

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DO CABO DE SANTO AGOSTINHO
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ANDRÉ WILLIAM BARBOSA BRITO

**ANÁLISE FUNCIONAL E ECONÔMICA DA OBRA DE REQUALIFICAÇÃO
DA RUA IATI – JABOATÃO GUARARAPES COM O USO DOS
PARÂMETROS TOPOGRÁFICOS E DO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA**

CABO DE SANTO AGOSTINHO

DEZEMBRO/2019

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DO CABO DE SANTO AGOSTINHO
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ANDRÉ WILLIAM BARBOSA BRITO

**ANÁLISE FUNCIONAL E ECONÔMICA DA OBRA DE REQUALIFICAÇÃO
DA RUA IATI – JABOATÃO GUARARAPES COM O USO DOS
PARÂMETROS TOPOGRÁFICOS E DO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Professor Me. Martônio José Marques Francelino

CABO DE SANTO AGOSTINHO

DEZEMBRO/2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- B862a Brito, André William Barbosa
Análise funcional e econômica da obra de requalificação da Rua Iati - Jaboatão dos Guararapes com o uso dos parâmetros topográficos e do Índice de Suporte Califórnia / André William Barbosa Brito. - 2019. 96 f. : il.
- Orientador: Martônio José Marques Francelino.
Inclui referências, apêndice(s) e anexo(s).
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Engenharia Civil, Cabo de Santo Agostinho, 2019.
1. Infraestrutura Urbana. 2. AutoDesk Civil 3D. 3. Jaboatão dos Guararapes. I. Francelino, Martônio José Marques, orient. II. Título

ANDRÉ WILLIAM BARBOSA BRITO

**ANÁLISE FUNCIONAL E ECONÔMICA DA OBRA DE REQUALIFICAÇÃO
DA RUA IATI – JABOATÃO GUARARAPES COM O USO DOS
PARÂMETROS TOPOGRÁFICOS E DO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA**

Trabalho apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Data de aprovação: ____/____/____

Banca examinadora

Prof. Me Martônio José Marques Francelino, UACSA, UFRPE

Orientador

Prof^a. Dr^a. Cecília Maria Mota Silva Lins, UACSA, UFRPE

Examinadora

Suplente – Prof^a. Dr^a. Simone Perruci Galvão, UACSA, UFRPE

Prof. Dr. Robson José Silva, UACSA, UFRPE

Examinador

Suplente - Prof^a. Dr^a. Fernanda Wanderley Correa de Araújo, SEDE, UFRPE

Dedico este trabalho a minha mãe, Júlia Cláudia Barbosa da Silva Brito, a minha irmã Nilma Cláudia Barbosa Brito e aos meus sobrinhos Benjamim Lucas e Laura Beatriz, obrigado por sempre me fortalecerem.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, que me deu forças para enfrentar todas as adversidades enfrentadas durante esses cinco anos e três meses.

A meus pais, por me ensinarem os verdadeiros valores e princípios, por terem me educado mesmo com muitas dificuldades, por sempre acreditarem em mim. Em especial agradeço a minha mãe que sempre esteve presente, e a sua figura de professora me espelha e me motiva cada vez mais para continuar estudando.

Aos meus amigos e familiares que estiveram sempre próximo me motivando e acreditando no meu potencial. Em especial a minha irmã que sempre me compreende e confia muito em mim.

Ao meu orientador, prof. Me Martônio Francelino, “um monstro” em infraestrutura rodoviária, cada aula, cada conversa, cada encontro sempre foi enriquecedor, repleto de conhecimento prático e me motivando cada vez mais a atuar nesse ramo da engenharia civil.

A todos os outros professores do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal Rural de Pernambuco que me deram conhecimento técnico e humano que jamais irei esquecer.

Aos meus amigos Alan Carvalho, Lenilson Régio e Eduardo Cavalcanti por terem me auxiliado no desenvolvimento de projetos e ensaios.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, em especial toda a comunidade da Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho, que me possibilitou eu chegar até aqui hoje. Sempre gostei de estar naquele lugar maravilhoso.

A Gestão dos últimos anos da Universidade Federal Rural de Pernambuco, que fez com que o impacto sofrido pela universidade com a crise institucional enfrentada por nosso país nos últimos anos fosse mínimo nos estudantes. Em especial aos Professores Dr^a Maria José de Sena e Dr. Marcelo Carneiro Leão, vocês são um exemplo de que é possível fazer gestão pública com dignidade nesse país.

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo.”

-Nelson Mandela

RESUMO

O Brasil é um país no mundo onde a sua malha rodoviária predomina diante dos outros modos. Entretanto, é nítida a baixa qualidade das infraestruturas existentes no país. Um exemplo são os grandes centros urbanos em que sofrem cada vez mais com alagamentos, condições precárias de ruas e avenidas e escassez de recursos para implementação de novas infraestruturas. Além disso, em várias obras são observadas o emprego de conhecimentos práticos não atrelados aos técnicos preexistentes, o que leva a reduzir a durabilidade de novas construções. Nesse contexto, a presente pesquisa tem como objetivo principal comparar o desempenho funcional e econômico na requalificação da Rua Iati, situada em Cajueiro Seco em Jaboatão dos Guararapes, realizada pela administração pública municipal da cidade, com alguns cenários de projetos dessa mesma rua com várias soluções que adotam parâmetros topográficos e ensaios rotineiros de solos em obras rodoviárias. Para o desenvolvimento desse estudo, foram feitos o georreferenciamento da Rua Iati, ensaios de solos baseados nas principais normas ABNT e DNIT, levantamento topográfico planialtimétrico, projeto da rua no software Autodesk Civil 3D, orçamentos de projetos e medições da rua executada, tomando como base os custos unitários reais das empresas responsáveis por executar esses serviços de infraestrutura urbana na cidade de Jaboatão. É demonstrado que há um alto emprego de recursos financeiros, ausência de parâmetros técnicos utilizados e uma falta de visibilidade na qualidade dos serviços executados, o que leva a uma reflexão sobre como deve-se utilizar os recursos econômicos e garantir a durabilidade nas ruas recém requalificadas das cidades brasileiras.

Palavras-chave: Infraestrutura urbana, Projeto viário, Autodesk Civil 3D, Rua Iati, Jaboatão dos Guararapes

ABSTRACT

Brazil is a country in the world where its road network predominates over other modes. However, the low quality of existing infrastructures in the country is clear. One example is the large urban centers where they are increasingly suffering from flooding, poor street and avenue conditions and scarcity of resources to implement new infrastructure. In addition, in several works the use of practical knowledge not linked to the existing technicians is observed, which leads to reduce the durability of new constructions. In this context, this research aims to compare the functional and economic performance in the requalification of Rua Iati, located in Cajueiro Seco in Jabotão dos Guararapes, carried out by the municipal administration of the city, with some project scenarios of that same street with various solutions that adopt topographic parameters and routine soil tests in road works. To develop this study, Iati Street georeferencing, soil testing based on the main ABNT and DNIT standards, plani-altimetric topographic survey, street design in software Autodesk Civil 3D, project budgets and street measurements performed were performed. based on the actual unit costs of the companies responsible for performing these urban infrastructure services in the city of Jabotão. It is demonstrated that there is a high use of financial resources, lack of technical parameters used and a lack of visibility in the quality of services performed, which leads to a reflection on how to use economic resources and ensure durability in newly refurbished streets of the Brazilian cities.

Key words: Urban Infrastructure, Road Project, Autodesk Civil 3D, Iati Street, Jabotão dos Guararapes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de caderneta de campo para nivelamento geométrico.....	26
Figura 2: Tolerâncias de Fechamento para nivelamentos (Adaptada).....	28
Figura 3: Classificação de solos: Sugestão do Highway Research Board – HRB adotada pela AASHTO.....	34
Figura 4: Perfil Longitudinal e greide de uma via.	38
Figura 5:Ábaco para determinação da espessura sobre as camadas do pavimento.....	39
Figura 6: Localização e condições de trechos da Rua lati – Cajueiro Seco.	43
Figura 7: Trecho da Rua lati sem Revestimento asfáltico	43
Figura 8: Trecho da Rua lati com revestimento asfáltico necessitando de manutenção.....	44
Figura 9.: Referência de Nível para nivelamento na rua lati	45
Figura 10: Planta de Situação da Rua lati.....	52
Figura 11: a) Execução de base com BGS (esquerda); b) Base executada na Rua lati (direita).....	53
Figura 12: a) Imprimação sobre a base para execução de Revestimento em CBUQ (esquerda); b) Regularização com rasteleiros na Rua lati (direita).	54
Figura 13: a) Vibroacabadora executando revestimento asfáltico (esquerda); b)Compactação de revestimento asfáltico na Rua lati (direita).	54
Figura 15: Rua lati finalizada (trecho com 5,6 metros de largura).....	55
Figura 14: Rua lati finalizada (trecho com 7,0 metros de largura).....	55
Figura 16: a) Levantamento realizado antes da execução (esquerda); b)Levantamento realizado depois da execução da prefeitura (direita).	56
Figura 17: Curva Granulométrica da amostra de solo da Rua lati.....	64
Figura 18: Comportamento expansivo da amostra 01.....	67
Figura 19: Comportamento expansivo da amostra 02.....	68

Figura 20: Comportamento expansivo da amostra 03.....	68
Figura 21: Comportamento expansivo da amostra 04.....	69
Figura 22: Comportamento expansivo da amostra 05.....	70
Figura 23: Gráfico de correlação entre Massa específica aparente seca, expansão e ISC.....	75
Figura 24: Seções transversais projetadas na Rua Iati. a) Trecho com 7 metros (imagem superior); b) Trecho com 5,2 metros (imagem inferior).	78
Figura 25: Orçamento do cenário 01.....	83
Figura 26: Orçamento do cenário 03.....	84
Figura 27: Orçamento do Cenário 04.....	84
Figura 28: Orçamento do Cenário 05.....	85
Figura 29: Orçamento do cenário 02 (Realizado pela prefeitura).....	86
Figura 30: Trecho com acúmulo de água na Rua Iati.....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos Níveis.....	27
Tabela 2: Tipos e usos de asfaltos diluídos de petróleo (ADP).....	36
Tabela 3: Espessura Mínima do Revestimento Asfáltico.	39
Tabela 4: Coeficientes Estruturais para Materiais Utilizados.	40
Tabela 5: Quadro síntese de metodologia	41
Tabela 6: Normas utilizadas para os ensaios de caracterização e compactação.	46
Tabela 7 - Georreferenciamento da Rua lati.	50
Tabela 8: Caderneta de campo de levantamento antes da execução da prefeitura.	57
Tabela 9: Caderneta de campo de contranivelamento antes da execução da prefeitura.	59
Tabela 10: Caderneta de Nivelamento depois da execução da prefeitura.	60
Tabela 11: Caderneta de Contranivelamento depois da execução da prefeitura.	62
Tabela 12: Resultados do ensaio de granulometria da amostra de solo da Rua lati.	64
Tabela 13: Teores de areia, argila e silte da amostra da Rua lati	65
Tabela 14: Resultados do ensaio de Compactação da amostra da Rua lati....	66
Tabela 15: Resultados do ensaio de Expansão da amostra 01.	67
Tabela 16: Resultados do ensaio de Expansão da amostra 02.	67
Tabela 17: Resultados do ensaio de Expansão da amostra 03.	68
Tabela 18: Resultados do ensaio de Expansão da amostra 04.	69
Tabela 19: Resultados do ensaio de Expansão da amostra 05.	69
Tabela 20: Resultados da Penetração do ensaio de CBR para amostra 01. ...	71

Tabela 21: Resultados da Penetração do ensaio de CBR para amostra 02. ...	71
Tabela 22: Resultados da Penetração do ensaio de CBR para amostra 03. ...	72
Tabela 23: Resultados da Penetração do ensaio de CBR para amostra 04. ...	73
Tabela 24: Resultados da Penetração do ensaio de CBR para amostra 05. ...	73
Tabela 25: Umidade, massa específica aparente seca, expansão e ISC das amostras.....	74
Tabela 26: Movimentação de Terra na Rua Iati	79
Tabela 27: Quantidade de concreto para guias e sarjeta ao longo do estaqueamento.....	80
Tabela 28: Quantidade de macadame para sub-base ao longo do estaqueamento.....	80
Tabela 29: Quantidade de BGS para base ao longo do estaqueamento.	81
Tabela 30: Quantidade de CBUQ para revestimento asfáltico ao longo do estaqueamento.....	81
Tabela 31: Quantidade de concreto para calçadas ao longo do estaqueamento.	82
Tabela 32: Resumo dos cenários.....	87

LISTA DE SIGLAS

AASHTO – *American Association of State Highway and Transportation Officials*

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ADP – Asfalto Diluído de Petróleo

BDI – Bonificações e Despesas Indiretas

CA – Concreto Asfáltico

CAGED – Cadastro Geral de Empregados e Desempregados

CAP – Cimento Asfáltico de Petróleo

CBR – *California Bearing Ratio*

CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado a Quente

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte

EMPERTEC – Empresa Pernambucana Técnica de Engenharia e Comércio Ltda

GPS – *Global Positioning System*

GIS – Sistema de Informações Geográficas

HRB – *Highway Reserach Board*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

ISC – Índice de Suporte Califórnia

ONU – Organização das Nações Unidas

PR – Plano de Referência

RN – Referência de Nível

SEINFRA – Secretaria Municipal de Infraestrutura

SESURB – Secretaria Executiva de Serviços Urbanos

SICRO – Sistemas de Custos Referenciais de Obras

UTM – *Universal Transversa de Mercator*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	19
1.2 OBJETIVOS.....	19
1.2.1 Objetivo Geral	19
1.2.2 Objetivos Específicos	19
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 TÉCNICAS PARA DELIMITAÇÃO DE ÁREA DE ESTUDO	20
2.1.1 Geoprocessamento	20
2.1.2 Google Earth	21
2.1.3 Sistemas de Referência e Coordenadas	21
2.1.4 Sistema de Projeção UTM	22
2.2 EXECUÇÃO DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	22
2.2.1 Tipos de levantamento topográfico	23
2.2.2 Equipamentos topográficos	23
2.2.3 Fases de um levantamento topográfico altimétrico	24
2.2.4 Nivelamentos	25
2.2.5 Execução de Nivelamento Geométrico	25
2.2.6 Determinação das cotas no nivelamento e contranivelamento	26
2.2.7 Aceitação, rejeição e ajuste do Nivelamento Geométrico	27
2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS	29
2.3.1 Pavimentos Rígidos	29
2.3.2 Pavimentos Flexíveis	29
2.4 SEÇÃO TRANSVERSAL TÍPICA DE UM PAVIMENTO	30
2.4.1 Subleito	30
2.4.2 Regularização	30

2.4.3 Reforço do subleito	31
2.4.4 Sub-base	31
2.4.5 Base	31
2.4.6 Revestimento	32
2.5 SOLO E SEUS ASPECTOS PARA INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA	32
2.5.1 Estrutura do solo	32
2.5.2 Aspectos práticos das propriedades do solo	32
2.5.3 Compactação de solos	32
2.5.4. Principais ensaios de Laboratório	33
2.5.5 Classificação de Solos	33
2.6 ASFALTOS	34
2.6.1 Concreto Betuminoso Usinado a Quente	35
2.6.2 Asfaltos diluídos	35
2.6.3 Emulsão Asfáltica	36
2.6.4 Ensaios de laboratório para controle de qualidade	36
2.7 PERFIL LONGITUDINAL PARA PROJETO GEOMÉTRICO	37
2.8 DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS	38
2.9 ORÇAMENTO NA INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA	40
3 METODOLOGIA	41
3.1 PREFEITURA MUNICIPAL DE JABOATÃO DOS GUARARAPES	42
3.1.1 Secretaria Municipal de Infraestrutura	42
3.2 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E GEORREFERENCIAMENTO .	43
3.3 LEVANTAMENTO ALTIMÉTRICO DO TRECHO SEM INTERVENÇÃO DA PREFEITURA	44
3.4 ENSAIOS DE LABORATÓRIO	45
3.4.1 Ensaios do solo	45

3.4.2 Obtenção dos dados de controle de qualidade do asfalto.....	46
3.5 PROJETO GEOMÉTRICO DA RUA, GREIDE E PERFIS LONGITUDINAIS	47
3.6 DIMENSIONAMENTO	47
3.7 ORÇAMENTO DO PROJETO GEOMÉTRICO DA RUA	47
3.8 EXECUÇÃO DA RUA PELA PREFEITURA MUNICIPAL DE JABOATÃO DOS GUARARAPES	48
3.9 LEVANTAMENTO DOS GASTOS DA EXECUÇÃO DA PREFEITURA .	49
3.10 CHECAGEM DO DESEMPENHO FUNCIONAL NA RUA EXECUTADA	49
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	49
4.1 PLANTA DE SITUAÇÃO DA RUA.....	49
4.2 REGISTRO DA EXECUÇÃO DA RUA PELA PREFEITURA.....	52
4.3 LEVANTAMENTOS ALTIMÉTRICOS DE ANTES E DEPOIS DA EXECUÇÃO.....	56
4.3.1 LEVANTAMENTO ANTES DA EXECUÇÃO E PARÂMETROS DE ACEITABILIDADE.....	56
4.3.2 LEVANTAMENTO DEPOIS DA EXECUÇÃO E PARÂMETROS DE ACEITABILIDADE.....	60
4.4 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE LABORATÓRIO	63
4.4.1 Caracterização	63
4.4.2 Compactação, Expansão e Índice de Suporte Califórnia	65
4.5 DIMENSIONAMENTO PARA PAVIMENTO ASFÁLTICO.....	75
4.6 PROJETO DA RUA IATI.....	77
4.6.1 PERFIL PROJETADO.....	78
4.6.2 SEÇÕES TRANSVERSAIS AO LONGO DO TRECHO PROJETADO	78

4.6.3 TABELAS DE MOVIMENTAÇÃO DE TERRA E LISTA DE MATERIAIS	79
4.7 ORÇAMENTO DO PROJETO GEOMÉTRICO	82
4.8 MEDIÇÕES DA EXECUÇÃO DA RUA PELA PREFEITURA	86
4.9 COMPARATIVO FINAL DE CUSTOS E PROJETOS.....	86
5 CONCLUSÃO	88
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
APÊNDICE A – PERFIL LONGITUDINAL DO TERRENO NATURAL DA RUA IATI94	
APÊNDICE B – PERFIL LONGITUDINAL EXECUTADO PELA PREFEITURA MUNICIPAL DE JABOATÃO DOS GUARARAPES.	95
APÊNDICE C – PERFIL PROJETADO DA RUA IATI.....	96
APÊNDICE D – SEÇÕES TRANSVERSAIS DE CORTE AO LONGO DO ESTAQUEAMENTO	97
ANEXO A – CONTROLE QUALITATIVO DE CONCRETO ASFÁLTICO.....	98

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No Brasil, percebe-se uma maior utilização da malha rodoviária nos diversos modos de transportes existentes. Além disso, é perceptível no país que os grandes centros urbanos sofrem cada vez mais com problemas de infraestrutura. Um exemplo disso são as condições precárias em que as nossas vias e rodovias se encontram. Nesse contexto, surge a necessidade de entender o que acontece com a infraestrutura do principal modo de transporte do país.

