONTAGEM VOLUMÉTRICA | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|-------|
| Estado | Alagoas | | TRECHO (SENTIDO) | | | |
| Município | Marechal Deodoro | | A | <----> | B | |
| LOCAL | Rua Valentim de Castro | | Localização da contagem | | E2 + 12,9 | |
| DATA | 15/08/2023 | | Horário do início | 00:00 | Horário do término | 23:59 |
| PERÍODO | TURNO 1 (00:00-05:59) | TURNO 2 (06:00-11:59) | TURNO 3 (12:00-16:59) | TURNO 4 (17:00-23:59) | TOTAL | |
| CARROS DE PASSEIO | 0 | 26 | 20 | 26 | 72 | |
| CAMINHONETAS | 0 | 3 | 5 | 3 | 11 | |
| ÔNIBUS | 2C | 0 | 2 | 1 | 1 | 4 |
| | 3C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CAMINHÕES | 2C | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| | 3C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 4C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2S1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2S2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | |
|--|---------------------|---|----|----|----|-----|
| | | | | | | |
| | 2S3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3S2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3S3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3S2S2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2C2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2C3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3C2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3C3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | BICICLETA | 0 | 5 | 13 | 13 | 31 |
| | MOTOCICLETAS | 1 | 21 | 17 | 19 | 58 |
| | TOTAL | 1 | 58 | 57 | 62 | 178 |

Fonte: Autor, 2023 adaptado de DNIT, 2006

Tabela 37: Contagem do tráfego do dia 16/08/2023.

| CONTAGEM VOLUMÉTRICA | | | | | |
|-----------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------|
| Estado | Alagoas | | TRECHO (SENTIDO) | | |
| Município | Marechal Deodoro | | A | <----> | B |
| LOCAL | Rua Valentim de Castro | | Localização da contagem | | E2 + 12,9 |
| DATA | 16/08/2023 | Horário do início | 00:00 | Horário do término | 23:59 |

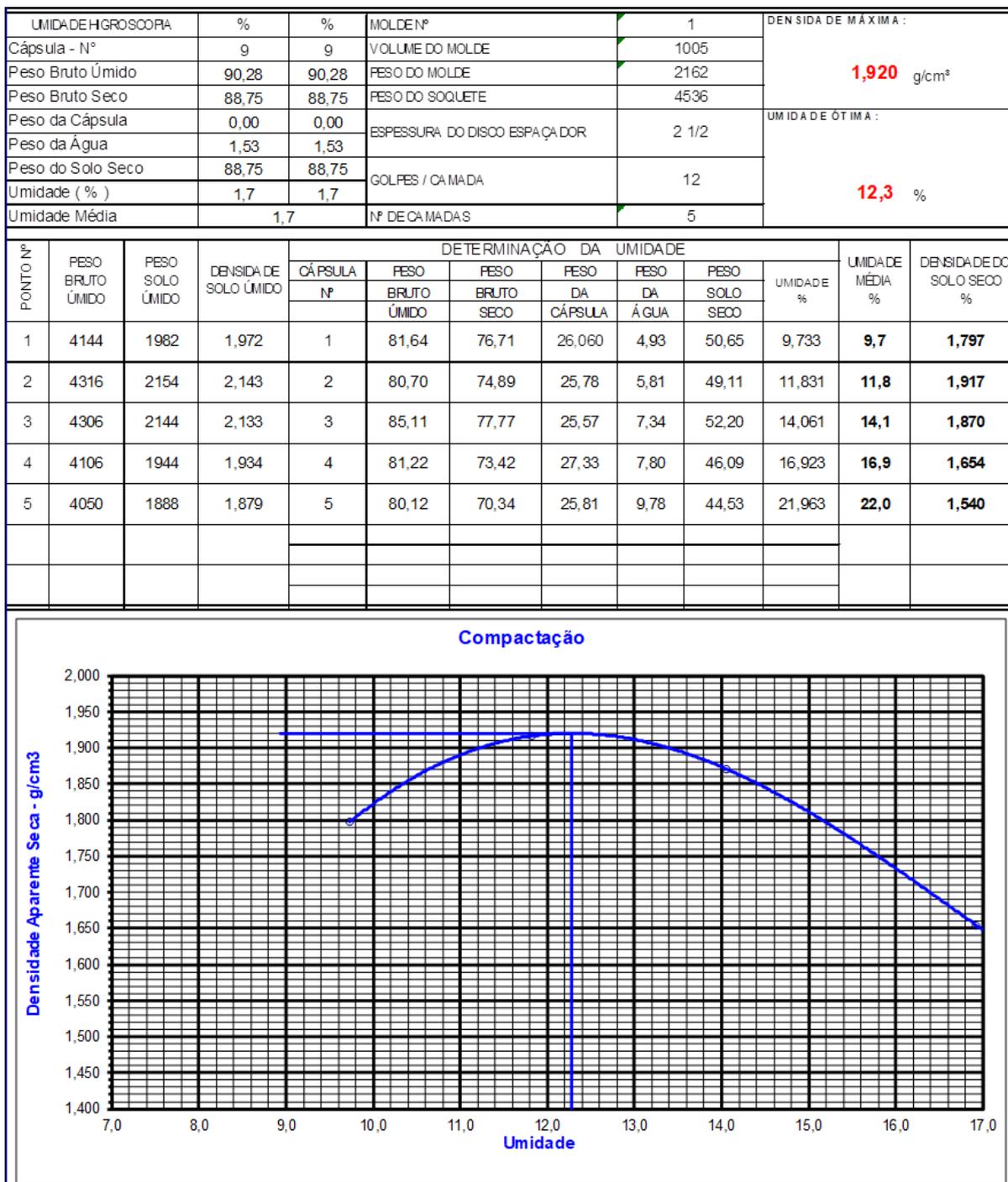
| PERÍODO | | TURNO 1 (00:00-05:59) | TURNO 2 (06:00-11:59) | TURNO 3 (12:00-16:59) | TURNO 4 (17:00-23:59) | TOTAL |
|-------------------|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------|
| CARROS DE PASSEIO | | 3 | 22 | 26 | 30 | 81 |
| CAMINHONETAS | | 0 | 8 | 3 | 6 | 17 |
| ÔNIBUS | 2C | 0 | 2 | 3 | 2 | 7 |
| | 3C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CAMINHÕES | 2C | 0 | 1 | 2 | 1 | 4 |
| | 3C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 4C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2S1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2S2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2S3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3S2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3S3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3S2S2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2C2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | |
|--|---------------------|---|----|----|----|-----|
| | | | | | | |
| | 2C3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3C2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3C3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | BICICLETA | 0 | 6 | 16 | 18 | 40 |
| | MOTOCICLETAS | 1 | 20 | 31 | 13 | 65 |
| | TOTAL | 4 | 59 | 81 | 70 | 214 |

Fonte: Autor, 2023 adaptado de DNIT, 2006

ANEXO A - ESTUDO DO SUBLEITO

Figura 35: Ensaio de compactação do furo FBU-04.



Fonte: Marechal, 2022.

Figura 36: Ensaio CBR do furo FBU-04.