Percebe-se que a mão de obra da construção civil apresenta baixa qualidade, entretanto, será que os problemas já citados são relacionados apenas a mão de obra pouco qualificada? As ruas e estradas brasileiras só enfrentam problemas durante a execução, ou falta o emprego de técnicas adequadas na construção de nossas vias e rodovias?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Para responder esses questionamentos levantados, este trabalho tem como objetivo estudar o desempenho funcional e econômico na requalificação da Rua Iati, situada em Cajueiro Seco, Jabotão dos Guararapes, através de uma comparação de execução de obra realizada pela administração pública municipal da cidade, com alguns cenários de projetos dessa mesma rua com várias soluções utilizando parâmetros topográficos e ensaios rotineiros de solos em obras rodoviárias.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar ensaios de caracterização e de capacidade de suporte do subleito da rua estudada;
- Realizar levantamento topográfico antes e depois da execução da obra pela administração pública municipal.

- Acompanhar a execução da obra da rua estudada realizada pela Prefeitura Municipal de Jaboatão dos Guararapes;
- Elaborar o projeto geométrico da rua estudada, dimensionar a seção típica do pavimento e quantificar os volumes dos materiais necessários na construção do pavimento;
- Orçar os principais parâmetros associados a estrutura do pavimento do projeto geométrico e compor os gastos realizados pela prefeitura na execução da rua dos mesmos parâmetros estudados pelo orçamento do projeto.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente trabalho visa mostrar a importância de parâmetros fundamentais para a construção de vias. A análise laboratorial do solo e o conhecimento do comportamento plani-altimétrico é de vital importância para se construir uma rua com custos otimizados e com desempenho final aceitável.

2.1 TÉCNICAS PARA DELIMITAÇÃO DE ÁREA DE ESTUDO

2.1.1 Geoprocessamento

Para Nakamura (2010) geotecnologias ou geoprocessamento é a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para tratar informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente nas áreas de infraestrutura, gestão de recursos naturais, logística, transportes e segurança, comunicações, energia e planejamento urbano e regional, marketing, inteligência de negócios e mobilidade.

Dentre as geotecnologias destacam-se a cartografia digital, fotogrametria e sensoriamento remoto, *Global Positioning System* (GPS), automação da topografia e geodesia e os Sistemas de Informações Geográficas (GIS), incorporando outras áreas do conhecimento para tratar, analisar e apresentar os dados espaciais, como geoestatística, modelagem de dados 2d e 3d, topologia,

análise de redes e teoria dos grafos, reconhecimento de padrões, geometria computacional e algoritmos e realidade virtual (NAKAMURA, 2010)

2.1.2 Google Earth

Bezerra (2016) afirma que o uso da geotecnologia Google Earth é de grande utilidade, pois é uma ótima ferramenta para análise de dados espaciais no planeta. É um programa capaz de fornecer dados geográficos, planialtimétricos, imagens de satélites, entre outros

Esse software facilita o acesso a diferentes lugares do planeta, bastando o uso da internet. Essa ferramenta pode possibilitar uma triagem antes de uma visita para ter conhecimento de uma região que será utilizada para diversas finalidades, como por exemplo, para a construção civil e o cadastramento de imóveis rurais.

2.1.3 Sistemas de Referência e Coordenadas

Os sistemas de referência, segundo Silva (2018), são utilizados para descrever as posições de objetos. Quando é necessário identificar a posição de uma determinada informação na superfície da Terra são utilizados os Sistemas de Referência Terrestres ou Geodésicos. Estes, por sua vez, estão associados a uma superfície que mais se aproxima da forma da Terra, e sobre a qual são desenvolvidos todos os cálculos das suas coordenadas. Três superfícies são consideradas: Física, Geóide e Elipsóide.

Para Silva (2018) as coordenadas podem ser representadas no plano através dos componentes Norte (N) e Leste (E) regularmente utilizadas em mapas e cartas, referidas a um determinado sistema de referência geodésico. Para representar uma superfície curva em plana são necessárias formulações matemáticas chamadas de projeções. Diferentes projeções poderão ser utilizadas na confecção de mapas, no Brasil a projeção mais utilizada é a *Universal Transversa de Mercator* (UTM).

2.1.4 Sistema de Projeção UTM

UTM é um sistema de coordenadas baseado no plano cartesiano e usa o metro como unidade para medir distâncias e determinar a posição de um objeto. Diferentemente das Coordenadas Geodésicas, o sistema UTM, não acompanha a curvatura da Terra e por isso seus pares de coordenadas também são chamados de coordenadas planas. Os fusos do sistema UTM indicam em que parte do globo as coordenadas obtidas se aplicam, uma vez que o mesmo par de coordenadas pode se repetir nos 60 fusos diferentes (SILVA, 2018).

Silva (2018) ainda acrescenta que o mundo é dividido em 60 fusos, onde cada um se estende por 6° de longitude. Os fusos são numerados de um a sessenta começando no fuso 180° a 174° W Gr. e continuando para leste. Cada um destes fusos é gerado a partir de uma rotação do cilindro de forma que o meridiano de tangência divide o fuso em duas partes iguais de 3° de amplitude. O quadriculado UTM está associado ao sistema de coordenadas plano-retangulares, tal que um eixo coincide com a projeção do Meridiano Central do fuso e o outro eixo, com o do Equador. Assim cada ponto do elipsoide de referência (latitude, longitude) estará associado ao terno de valores Meridiano Central, coordenada E e coordenada N. No sistema UTM é adotado um elipsoide de referência que procura ser unificado com um elipsoide internacional, cujos parâmetros vêm sendo determinados com maior precisão.

2.2 EXECUÇÃO DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

A ABNT NBR 13.133 de 1994 visa estabelecer condições exigíveis para a execução de um levantamento topográfico que devem compatibilizar medidas angulares, medidas lineares, medidas de desníveis e as respectivas tolerâncias em função dos erros, relacionando métodos, processos e instrumentos para a obtenção de resultados compatíveis com a destinação do levantamento, assegurando que a propagação dos erros não exceda os limites de segurança inerentes a esta destinação (VEIGA,2012).

O conjunto de métodos e processos através dos quais se obtém medidas angulares e distâncias com instrumentação adequada e exatidão pretendida,

onde materializa-se pontos de apoio no terreno é denominado levantamento topográfico (ABNT, 1994).

2.2.1 Tipos de levantamento topográfico

Segundo a ABNT (1994) os principais métodos de levantamento topográfico são:

- Levantamento topográfico planimétrico → Levantamento dos limites e confrontações de uma propriedade, pela determinação do seu perímetro, incluindo, quando houver, o alinhamento da via ou logradouro com o qual faça frente, bem como a sua orientação e a sua amarração a pontos materializados no terreno de uma rede de referência cadastral.
- Levantamento topográfico altimétrico → Levantamento que objetiva a determinação das alturas relativas a uma superfície de referência, dos pontos de apoio e/ou dos pontos de detalhes, pressupondo-se o conhecimento de suas posições planimétricas, visando à representação altimétrica da superfície levantada.
- Levantamento topográfico planialtimétrico → Levantamento topográfico planimétrico acrescido da determinação altimétrica do relevo do terreno e da drenagem natural.

2.2.2 Equipamentos topográficos

Nos últimos anos, a evolução da microeletrônica também atingiu os equipamentos topográficos na determinação de dados em campo, fazendo com que a participação do operador na obtenção desses dados se tornasse menos árdua (VEIGA, 2012).

Para a execução do levantamento topográfico é necessário a utilização de instrumentos precisos. Os principais instrumentos associados ao levantamento, segundo a ABNT (1994) são: teodolitos, níveis, medidores eletrônicos de ângulos e distâncias (Estações totais), balizas, Gps, trenas, miras, prismas, termômetros, barômetros, dinamômetros, sapatas, para-sol. Segundo Cavalcante (2001), pode-se definir esses equipamentos como:

- Teodolitos → Instrumento destinado a medir ângulos horizontais e verticais.
- Níveis → Instrumento destinado a gerar um plano horizontal de referência para calcular os desníveis entre pontos.
- Estações Totais → São instrumentos destinados a medir ângulos e distâncias de forma eletrônica, com armazenamento e processamento de dados.
- Balizas → Instrumento que serve para elevar o ponto topográfico com o objetivo de torna-lo visível.
- GPS → Instrumento destinado para medição de coordenadas geodésicas via satélite.
- Trenas → Instrumento utilizado para medição direta de distâncias.
- Miras → Instrumento para medir a distância vertical de um ponto até o plano horizontal do nível.
- Prismas → Instrumento destinado a reflexão do sinal emitido por um distânciômetro ou uma estação total.
- Termômetro → Instrumento usado para medição de temperatura que se destina a correção dos valores obtidos no levantamento.
- Barômetro → Instrumento usado para medição da pressão atmosférica que se destina a correção dos valores obtidos no levantamento.
- Dinamômetro → Aparelho que se destina a medição das tensões que são aplicadas aos instrumentos que medem distâncias lineares para assegurar que a tensão de calibração seja igual a tensão aplicada.
- Sapatas → Instrumento utilizado para apoiar a mira.
- Guarda-sol → Instrumento utilizado para proteção do operador contra radiação ultravioleta solar.

2.2.3 Fases de um levantamento topográfico altimétrico

Segundo a ABNT NBR 13133, o levantamento topográfico, independentemente de sua finalidade, deverá ter no mínimo as seguintes fases: Planejamento, seções de métodos e aparelhagem; Apoio topográfico; Levantamento de

detalhes; Cálculos e ajustes; original topográfico; Desenho topográfico final e Relatório Técnico.

2.2.4 Nivelamentos

Os nivelamentos são formas de levantamento topográfico altimétrico para obter dados sobre desníveis. A NBR 13133 apresenta como os principais métodos de nivelamento:

- Nivelamento geométrico → Nivelamento que realiza a medida da diferença de nível entre pontos do terreno por meio de leituras correspondentes a visadas horizontais, obtidas com um nível, em miras colocadas verticalmente nos referidos pontos.
- Nivelamento Trigonométrico → Nivelamento que realiza a medição da diferença de nível entre pontos do terreno, indiretamente, a partir da determinação do ângulo vertical da direção que os une e da distância entre estes, fundamentando-se na relação trigonométrica entre o ângulo e a distância medidos, levando em consideração a altura do centro do limbo vertical do teodolito ao terreno e a altura sobre o terreno do sinal visado.
- Nivelamento Taqueométrico → Nivelamento trigonométrico em que as distâncias são obtidas taqueometricamente e a altura do sinal visado é obtida pela visada do fio médio do retículo da luneta do teodolito sobre uma mira colocada verticalmente no ponto cuja diferença de nível em relação à estação do teodolito é objeto de determinação.

2.2.5 Execução de Nivelamento Geométrico

A determinação da cota/altitude de um ponto é uma atividade fundamental em engenharia. Projetos de redes de esgoto, de estradas, planejamento urbano, entre outros, são exemplos de aplicações que utilizam estas informações (VEIGA, 2012).

De acordo com a NBR 13133/94, a execução do nivelamento geométrico deve determinar que as suas cotas ou altitudes sejam determinadas por nivelamento

Essa Leitura Ré é feita em um ponto de cota conhecido (RN), possibilitando a determinação do Plano de Referência (PR). Para proceder e determinar as cotas dos demais pontos, utiliza-se a equação 02:

$$\text{Equação 02:} \quad \text{Cota } X = PR + \text{Leitura Vante}$$

Após determinar todas as cotas de uma poligonal aberta ou fechada, é preciso determinar o erro de fechamento, que é dado pela seguinte relação (Macedo, 2014):

$$\text{Equação 03:} \quad \text{Erro } (\mathcal{E}) = \text{Cota final} - \text{Cota inicial}$$

2.2.7 Aceitação, rejeição e ajuste do Nivelamento Geométrico

A qualidade das operações de campo na determinação do apoio topográfico altimétrico é constatada através do controle das diferenças de nível entre o nivelamento e o contranivelamento geométricos, observados a partir do erro de fechamento (NBR13133/1994).

Para saber se esse erro de fechamento é adequado ao nivelamento, inicialmente os níveis são classificados segundo desvio padrão de 1km de duplo nivelamento, como mostra a Tabela 01 (NBR13133,1994):

Tabela 1: Classificação dos Níveis

Classes de níveis	Desvio-padrão
1 - precisão baixa	$> \pm 10 \text{ mm/km}$
2 - precisão média	$\leq \pm 10 \text{ mm/km}$
3 - precisão alta	$\leq \pm 3 \text{ mm/km}$
4 - precisão muito alta	$\leq \pm 1 \text{ mm/km}$

Fonte: NBR 13133/1994

A instrução da classe de nível vem no manual do equipamento nas especificações técnicas. Em seguida, com a classe de nível determinada, analisa-se as tolerâncias de fechamento, como mostra a Figura 02:

Figura 2: Tolerâncias de Fechamento para nivelamentos (Adaptada).

Classe	Metodologia	Desenvolvimento					Tolerâncias de fechamento
		Linha Seção	Extensão Máxima	Lance Máximo	Lance Mínimo	Nº máx. de lances	
IN Geom.	Nivelamento geométrico a ser executado com nível classe 3, utilizando miras dobráveis, centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura a ré e vante dos três fios, visadas eqüidistantes com diferença máxima de 10 m, ida e volta em horários distintos e com Ponto de Segurança (PS) a cada km, no máximo.		10 km	80 m	15 m		$12 \text{ mm } \sqrt{K}$
IIN Geom.	Nivelamento geométrico a ser executado com nível classe 2, utilizando miras dobráveis, centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura do fio médio, ida e volta ou circuito fechado, com Ponto de Segurança (PS) a cada dois km, no máximo.		10 km	80 m	15 m		$20 \text{ mm } \sqrt{K}$
IIIN Trig.	Nivelamento trigonométrico a ser realizado através de medidas de distâncias executadas com medidor eletrônico de distância - MED - classe 1, leituras recíprocas (vante e ré) em uma única série, ou medidas de distâncias executadas à trena de aço devidamente aferida, com controle estadimétrico de erro grosseiro, leituras do ângulo vertical conjugadas, direta e inversa, em uma série direta e inversa, com teodolito classe 2 ou estação total classe 2.	Princ.	10 km	500 m	40 m	40	$0,15 \text{ m } \sqrt{K}$
		Sec.	5 km	300 m	30 m	20	$0,20 \text{ m } \sqrt{K}$

Fonte: NBR 13.133/1994

Valores dentro do tolerável como mostra a Figura 02 serão aceitos, os que não tiverem em acordo não serão aceitos, tendo que ser feito um novo Nivelamento (ABNT, 1994).

O ajustamento de uma linha ou circuito nivelados e contranivelados geometricamente é realizado pela distribuição do erro de fechamento pelas várias diferenças de nível obtidas pela média aritmética dos valores observados, proporcionalmente às distâncias entre os lances nivelados ou às próprias diferenças de nível, conforme a inclinação do terreno (ABNT, 1994).

2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS

Segundo Senço (2008), o pavimento é a estrutura construída com várias camadas sobre a terraplanagem que se destina a resistir esforços verticais e horizontais do tráfego e melhorar as condições de rolamento dos veículos quanto ao conforto e segurança. Os pavimentos podem ser rígidos, flexíveis e ter componentes mistos.

2.3.1 Pavimentos Rígidos

Os pavimentos rígidos são os poucos deformáveis, geralmente constituídos de concreto de cimento, e sua característica principal de rompimento é com relação a tração na flexão, quando sujeito a deformações (SENÇO, 2008).

Ainda segundo Senço (2008) os materiais das bases rígidas poderão ser de: concreto de cimento, macadame de cimento e de mistura solo cimento. Além disso, os revestimentos rígidos desses pavimentos podem ter os mesmos materiais, acrescidos dos paralelepípedos rejuntados com cimento.

2.3.2 Pavimentos Flexíveis

Os Pavimentos flexíveis são aqueles em que as deformações até um certo limite não se rompem. Permitem que no seu dimensionamento seja levado em consideração, além da tração na flexão, a compressão. Sua característica principal de rompimento é a fadiga (SENÇO, 2008).

Senço (2008) afirma que os principais materiais das bases flexíveis podem ser de: solo estabilizado granulometricamente, macadame hidráulico, brita graduada, macadame betuminoso, paralelepípedo e de alvenaria poliédrica, estas últimas caracterizadas por aproveitamento. Já os revestimentos podem ser betuminosos (concreto betuminoso ou pré-misturados a frio e a quente) e por calçamentos (alvenaria poliédrica, paralelepípedos e blocos de concreto pré-moldados e articulados).

2.4 SEÇÃO TRANSVERSAL TÍPICA DE UM PAVIMENTO

Uma seção transversal típica de um pavimento possui todas as camadas de materiais possíveis de um pavimento, desde o subleito até o revestimento final (SENÇO, 2008). A estrutura do pavimento possuirá essas camadas que serão construídas após a terraplanagem do local, variando conforme solicitação de tráfego (ROSSI, 2017).

2.4.1 Subleito

Marques (2006) afirma que o subleito é o terreno de fundação onde será apoiado toda estrutura do pavimento. Os esforços sobre a superfície da fundação serão aliviados em sua profundidade, dispersando-se normalmente no primeiro metro (ROSSI, 2017).

Segundo Senço (2008), nos métodos de dimensionamento de pavimentos, a resistência do subleito varia de acordo com cada método. No CBR – *Califórnia Bearing Ratio*, método utilizado para determinação do Índice de Suporte Califórnia (ISC), por exemplo, a resistência é dada em porcentagem de uma determinada amostra de solo do subleito realizado em laboratório comparada a um material padrão, ao qual se atribui o CBR 100%.

Esses parâmetros permitem perceber quando se deve ou não usar um determinado solo como fundação de pavimentos. Se o CBR do subleito for inferior a 2% deve-se substituí-lo (até pelo menos um metro) por um material melhor com CBR entre 2% e 20%. Por outro lado, se o CBR for superior ou igual a 20%, recomenda-se sua utilização como sub-base (MARQUES, 2006).

2.4.2 Regularização

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), a regularização é a camada posta sobre o leito, destinada a conformá-lo transversal e longitudinalmente de acordo com as especificações, não sendo uma camada propriamente dita e sim uma operação que pode ser reduzida em corte do leito implantado ou sobreposição a ele, de camada com espessura variável.

De acordo com Senço (2008), a regularização deve ser executada em aterro, evitando as seguintes condições:

- Que sejam executados cortes difíceis no material laminar (leito) já compactada pelo tráfego ali existente;
- Que seja substituída uma camada já compactada por outra que ainda será;
- E que não sacrifique o equipamento de escarificação de forma desnecessária em camadas já compactadas.

É na regularização, que se inicia o processo de dar a superfície as características geométricas do pavimento acabado, a inclinação transversal por exemplo (SENÇO, 2008).

2.4.3 Reforço do subleito

O reforço do subleito é uma camada com espessura constante, geralmente usada sob circunstâncias técnico-econômicas com características geotécnicas inferiores a sub-base, entretanto superiores ao subleito (DNIT, 2006).

2.4.4 Sub-base

Segundo Senço (2008), a sub-base é a camada complementar a base, utilizada geralmente quando circunstâncias técnico-econômicas não permitem construir a base diretamente sobre a regularização ou reforço do subleito. Como regra geral, exceto em pavimentos de estrutura invertida, o material constituinte da sub-base deverá ter características tecnológicas superior ao dos materiais de reforço, por outro lado, os materiais das bases deverão ser superiores aos da sub-base.

2.4.5 Base

A base é a camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego, as bases podem ser mistas com o revestimento (pavimentos de concreto) ou podem ser separadas, como nos pavimentos asfálticos (SENÇO, 2008).

2.4.6 Revestimento

O revestimento é a camada que recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos, deve ser impermeável, segura e resistente ao desgaste (DNIT, 2006).

A camada mais nobre do pavimento é o revestimento, tem o maior custo unitário, com grande margem de diferença em relação as demais camadas, por isso, a realidade econômica brasileira adotou a cultura de sacrificar espessas camadas de revestimento por uma estrutura mais resistente e estável das camadas inferiores (SENÇO, 2008).

2.5 SOLO E SEUS ASPECTOS PARA INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA

2.5.1 Estrutura do solo

De acordo com a ABNT – NBR 6502, os solos são materiais oriundos da decomposição das rochas pela ação de agentes físicos ou químicos, tendo ou não matéria orgânica. Segundo Senço (2008), a estrutura de um solo é o termo usado para designar o arranjo das partículas no interior do maciço de solo. Pois, a concentração das variáveis partículas em um solo depende da composição física da rocha de origem (SANTOS, 2013).

2.5.2 Aspectos práticos das propriedades do solo

Segundo Senço (2008) em sua obra “Manual de Técnicas de Pavimentação”, sob o ponto de vista prático, as propriedades do solo são condicionadas por um grande número de fatores, e o conhecimento da combinação desses fatores é que solucionará a maioria dos problemas práticos. Os principais fatores analisados em obras rodoviárias são: teor de umidade, massa específica, grau de saturação, grau de aeração, porosidade, índice de vazios e o grau de compactidade.

2.5.3 Compactação de solos

De acordo com Santos (2008): “A compactação consiste no processo mecânico que, através de uma aplicação repetida e rápida de cargas ao solo, conduz a

uma diminuição do seu volume, e por tanto, a uma diminuição do índice de vazios e no aumento do peso específico aparente do solo, valor correspondente ao peso específico que o solo teria se ele perdesse toda a sua água sem, entretanto, variar seu volume. Em 1933, estudos comprovaram que a densidade atingida na operação de compactação dependia da umidade do solo, conseqüentemente, para a obtenção da maior massa específica aparente de um solo através da compactação, é necessário compreender a relação entre esta e a sua umidade. Assim, nas obras que necessitam de construção de terrapleno, a obtenção das maiores densidades possíveis é considerada fator de segurança e estabilidade, pois a resistência desse solo é aumentada (SENÇO, 2008).

2.5.4. Principais ensaios de Laboratório

A identificação dos solos e as suas características são realizadas por meios de ensaios, que irão avaliar seus teores de umidade, sua granulometria e seus índices de consistência (SANTOS, 2013). Além disso, como mostra Senço (2008), o parâmetro mais aceito para avaliar o comportamento de um solo como fundação de pavimento, é o Índice Suporte Califórnia (ISC).

2.5.5 Classificação de Solos

O critério mais utilizado para classificar os solos, segundo Bertoldi (2018), é a análise do tamanho dos grãos e o conhecimento de parâmetros de limite de liquidez e plasticidade das amostras. Bertoldi ainda afirma que essa classificação não é rigorosa, pois os solos encontrados não se enquadram totalmente em apenas um dos tipos, e sim na maior parte de sua composição.

De acordo com Senço (2008), em termos de pavimentação, a classificação de solos mais utilizada é a *Highway Reserach Board (H.R.B.)*, que se baseia em ensaios de granulometria, Limite de Liquidez e o Índice de Plasticidade. A Figura 03 mostra a metodologia utilizada pelo Sistema HRB de classificação:

Figura 3: Classificação de solos: Sugestão do Highway Research Board – HRB adotada pela AASHTO.

Classificação Geral	Materiais granulares (35% ou menos passando na peneira nº 200)						Materiais siltosos e argilosos (mais de 35% passando na peneira nº 200)				
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6					A-2-7
Peneiração: % que passa: Nº 10 Nº 40 Nº 200 (p)	50 máx. 30 máx. 15 máx.	50 máx. 25 máx.	51 mín. 10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características da fração que passa nº 40 Limite de Liquidez - LL (%) Índice de Plasticidade IP (%)				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de Grupo	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0		0	0	4 máx.			8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiais que predominam	Pedra Britada pedregulho e areia		Areia fina	Areia e areia silosa ou argilosa			Solos Siltosos		Solos argilosos		
Comportamento geral como subleito	Excelente a bom						Fraco a pobre				

Processo de classificação: Com os dados de laboratório, iniciar a classificação da esquerda para a direita, por eliminação. O primeiro grupo da esquerda que satisfizer os dados será o grupo procurado.

SOLOS A-7: Se $IP \leq LL - 30$, será A-7-5; Se $IP > LL - 30$, será A-7-6.

Índice de Grupo (IG): $IG = 0,2 \cdot a + 0,005 \cdot c + 0,01 \cdot b \cdot d$

Onde:

p: teor de silte + argila do solo, ou seja, a porcentagem que passa na peneira nº 200.

$a = p - 35$ (se $p > 75\%$, adota-se 75 e se $p < 35\%$, adota-se 35) a varia de 0 a 40 e 0,2. a varia de 0 a 8.

$b = p - 15$ (se $p > 55\%$, adota-se 55 e se $p < 15\%$, adota-se 15) b varia de 0 a 40 e 0,01. $b \cdot d$ varia de 0 a 8.

$c = LL - 40$ (se $LL > 60\%$, adota-se 60 e se $LL < 40\%$, adota-se 40) c varia de 0 a 20 e 0,005. $a \cdot c$ varia de 0 a 4.

$d = IP - 10$ (se $IP > 30$, adota-se 30 e se $IP < 10$, adota-se 10) d varia de 0 a 20 e 0,01. $b \cdot d$ varia de 0 a 8.

$IG_{\min} = 0$ $IG_{\max} = 20$

IG - o resultado final obtido deve ser um nº inteiro - aproximação para o nº inteiro acima.

Fonte: Manual de Técnicas de Pavimentação

2.6 ASFALTOS

Senço (2008) define asfaltos como sendo materiais aglutinantes de consistência variável, com cor pardo-escura ou negra, onde há predominância do betume, podendo ocorrer na natureza em jazidas ou ser obtido pela refinação do petróleo.

Ainda segundo Senço (2008), as principais propriedades que resultaram na escolha dos materiais betuminosos para pavimentos são: adesividade entre o betume e os agregados, que permite a ligação entre as pedras; impermeabilidade; durabilidade das misturas e manutenção das propriedades do betume por muitos anos; possibilidade de trabalho a diversas temperaturas e um

preço competitivo com relação a outros materiais utilizados como capa de rolamento.

2.6.1 Concreto Betuminoso Usinado a Quente

No Brasil, segundo Bernucci (2008), um dos tipos mais empregados de material betuminoso é o concreto asfáltico (CA), também chamado de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ). Trata-se de uma mistura de agregados de vários tamanhos e cimento asfáltico aquecidos em temperaturas previamente escolhidas em função da característica viscosidade-temperatura do ligante (BERNUCCI, 2008).

Já Rossi (2017) diz que essa mistura é composta pela matéria-prima do CBUQ, que é o Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP); o asfalto diluído de petróleo; e a pintura de ligação, conhecida por emulsão asfáltica.

2.6.2 Asfaltos diluídos

Asfaltos que resultam na diluição de um CAP por destilados leves de petróleo, com o objetivo de reduzir temporariamente sua viscosidade, facilitando a aplicação com temperaturas inferiores ao cimento asfáltico, são chamados de asfaltos diluídos (SENÇO, 2008).

Ainda, segundo Senço (2008), após a aplicação, os diluentes se evaporam, ocorrendo o que se chama de cura do concreto asfáltico. Já Cava (2017) diz que os asfaltos diluídos de petróleo (ADP) podem ser classificados em “Cura Rápida” e “Cura Média”. Enquanto esta apresenta como diluente o querosene, aquela tem o emprego de nafta, ambos destilados leves de petróleo. De acordo com a Tabela 02, os principais tipos de ADP e suas comuns utilizações são (CAVA,2017):

Tabela 2: Tipos e usos de asfaltos diluídos de petróleo (ADP).

Tipos de ADP	Principais Utilizações
CM-30	Imprimação de superfícies com textura fechada
CM-70	Imprimação de superfícies com textura aberta
CR-70	Pintura de ligação sobre superfícies não absorventes
CR-250	Tratamentos superficiais invertidos a pré-misturados a frio

Fonte: Superestrutura Rodoviária – “Asfaltos diluídos e Emulsões”

2.6.3 Emulsão Asfáltica

Segundo Pereira (2018), a emulsão asfáltica é um composto de material betuminoso ou asfalto aplicado à frio, emulsionado em água através de aditivos dispersantes. Já Senço (2008) complementa que emulsão é a mistura de dois constituintes não-miscíveis entre si que, constituem fases separadas.

Os principais tipos de emulsões asfálticas e suas utilizações, de acordo com Cava (2017), são: RR-1C e RR-2C, geralmente usados em pintura de ligação, tratamentos superficiais e macadames betuminosos; RM-1C e RM-2C, pintura de ligação, pré-misturado a frio e areia asfalto; RL-1C, pintura de ligação, pré-misturado a frio e solo betume; LA-1C e LA-2C, lama asfáltica e solo betume.

2.6.4 Ensaios de laboratório para controle de qualidade

A caracterização de materiais de pavimentação é uma tarefa complexa em virtude das propriedades desses materiais dependerem de diversos fatores. No caso das misturas asfálticas, o envelhecimento gradativo devido à oxidação do ligante aumenta a complexidade, já que é difícil a simulação desse fenômeno em laboratório para a devida caracterização do material (BERNUCCI, 2008).

Ainda segundo Bernucci (2008) os principais ensaios consagrados nas abordagens de misturas asfálticas foram o de estabilidade Marshall e o de

estabilidade Hveem. Soares (1994) diz que o método de dosagem Marshall é o mais difundido e utilizado no mundo.

Segundo Senço (2008), são vários os organismos nacionais e internacionais que se preocupam em estabelecer normas para aplicação e recebimento dos materiais betuminosos. Nos últimos 40 anos, engenheiros dos Estados Unidos, através de pesquisas e estudos melhoraram certas características ao procedimento do teste Marshall e criaram normas internacionais utilizadas em vários países inclusive no Brasil com associação ao Instituto Brasileiro do Petróleo – IBP e a ABNT (SENÇO, 2008). No Brasil, apesar da dosagem Marshall ser considerada empírica, diante da falta de aparelhagem moderna dos laboratórios brasileiros, esse método torna-se de fundamental importância para o projeto de misturas asfálticas e o seu controle tecnológico (SOARES, 1994).

2.7 PERFIL LONGITUDINAL PARA PROJETO GEOMÉTRICO

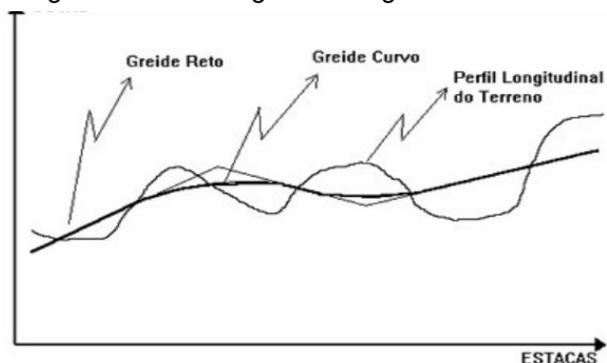
De acordo com Pimenta (2004),

O perfil longitudinal, ou simplesmente perfil, é o corte do terreno e da estrada projetada por uma superfície vertical que contém o eixo da planta. Deve ser escolhido de tal forma que permita aos veículos que percorrerem a estrada uma razoável uniformidade de operação. A escolha do perfil ideal está intimamente ligada ao custo da estrada, especialmente ao custo da terraplanagem.

O perfil longitudinal do terreno natural geralmente não é utilizado, pois é inadequado ao tráfego de veículos, além de ser irregular, pode ser muito íngreme, apresentar pouca visibilidade e ter problemas para escoamento de água nas baixadas (PIMENTA, 2004). Nesse contexto, Albano (2016) afirma que é necessário definir o greide da via, determinando assim os aclives, declives e eventuais necessidades de corte e aterro para garantir essas condições que os terrenos naturais não garantem ao tráfego de veículos (ALBANO, 2016).

Albano (2016) também afirma que para a elaboração de perfis longitudinais pode-se usar escalas verticais de 1:200 e horizontais de 1:2000 facilitando a visualização do terreno como mostra a Figura 04:

Figura 4: Perfil Longitudinal e greide de uma via.



Fonte: Macedo 2005

2.8 DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

No Brasil, o dimensionamento da estrutura dos pavimentos asfálticos tem uma metodologia preconizada pelo DNIT. Esse método é baseado no trabalho “*Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume*”, dos autores Turnbull, Foster e Ahlvin. Segundo esse procedimento, a espessura total necessária para o pavimento é determinada em função dos dados geotécnicos e das características de tráfego. Além disso, são determinadas as espessuras das camadas constituintes do pavimento com base nas inequações abaixo (DNIT,1981):

$$\text{Equação 04:} \quad R \times K_R + B \times K_B \geq H_{20}$$

$$\text{Equação 05:} \quad R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S \geq H_n$$

$$\text{Equação 06:} \quad R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S + h_n \times K_{ref} \geq H_m$$

Em que “R” é a espessura do revestimento, “B” é a espessura da base, H_{20} é a espessura sobre a sub-base, “ h_{20} ” é a espessura da sub-base, “ H_n ” é a espessura sobre o reforço do subleito, “ h_n ” é a espessura do reforço do subleito, “ H_m ” é a espessura total do pavimento sobre a infraestrutura e “ K_R ”, “ K_B ”, “ K_S ”, “ K_{ref} ” são coeficientes de equivalência estrutural do revestimento, da base, da sub-base e do reforço do subleito, respectivamente.

Ainda, segundo o DNIT, as espessuras mínimas do revestimento asfáltico são obtidas em função do “N”, tráfego em determinado período de tempo que está

vinculado à via ou rodovia. A Tabela 03 abaixo mostra a relação da espessura mínima com o número “N” relacionado ao tráfego:

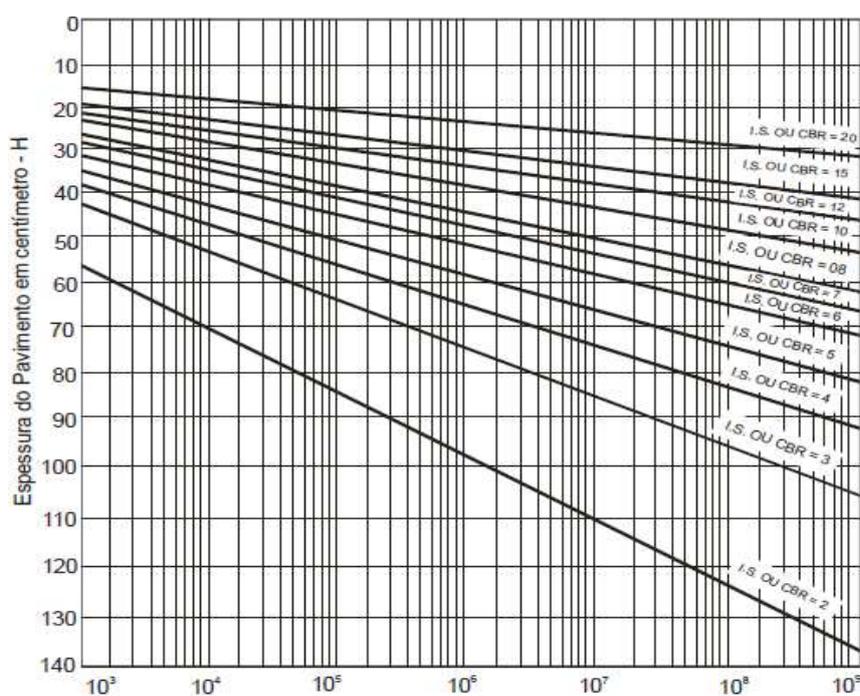
Tabela 3: Espessura Mínima do Revestimento Asfáltico.