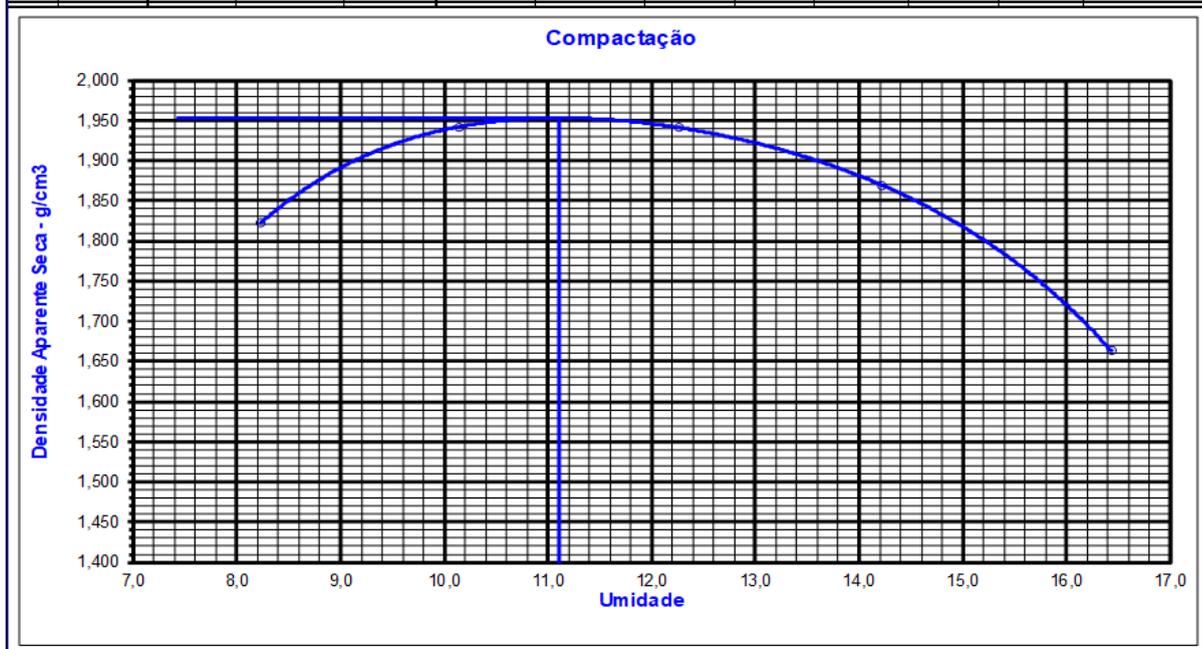
| UMIDADE | | Higroscópica | | De Moldagem | | Moide Nº | | 01 | | | | |
|--------------------------------------|------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|-----------|------------------------------|---------|-----------|-------|------------------|-----------|---------|
| Cápsula - Nº | | 1 | | 02 | | Peso do Molde | | 4 404 | | | | |
| Peso Bruto Úmido | 90,28 | 90,28 | | 54,31 | 54,31 | Volume do Molde | | 2068 | | | | |
| Peso Bruto Seco | 88,75 | 88,75 | | 48,37 | 48,37 | Nº de Camadas | | 05 | | | | |
| Peso da Cápsula | | | | | | Golpes/Camada | | 12 | | | | |
| Peso da Água | 1,53 | 1,53 | | 5,94 | 5,94 | Peso do Soquete | | 4536 | | | | |
| Peso do Solo Seco | 88,75 | 88,75 | | 48,37 | 48,37 | Espessura do disco Espaçador | | 2 1/2" | | | | |
| Umidade (%) | 1,7 | 1,7 | | 12,3 | 12,3 | Altura do Cilindro (mm) | | 11,41 | | | | |
| Umidade Média (%) | 1,7 | | | 12,3 | | Peso da Amostra | | 7000 | | | | |
| DADOS DE COMPACTAÇÃO | | | | CALCULO DA ÁGUA | | | | Anel Din. | | | | |
| Densidade Máxima - Kg/m ³ | | 1,920 | | Peso do Solo | | Úmido | 6000 | Nº | | | | |
| Umidade ótima - % | | 12,3 | | Passando na # Nº 4 | | Seco | 5898,32 | | | | | |
| Umidade Higroscópica - % | | 1,7 | | Peso de Pedregulho Retido na # Nº 4 | | 240 | | Constante | | | | |
| Diferença de Umidade - % | | 10,6 | | Água a Juntar | | 627 | | k= 0,0985 | | | | |
| ENSAIO DE PENETRAÇÃO | | | | | | | | Expansão | | | | |
| Tempo min. | Penetração | | Leitura Extens. | Pressão - Kg/cm ² | | | | Datas | | Leitura Defl. mm | Difer. mm | Exp. mm |
| | Pol | mm | | Detem. | Corrigido | Padrão | % | Dia | Hora | | | |
| 30 seg | 0,025 | 0,63 | 1 | 0,1 | 0,1 | | | 14/04/22 | 13:30 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 0,05 | 1,27 | 2 | 0,2 | 0,2 | | | 15/04/22 | 13:30 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,1 | 2,54 | 5 | 0,5 | 0,5 | 70 | 0,7 | | | | | |
| 4 | 0,2 | 5,08 | 10 | 1,0 | 1,0 | 105 | 0,9 | 16/04/22 | 13:30 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6 | 0,3 | 7,62 | 25 | 2,5 | 2,5 | 133 | 1,9 | | | | | |
| 8 | 0,4 | 10,16 | | | | 161 | | 17/04/22 | 13:30 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,5 | 12,7 | | | | 182 | | | | | | |
| Moldagem de Verificação | | CBR 0,9% | | | | | | | | | | |
| Peso Bruto Úmido | | 8.705 | | | | | | | | | | |
| Peso Úmido | | 4.301 | | | | | | | | | | |
| Densidade Úmida | | 2,080 | | | | | | | | | | |
| Densidade Seca | | 1,852 | | | | | | | | | | |
| Grau de Compactação | | 96,5% | | | | | | | | | | |
| Obs: | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Marechal, 2022.

Figura 37: Ensaio de compactação do furo FBU-08.

| | | | | | |
|---------------------|-------|-------|------------------------------|-------|---|
| UMIDADE HIGROSCÓPIA | % | % | MOLDE Nº | 1 | DENSIDADE MÁXIMA: 1,953 g/cm³ |
| Cápsula - Nº | 9 | 9 | VOLUME DO MOLDE | 1005 | |
| Peso Bruto Úmido | 73,75 | 73,75 | PESO DO MOLDE | 2162 | |
| Peso Bruto Seco | 69,80 | 69,80 | PESO DO SOQUETE | 4536 | UMIDADE ÓTIMA: 11,1 % |
| Peso da Cápsula | 0,00 | 0,00 | ESPESSURA DO DISCO ESPAÇADOR | 2 1/2 | |
| Peso da Água | 3,95 | 3,95 | GOLPES / CAMADA | 12 | |
| Peso do Solo Seco | 69,80 | 69,80 | | | |
| Umidade (%) | 5,7 | 5,7 | Nº DE CAMADAS | 5 | |
| Umidade Média | 5,7 | | | | |

| PONTO Nº | PESO BRUTO ÚMIDO | PESO SOLO ÚMIDO | DENSIDADE DE SOLO ÚMIDO | DETERMINAÇÃO DA UMIDADE | | | | | | | UMIDADE MÉDIA % | DENSIDADE DO SOLO SECO % |
|----------|------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|-----------|-----------------|--------------------------|
| | | | | CÁPSULA Nº | PESO BRUTO ÚMIDO | PESO BRUTO SECO | PESO DA CÁPSULA | PESO DA ÁGUA | PESO SOLO SECO | UMIDADE % | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 4144 | 1982 | 1,972 | 1 | 64,80 | 61,73 | 24,420 | 3,07 | 37,31 | 8,228 | 8,2 | 1,822 |
| 2 | 4312 | 2150 | 2,139 | 2 | 89,86 | 83,63 | 22,22 | 6,23 | 61,41 | 10,145 | 10,1 | 1,942 |
| 3 | 4352 | 2190 | 2,179 | 3 | 87,18 | 80,42 | 25,28 | 6,76 | 55,14 | 12,260 | 12,3 | 1,941 |
| 4 | 4308 | 2146 | 2,135 | 4 | 82,95 | 75,92 | 26,49 | 7,03 | 49,43 | 14,222 | 14,2 | 1,869 |
| 5 | 4108 | 1946 | 1,936 | 5 | 75,19 | 67,69 | 22,06 | 7,50 | 45,63 | 16,437 | 16,4 | 1,663 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |



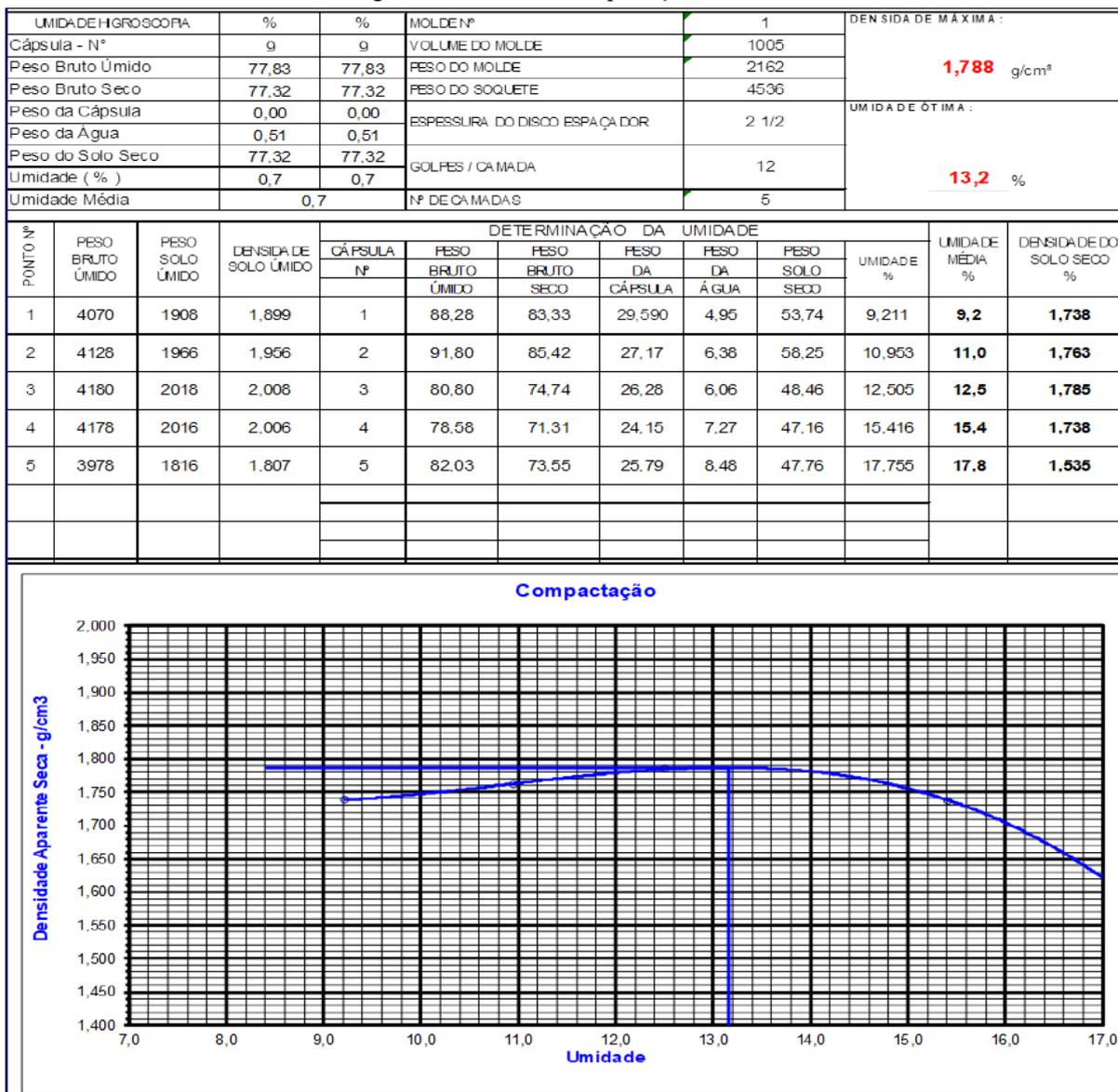
Fonte: Marechal Deodoro, 2022

Figura 38: Ensaio CBR do furo FBU-08.

| UMIDADE | | Higroscópica | | De Moldagem | | Molde N° | | 05 | | | | |
|--------------------------------------|------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|------------------------------|---------|-----------|-------|------------------|-----------|---------|
| Cápsula - N° | | 1 | | 02 | | Peso do Molde | | 4.476 | | | | |
| Peso Bruto Úmido | 73,75 | 73,75 | | 61,39 | 61,39 | Volume do Molde | | 2068 | | | | |
| Peso Bruto Seco | 69,80 | 69,80 | | 55,25 | 55,25 | N° de Camadas | | 05 | | | | |
| Peso da Cápsula | | | | | | Golpes/Camada | | 12 | | | | |
| Peso da Água | 3,95 | 3,95 | | 6,14 | 6,14 | Peso do Soquete | | 4536 | | | | |
| Peso do Solo Seco | 69,80 | 69,80 | | 55,25 | 55,25 | Espessura do disco Espaçador | | 2 1/2" | | | | |
| Umidade (%) | 5,7 | 5,7 | | 11,1 | 11,1 | Altura do Cilindro (mm) | | 11,41 | | | | |
| Umidade Média (%) | 5,7 | | 11,1 | | Peso da Amostra | | 7000 | | | | | |
| DADOS DE COMPACTAÇÃO | | | | | CÁLCULO DA ÁGUA | | | | | Anel Din. | | |
| Densidade Máxima - Kg/m ³ | | 1,953 | | Peso do Solo | | Úmido | 6000 | | N° | | | |
| Umidade ótima - % | | 11,1 | | Passando na # N° 4 | | Seco | 5678,64 | | | | | |
| Umidade Higroscópica - % | | 5,7 | | Peso de Pedregulho Retido na # N° 4 | | 312 | | Constante | | | | |
| Diferença de Umidade - % | | 5,5 | | Água a Juntar | | 316 | | k= 0,0985 | | | | |
| ENSAIO DE PENETRAÇÃO | | | | | | | | Expansão | | | | |
| Tempo min. | Penetração | | Leitura Extens. | Pressão - Kg/cm ² | | | | Datas | | Leitura Defl. mm | Difer. mm | Exp. mm |
| | Pol | mm | | Detem. | Corrigido | Padrão | % | Dia | Hora | | | |
| 30 seg | 0,025 | 0,63 | 20 | 2,0 | 2,0 | | | 14/04/22 | 13:30 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 0,05 | 1,27 | 29 | 2,9 | 2,9 | | | 15/04/22 | 13:30 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,1 | 2,54 | 36 | 3,5 | 3,5 | 70 | 5,1 | | | | | |
| 4 | 0,2 | 5,08 | 42 | 4,1 | 4,1 | 105 | 3,9 | | | | | |
| 6 | 0,3 | 7,62 | 60 | 5,9 | 5,9 | 133 | 4,4 | 16/04/22 | 13:30 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8 | 0,4 | 10,16 | | | | 161 | | 17/04/22 | 13:30 | 1,00 | 1,11 | 9,73 |
| 10 | 0,5 | 12,7 | | | | 182 | | | | | | |
| Moldagem de Verificação | | CBR 5,1% | | | | | | | | | | |
| Peso Bruto Úmido | | 8.380 | | | | | | | | | | |
| Peso Úmido | | 3.904 | | | | | | | | | | |
| Densidade Úmida | | 1,888 | | | | | | | | | | |
| Densidade Seca | | 1,699 | | | | | | | | | | |
| Grau de Compactação | | 87,0% | | | | | | | | | | |
| Obs: | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Marechal Deodoro, 2022.

Figura 39: Ensaio de compactação do furo FBU-09.



Fonte: Marechal Deodoro, 2022.