N	Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimento betuminoso 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 (1981)

As espessuras “H_n”, “H₂₀”, “H_m” são determinadas a partir das três inequações ou pelo gráfico mostrado na Figura 05, em que a espessura necessária é obtida através do número N e dos parâmetros geotécnicos relacionados aos ensaios de CBR das camadas do pavimento (DNIT, 1981).

Figura 5:Ábaco para determinação da espessura sobre as camadas do pavimento.



Fonte: DNIT (1981)

Por fim, os coeficientes de equivalência estrutural do pavimento são determinados de acordo com o material constituinte da camada, como mostra a Tabela 04:

Tabela 4: Coeficientes Estruturais para Materiais Utilizados.

Material Constituinte da Camada	K
Base ou revestimento em concreto betuminoso	2,0
Base ou revestimento pré-misturado a quente de graduação densa	1,7
Base ou revestimento pré-misturado a frio de graduação densa	1,4
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,2
Camadas granulares	1,0
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias superior a 45 kgf/cm ²	1,7
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias entre 45 kgf/cm ² e 28 kgf/cm ²	1,4
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias entre 28 kgf/cm ² e 21 kgf/cm ²	1,2
Bases de Solo-Cal	1,2

Fonte: DNIT (1981)

2.9 ORÇAMENTO NA INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

De acordo com o decreto presidencial 7983 de 8 de abril de 2013, os custos unitários de referência para serviços e obras de infraestrutura de transportes deverão ser baseados no Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO).

Segundo Pereira (2018), o SICRO é uma ferramenta do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) e apresenta custos unitários de insumos e serviços necessários à execução de serviços e obras do modal rodoviário além de apresentar metodologias e premissas para o cálculo dos custos de referência de estruturas auxiliares.

Ainda de acordo com Pereira (2018), os custos com horários de equipamentos e materiais são obtidos por meio de pesquisas regulares de preços de mercados em todos os estados do país. Já os custos de mão de obra são baseados no Cadastro Geral de Empregados e Desempregados – CAGED do antigo Ministério do Trabalho e Emprego que atualmente a maior parte encontra-se no Ministério da Economia.

3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho abordou a coleta de informações em campo para análises e processamento de diversas formas desses dados. A Tabela 05 resume as principais abordagens utilizadas, com as principais técnicas para se atingir os objetivos específicos.

Tabela 5: Quadro síntese de metodologia

Objetivos específicos	Abordagem para análise de dados	Técnica para coletar dados
Realizar ensaios laboratoriais na rua.	Coleta de amostras em campo; Análise laboratorial das amostras.	NBR 6457/2016, NBR 7181/2016, DNIT 172/2016 – ME.
Georreferenciar e realizar levantamentos topográficos antes e depois da execução da rua.	Coleta de dados em campo; Checagem da aceitabilidade de dados.	Uso de Gps em campo, NBR 13133/1994.
Acompanhar a execução da obra pela administração pública municipal.	Coleta de informações em campo.	Registro de informações técnicas, Registro Fotográfico.
Elaborar o projeto geométrico, dimensionar a seção transversal típica da rua, quantificar volumes para a construção do pavimento.	Utilização de dados coletados em softwares e em rotinas de dimensionamento.	Dimensionamento de pavimentos asfálticos pelo IPR-DNIT. <i>AutoDesk Civil 3D</i>
Orçar os principais parâmetros associados a estrutura do pavimento e compor gastos realizados pela prefeitura.	Utilização de dados obtidos Cálculo de dados em software	Planilhas de medições com custos unitários, <i>Microsoft Excel</i>

Fonte: autor

3.1 PREFEITURA MUNICIPAL DE JABOATÃO DOS GUARARAPES

O município de Jaboatão dos Guararapes está situado no litoral do Estado de Pernambuco. Tem extensão territorial de 256 quilômetros quadrados. Limita-se ao Norte com a capital pernambucana e o município de São Lourenço da Mata, ao Sul com o Cabo de Santo Agostinho, a Leste com o Oceano Atlântico e a Oeste com Moreno. Jaboatão faz parte da Região Metropolitana do Recife – RMR (JABOATÃO DOS GUARARAPES, 2017).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), dados estimados de 2018, a população na cidade era de 697.636 pessoas, a área territorial de 258,724 km², e conseqüentemente, uma densidade demográfica de 2696,45 habitantes por quilometro quadrado.

Ainda segundo o Instituto, no último censo de 2010, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de Jaboatão era de 0,717, o que é considerado um IDH médio perante a Organização das Nações Unidas (ONU), ocupando apenas a posição de 1398º entre os municípios brasileiros (PNUD, 2013)

3.1.1 Secretaria Municipal de Infraestrutura

A função da Secretaria Municipal de Infraestrutura – SEINFRA é definida de acordo com o artigo 5º da Lei complementar municipal 29 de 27 de junho de 2017, “a Secretaria Municipal de Infraestrutura é o órgão superior, subordinado diretamente ao prefeito [...] que tem por função executar obras de pavimentação e drenagem em espaços públicos no território municipal [...]”.

Além disso, na SEINFRA, outras secretarias têm sua atuação delimitadas. Segundo o Inciso III do Parágrafo único do artigo 5º da mesma lei, “a Secretaria Executiva de Obras, Edificações e Pavimentações [...] deve executar a construção e a pavimentação de vias públicas, pontes, viadutos e redes de drenagem [...] executar a construção e conservação de estradas vicinais”. E por fim, no Inciso I do mesmo parágrafo é atribuído à Secretaria Executiva de Serviços Urbanos manter a infraestrutura urbana das vias, incluindo a conservação de vias não pavimentadas.

3.2 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E GEORREFERENCIAMENTO

A rua lati objeto de estudo deste trabalho, situa-se no bairro de Cajueiro Seco em Jaboatão dos Guararapes. Um trecho dessa rua vinha a muito tempo sem a realização de uma manutenção periódica para vias não pavimentadas, pois parte do seu trecho tinha o revestimento asfáltico e outro não, como mostram as Figuras 06, 07 e 08. Através de alta demanda da população solicitando a requalificação dessa via, a Prefeitura de Jaboatão optou por fazê-la.

Figura 6: Localização e condições de trechos da Rua lati – Cajueiro Seco.



Fonte: Google Earth

Figura 7: Trecho da Rua lati sem Revestimento asfáltico



Fonte: autor

Figura 8: Trecho da Rua Iati com revestimento asfáltico necessitando de manutenção.



Fonte: autor

Através de visita *in loco*, além de registros fotográficos das condições da via antes da interferência do órgão municipal (Figuras 07 e 08) foi realizado também o georreferenciamento da via através de um aparelho *GPS*, coletando coordenadas UTM para posterior realização de desenho de planta de situação no *software AutoCad*.

3.3 LEVANTAMENTO ALTIMÉTRICO DO TRECHO SEM INTERVENÇÃO DA PREFEITURA

Com base na NBR 13133/1994 foi realizado um levantamento topográfico altimétrico para determinação de cotas do estaqueamento longitudinal e das seções transversais em cada estaca do trecho que a prefeitura de Jabotão iria até então intervir na Rua Iati. Foi realizado um nivelamento geométrico partindo-se da Referência de Nível de 12000 milímetros obtida pelo Google Earth, como mostra a Figura 09:

Figura 9.: Referência de Nível para nivelamento na rua lati



Fonte: *Google Earth*

O Nivelamento foi realizado a partir de uma poligonal implantada no eixo da via, registrando leituras e distâncias em cadernetas de campo para posteriores cálculos conforme apresentado nos itens 2.2.5 e 2.2.6 deste trabalho.

A partir das leituras feitas em campo, e com os cálculos de acordo com a NBR 13133, determina-se a cota das estacas ao longo da via. A determinação dessas cotas tem por objetivo criar um perfil longitudinal da rua para que em seguida desenvolva-se seu projeto geométrico.

3.4 ENSAIOS DE LABORATÓRIO

3.4.1 Ensaio do solo

De acordo com as Normas Brasileiras foram coletadas amostras de solo na rua lati, em Cajueiro Seco, e realizados ensaios no Laboratório de Mecânica dos Solos, presente nas instalações da Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho (UACSA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Após coletadas as amostras, elas foram preparadas para ensaios de compactação e caracterização de acordo com a ABNT NBR 6457 de 2016, "Amostras de Solos – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de

caracterização”. Essa mesma norma, além do preparo, foi baseada para a determinação do teor de umidade da amostra de solo em laboratório.

Os ensaios de caracterização e compactação, foram baseados nas seguintes normas, como mostra a Tabela 06:

Tabela 6: Normas utilizadas para os ensaios de caracterização e compactação.

Ensaio/Análise	Norma ABNT baseada
Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água	ABNT NBR 6458 de 2016
Determinação do Limite de Liquidez	ABNT NBR 6459 de 2016
Limite de Plasticidade	ABNT NBR 7180 de 2016
Análise Granulométrica	ABNT NBR 7181 de 2016
Ensaio de Compactação	ABNT NBR 7182 de 2016

Fonte: Autor

E por fim, para completar todos os ensaios utilizados para as amostras da rua lati, foi feita a determinação do Índice de Suporte Califórnia baseada na norma DNIT 172/2016 – ME, “ Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de Ensaio”.

3.4.2 Obtenção dos dados de controle de qualidade do asfalto

Os dados referentes a Estabilidade Marshall, extração de Betume e parâmetros de caracterização utilizados no revestimento asfáltico da rua lati, foram obtidos os seus resultados a partir do ofício enviado pela Secretaria Executiva de Serviços Urbanos para a Empresa Pernambucana Técnica de Engenharia e Comércio Ltda (EMPERTEC), prestadora de serviço responsável pela execução de pavimentos asfálticos na cidade de Jaboatão dos Guararapes. Os resultados dos ensaios realizados pela EMPERTEC constam no Anexo A, Controle de qualidade de concreto asfáltico.

3.5 PROJETO GEOMÉTRICO DA RUA, GREIDE E PERFIS LONGITUDINAIS

Utilizando o *software AutoDesk Civil 3D*, foram introduzidas as coordenadas obtidas pelo GPS no georreferenciamento, conforme o item 3.2 e as cotas obtidas pelos levantamentos altimétricos, como demonstra o item 3.3. A partir da entrada desses dados, no programa foram gerados três perfis, sendo o primeiro o perfil longitudinal natural da via antes da intervenção da prefeitura. O segundo, o perfil longitudinal final executado pela prefeitura de Jaboatão. E o último, o perfil projetado, greide final da Rua Iati. Além desses perfis, foi gerado também o desenho da superfície da via com parâmetros de curvas horizontais e verticais, além das seções transversais típicas ao longo do pavimento. Por último, o corredor da via aplicado ao terreno natural no perfil projetado, em que é calculado parâmetros de corte e aterro para fins orçamentários.

3.6 DIMENSIONAMENTO

Com base no método do DNIT apresentado no item 2.8 deste trabalho, o pavimento dessa via foi dimensionado associado ao levantamento dos custos e o detalhamento dos desenhos para as operações de terraplanagem (corte, aterro, preparo de subleito, execução de bases e/ou subbases e reforços) e a execução do revestimento asfáltico.

Como não foi possível um estudo de tráfego mais detalhado neste trabalho, estimou-se o número N , com base em observações quase que diárias no período da obra. A pequena quantidade de veículos comerciais que transitavam diariamente na Rua Iati, além de estar situada em área residencial, permitiu-se estimar com folga o número N em 1×10^6 , o que, de acordo com a tabela de Espessura Mínima do Revestimento Asfáltico (Tabela 03), a via deve ter um revestimento betuminoso final de 5,0 centímetros, para não usar tratamento superficial.

3.7 ORÇAMENTO DO PROJETO GEOMÉTRICO DA RUA

De acordo com o artigo 4º do decreto 7983 de 2013, o custo global de referência dos serviços e obras de infraestrutura de transportes é obtido através de custos

unitários previstos na licitação, sendo menores ou iguais aos seus correspondentes nos custos unitários de referência do Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) do DNIT. Visando atender esse decreto, o orçamento de insumos, equipamentos e mão de obra relacionados a estrutura do pavimento da Rua Iati teve como base a tabela SICRO.

Os custos unitários foram obtidos de planilhas de medição das empresas terceirizadas, e em seguida o processo de orçamentação foi feito em planilha do *software Microsoft Excel* para atingir o custo global do trecho em estudo, analisando-se alguns possíveis cenários, abaixo são descritos os principais critérios de projeto de cada cenário:

- *Cenário 1* – Requalificação completa da rua, incluindo equipe topográfica.
- *Cenário 2* – Realizado pela prefeitura, sem incluir equipes topográficas e sem contemplar o passeio público do lado esquerdo.
- *Cenário 3* – Sem contemplar o passeio público do lado esquerdo, com equipe topográfica inclusa, base de BGS com 15 centímetros e sub-base estabilizada granulometricamente de 13 centímetros.
- *Cenário 4* – Sem contemplar o passeio público do lado esquerdo, com equipe topográfica inclusa e apenas uma base de 28 cm de BGS.
- *Cenário 5* – Sem contemplar o passeio público do lado esquerdo, com equipe topográfica inclusa, base de 18 centímetros de BGS e sub-base de 10 centímetros de macadame hidráulico.

3.8 EXECUÇÃO DA RUA PELA PREFEITURA MUNICIPAL DE JABOATÃO DOS GUARARAPES

No mês de maio de 2019, a Prefeitura de Jaboatão dos Guararapes iniciou os serviços de requalificação do pavimento da rua Iati e de outros componentes, tais como: calçadas, meio fios, áreas de lazer e drenagens profundas e superficiais. Durante este trabalho foi acompanhado a execução do pavimento, sendo registradas fotografias e anotações de técnicas empíricas utilizadas na construção do pavimento.

3.9 LEVANTAMENTO DOS GASTOS DA EXECUÇÃO DA PREFEITURA

Como todas as empresas prestadoras de serviços e obras de engenharia da cidade de Jaboatão estão submetidas aos processos licitatórios no âmbito da Lei Federal 8.666 de 1993, esse estudo é resguardado legalmente para obtenção de dados sobre gastos da execução dos serviços de obras prestados no pavimento da Rua Iati, ou quaisquer outros solicitados para o poder executivo da administração pública municipal, baseado no que mostra o parágrafo 8 do Art. 7º dessa lei: “Qualquer cidadão poderá requerer à Administração Pública os quantitativos das obras e preços unitários de determinada obra executada”.

A partir do respaldo legal, foram solicitados os quantitativos e custos unitários relacionados a materiais, mão-de-obra e equipamentos nos serviços de pavimentação da rua diante da Secretaria Executiva de Serviços Urbanos (SESURB), em seguida, foram calculados em planilhas eletrônicas do *Microsoft Excel* o custo total relacionado àquele pavimento.

3.10 CHECAGEM DO DESEMPENHO FUNCIONAL NA RUA EXECUTADA

Após a conclusão das obras na Rua Iati, foi realizada nova visita *in loco* registrando imagens por fotografia e observações relacionadas a inspeção final do pavimento asfáltico. Além disso, foi realizado um novo nivelamento geométrico com base na NBR 13133, para determinar as cotas do novo pavimento e analisar o seu perfil longitudinal comparado com o perfil antes da execução da obra.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PLANTA DE SITUAÇÃO DA RUA

Como demonstrado no item 3.2 deste trabalho, foi realizado um georreferenciamento na rua Iati, obtendo as coordenadas UTM do eixo através de levantamento topográfico, como será apresentado mais adiante no item 4.3, além dos principais pontos em torno da rua através de um aparelho GPS. A Tabela 07 a seguir mostra as coordenadas dos pontos levantados, em que MFE

são os meios fios do lado esquerdo da via, no sentido avante das estacas, SE, são as soleiras das casas desse mesmo lado e MFD e SD são os meios fios e soleiras das casas do lado direito, respectivamente:

Tabela 7 - Georreferenciamento da Rua Iati.

Ponto Levantado	Coordenada Sul	Cordenada Leste
Estaca 0	9096345,000	286795,190
MFE	9096347,340	286797,790
SE	9096349,160	286799,500
MFD	9096342,310	286792,860
SD	9096340,370	286791,220
Estaca 1	9096331,074	286809,489
MFE	9096332,810	286812,600
SE	9096334,400	286814,560
MFD	9096328,010	286807,530
SD	9096326,220	286805,860
Estaca 2	9096317,316	286823,993
MFE	9096319,200	286826,780
SE	9096320,820	286828,720
MFD	9096314,490	286821,680
SD	9096312,570	286819,940
Estaca 3	9096303,337	286838,389
MFE	9096305,360	286840,970
SE	9096311,640	286837,630
MFD	9096300,750	286835,850
SD	9096298,920	286834,140
Estaca 4	9096289,469	286852,783
MFE	9096291,260	286855,530
SE	9096292,600	286857,700
MFD	9096286,800	286850,280
SD	9096284,960	286848,450
Estaca 4 + 1	9096288,698	286853,448
MFE	9096290,450	286856,370
SE	9096291,850	286858,450
MFD	9096286,050	286850,960
SD	9096284,260	286849,250
Estaca 5	9096275,490	286867,179
MFE	9096277,390	286870,020
SE	9096278,880	286872,090
MFD	9096272,870	286864,850
SD	9096271,070	286863,050
Estaca 6	9096261,951	286881,131
MFE	9096263,780	286884,030

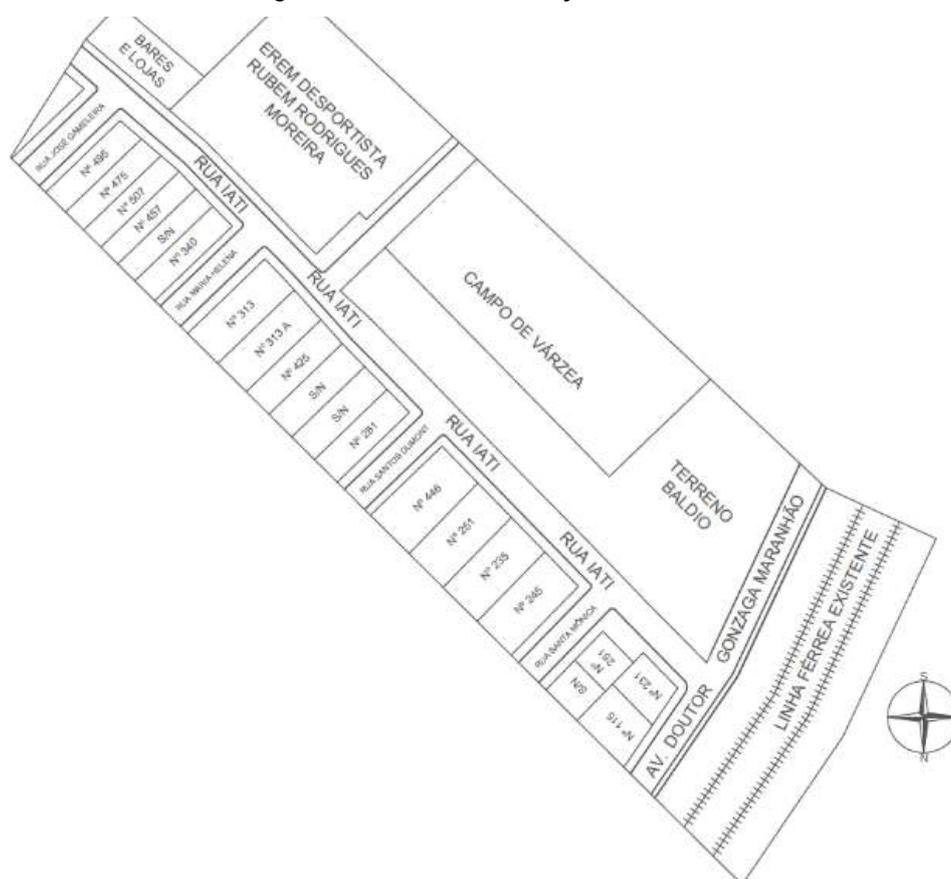
Tabela 7: Georreferenciamento da Rua Iati (cont.)

Ponto Levantado	Coordenada Sul	Cordenada Leste
SE	9096265,320	286886,060
MFD	9096259,200	286878,860
SD	9096257,350	286877,170
Estaca 7	9096247,972	286895,526
MFE	9096249,310	286897,650
SE	9096250,460	286900,010
MFD	9096245,980	286893,650
SD	9096244,220	286891,970
Estaca 7 + 5,2	9096244,450	286899,290
MFE	9096245,780	286901,380
SE	9096246,960	286903,500
MFD	9096242,460	286897,380
SD	9096240,600	286895,820
Estaca 8	9096233,553	286910,474
MFE	9096234,930	286912,650
SE	9096236,400	286914,570
MFD	9096231,460	286908,650
SD	9096229,640	286906,980
Estaca 9	9096220,015	286924,537
MFE	9096221,550	286926,470
SE	9096222,620	286928,630
MFD	9096217,960	286922,750
SD	9096216,080	286921,120
Estaca 10	9096205,144	286937,503
MFE	9096206,440	286939,680
SE	9096207,090	286942,050
MFD	9096203,370	286935,480
SD	9096201,820	286933,460
Estaca 10 + 7	9096199,856	286942,158
MFE	9096201,090	286944,530
SE	9096201,580	286946,760
MFD	9096198,020	286940,140
SD	9096196,420	286938,300
Estaca 10 + 17,7	9096191,485	286949,582
MFE	9096192,400	286951,940
SE	9096193,010	286953,870
MFD	9096189,690	286947,590
SD	9096188,040	286945,600

Fonte: autor

Com base na Tabela 07, foi possível desenhar a planta de situação da Rua Iati no software AutoCad 2D, como mostra a Figura 10:

Figura 10: Planta de Situação da Rua Iati



Fonte: autor

4.2 REGISTRO DA EXECUÇÃO DA RUA PELA PREFEITURA

Durante o período de pesquisa constatou-se que as requalificações das ruas em Jaboatão dos Guararapes eram realizadas a partir de práticas construtivas intuitivas e porque não dizer empíricas, uma vez que não há registro de projetos geométricos para as referidas requalificações.

A execução da Rua Iati pela Prefeitura Municipal de Jaboatão dos Guararapes foi baseada no conhecimento empírico de profissionais terceirizados e fiscais da administração pública municipal. Não foram realizados ensaios de caracterização e o Índice de Suporte Califórnia também não foi determinado.

Além disso, não houve um levantamento topográfico para acompanhar o comportamento do terreno e saber quanto de corte e aterro deveria ser feito no subleito para receber camadas sobrejacentes do pavimento. O acabamento das camadas inferiores ao revestimento asfáltico foi constatado e julgado aceitável apenas pelo conhecimento prático do encarregado da obra e do engenheiro responsável. Durante a execução não foi verificado nenhuma estaca com registros de cota para mostrar que tais camadas atingiram a cota necessária do projeto, sendo tudo feito de maneira estritamente visual.

É importante destacar que o trecho correspondido entre as estacas E0 e E7 não tinha revestimento asfáltico e o trecho final entre as estacas E7 e E10 + 17,7 havia um revestimento asfáltico que estava deteriorado, sendo assim a prefeitura interveio e realizou a remoção deste pavimento.

‘O projeto final da Rua Iati que foi realizado pela Prefeitura Municipal de Jaboatão dos Guararapes teve as seguintes espessuras ao longo da seção do pavimento: 5 centímetros de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), 15 centímetros de Brita Graduada Simples (BGS) e 10 centímetros de macadame (sub-base), obtidos de forma empírica. As Figuras 11 a 13 mostram algumas etapas da execução do pavimento da Rua Iati.

Figura 11: a) Execução de base com BGS (esquerda); b) Base executada na Rua Iati (direita).



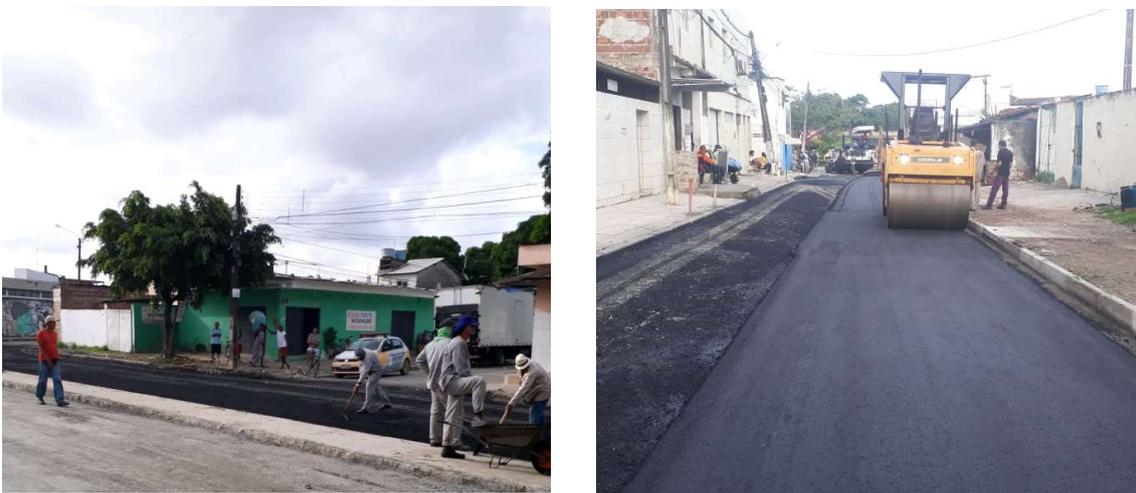
Fonte: autor

Figura 12: a) Imprimação sobre a base para execução de Revestimento em CBUQ (esquerda); b) Regularização com rasteleiros na Rua Iati (direita).



Fonte: autor

Figura 13: a) Vibroacabadora executando revestimento asfáltico (esquerda); b) Compactação de revestimento asfáltico na Rua Iati (direita).



Fonte: autor

E por fim, algumas imagens da Rua finalizada são mostradas abaixo, a Figura 14 mostra o trecho de maior largura da via, com 7 metros. E a Figura 15 mostra o trecho de menor largura da via, onde existia um revestimento asfáltico deteriorado. Além disso, como pode-se observar na Figura 14, a prefeitura decidiu fazer um estacionamento para um campo de futebol em área ao lado da calçada:

Figura 15: Rua lati finalizada (trecho com 7,0 metros de largura).



Fonte: Autor

Figura 14: Rua lati finalizada (trecho com 5,6 metros de largura).



Fonte: Autor

4.3 LEVANTAMENTOS ALTIMÉTRICOS DE ANTES E DEPOIS DA EXECUÇÃO

A Figura 16(a) a seguir, mostra o levantamento de campo realizado antes da obra de pavimentação da Rua Iati e a Figura 16(b), mostra o levantamento realizado após intervenção feita pela prefeitura de Jabotão.

Figura 16: a) Levantamento realizado antes da execução (esquerda); b) Levantamento realizado depois da execução da prefeitura (direita).



Fonte: autor

O objetivo desses levantamentos foi inicialmente determinar o erro tolerável da poligonal criada tanto antes como depois, conforme o item 2.2.7 desta pesquisa, além disso, obter as cotas para criar os perfis do terreno natural e do eixo executado pela prefeitura de Jabotão e, num segundo momento, avaliar o aspecto funcional do pavimento, como por exemplo, a drenagem superficial da via.

4.3.1 LEVANTAMENTO ANTES DA EXECUÇÃO E PARÂMETROS DE ACEITABILIDADE

O levantamento realizado antes da execução da prefeitura foi referenciado pela cota de 12000 milímetros, obtida no *Google Earth* no ponto do meio fio próximo aos trilhos no cruzamento da Rua Iati com a Av. Doutor Gonzaga Maranhão, como mostra a figura Referência de Nível para a Rua Iati (Figura 09). A Tabela

08 mostra o nivelamento e a Tabela 09 contranivelamento realizado antes da execução da prefeitura, as legendas da observação são as mesmas mostradas no item 4.1 desta pesquisa:

Tabela 8: Caderneta de campo de levantamento antes da execução da prefeitura.

NIVELAMENTO						
Estação	Ponto Visado	Levantamento		Plano de referência	Cota	OBS
		Ré	Vante			
A1	RN	1160		13160	12000,00	
	E0		1585		11575,00	Eixo
			1561		11599,00	MFE
			1440		11720,00	SE
			1571		11589,00	MFD
			1521		11639,00	SD
	E1		1725		11435,00	Eixo
			1590		11570,00	MFE
			1577		11583,00	SE
			1684		11476,00	MFD
			1527		11633,00	SD
	E2		1886		11274,00	Eixo
			1722		11438,00	MFE
			1322		11838,00	SE
			1805		11355,00	MFD
			1730		11430,00	SD
	E3		1885		11275,00	Eixo
			1819		11341,00	MFE
			1430		11730,00	SE
			1832		11328,00	MFD
			1715		11445,00	SD
A2	E3	1600		12875	11275,00	Eixo
	E4		1715		11160,00	Eixo
			1601		11274,00	MFE
			1522		11353,00	SE
			1672		11203,00	MFD
			1466		11409,00	SD
	E4+1		1726		11149,00	Eixo
			1536		11339,00	SE
			1471		11404,00	SD
	E5		1785		11090,00	Eixo
			1644		11231,00	MFE
			1432		11443,00	SE
			1801		11074,00	MFD

Tabela 8: Caderneta de campo de levantamento antes da execução da prefeitura (continuação)

NIVELAMENTO						
Estação	Ponto Visado	Levantamento		Plano de referência	Cota	OBS
		Ré	Vante			
			1608		11267,00	SD
	E6		1794		11081,00	Eixo
			1756		11119,00	MFE
			1495		11380,00	SE
			1765		11110,00	MFD
			1678		11197,00	SD
A3	E6	1248		12329	11081,00	Eixo
	E7		1440		10889,00	Eixo
			1346		10983,00	MFE
			1187		11142,00	SE
			1393		10936,00	MFD
			1075		11254,00	SD
	E7 + 5,2		1343		10986,00	Eixo
			1315		11014,00	SE
			1201		11128,00	SD
	E8		1540		10789,00	Eixo
			1415		10914,00	MFE
			1191		11138,00	SE
			1767		10562,00	MFD
			1546		10783,00	SD
	E9		1786		10543,00	Eixo
			1600		10729,00	MFE
			1971		10358,00	SE
			1425		10904,00	MFD
			1460		10869,00	SD
	E10		2058		10271,00	Eixo
			1944		10385,00	MFE
			1873		10456,00	SE
			2153		10176,00	MFD
			1940		10389,00	SD
	E10 + 7,0		2158		10171,00	Eixo
			2265		10064,00	MFD
			2128		10201,00	SD
			2186		10143,00	SE
	E10 + 17,7		2348		9981,00	Eixo
			2384		9945,00	MFD
			2352		9977,00	MFE

Fonte: autor

Tabela 9: Caderneta de campo de contranivelamento antes da execução da prefeitura.

CONTRANIVELAMENTO						
Estação	Ponto Visado	Levantamento		Plano de referência	Cota	OBS
		Ré	Vante			
A-1	E10 + 17,7	2332		12313	9981	Eixo
	E10 + 7,0		2138		10175	Eixo
	E10		2030		10283	Eixo
	E9		1759		10554	Eixo
	E8		1519		10794	Eixo
	E7 + 5,2		1341		10972	Eixo
	E7		1428		10885	Eixo
A-2	E7	1980		12865	10885	Eixo
	E6		1793		11072	Eixo
	E5		1801		11064	Eixo
	E4 + 1		1730		11135	Eixo
	E4		1710		11155	Eixo
A-3	E4	1872		13027	11155	Eixo
	E3		1743		11284	Eixo
	E2		1762		11265	Eixo
	E1		1600		11427	Eixo
	E0		1458		11569	Eixo
	RN		1031		11996	Eixo

Fonte: autor

Como demonstrado nas Tabelas 08 e 09, partiu-se no nivelamento com a cota de 12000 milímetros e retornou-se com 11996 milímetros, o que mostra um erro de fechamento de 4 milímetros. É importante destacar que apenas o eixo entra em consideração para verificar a aceitabilidade do nivelamento, sendo as cotas das seções transversais coletadas no nivelamento não utilizadas. Para saber se esse erro está dentro do tolerável conforme apresentado no item 2.2.7 dessa pesquisa, nas especificações do nível topográfico utilizado observou-se que ele é de precisão média, Classe 2 conforme a tabela Classificação dos Níveis (Tabela 01). O que leva a adotar a tolerância de $20mm\sqrt{K}$, de acordo com a figura Tolerância de fechamento para nivelamentos (Figura 02), em que K é o comprimento do nivelamento em quilômetros. Como K foi de 217,70 metros, a tolerância máxima de erro do nivelamento é de 9,33 milímetros, como o erro de fechamento foi 4 milímetros, o nivelamento é aceitável.

Por fim, com as cotas apresentadas e as coordenadas obtidas no georreferenciamento da rua de acordo com a Tabela 07, o perfil longitudinal do eixo antes da execução foi feito no *software Autodesk Civil 3D*, como mostra o Apêndice A deste trabalho.

4.3.2 LEVANTAMENTO DEPOIS DA EXECUÇÃO E PARÂMETROS DE ACEITABILIDADE

Já o nivelamento realizado depois da execução partiu da mesma referência de nível do item 4.3.1 (levantamento antes) desse estudo. A Tabela 10 mostra o nivelamento e a Tabela 11 o contranivelamento realizado depois da execução da Prefeitura de Jabotão dos Guararapes.

Tabela 10: Caderneta de Nivelamento depois da execução da prefeitura.

NIVELAMENTO						
Estação	Ponto Visado	Levantamento		Plano de referência	Cota	OBS
		Ré	Vante			
A1	RN	1344		13344	12000	
	E0		1700		11644	Eixo
			1730		11614	MFE
			1560		11784	SE
			1705		11639	MFD
			1665		11679	SD
	E1		1780		11564	Eixo
			1778		11566	MFE
			1775		11569	SE
			1785		11559	MFD
			1630		11714	SD
	E2		1887		11457	Eixo
			1884		11460	MFE
			1505		11839	SE
			1920		11424	MFD
			1652		11692	SD
	E3		1964		11380	Eixo
			1918		11426	MFE
			1672		11672	SE
			2105		11239	MFD
			1770		11574	SD
A2	E3	1802		13182	11380	Eixo
	E4		1885		11297	Eixo
			1830		11352	MFE

Tabela 10: Caderneta de Nivelamento depois da execução da prefeitura (Continuação).

NIVELAMENTO						
Estação	Ponto Visado	Levantamento		Plano de referência	Cota	OBS
		Ré	Vante			
			1818		11364	SE
			1892		11290	MFD
			1620		11562	SD
	E4+1		1891		11291	Eixo
			1833		11349	MFE
			1833		11349	SE
			1893		11289	MFD
			1621		11561	SD
	E5		1914		11268	Eixo
			1918		11264	MFE
			1730		11452	SE
			1966		11216	MFD
			1700		11482	SD
	E6		2010		11172	Eixo
			1984		11198	MFE
			1825		11357	SE
			1979		11203	MFD
			1978		11204	SD
A3	E6	1368		12540	11172	Eixo
	E7		1560		10980	Eixo/Início asfalto
			1491		11049	MFE
			1399		11141	SE
			1630		10910	MFD
			1380		11160	SD
	E7 + 5,2		1591		10949	Eixo
			1498		11042	MFE
			1508		11032	SE
			1720		10820	MFD
			1404		11136	SD
	E8		1713		10827	Eixo
			1633		10907	MFE
			1328		11212	SE
			1791		10749	MFD
			1745		10795	SD
	E9		1945		10595	Eixo
			1852		10688	MFE
			1658		10882	SE
			2065		10475	MFD
			1645		10895	SD
	E10		2258		10282	Eixo

Tabela 10: Caderneta de Nivelamento depois da execução da prefeitura (Continuação).