Figura 40: Ensaio CBR do furo FBU-09.

| UMIDADE | | Higroscópica | | De Moldagem | | Molde N° | 01 | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------------------------|-----------|------------------------------|---------|-----------|-------|------------------|-----------|--------|
| Cápsula - N° | | 1 | | 02 | | Peso do Molde | 4 620 | | | | | |
| Peso Bruto Úmido | 77,83 | 77,83 | | 54,60 | 54,60 | Volume do Molde | 2108 | | | | | |
| Peso Bruto Seco | 77,32 | 77,32 | | 48,25 | 48,25 | N° de Camadas | 05 | | | | | |
| Peso da Cápsula | | | | | | Golpes/Camada | 12 | | | | | |
| Peso da Água | 0,51 | 0,51 | | 6,35 | 6,35 | Peso do Soquete | 4536 | | | | | |
| Peso do Solo Seco | 77,32 | 77,32 | | 48,25 | 48,25 | Espessura do disco Espaçador | 2 1/2" | | | | | |
| Umidade (%) | 0,7 | 0,7 | | 13,2 | 13,2 | Altura do Cilindro (mm) | 11,47 | | | | | |
| Umidade Média (%) | 0,7 | | | 13,2 | | Peso da Amostra | 7000 | | | | | |
| DADOS DE COMPACTAÇÃO | | | | CÁLCULO DA ÁGUA | | | | Anel Din. | | | | |
| Densidade Máxima - Kg/m ³ | 1,788 | | | Peso do Solo | | Úmido | 6000 | | N° | | | |
| Umidade ótima - % | 13,2 | | | Passando na # N° 4 | | Seco | 5960,68 | | | | | |
| Umidade Higroscópica - % | 0,7 | | | Peso de Pedregulho Retido na # N° 4 | | 74 | | Constante | | | | |
| Diferença de Umidade - % | 12,5 | | | Água a Juntar | | 746 | | k= 0,0985 | | | | |
| ENSAIO DE PENE TR AÇÃO | | | | | Expansão | | | | | | | |
| Tempo min. | Penetração | | Leitura Extens. | Pressão - Kg/cm ² | | | | Datas | | Leitura Defl. mm | Difer. mm | Exp mm |
| | Pol | mm | | Determ. | Corrigido | Padrão | % | Dia | Hora | | | |
| 30 seg | 0,025 | 0,63 | 4 | 0,4 | 0,4 | | | 14/04/22 | 13:30 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 0,05 | 1,27 | 11 | 1,1 | 1,1 | | | 15/04/22 | 13:30 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,1 | 2,54 | 31 | 3,1 | 3,1 | 70 | 4,4 | | | | | |
| 4 | 0,2 | 5,08 | 85 | 8,4 | 8,4 | 105 | 8,0 | 16/04/22 | 13:30 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6 | 0,3 | 7,62 | 120 | 11,8 | 11,8 | 133 | 8,9 | | | | | |
| 8 | 0,4 | 10,16 | | | | 161 | | 17/04/22 | 13:30 | 1,00 | 1,11 | 9,68 |
| 10 | 0,5 | 12,7 | | | | 182 | | | | | | |
| Moldagem de Verificação | CBR 8,0% | | | | | | | | | | | |
| Peso Bruto Úmido | 8.655 | | | | | | | | | | | |
| Peso Úmido | 4.035 | | | | | | | | | | | |
| Densidade Úmida | 1,914 | | | | | | | | | | | |
| Densidade Seca | 1,692 | | | | | | | | | | | |
| Grau de Compactação | 94,6% | | | | | | | | | | | |
| Obs: | | | | | | | | | | | | |

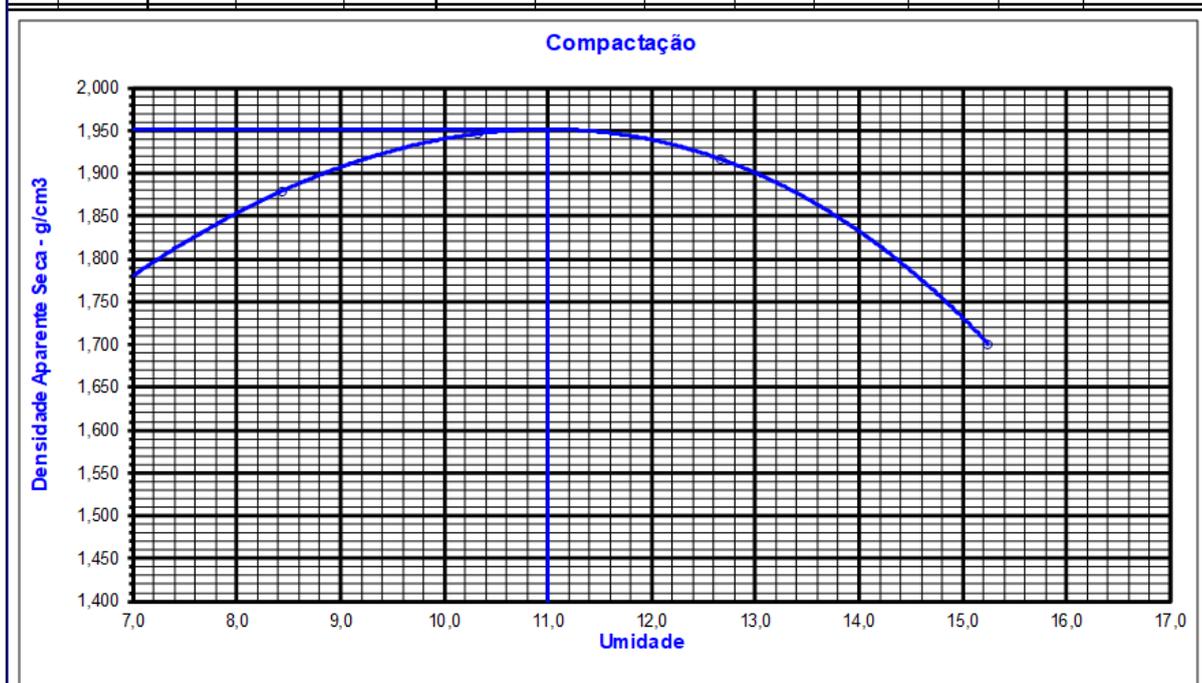
| Penetração (cm) | Pressão (Kg/cm ²) |
|-----------------|-------------------------------|
| 0,0 | 0 |
| 0,025 | 0,63 |
| 0,05 | 1,27 |
| 0,1 | 5,08 |
| 0,2 | 17,0 |
| 0,3 | 21,0 |

Fonte: Marechal Deodoro, 2022

Figura 41: Ensaio de compactação do furo FEL-01.

| | | | | | |
|---------------------|-------|-------|------------------------------|-------|---|
| UMIDADE HIGROSCÓPIA | % | % | MOLDE Nº | 1 | DENSIDADE MÁXIMA: 1,952 g/cm³ |
| Cápsula - Nº | 9 | 9 | VOLUME DO MOLDE | 1005 | |
| Peso Bruto Úmido | 69,79 | 69,79 | PESO DO MOLDE | 2162 | |
| Peso Bruto Seco | 68,85 | 68,85 | PESO DO SOQUETE | 4536 | UMIDADE ÓTIMA: 11,0 % |
| Peso da Cápsula | 0,00 | 0,00 | ESPESSURA DO DISCO ESPAÇADOR | 2 1/2 | |
| Peso da Água | 0,94 | 0,94 | GOLPES / CAMADA | 12 | |
| Peso do Solo Seco | 68,85 | 68,85 | | | |
| Umidade (%) | 1,4 | 1,4 | Nº DE CAMADAS | 5 | |
| Umidade Média | 1,4 | | | | |

| PONTO Nº | PESO BRUTO ÚMIDO | PESO SOLO ÚMIDO | DENSIDADE DE SOLO ÚMIDO | DETERMINAÇÃO DA UMIDADE | | | | | | | UMIDADE MÉDIA % | DENSIDADE DO SOLO SECO % |
|----------|------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|-----------|-----------------|--------------------------|
| | | | | CÁPSULA Nº | PESO BRUTO ÚMIDO | PESO BRUTO SECO | PESO DA CÁPSULA | PESO DA ÁGUA | PESO SOLO SECO | UMIDADE % | | |
| | | | | 1 | 4038 | 1876 | 1,867 | 1 | 64,19 | 61,62 | | |
| 2 | 4210 | 2048 | 2,038 | 2 | 82,11 | 77,83 | 27,08 | 4,28 | 50,75 | 8,433 | 8,4 | 1,879 |
| 3 | 4320 | 2158 | 2,147 | 3 | 93,96 | 87,59 | 25,86 | 6,37 | 61,73 | 10,319 | 10,3 | 1,946 |
| 4 | 4332 | 2170 | 2,159 | 4 | 67,84 | 62,83 | 23,29 | 5,01 | 39,54 | 12,671 | 12,7 | 1,916 |
| 5 | 4132 | 1970 | 1,960 | 5 | 84,21 | 76,23 | 23,89 | 7,98 | 52,34 | 15,246 | 15,2 | 1,701 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |



Fonte: Marechal Deodoro, 2022.

Figura 42: Ensaio CBR do furo FEL-01.

| UMIDADE | | Higroscópica | | De Moldagem | | Molde N° | 04 | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------------------------|-----------|------------------------------|---------|-----------|-------|------------------|-----------|---------|
| Cápsula - N° | | 1 | | 02 | | Peso do Molde | 4.304 | | | | | |
| Peso Bruto Úmido | 69,79 | 69,79 | | 54,60 | 54,60 | Volume do Molde | 2068 | | | | | |
| Peso Bruto Seco | 68,85 | 68,85 | | 49,19 | 49,19 | N° de Camadas | 05 | | | | | |
| Peso da Cápsula | | | | | | Golpes/Camada | 12 | | | | | |
| Peso da Água | 0,94 | 0,94 | | 5,41 | 5,41 | Peso do Soquete | 4536 | | | | | |
| Peso do Solo Seco | 68,85 | 68,85 | | 49,19 | 49,19 | Espessura do disco Espaçador | 2 1/2" | | | | | |
| Umidade (%) | 1,4 | 1,4 | | 11,0 | 11,0 | Altura do Cilindro (mm) | 11,41 | | | | | |
| Umidade Média (%) | 1,4 | | | 11,0 | | Peso da Amostra | 7000 | | | | | |
| DADOS DE COMPACTAÇÃO | | | | CÁLCULO DA ÁGUA | | | | Anel Din. | | | | |
| Densidade Máxima - Kg/m ³ | 1,952 | | | Peso do Solo | | Úmido | 6000 | N° | | | | |
| Umidade ótima - % | 11,0 | | | Passando na # N° 4 | | Seco | 5919,19 | | | | | |
| Umidade Higroscópica - % | 1,4 | | | Peso de Pedregulho Retido na # N° 4 | | | 212 | Constante | | | | |
| Diferença de Umidade - % | 9,6 | | | Água a Juntar | | | 574 | k= 0,0985 | | | | |
| ENSAIO DE PENE TR AÇÃO | | | | | | Expansão | | | | | | |
| Tempo min. | Penetração | | Leitura Extens. | Pressão - Kg/cm ² | | | | Datas | | Leitura Defl. mm | Difer. mm | Exp. mm |
| | Pol | mm | | Determ. | Corrigido | Padrão | % | Dia | Hora | | | |
| 30 seg | 0,025 | 0,63 | 11 | 1,1 | 1,1 | | | 14/04/22 | 13:30 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 0,05 | 1,27 | 21 | 2,1 | 2,1 | | | 15/04/22 | 13:30 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,1 | 2,54 | 37 | 3,6 | 3,6 | 70 | 5,2 | | | | | |
| 4 | 0,2 | 5,08 | 65 | 6,4 | 6,4 | 105 | 6,1 | 16/04/22 | 13:30 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6 | 0,3 | 7,62 | 100 | 9,9 | 9,9 | 133 | 7,4 | | | | | |
| 8 | 0,4 | 10,16 | | | | 161 | | 17/04/22 | 13:30 | 1,00 | 1,34 | 11,74 |
| 10 | 0,5 | 12,7 | | | | 182 | | | | | | |
| Moldagem de Verificação | CBR 6,1% | | | | | | | | | | | |
| Peso Bruto Úmido | 8.705 | | | | | | | | | | | |
| Peso Úmido | 4.401 | | | | | | | | | | | |
| Densidade Úmida | 2,128 | | | | | | | | | | | |
| Densidade Seca | 1,917 | | | | | | | | | | | |
| Grau de Compactação | 98,2% | | | | | | | | | | | |
| Obs: | | | | | | | | | | | | |

C.B.R

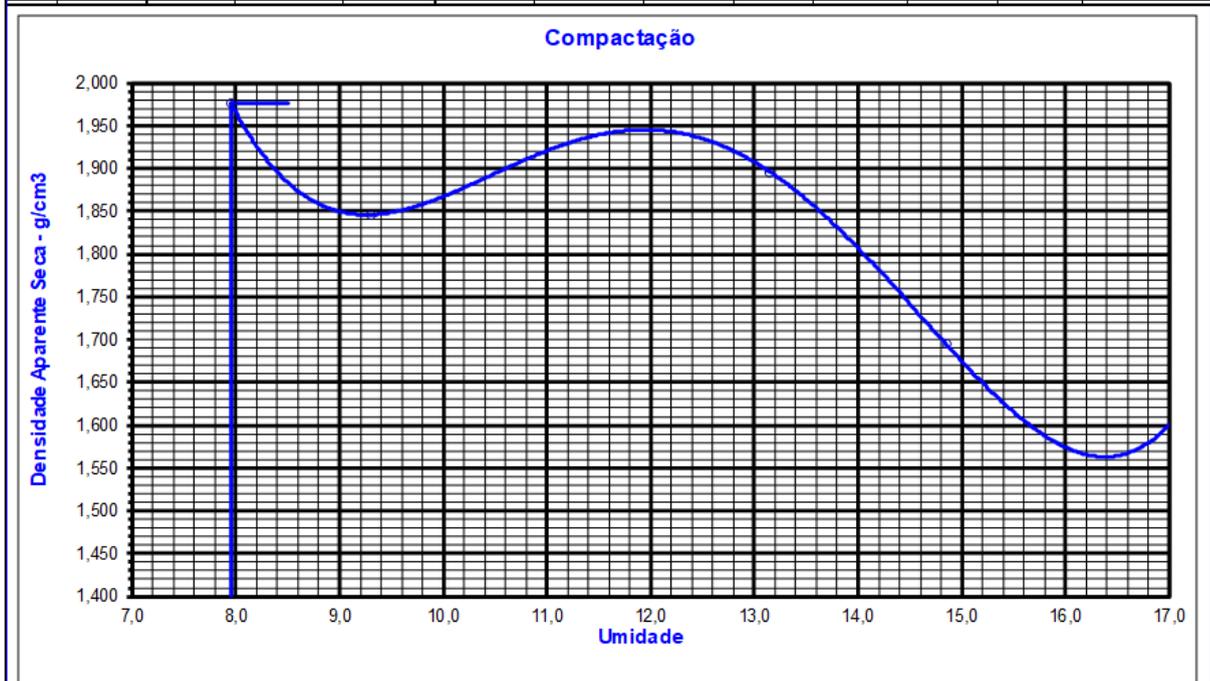
| Penetração (mm) | Pressão (Kg/cm²) |
|-----------------|------------------|
| 0,025 | 0,63 |
| 0,05 | 1,27 |
| 0,1 | 5,08 |
| 0,2 | 16,7 |
| 0,3 | 20,6 |

Fonte: Marechal Deodoro, 2022.