NIVELAMENTO						
Estação	Ponto Visado	Levantamento		Plano de referência	Cota	OBS
		Ré	Vante			
			2163		10377	MFE
			1529		11011	SE
			2410		10130	MFD
						SD
	E10 + 7,0		2363		10177	Eixo
			2348		10192	MFE
			2389		10151	SE
			2131		10409	MFD
	E10 + 17,7		2540		10000	Eixo
			2575		9965	MFD
			2538		10002	MFE

Fonte: autor

Tabela 11: Caderneta de Contranivelamento depois da execução da prefeitura.

CONTRANIVELAMENTO						
Estação	Ponto Visado	Levantamento		Plano de referência	Cota	OBS
		Ré	Vante			
A-1	E10 + 17,7	2524		12524	10000	Eixo
	E10 + 7,0		2343		10181	Eixo
	E10		2242		10282	Eixo
	E9		1918		10606	Eixo
	E8		1685		10839	Eixo
	E7 + 5,2		1585		10939	Eixo
	E7		1530		10994	Eixo
A-2	E7	1934		12928	10994	Eixo
	E6		1771		11157	Eixo
	E5		1725		11203	Eixo
	E4 + 1		1648		11280	Eixo
	E4		1642		11286	Eixo
	E3		1565		11363	Eixo
	E2		1463		11465	Eixo
A-3	E2	1802		13267	11465	Eixo
	E1		1705		11562	Eixo
	E0		1623		11644	Eixo
	RN		1275		11992	Eixo

Fonte: autor

Novamente, a tolerância de fechamento foi calculada conforme 4.3.1, partindo de 12000 milímetros, chegou-se no contranivelamento com 11992 milímetros, o

que mais uma vez mostra a aceitabilidade do nivelamento, uma vez que foram utilizados os mesmos equipamentos, com tolerâncias já calculadas de 9,33 milímetros.

Com isso, pôde-se criar o perfil longitudinal após a execução, utilizando o mesmo *software* do perfil longitudinal antes da execução, como mostra o Apêndice B deste trabalho.

4.4 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE LABORATÓRIO

4.4.1 Caracterização

A caracterização da amostra do solo da Rua Iati teve como 10,02 % de umidade, 0,16% de umidade higroscópica e uma densidade real média de 2,632 g/m³. Foram realizados também ensaios de Limite de Plasticidade e Limite de Liquidez, entretanto por ser um solo bastante arenoso não foi possível obter parâmetros de liquidez e plasticidade, sendo considerado um solo não plástico e não líquido. Além disso, o ensaio de peneiramento graúdo e miúdo foi realizado visando classificar o solo de acordo com a figura Classificação de solos: Sugestão do Highway Research Board – HRB adotada pela AASHTO (Figura 03), pois esse estudo visa classificar o solo no sistema Rodoviário, uma vez que se trata de uma obra de infraestrutura viária. A Tabela 12 a seguir mostra os dados obtidos da granulometria da amostra:

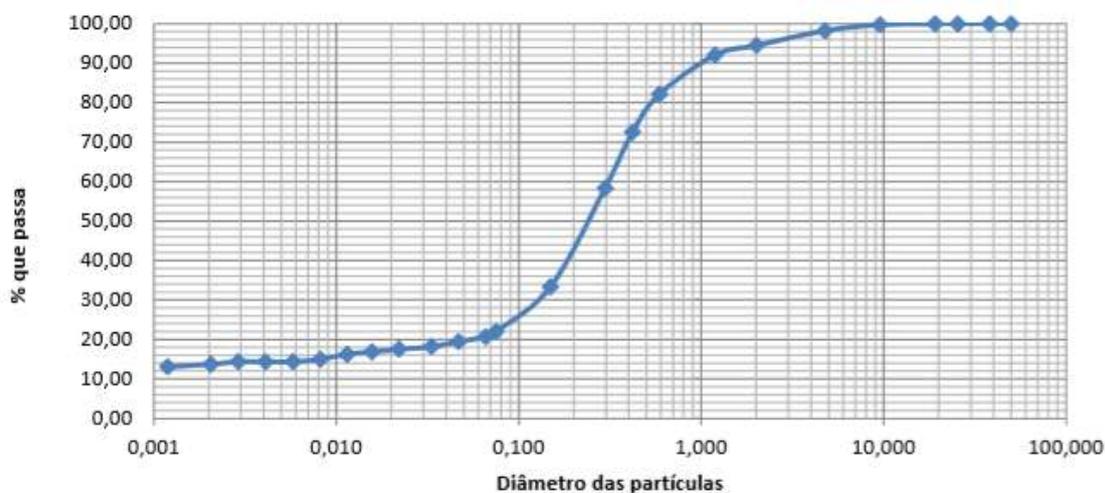
Tabela 12: Resultados do ensaio de granulometria da amostra de solo da Rua Iati.

Diâmetro (mm)	% que passa	Diâmetro (mm)	% que passa	Diâmetro (mm)	% que passa
50	100,0	0,42	72,60	0,011	16,24
38,1	100,0	0,297	58,31	0,008	14,97
25,4	100,0	0,149	33,27	0,006	14,34
19,1	100,0	0,075	22,02	0,004	14,34
9,52	99,76	0,066	20,68	0,003	14,34
4,76	98,24	0,047	19,41	0,002	13,70
2,00	94,51	0,033	18,14	0,001	13,07
1,190	92,09	0,022	17,51	-	-
0,590	82,17	0,016	16,88	-	-

Fonte: Autor

Com as porcentagens que passam em cada peneira e os seus respectivos diâmetros pode-se criar a Curva Granulométrica da amostra, como apresenta a Figura 17:

Figura 17: Curva Granulométrica da amostra de solo da Rua Iati.



Fonte: Autor

Com base nos dados de granulometria, e com a informação de o solo não ser plástico e índice de plasticidade nulo, é possível classificá-lo como A-2-4 Solos Granulares com Finos de acordo com *Highway Reserach Board* (Figura 03). Além disso, a granulometria permite determinar o teor de cada material presente nessa amostra, como apresenta a Tabela 13:

Tabela 13: Teores de areia, argila e silte da amostra da Rua Iati

% de Pedregulho	% de Areia			% de Silte	% de Argila
	Grossa	Média	Fina		
1,51	3,73	23,15	53,43	3,84	14,34

Fonte: autor

Por fim, analisando os resultados obtidos através da Tabela 13 pode-se afirmar que a Rua Iati, por estar constituída predominantemente de materiais granulares é de se esperar dessa rua um excelente comportamento como subleito, como irá ser mostrado mais adiante na determinação do Índice de Suporte Califórnia.

4.4.2 Compactação, Expansão e Índice de Suporte Califórnia

Os ensaios de compactação, expansão e Índice de Suporte Califórnia foram determinados visando conhecer o comportamento do subleito da Rua Iati como fundação da estrutura de pavimento que será construída. A Tabela 14 apresenta dados obtidos para a determinação da umidade de alguns corpos de provas e consequentemente a determinação da curva de compactação e obtenção da umidade ótima, que foi de 9,34%.

Tabela 14: Resultados do ensaio de Compactação da amostra da Rua Iati.

Corpo de Prova	Cápsula	Peso da cápsula (g)	Peso do solo úmido (g)	Peso do solo seco (g)	Teor de Umidade Médio (%)
1	2	5,508	18,004	17,352	5,467
	32	6,199	23,346	22,463	
2	1	5,812	23,606	22,331	7,590
	15	5,493	21,106	20,022	
3	28	5,759	30,236	28,121	9,451
	34	5,433	24,078	22,469	
4	14	5,080	22,876	21,180	10,767
	30	5,824	23,878	22,089	
5	40	5,484	25,365	23,094	12,845
	41	5,470	25,836	23,526	

Fonte: autor

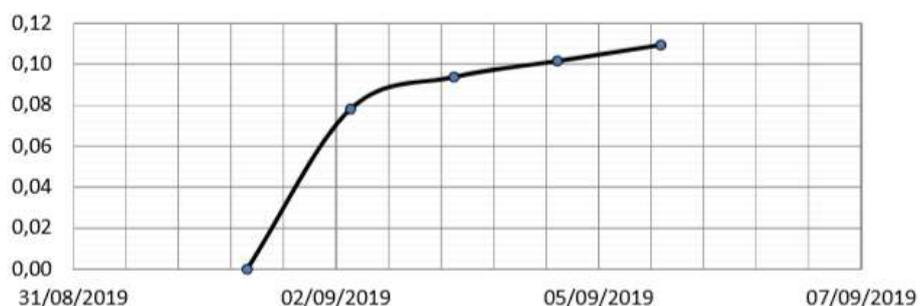
No ensaio de expansão de acordo com a norma DNIT 172/2016 – ME, “ Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de Ensaio, visando atender exigência que subleitos não devem apresentar expansibilidade maior que 2% (DONISETE, 2016), foram ensaiadas 5 amostras estando elas submersas durante 96 horas, foi registrado a expansão no intervalo de 24 horas de cada amostra e ao final de todo período submerso, o ensaio de penetração foi realizado para a determinação do ISC. As Tabelas 15 a 19 mostram os resultados do ensaio de expansão de cada amostra e as Figuras 18 a 22 mostram o comportamento de expansão de cada amostra.

Tabela 15: Resultados do ensaio de Expansão da amostra 01.

Data	Hora	Leitura do relógio	Altura inicial do corpo de prova (mm)	Expansão (%)
02/09/2019	13:00	0,00	128	0,00
03/09/2019	13:00	0,10		0,08
04/09/2019	13:00	0,12		0,09
05/09/2019	13:00	0,13		0,10
06/09/2019	13:00	0,14		0,11

Fonte: autor

Figura 18: Comportamento expansivo da amostra 01.



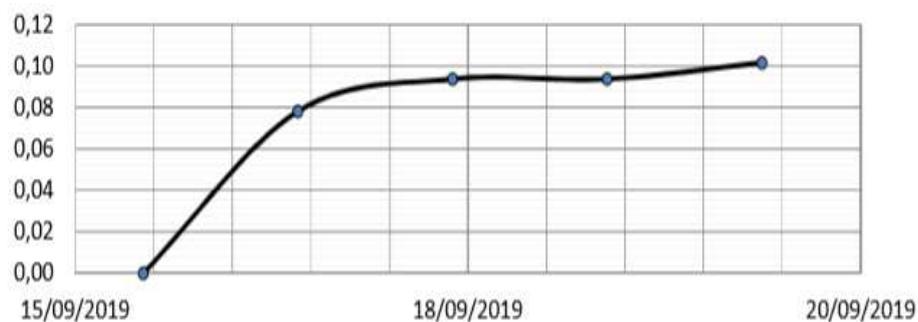
Fonte: autor

Tabela 16: Resultados do ensaio de Expansão da amostra 02.

Data	Hora	Leitura do relógio	Altura inicial do corpo de prova (mm)	Expansão (%)
16/09/2019	13:00	0,00	128	0,00
17/09/2019	13:00	0,10		0,08
18/09/2019	13:00	0,12		0,09
19/09/2019	13:00	0,12		0,09
20/09/2019	13:00	0,13		0,10

Fonte: autor

Figura 19: Comportamento expansivo da amostra 02.



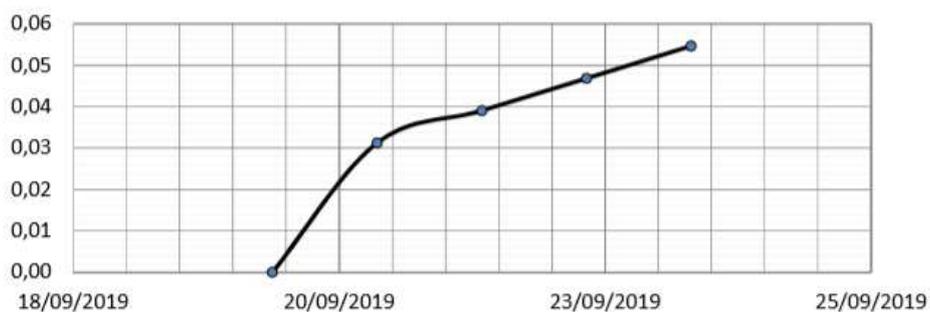
Fonte: autor

Tabela 17: Resultados do ensaio de Expansão da amostra 03.

Data	Hora	Leitura do relógio	Altura inicial do corpo de prova (mm)	Expansão (%)
20/09/2019	15:00	0,00	128	0,00
21/09/2019	15:00	0,04		0,03
22/09/2019	15:00	0,05		0,04
23/09/2019	15:00	0,06		0,05
24/09/2019	15:00	0,07		0,05

Fonte: autor

Figura 20: Comportamento expansivo da amostra 03.



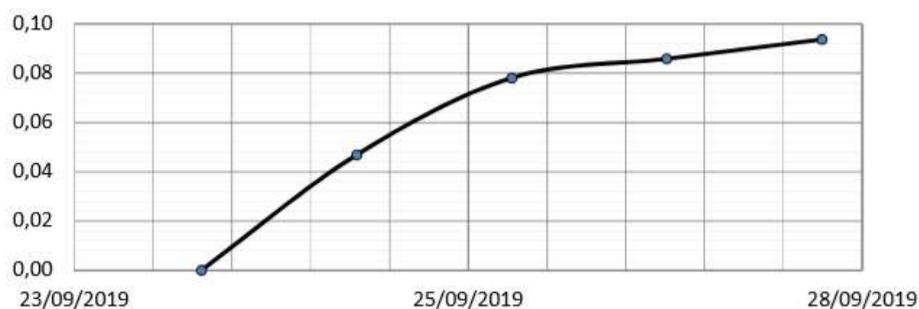
Fonte: autor

Tabela 18: Resultados do ensaio de Expansão da amostra 04.

Data	Hora	Leitura do relógio	Altura inicial do corpo de prova (mm)	Expansão (%)
24/09/2019	16:00	0,00	128	0,00
25/09/2019	16:00	0,06		0,05
26/09/2019	16:00	0,10		0,08
27/09/2019	16:00	0,11		0,09
28/09/2019	16:00	0,12		0,09

Fonte: autor

Figura 21: Comportamento expansivo da amostra 04.



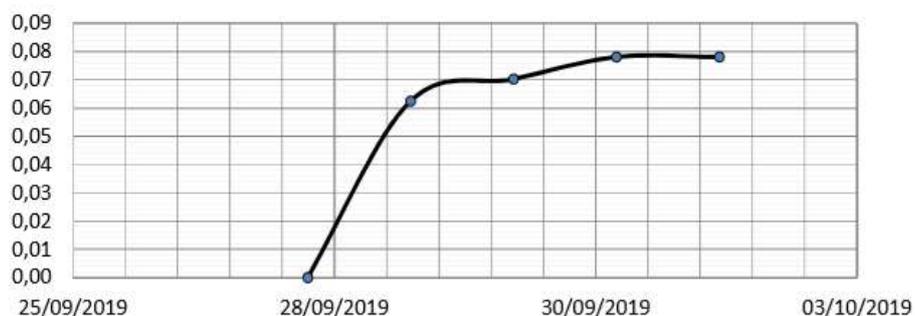
Fonte: autor

Tabela 19: Resultados do ensaio de Expansão da amostra 05.

Data	Hora	Leitura do relógio	Altura inicial do corpo de prova (mm)	Expansão (%)
28/09/2019	16:30	0,00	128	0,00
29/09/2019	16:30	0,08		0,06
30/09/2019	16:30	0,09		0,07
01/10/2019	16:30	0,10		0,08
02/10/2019	16:30	0,10		0,08

Fonte: autor

Figura 22: Comportamento expansivo da amostra 05.



Fonte: autor

Como mostram os resultados da amostra, por ser um solo predominantemente arenoso, era esperado que o comportamento expansivo desse solo fosse mínimo, uma vez que há uma baixa incidência de argilominerais, essas partículas têm caráter expansivo, e são encontrados predominantemente em solos argilosos e/ou siltosos.

Além da compactação e expansão, o ensaio de índice suporte Califórnia também foi realizado para obtenção do CBR no grau de umidade ótima para otimizar o desempenho estrutural do subleito. Foram ensaiadas 5 amostras com as umidades de 5,0%, 7,0%, 9,4%, 10% e 11,5%. As Tabelas 20 a 24 apresentam os resultados do ensaio de penetração do CBR com os seus resultados para as respectivas umidades. O Índice de Suporte Califórnia é o maior valor da razão entre a pressão corrigida e a pressão padrão na penetração de 2,54 milímetros ou 5,08 milímetros (DNIT, 2016).

Tabela 20: Resultados da Penetração do ensaio de CBR para amostra 01.

Tempo (min)	Penetração (mm)	Leitura (μm)	Pressão Calculada (MPa)	Pressão Corrigida (MPa)	Pressão Padrão (MPa)	ISC (%)
0	0,00	0	0,00	-	-	-
0,5	0,63	12	0,14	-	-	-
1	1,27	22	0,26	-	-	-
1,5	1,90	32	0,38	-	-	-
2	2,54	42	0,49	0,493	6,9	7,14
3	3,81	64	0,75	-	-	-
4	5,08	88	1,03	1,033	10,35	9,97
6	7,62	138	1,62	-	-	-
8	10,16	186	2,18	-	-	-
10	12,70	224	2,63	-	-	-

Fonte: autor

Tabela 21: Resultados da Penetração do ensaio de CBR para amostra 02.

Tempo (min)	Penetração (mm)	Leitura (μm)	Pressão Calculada (MPa)	Pressão Corrigida (MPa)	Pressão Padrão (MPa)	ISC (%)
0	0	0	0	-	-	-
0,5	0,63	11	0,13	-	-	-
1	1,27	22	0,26	-	-	-
1,5	1,90	32	0,38	-	-	-
2	2,54	45	0,53	0,532	6,9	7,65
3	3,81	68	0,80	-	-	-
4	5,08	93	1,09	1,092	10,35	10,54

Tabela 21: Resultados da Penetração do ensaio de CBR para amostra 02 (continuação).