Figura 43: Ensaio de compactação do furo FPG-01.

| | | | | | |
|---------------------|-------|-------|------------------------------|-------|---|
| UMIDADE HIGROSCÓPIA | % | % | MOLDE Nº | 1 | DENSIDADE MÁXIMA: 1,976 g/cm³ |
| Cápsula - Nº | 9 | 9 | VOLUME DO MOLDE | 1005 | |
| Peso Bruto Úmido | 86,12 | 86,12 | PESO DO MOLDE | 2162 | |
| Peso Bruto Seco | 84,43 | 84,43 | PESO DO SOQUETE | 4536 | UMIDADE ÓTIMA: 8,0 % |
| Peso da Cápsula | 0,00 | 0,00 | ESPESSURA DO DISCO ESPAÇADOR | 2 1/2 | |
| Peso da Água | 1,69 | 1,69 | GOLPES / CAMADA | 12 | |
| Peso do Solo Seco | 84,43 | 84,43 | Nº DE CAMADAS | 5 | |
| Umidade (%) | 2,0 | 2,0 | | | |
| Umidade Média | 2,0 | | | | |

| PUNTO Nº | PESO BRUTO ÚMIDO | PESO SOLO ÚMIDO | DENSIDADE DE SOLO ÚMIDO | DETERMINAÇÃO DA UMIDADE | | | | | | | UMIDADE MÉDIA % | DENSIDADE DO SOLO SECO % |
|----------|------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|-----------|-----------------|--------------------------|
| | | | | CÁPSULA Nº | PESO BRUTO ÚMIDO | PESO BRUTO SECO | PESO DA CÁPSULA | PESO DA ÁGUA | PESO SOLO SECO | UMIDADE % | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 4190 | 2028 | 2,018 | 1 | 84,26 | 79,34 | 26,490 | 4,92 | 52,85 | 9,309 | 9,3 | 1,846 |
| 2 | 4306 | 2144 | 2,133 | 2 | 90,47 | 85,43 | 22,06 | 5,04 | 63,37 | 7,953 | 8,0 | 1,976 |
| 3 | 4318 | 2156 | 2,145 | 3 | 87,58 | 80,84 | 29,59 | 6,74 | 51,25 | 13,151 | 13,2 | 1,896 |
| 4 | 4118 | 1956 | 1,946 | 4 | 86,80 | 79,09 | 27,17 | 7,71 | 51,92 | 14,850 | 14,8 | 1,695 |
| 5 | 4050 | 1888 | 1,879 | 5 | 84,21 | 75,43 | 23,89 | 8,78 | 51,54 | 17,035 | 17,0 | 1,605 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |



Fonte: Marechal Deodoro, 2022.

Figura 44: Ensaio CBR do furo FPG-01.

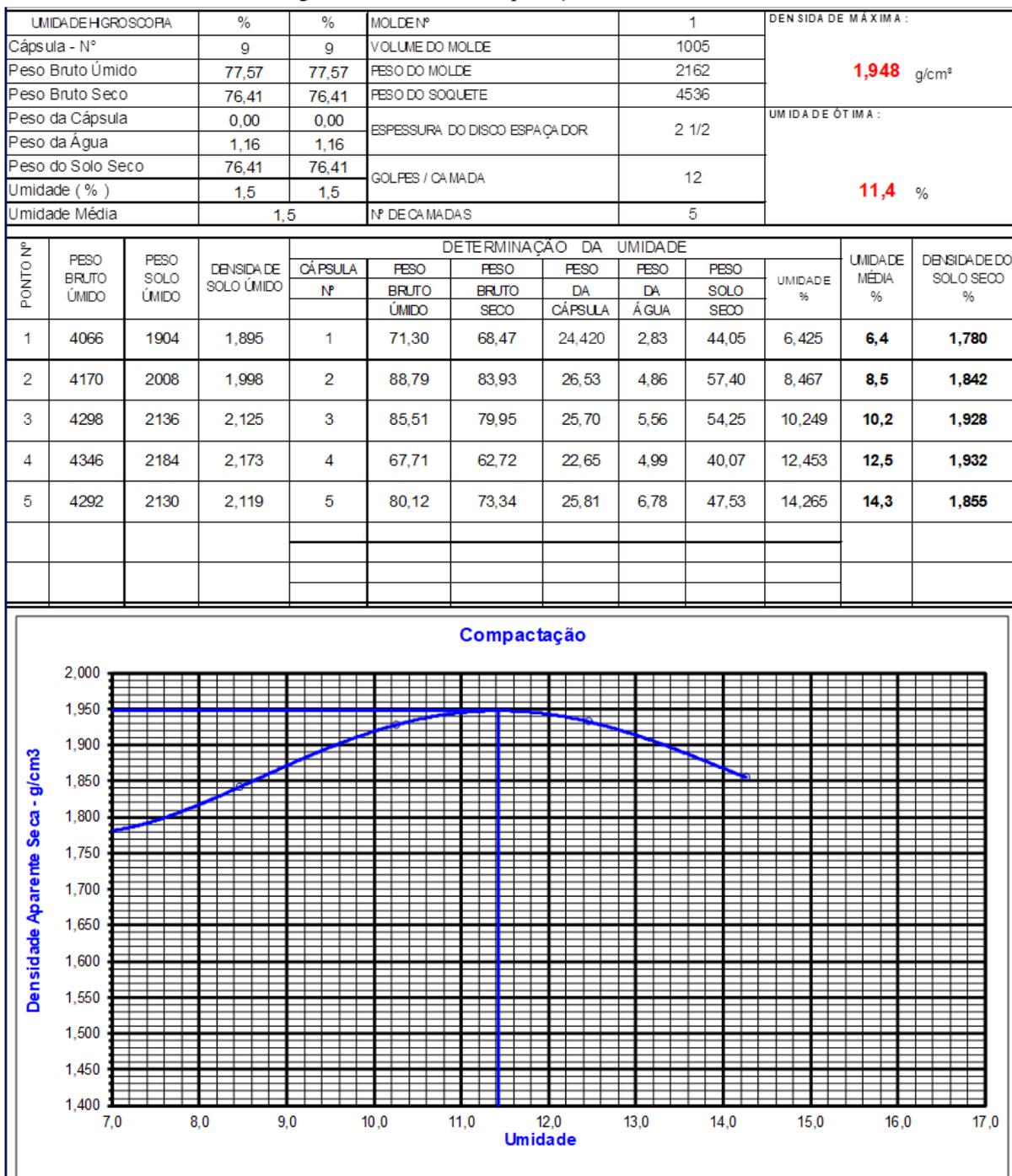
| UMIDADE | | Higroscópica | | De Moldagem | | Molde N° | | 06 | | | | |
|--------------------------------------|------------|-----------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|----------|----------|-----------|------------------|-----------|---------|
| Cápsula - N° | | 1 | | 02 | | Peso do Molde | | 4.374 | | | | |
| Peso Bruto Úmido | 86,12 | 86,12 | | 54,60 | 54,60 | Volume do Molde | | 2068 | | | | |
| Peso Bruto Seco | 84,43 | 84,43 | | 50,58 | 50,58 | N° de Camadas | | 05 | | | | |
| Peso da Cápsula | | | | | | Golpes/Camada | | 12 | | | | |
| Peso da Água | 1,69 | 1,69 | | 4,02 | 4,02 | Peso do Soquete | | 4536 | | | | |
| Peso do Solo Seco | 84,43 | 84,43 | | 50,58 | 50,58 | Espessura do disco Espaçador | | 2 1/2" | | | | |
| Umidade (%) | 2,0 | 2,0 | | 8,0 | 8,0 | Altura do Cilindro (mm) | | 11,41 | | | | |
| Umidade Média (%) | 2,0 | | 8,0 | | Peso da Amostra | | | 7000 | | | | |
| DADOS DE COMPACTAÇÃO | | | | | CÁLCULO DA ÁGUA | | | | | Anel Din. | | |
| Densidade Máxima - Kg/m ³ | | 1,976 | | | Peso do Solo | | Úmido | 6000 | N° | | | |
| Umidade ótima - % | | 8,0 | | | Passando na # N° 4 | | Seco | 5882,26 | | | | |
| Umidade Higroscópica - % | | 2,0 | | | Peso de Pedregulho Retido na # N° 4 | | | 80 | Constante | | | |
| Diferença de Umidade - % | | 6,0 | | | Água a Juntar | | | 352 | K= 0,0985 | | | |
| ENSAIO DE PENETRAÇÃO | | | | | | | Expansão | | | | | |
| Tempo min. | Penetração | | Leitura Extens. | Pressão - Kg/cm ² | | | | Datas | | Leitura Defl. mm | Difer. mm | Exp. mm |
| | Pol | mm | | Detem. | Corrigido | Padrão | % | Dia | Hora | | | |
| 30 seg | 0,025 | 0,63 | 12 | 1,2 | 1,2 | | | 14/04/22 | 13:30 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 0,05 | 1,27 | 18 | 1,8 | 1,8 | | | 15/04/22 | 13:30 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,1 | 2,54 | 24 | 2,4 | 2,4 | 70 | 3,4 | | | | | |
| 4 | 0,2 | 5,08 | 30 | 3,0 | 3,0 | 105 | 2,8 | 16/04/22 | 13:30 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6 | 0,3 | 7,62 | 50 | 4,9 | 4,9 | 133 | 3,7 | | | | | |
| 8 | 0,4 | 10,16 | | | | 161 | | 17/04/22 | 13:30 | 1,00 | 2,35 | 20,60 |
| 10 | 0,5 | 12,7 | | | | 182 | | | | | | |
| Moldagem de Verificação | | CBR 3,4% | | | | | | | | | | |
| Peso Bruto Úmido | | | | | | | | | | | | |
| 8.420 | | | | | | | | | | | | |
| Peso Úmido | | | | | | | | | | | | |
| 4.046 | | | | | | | | | | | | |
| Densidade Úmida | | | | | | | | | | | | |
| 1,966 | | | | | | | | | | | | |
| Densidade Seca | | | | | | | | | | | | |
| 1,812 | | | | | | | | | | | | |
| Grau de Compactação | | | | | | | | | | | | |
| 91,7% | | | | | | | | | | | | |
| Obs: | | | | | | | | | | | | |

O gráfico C.B.R. apresenta um eixo vertical rotulado 'Pressão Kg/cm²' variando de 0 a 25, e um eixo horizontal rotulado 'Penetração' variando de 0 a 0,4. A curva de dados é desenhada em vermelho e mostra uma relação não linear entre a penetração e a pressão suportada. Os pontos de dados são os seguintes:

| Penetração | Pressão (Kg/cm ²) |
|------------|-------------------------------|
| 0 | 0 |
| 0,025 | 0,63 |
| 0,05 | 1,27 |
| 0,1 | 2,54 |
| 0,2 | 5,08 |
| 0,3 | 7,62 |
| 0,5 | 12,7 |

Fonte: Marechal Deodoro, 2022

Figura 45: Ensaio de compactação do furo FPG-05.



Fonte: Marechal Deodoro, 2022

Figura 46: Ensaio CBR do furo FPG-05.

| UMIDADE | | Higroscópica | | De Moldagem | | Molde N° | 03 | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------------------------|-----------|------------------------------|----------|-----------|---------|------------------|-----------|---------|
| Cápsula - N° | | 1 | | 02 | | Peso do Molde | 4.456 | | | | | |
| Peso Bruto Úmido | 77,57 | 77,57 | | 59,86 | 59,86 | Volume do Molde | 2068 | | | | | |
| Peso Bruto Seco | 76,41 | 76,41 | | 53,72 | 53,72 | N° de Camadas | 05 | | | | | |
| Peso da Cápsula | | | | | | Golpes/Camada | 12 | | | | | |
| Peso da Água | 1,16 | 1,16 | | 6,14 | 6,14 | Peso do Soquete | 4536 | | | | | |
| Peso do Solo Seco | 76,41 | 76,41 | | 53,72 | 53,72 | Espessura do disco Espaçador | 2 1/2" | | | | | |
| Umidade (%) | 1,5 | 1,5 | | 11,4 | 11,4 | Altura do Cilindro (mm) | 11,41 | | | | | |
| Umidade Média (%) | 1,5 | | | 11,4 | | Peso da Amostra | 7000 | | | | | |
| DADOS DE COMPACTAÇÃO | | | | CÁLCULO DA ÁGUA | | | | Anel Din. | | | | |
| Densidade Máxima - Kg/m ³ | 1,948 | | | Peso do Solo | | | | Úmido | 6000 | | | N° |
| Umidade ótima - % | 11,4 | | | Passando na # N° 4 | | | | Seco | 5910,27 | | | |
| Umidade Higroscópica - % | 1,5 | | | Peso de Pedregulho Retido na # N° 4 | | | | 360 | | | Constante | |
| Diferença de Umidade - % | 9,9 | | | Água a Juntar | | | | 592 | | | k= 0,0985 | |
| ENSAIO DE PENETRAÇÃO | | | | | | | Expansão | | | | | |
| Tempo min. | Penetração | | Leitura Extens. | Pressão - Kg/cm ² | | | | Datas | | Leitura Defl. mm | Difer. mm | Exp. mm |
| | Pol | mm | | Detem. | Corrigido | Padrão | % | Dia | Hora | | | |
| 30 seg | 0,025 | 0,63 | 5 | 0,5 | 0,5 | | | 14/04/22 | 13:30 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 0,05 | 1,27 | 15 | 1,5 | 1,5 | | | 15/04/22 | 13:30 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,1 | 2,54 | 42 | 4,1 | 4,1 | 70 | 5,9 | | | | | |
| 4 | 0,2 | 5,08 | 101 | 9,9 | 9,9 | 105 | 9,5 | 16/04/22 | 13:30 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6 | 0,3 | 7,62 | 155 | 15,3 | 15,3 | 133 | 11,5 | | | | | |
| 8 | 0,4 | 10,16 | | | | 161 | | 17/04/22 | 13:30 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,5 | 12,7 | | | | 182 | | | | | | |
| Moldagem de Verificação | CBR 9,5% | | | | | | | | | | | |
| Peso Bruto Úmido | 8.980 | | | | | | | | | | | |
| Peso Úmido | 4.524 | | | | | | | | | | | |
| Densidade Úmida | 2.188 | | | | | | | | | | | |
| Densidade Seca | 1.963 | | | | | | | | | | | |
| Grau de Compactação | 100,8% | | | | | | | | | | | |
| Obs: | | | | | | | | | | | | |

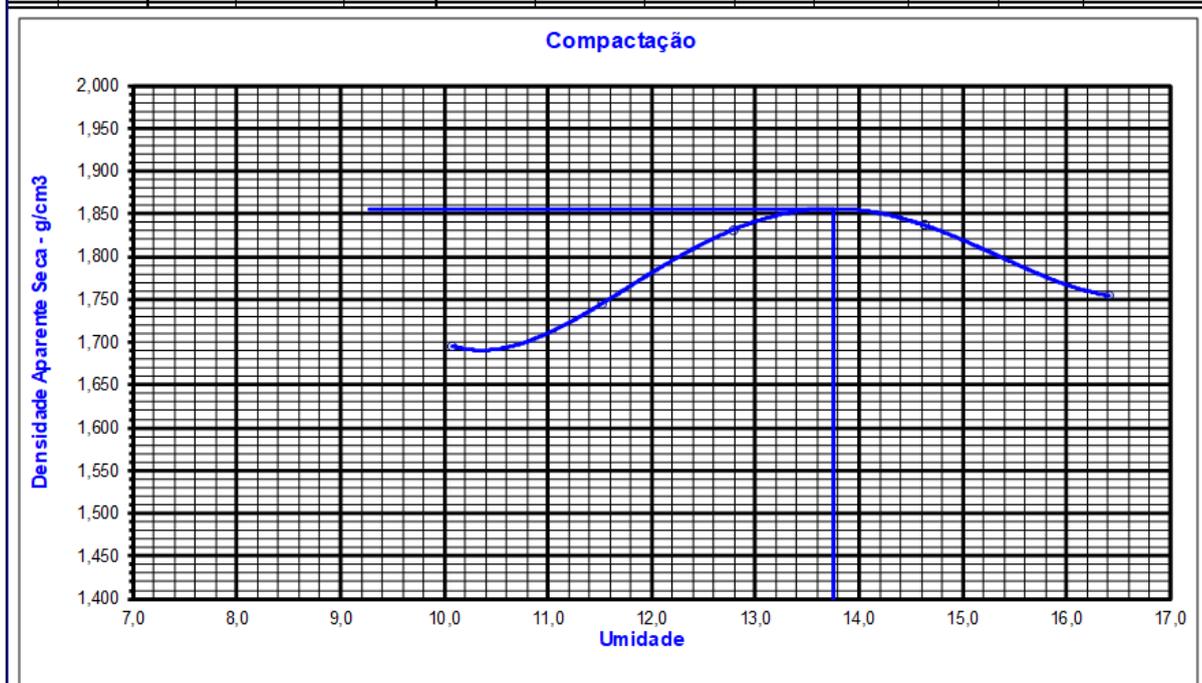
| Penetração | Pressão Kg/cm ² |
|------------|----------------------------|
| 0 | 0 |
| 0,025 | 0,5 |
| 0,05 | 1,5 |
| 0,1 | 5,9 |
| 0,2 | 16,1 |
| 0,3 | 20,8 |