Tempo (min)	Penetração (mm)	Leitura (μm)	Pressão Calculada (MPa)	Pressão Corrigida (MPa)	Pressão Padrão (MPa)	ISC (%)
6	7,62	141	1,65	-	-	-
8	10,16	189	2,22	-	-	-
10	12,70	239	2,80	-	-	-

Fonte: autor

Tabela 22: Resultados da Penetração do ensaio de CBR para amostra 03.

Tempo (min)	Penetração (mm)	Leitura (μm)	Pressão Calculada (MPa)	Pressão Corrigida (MPa)	Pressão Padrão (MPa)	ISC (%)
0	0	0	0	-	-	-
0,5	0,63	14	0,16	-	-	-
1	1,27	26	0,30	-	-	-
1,5	1,9	35	0,41	-	-	-
2	2,54	50	0,59	0,595	6,9	8,5
3	3,81	74	0,87	-	-	-
4	5,08	98	1,15	1,155	10,35	11,10
6	7,62	139	1,63	-	-	-
8	10,16	190	2,23	-	-	-
10	12,7	240	2,81	-	-	-

Fonte: autor

Tabela 23: Resultados da Penetração do ensaio de CBR para amostra 04.

Tempo (min)	Penetração (mm)	Leitura (μm)	Pressão Calculada (MPa)	Pressão Corrigida (MPa)	Pressão Padrão (MPa)	ISC (%)
0	0,00	0	0	-	-	-
0,5	0,63	12	0,14	-	-	-
1	1,27	23	0,27	-	-	-
1,5	1,90	36	0,42	-	-	-
2	2,54	46	0,54	0,542	6,9	7,82
3	3,81	70	0,82	-	-	-
4	5,08	90	1,06	1,062	10,35	10,20
6	7,62	131	1,54	-	-	-
8	10,16	182	2,13	-	-	-
10	12,70	241	2,83	-	-	-

Fonte: autor

Tabela 24: Resultados da Penetração do ensaio de CBR para amostra 05.

Tempo (min)	Penetração (mm)	Leitura (μm)	Pressão Calculada (MPa)	Pressão Corrigida (MPa)	Pressão Padrão (MPa)	ISC (%)
0	0,00	0	0	-	-	-
0,5	0,63	11	0,13	-	-	-
1	1,27	23	0,27	-	-	-
1,5	1,90	35	0,41	-	-	-
2	2,54	44	0,52	0,522	6,9	7,48
3	3,81	62	0,73	-	-	-
4	5,08	82	0,96	0,962	10,35	9,29

Tabela 24: Resultados da Penetração do ensaio de CBR para amostra 05 (continuação).

Tempo (min)	Penetração (mm)	Leitura (μm)	Pressão Calculada (MPa)	Pressão Corrigida (MPa)	Pressão Padrão (MPa)	ISC (%)
6	7,62	124	1,45	-	-	-
8	10,16	172	2,02	-	-	-
10	12,70	222	2,60	-	-	-

Fonte: autor

Por fim, a Tabela 25 reúne todos os dados importantes para conhecer as propriedades do solo da Rua Iati como subleito, é válido salientar que a expansão foi inferior a 2%, o que é aceitável usar esse solo como subleito sem precisar removê-lo, além disso, a massa específica aparente seca na umidade ótima de 9,34% é de 1,851 g/cm³. Com esses dados pode-se dimensionar a estrutura do pavimento, além disso, na fase executiva de preparo de subleito o engenheiro responsável da obra já teria o parâmetro para otimizar o comportamento estrutural do subleito, aplicando caminhões pipas até atingir o grau de umidade ótima.

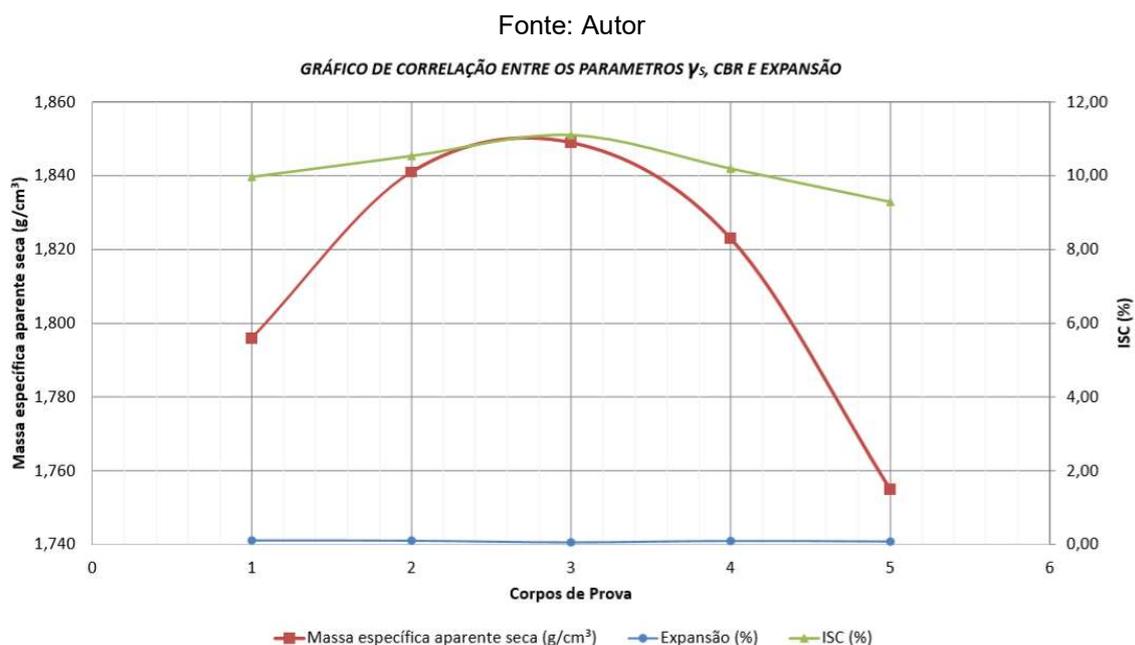
Tabela 25: Umidade, massa específica aparente seca, expansão e ISC das amostras.

Corpo de Prova	Umidade (%)	Massa específica aparente seca (g/cm ³)	Expansão (%)	ISC (%)
1	5,47	1,796	0,11	9,97
2	7,59	1,841	0,10	10,54
3	9,45	1,849	0,05	11,10
4	10,77	1,823	0,09	10,20
5	12,84	1,755	0,08	9,29

Fonte: autor

Observa-se que na umidade mais próxima da ótima o índice de suporte Califórnia apresenta o maior valor, o valor de 11,10%, todavia, para a realização do dimensionamento através do método DNIT considerou-se o valor de 10% para poder dimensionar a estrutura do pavimento, uma vez que na execução deseja-se otimizar o comportamento do subleito como fundação, e tal comportamento só é obtido na umidade ótima e massa específica aparente seca máxima. A Figura 23 mostra o gráfico de correlação entre a curva de umidade, CBR e expansão, na abcissa está o número de cada corpo de prova (1 a 5), na ordenada esquerda o parâmetro relacionado a umidade, a massa específica aparente seca e na ordenada direita o Índice de Suporte Califórnia, de maior valor na umidade ótima.

Figura 23: Gráfico de correlação entre Massa específica aparente seca, expansão e ISC.



4.5 DIMENSIONAMENTO PARA PAVIMENTO ASFÁLTICO

Após determinar parâmetros dos solos como o ISC, prosseguiu-se com o dimensionamento da seção transversal do pavimento.

Como demonstrado no item 3.6, sobre a metodologia do dimensionamento, não foi possível realizar um estudo de tráfego na Rua Iati, entretanto, observou-se

uma pequena quantidade de circulação de veículos comerciais nesse logradouro, o que propicia estimar com folga o número N para 1×10^6 .

Prosseguiu-se o dimensionamento utilizando o CBR no valor de 10%, o que propicia um fator de segurança a mais para o dimensionamento do pavimento. Além disso, como a expansão é inferior a 2%, não era necessário fazer nenhuma remoção de camadas de solo e/ou reforço de subleito.

Com o número N de 1×10^6 , de acordo com a Tabela 03, a espessura adotada para o projeto da Rua Iati é de 5,0 centímetros utilizando um material betuminoso. Para fins práticos e comparativos para esse estudo, o projeto considerará como material de revestimento o CBUQ, uma vez que a prefeitura de Jaboaão executou essa mesma rua com tal material. Utilizando as tabelas de espessura do revestimento e materiais constituintes das camadas (Tabelas 03 e 04), além das inequações 04, 05 e 06 do dimensionamento do método do DNIT e a Figura 05 (Ábaco para determinação da espessura sobre as camadas do pavimento) o dimensionamento é calculado da seguinte forma:

$$5.2 + B.1 \geq 23$$

$$10 + B \geq 23$$

$$B \geq 13 \text{ cm}$$

De acordo com o resultado acima a espessura da base tem que ser superior a 13 centímetros, uma vez que o macadame, material utilizado como sub-base possui valores de CBR maiores que 20%. Prosseguindo, utilizando a equação 6 sem reforço de subleito e sobre um subleito com 10% de CBR (parâmetro determinado por essa pesquisa) usando $B = 18 \text{ cm}$, temos:

$$5.2 + B.1 + 1 \times h_{20} + 0.1 \geq 38,0$$

$$10 + 18 + 1 \times h_{20} \geq 38,0$$

$$1 \times h_{20} \geq 10$$

$$h_{20} = 10,0 \text{ cm}$$

Após o dimensionamento acima, observa-se que a seção final transversal típica ao longo da Rua Iati terá as seguintes espessuras:

- 5 centímetros de CBUQ como revestimento asfáltico.
- 18 centímetros de BGS como material granular de base.
- 10 centímetros de macadame hidráulico como material de sub-base.
- Um subleito com 10% de CBR abaixo de todos os materiais.

4.6 PROJETO DA RUA IATI

Após a determinação do Perfil Longitudinal do Terreno Natural da rua, como mostrado no Apêndice A foi possível projetar a Rua Iati no *software Autodesk Civil 3D*. As principais premissas de projetos levadas em consideração para desenvolver o greide final projetado da rua Iati foram:

- Manter o nível das soleiras das casas acima da rua para nenhum morador sofrer com alagamentos.
- Padronizar calçadas, meio fios dos dois lados da via.
- Como a rua possui apenas sistema de drenagem do lado do campo de várzea, adotou-se uma inclinação transversal de 2% da rua, criando um escoamento pluvial direcional para a única sarjeta que existirá na rua.
- Proceder a criação do perfil projetado partindo de cota natural preexistente na Estaca 0 e chegando na estaca final com a cota natural existente. Para assim manter o nível das ruas de acordo com o das casas já existentes na região.
- A rua terá largura de 7,0 metros até à estaca 6. Após a mesma, sofrerá um estreitamento constante até atingir a largura de 5,60 metros, em que permanecerá até o final do trecho deste estudo, para atender e manter as condições preexistente da rua.
- Os parâmetros de curvas horizontais e verticais serão mostrados no Apêndice C (Perfil Projetado), já que estes serão mínimos uma vez que não há muita variação de nível e o trecho estudado é praticamente linear.
- Calçadas padronizadas de 1,50 metros de largura, com 0,10 metros de espessuras em concreto simples.

- Sarjeta única de 30 centímetros de largura, 7 centímetros de espessura e extensão ao longo dos 217,70 metros.

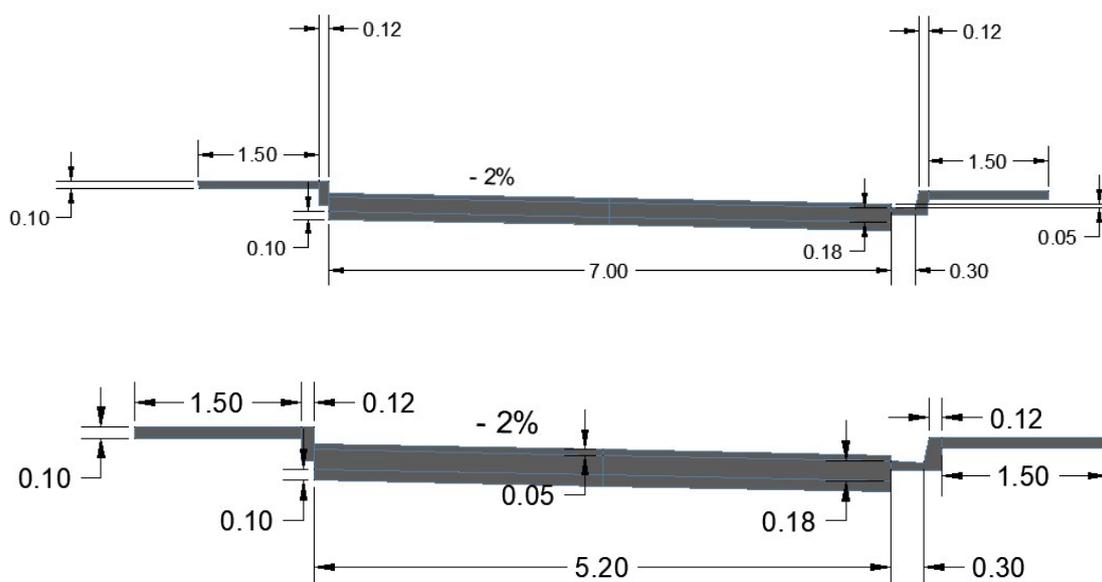
4.6.1 PERFIL PROJETADO

Com o perfil longitudinal do terreno natural, foi projetada a linha do greide final da Rua Iati, a partir desse perfil é possível determinar como serão as operações de movimentação de terra antes da execução das camadas do pavimento na Rua Iati. O Apêndice C detalha o perfil projetado.

4.6.2 SEÇÕES TRANSVERSAIS AO LONGO DO TRECHO PROJETADO

Além do perfil projetado, as seções transversais foram desenhadas no *Autodesk Civil 3D*, para auxiliar no desenvolvimento da lista de tabelas que mostrará a movimentação de terra e o consumo de materiais na Rua Iati, como será apresentado no item 4.6.4. As Figuras 24(a) e 24(b) abaixo mostram as duas seções transversais existentes ao longo dos 217,70 metros de trecho projetado, objeto desse estudo.

Figura 24: Seções transversais projetadas na Rua Iati. a) Trecho com 7 metros (imagem superior); b) Trecho com 5,2 metros (imagem inferior).



Fonte: autor

Com esses modelos de seções apresentado nas figuras acima é possível verificar através das linhas de seções do trecho estudado o comportamento altimétrico de todas as seções em cada estaca, como mostra o Apêndice D.

4.6.3 TABELAS DE MOVIMENTAÇÃO DE TERRA E LISTA DE MATERIAIS

Após o desenho dos perfis naturais, projetados e das seções transversais, foi possível determinar a quantidade de material que seria aplicada, de acordo com este projeto, na Rua Iati. As tabelas foram geradas pelo Autodesk Civil 3D, sendo a Tabela 26 apresenta a movimentação de terra referente as operações de corte e aterro no preparo da superfície de fundo da via ao longo do estaqueamento para posterior aplicação dos materiais mais nobre que comporão a estrutura do pavimento. Além dessa tabela, as Tabelas 27, 28, 29, 30 e 31 mostram, respectivamente, a quantidade de materiais que serão empregados de Sub-base (macadame), Base (BGS), Revestimento asfáltico (CBUQ), Calçada (Concreto) e guias e sarjeta (concreto) ao longo do estaqueamento estudado. Com esses quantitativos, é possível prosseguir com a orçamentação do projeto da Rua Iati.

Tabela 26: Movimentação de Terra na Rua Iati

Movimentação de Terra							
Estaca	Área de Corte (m ²)	Área de aterro (m ²)	Volume de Corte (m ³)	Volume de Aterro (m ³)	Volume de corte acum. (m ³)	Volume de aterro acum. (m ³)	Diferença (m ³)
0 + 01,08	2,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0 + 20,00	1,85	0,06	36,34	1,12	36,34	1,12	35,22
0 + 40,00	1,65	0,01	34,95	0,7	71,29	1,81	69,48
0 + 60,00	2,49	0,00	41,38	0,15	112,67	1,96	110,71
0 + 80,00	2,39	0,01	48,77	0,15	161,44	2,11	159,33
1 + 00,00	2,69	0,00	50,81	0,11	212,25	2,23	210,02
1 + 20,00	3,54	0,00	62,32	0,00	274,57	2,23	272,34
1 + 40,00	3,32	0,00	68,56	0,00	343,12	2,23	340,89
1 + 55,22	3,82	0,00	54,32	0,00	397,44	2,23	395,21
1 + 60,00	3,14	0,00	16,64	0,00	414,08	2,23	411,85
1 + 79,85	4,13	0,00	72,14	0,00	486,22	2,23	483,99
1 + 80,00	4,15	0,00	0,61	0,00	486,83	2,23	484,60
2 + 00,00	2,19	0,00	63,35	0,00	550,18	2,23	547,95
2 + 04,48	1,91	0,00	9,18	0,00	559,36	2,23	557,13
2 + 17,50	1,54	0,36	22,45	2,37	581,81	4,6	577,21

Fonte: autor

Tabela 27: Quantidade de concreto para guias e sarjeta ao longo do estaqueamento.

Concreto de guias e sarjetas			
Estaca	Área (m²)	Volume (m³)	Volume Acum. (m³)
0 + 01,08	0,10	0,00	0,00
0 + 20,00	0,10	1,95	1,95
0 + 40,00	0,10	2,07	4,02
0 + 60,00	0,10	2,07	6,08
0 + 80,00	0,10	2,07	8,15
1 + 00,00	0,10	2,07	10,21
1 + 20,00	0,10	2,07	12,28
1 + 40,00	0,10	2,07	14,35
1 + 55,22	0,10	1,57	15,92
1 + 60,00	0,10	0,49	16,41
1 + 79,85	0,10	2,05	18,46
1 + 80,00	0,10	0,02	18,48
2 + 00,00	0,10	2,07	20,54
2 + 04,48	0,10	0,46	21,00
2 + 17,50	0,10	1,34	22,35

Fonte: autor

Tabela 28: Quantidade de macadame para sub-base ao longo do estaqueamento.