Fonte: Marechal Deodoro, 2022

Figura 47: Ensaio de compactação do furo FVA-01.

| | | | | | | |
|---------------------|-------|-------|------------------------------|-------|--------------------|--------------------|
| UMIDADE HIGROSCÓPIA | % | % | MOLDE Nº | 1 | DENSIDADE MÁXIMA : | |
| Cápsula - Nº | 9 | 9 | VOLUME DO MOLDE | 1005 | | 1,856 g/cm³ |
| Peso Bruto Úmido | 41,36 | 41,36 | PESO DO MOLDE | 2162 | UMIDADE ÓTIMA : | |
| Peso Bruto Seco | 40,20 | 40,20 | PESO DO SOQUETE | 4536 | | 13,7 % |
| Peso da Cápsula | 0,00 | 0,00 | ESPESSURA DO DISCO ESPAÇADOR | 2 1/2 | | |
| Peso da Água | 1,16 | 1,16 | GOLPES / CAMADA | 12 | | |
| Peso do Solo Seco | 40,20 | 40,20 | | | | |
| Umidade (%) | 2,9 | 2,9 | Nº DE CAMADAS | 5 | | |
| Umidade Média | 2,9 | | | | | |

| PONTO Nº | PESO BRUTO ÚMIDO | PESO SOLO ÚMIDO | DENSIDADE DE SOLO ÚMIDO | DETERMINAÇÃO DA UMIDADE | | | | | | | UMIDADE MÉDIA % | DENSIDADE DO SOLO SECO % |
|----------|------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|-----------|-----------------|--------------------------|
| | | | | CÁPSULA Nº | PESO BRUTO ÚMIDO | PESO BRUTO SECO | PESO DA CÁPSULA | PESO DA ÁGUA | PESO SOLO SECO | UMIDADE % | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 4038 | 1876 | 1,867 | 1 | 74,46 | 69,88 | 24,420 | 4,58 | 45,46 | 10,075 | 10,1 | 1,696 |
| 2 | 4118 | 1956 | 1,946 | 2 | 64,67 | 60,73 | 26,53 | 3,94 | 34,20 | 11,520 | 11,5 | 1,745 |
| 3 | 4238 | 2076 | 2,066 | 3 | 81,01 | 74,74 | 25,70 | 6,27 | 49,04 | 12,785 | 12,8 | 1,832 |
| 4 | 4278 | 2116 | 2,105 | 4 | 79,29 | 72,06 | 22,65 | 7,23 | 49,41 | 14,633 | 14,6 | 1,837 |
| 5 | 4215 | 2053 | 2,043 | 5 | 83,85 | 75,67 | 25,81 | 8,18 | 49,86 | 16,406 | 16,4 | 1,755 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |



Fonte: Marechal Deodoro, 2022.

Figura 48: Ensaio CBR do furo FVA-01.

| UMIDADE | | Higroscópica | | De Moldagem | | Molde N° | 07 | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|------------------------------|---------|-----------|-------|------------------|-----------|---------|
| Cápsula - N° | | 1 | | 02 | | Peso do Molde | 4.492 | | | | | |
| Peso Bruto Úmido | 41,36 | 41,36 | | 65,33 | 65,33 | Volume do Molde | 2068 | | | | | |
| Peso Bruto Seco | 40,20 | 40,20 | | 57,43 | 57,43 | N° de Camadas | 05 | | | | | |
| Peso da Cápsula | | | | | | Golpes/Camada | 12 | | | | | |
| Peso da Água | 1,16 | 1,16 | | 7,90 | 7,90 | Peso do Soquete | 4536 | | | | | |
| Peso do Solo Seco | 40,20 | 40,20 | | 57,43 | 57,43 | Espessura do disco Espaçador | 2 1/2" | | | | | |
| Umidade (%) | 2,9 | 2,9 | | 13,7 | 13,7 | Altura do Cilindro (mm) | 11,41 | | | | | |
| Umidade Média (%) | 2,9 | | 13,7 | | Peso da Amostra | | 7000 | | | | | |
| DADOS DE COMPACTAÇÃO | | | | CÁLCULO DA ÁGUA | | | | Anel Din. | | | | |
| Densidade Máxima - Kg/m ³ | 1,856 | | | Peso do Solo | | Úmido | 6000 | N° | | | | |
| Umidade ótima - % | 13,7 | | | Passando na # N° 4 | | Seco | 5831,72 | | | | | |
| Umidade Higroscópica - % | 2,9 | | | Peso de Pedregulho Retido na # N° 4 | | | 28 | Constante | | | | |
| Diferença de Umidade - % | 10,9 | | | Água a Juntar | | | 634 | k= 0,0985 | | | | |
| ENSAIO DE PENETRAÇÃO | | | | | | Expansão | | | | | | |
| Tempo min. | Penetração | | Leitura Extens. | Pressão - Kg/cm ² | | | | Datas | | Leitura Defl. mm | Difer. mm | Exp. mm |
| | Pol | mm | | Determ. | Corrigido | Padrão | % | Dia | Hora | | | |
| 30 seg | 0,025 | 0,63 | 3 | 0,3 | 0,3 | | | 14/04/22 | 13:30 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 0,05 | 1,27 | 5 | 0,5 | 0,5 | | | 15/04/22 | 13:30 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,1 | 2,54 | 8 | 0,8 | 0,8 | 70 | 1,1 | | | | | |
| 4 | 0,2 | 5,08 | 14 | 1,4 | 1,4 | 105 | 1,3 | 16/04/22 | 13:30 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6 | 0,3 | 7,62 | 30 | 3,0 | 3,0 | 133 | 2,2 | | | | | |
| 8 | 0,4 | 10,16 | | | | 161 | | 17/04/22 | 13:30 | 1,00 | 1,55 | 13,58 |
| 10 | 0,5 | 12,7 | | | | 182 | | | | | | |
| Moldagem de Verificação | CBR 1,3% | | | | | | | | | | | |
| Peso Bruto Úmido | 8.365 | | | | | | | | | | | |
| Peso Úmido | 3.873 | | | | | | | | | | | |
| Densidade Úmida | 1,873 | | | | | | | | | | | |
| Densidade Seca | 1,646 | | | | | | | | | | | |
| Grau de Compactação | 88,7% | | | | | | | | | | | |
| Obs: | | | | | | | | | | | | |

| Penetração (mm) | Pressão (Kg/cm ²) |
|-----------------|-------------------------------|
| 0 | 0 |
| 0,025 | 0,63 |
| 0,05 | 1,27 |
| 0,1 | 5,08 |
| 0,2 | 17,14 |
| 0,3 | 21,08 |

Fonte: Marechal Deodoro, 2022.