Sub-base de macadame			
Estaca	Área (m²)	Volume (m³)	Volume Acum. (m³)
0 + 01,08	0,70	0,00	0,00
0 + 20,00	0,70	13,24	13,24
0 + 40,00	0,70	14,00	27,24
0 + 60,00	0,70	14,00	41,24
0 + 80,00	0,70	14,00	55,24
1 + 00,00	0,70	14,00	69,24
1 + 20,00	0,70	14,00	83,24
1 + 40,00	0,52	12,20	95,44
1 + 55,22	0,52	7,91	103,36
1 + 60,00	0,52	2,49	105,84
1 + 79,85	0,52	10,32	116,16
1 + 80,00	0,52	0,08	116,24
2 + 00,00	0,52	10,40	126,64
2 + 04,48	0,52	2,33	128,97
2 + 17,50	0,52	6,77	135,74

Fonte: autor

Tabela 29: Quantidade de BGS para base ao longo do estaqueamento.

Base de BGS			
Estaca	Área (m ²)	Volume (m ³)	Volume Acum. (m ³)
0 + 01,08	1,26	0,00	0,00
0 + 20,00	1,26	23,83	23,83
0 + 40,00	1,26	25,20	49,03
0 + 60,00	1,26	25,20	74,23
0 + 80,00	1,26	25,20	99,43
1 + 00,00	1,26	25,20	124,63
1 + 20,00	1,26	25,20	149,83
1 + 40,00	0,94	21,96	171,79
1 + 55,22	0,94	14,25	186,04
1 + 60,00	0,94	4,47	190,51
1 + 79,85	0,94	18,58	209,10
1 + 80,00	0,94	0,14	209,23
2 + 00,00	0,94	18,72	227,95
2 + 04,48	0,94	4,2	232,15
2 + 17,50	0,94	12,18	244,33

Fonte: autor

Tabela 30: Quantidade de CBUQ para revestimento asfáltico ao longo do estaqueamento.

Revestimento asfáltico em CBUQ			
Estaca	Área (m ²)	Volume (m ³)	Volume Acum. (m ³)
0 + 01,08	0,35	0,00	0,00
0 + 20,00	0,35	6,62	6,62
0 + 40,00	0,35	7,00	13,62
0 + 60,00	0,35	7,00	20,62
0 + 80,00	0,35	7,00	27,62
1 + 00,00	0,35	7,00	34,62
1 + 20,00	0,35	7,00	41,62
1 + 40,00	0,26	6,10	47,72
1 + 55,22	0,26	3,96	51,68
1 + 60,00	0,26	1,24	52,92
1 + 79,85	0,26	5,16	58,08
1 + 80,00	0,26	0,04	58,12
2 + 00,00	0,26	5,20	63,32
2 + 04,48	0,26	1,17	64,49
2 + 17,50	0,26	3,38	67,87

Fonte: autor

Tabela 31: Quantidade de concreto para calçadas ao longo do estaqueamento.

Calçada de Concreto			
Estaca	Área (m ²)	Volume (m ³)	Volume Acum. (m ³)
0 + 01,08	0,30	0,00	0,00
0 + 20,00	0,30	5,67	5,67
0 + 40,00	0,30	6,00	11,67
0 + 60,00	0,30	6,00	17,66
0 + 80,00	0,30	6,00	23,66
1 + 00,00	0,30	6,00	29,65
1 + 20,00	0,30	6,00	35,65
1 + 40,00	0,30	6,00	41,65
1 + 55,22	0,30	4,56	46,21
1 + 60,00	0,30	1,43	47,64
1 + 79,85	0,30	5,95	53,59
1 + 80,00	0,30	0,04	53,64
2 + 00,00	0,30	6,00	59,63
2 + 04,48	0,30	1,34	60,98
2 + 17,50	0,30	3,9	64,88

Fonte: autor

4.7 ORÇAMENTO DO PROJETO GEOMÉTRICO

Com base nos quantitativos gerados no projeto realizado no *Autodesk Civil 3D* dos materiais e das operações de movimentação de terra, além dos custos unitários das empresas que executam esses serviços em Jaboaão, foram construídos cinco cenários de possibilidades para a estrutura do pavimento da Rua Iati, em que o cenário 1 (Figura 25) analisa uma requalificação total da via, incluindo os passeios laterais, regularização em todo o trecho construído além da inclusão dos serviços topográficos. No cenário 2 (Figura 29) apresentou-se o custo global da execução realizado pela Prefeitura de Jaboaão cujo passeio do lado esquerdo não foi contemplado na requalificação assim como a sua regularização. No cenário 3 (Figura 26) a estrutura proposta foi dimensionada para o N de projeto utilizando-se uma sub-base estabilizada granulométrica com o CBR $\geq 20\%$ acrescentando a equipe topográfica e considerando as premissas adotadas no cenário 2. Já no cenário 4 (Figura 27) a estrutura projetada não considerou a existência de uma sub-base, adotando como estrutura de suporte

apenas uma base granular de 28 centímetros com as mesmas premissas do cenário 2 inclusos os serviços topográficos. E por fim, no cenário 5 (Figura 28), a estrutura adotada levou em consideração as premissas do cenário 2 corrigindo a espessura da base granular para atender o dimensionamento além da adição de equipe topográfica.

Figura 25: Orçamento do cenário 01.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UNIDADE ACADÊMICA DO CABO DE SANTO AGOSTINHO						
Orçamento: Pavimentação asfáltica em trecho de 218 metros.			Cliente: Prefeitura Municipal de Jaboatão dos Guararapes			
Projetista: André William Barbosa Brito			Obra: Pavimentação asfáltica da Rua Iati - Cajueiro Seco.			
Item	Descrição do serviço	Unid.	Qtde.	Custo Unitário	Custo Total	Total do Serviço
1	TERRAPLANAGEM DA VIA					R\$ 89.294,76
1.1	REGULARIZAÇÃO MECANICA DE TERRENO NATURAL, CORTE OU ATERRO ATE 20 CM DE ESPESSURA.	m²	2.150,00	R\$ 0,96	R\$ 2.064,00	R\$ 2.064,00
1.2	SERVIÇO TOPOGRÁFICO DE PEQUENO PORTE (PREÇO MÍNIMO) DIARIA DE UMA EQUIPE, COM TOPOGRÁFO, AUXILIARES, TEODOLITOS, NÍVEIS ÓTICOS, TRENA, ETC.	unid	3,00	R\$ 850,00	R\$ 2.550,00	R\$ 2.550,00
1.3	REMOÇÃO DE MATERIAL DE PRIMEIRA CATEGORIA EM CAMINHAO BASCULANTE, D.M.T. 12 KM, INCLUSIVE CARGA E DESCARGA MECANICA.	m³	517,61	R\$ 21,64	R\$ 11.201,08	R\$ 11.201,08
1.4	EXECUÇÃO DE SUB-BASE DE MACADAME HIDRAULICO , INCLUSIVE COM FORNECIMENTO DO MATERIAL.	m³	135,74	R\$ 214,50	R\$ 29.116,23	R\$ 29.116,23
1.5	ROLO COMPACTADOR VIBRATORIO COM CAPACIDADE DE 9 A 14 TON - POT.150 HP - COM MAO DE OBRA DO OPERADOR E COMBUSTIVEL.(SERVICO DIURNO).	h	40,00	R\$ 294,49	R\$ 11.779,60	R\$ 11.779,60
1.6	EXECUCAO DE BASE COM BRITA GRADUADA SIMPLES (ABRANGENDO ESPALHAMENTO E COMPACTACAO DA MISTURA EM CAMADAS SUCESSIVAS COM 15CM DE ESPESSURA INCLUSIVE FORNECIMENTO DO MATERIAL (POSTO OBRA).	m³	244,33	R\$ 133,36	R\$ 32.583,85	R\$ 32.583,85
2	EXECUÇÃO DE GUIAS E SARJETAS					R\$ 16.181,26
2.1	CONCRETO SIMPLES (1 4 8) PARA SARJETA	m³	4,50	R\$ 517,78	R\$ 2.330,01	R\$ 2.330,01
2.2	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE MEIO-FIO DE CONCRETO PRE MOLDADO,DIMENSOES (1.00 X 0.30 X 0.12)M, REJUNTADO COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA 1:2.	m	415,00	R\$ 32,75	R\$ 13.591,25	R\$ 13.591,25
2.3	ESCAVAÇÃO MANUAL ATÉ 1,5 METROS PARA EXECUÇÃO DE SARJETA.	m³	20,00	R\$ 13,00	R\$ 260,00	R\$ 260,00
3	EXECUÇÃO DE CALÇADAS					R\$ 35.872,15
3.1	REATERRO MANUAL E COMPACTAÇÃO COM SAPINHO	m³	64,88	R\$ 35,12	R\$ 2.278,59	R\$ 2.278,59
3.2	CONCRETO SIMPLES PARA CALÇADA.	m³	64,88	R\$ 517,78	R\$ 33.593,57	R\$ 33.593,57
4	PAVIMENTAÇÃO EM REVESTIMENTO ASFÁLTICO					R\$ 54.407,71
4.1	PINTURA ASFÁLTICA COM APLICAÇÃO MECÂNICA, EMULSÃO CATIONICA RR-1C, TAXA 0,5 L/M².	m²	1.380,00	R\$ 1,97	R\$ 2.718,60	R\$ 2.718,60
4.2	CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE, PARA CAMADA DE ROLAMENTO, 6% DE CAPACIDADE EM MÉDIA, INCLUSIVE APLICAÇÃO E COMPACTAÇÃO.	m³	67,87	R\$ 761,59	R\$ 51.689,11	R\$ 51.689,11
VALOR TOTAL DOS SERVIÇOS DE EXECUÇÃO SEM BDI						R\$ 195.755,88

Fonte: autor

Figura 26: Orçamento do cenário 03.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UNIDADE ACADÊMICA DO CABO DE SANTO AGOSTINHO						
Orçamento: Pavimentação asfáltica em trecho de 218 metros.			Cliente:	Prefeitura Municipal de Jaboatão dos Guararapes		
Projetista: André William Barbosa Brito			Obra:	Pavimentação asfáltica da Rua Iati - Cajueiro Seco.		
Item	Descrição do serviço	Unid.	Qtde.	Custo Unitário	Custo Total	Total do Serviço
1	TERRAPLANAGEM DA VIA					R\$ 59.154,71
1.1	REGULARIZACAO MECANICA DE TERRENO NATURAL, CORTE OU ATERRO ATE 20 CM DE ESPESSURA.	m²	1.357,40	R\$ 0,96	R\$ 1.303,10	R\$ 1.303,10
1.2	SERVIÇO TOPOGRÁFICO DE PEQUENO PORTE (PREÇO MÍNIMO) DIÁRIA DE UMA EQUIPE, COM TOPOGRÁFO, AUXILIARES, TEODOLITOS, NÍVEIS ÓTICOS, TRENA, ETC.	unid	3,00	R\$ 850,00	R\$ 2.550,00	R\$ 2.550,00
1.3	REMOCAO DE MATERIAL DE PRIMEIRA CATEGORIA EM CAMINHAO BASCULANTE, D.M.T. 12 KM, INCLUSIVE CARGA E DESCARGA MECANICA.	m³	320,00	R\$ 21,64	R\$ 6.924,80	R\$ 6.924,80
1.4	EXEC. DE SUB-BASE ESTABILIZADA GRANULOMETR. ABRANGENDO ESPALHAMENTO, HOMOG., UMEDECIMENTO E COMPACTACAO, TEOR DE COMPACTACAO A 100 POR CENTO AASHO INTERMEDIARIO(DNER-ME-48-64), INCLUSIVE FORNECIMENTO DO MATERIAL PROVENIENTE DE JAZIDA (CBR 20 POR CENTO), D.M.T. 12 KM	m³	176,46	R\$ 80,22	R\$ 14.155,62	R\$ 14.155,62
1.5	ROLO COMPACTADOR VIBRATORIO COM CAPACIDADE DE 9 A 14 TON - POT.150 HP - COM MAO DE OBRA DO OPERADOR E COMBUSTIVEL.(SERVICO DIURNO).	h	24,00	R\$ 294,49	R\$ 7.067,76	R\$ 7.067,76
1.6	EXECUCAO DE BASE COM BRITA GRADUADA SIMPLES (ABRANGENDO ESPALHAMENTO E COMPACTACAO DA MISTURA EM CAMADAS SUCESSIVAS COM 15CM DE ESPESSURA INCLUSIVE FORNECIMENTO DO MATERIAL (POSTO OBRA).	m³	203,61	R\$ 133,36	R\$ 27.153,43	R\$ 27.153,43
2	EXECUÇÃO DE GUIAS E SARJETAS					R\$ 9.729,51
2.1	CONCRETO SIMPLES (1 4 8) PARA SARJETA	m³	4,50	R\$ 517,78	R\$ 2.330,01	R\$ 2.330,01
2.2	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE MEIO-FIO DE CONCRETO PRE MOLDADO, DIMENSÕES (1.00 X 0.30 X 0.12)M, REJUNTADO COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA 1:2.	m	218,00	R\$ 32,75	R\$ 7.139,50	R\$ 7.139,50
2.3	ESCAVAÇÃO MANUAL ATÉ 1,5 METROS PARA EXECUÇÃO DE SARJETA.	m³	20,00	R\$ 13,00	R\$ 260,00	R\$ 260,00
3	EXECUÇÃO DE CALÇADAS					R\$ 17.936,08
3.1	REATERRO MANUAL E COMPACTAÇÃO COM SAPINHO.	m³	32,44	R\$ 35,12	R\$ 1.139,29	R\$ 1.139,29
3.2	CONCRETO SIMPLES PARA CALÇADA.	m³	32,44	R\$ 517,78	R\$ 16.796,78	R\$ 16.796,78
4	PAVIMENTAÇÃO EM REVESTIMENTO ASFÁLTICO					R\$ 54.407,71
4.1	PINTURA ASFÁLTICA COM APLICAÇÃO MECÂNICA, EMULSÃO CATIONICA RR-1C, TAXA 0,5 L/M².	m²	1.380,00	R\$ 1,97	R\$ 2.718,60	R\$ 2.718,60
4.2	CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE, PARA CAMADA DE ROLAMENTO, 6% DE CAPACIDADE EM MÉDIA, INCLUSIVE APLICAÇÃO E COMPACTAÇÃO.	m³	67,87	R\$ 761,59	R\$ 51.689,11	R\$ 51.689,11
VALOR TOTAL DOS SERVIÇOS DE EXECUÇÃO SEM BDI						R\$ 141.228,01

Fonte: autor

Figura 27: Orçamento do Cenário 04.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UNIDADE ACADÊMICA DO CABO DE SANTO AGOSTINHO						
Orçamento: Pavimentação asfáltica em trecho de 218 metros.			Cliente:	Prefeitura Municipal de Jaboatão dos Guararapes		
Projetista: André William Barbosa Brito			Obra:	Pavimentação asfáltica da Rua Iati - Cajueiro Seco.		
Item	Descrição do serviço	Unid.	Qtde.	Custo Unitário	Custo Total	Total do Serviço
1	TERRAPLANAGEM DA VIA					R\$ 66.175,88
1.1	REGULARIZACAO MECANICA DE TERRENO NATURAL, CORTE OU ATERRO ATE 20 CM DE ESPESSURA.	m²	1.357,40	R\$ 0,96	R\$ 1.303,10	R\$ 1.303,10
1.2	REMOCAO DE MATERIAL DE PRIMEIRA CATEGORIA EM CAMINHAO BASCULANTE, D.M.T. 12 KM, INCLUSIVE CARGA E DESCARGA MECANICA.	m³	320,00	R\$ 21,64	R\$ 6.924,80	R\$ 6.924,80
1.3	SERVIÇO TOPOGRÁFICO DE PEQUENO PORTE (PREÇO MÍNIMO) DIÁRIA DE UMA EQUIPE, COM TOPOGRÁFO, AUXILIARES, TEODOLITOS, NÍVEIS ÓTICOS, TRENA, ETC.	und	3,00	R\$ 850,00	R\$ 2.550,00	R\$ 2.550,00
1.4	ROLO COMPACTADOR VIBRATORIO COM CAPACIDADE DE 9 A 14 TON - POT.150 HP - COM MAO DE OBRA DO OPERADOR E COMBUSTIVEL.(SERVICO DIURNO).	h	16,00	R\$ 294,49	R\$ 4.711,84	R\$ 4.711,84
1.5	EXECUCAO DE BASE COM BRITA GRADUADA SIMPLES (ABRANGENDO ESPALHAMENTO E COMPACTACAO DA MISTURA EM CAMADAS SUCESSIVAS COM 15CM DE ESPESSURA INCLUSIVE FORNECIMENTO DO MATERIAL (POSTO OBRA).	m³	380,07	R\$ 133,36	R\$ 50.686,14	R\$ 50.686,14
2	EXECUÇÃO DE GUIAS E SARJETAS					R\$ 9.729,51
2.1	CONCRETO NAO ESTRUTURAL (1 4 8) PARA SARJETA	m³	4,50	R\$ 517,78	R\$ 2.330,01	R\$ 2.330,01
2.2	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE MEIO-FIO DE CONCRETO PRE MOLDADO, DIMENSÕES (1.00 X 0.30 X 0.12)M, REJUNTADO COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA 1:2.	m	218,00	R\$ 32,75	R\$ 7.139,50	R\$ 7.139,50
2.3	ESCAVAÇÃO MANUAL ATÉ 1,5 METROS PARA EXECUÇÃO DE SARJETA.	m³	20,00	R\$ 13,00	R\$ 260,00	R\$ 260,00
3	EXECUÇÃO DE CALÇADAS					R\$ 17.936,08
3.1	REATERRO MANUAL E COMPACTAÇÃO COM SAPINHO.	m³	32,44	R\$ 35,12	R\$ 1.139,29	R\$ 1.139,29
3.2	CONCRETO NAO ESTRUTURAL PARA CALÇADA.	m³	32,44	R\$ 517,78	R\$ 16.796,78	R\$ 16.796,78
4	PAVIMENTAÇÃO EM REVESTIMENTO ASFÁLTICO					R\$ 54.407,71
4.1	PINTURA ASFÁLTICA COM APLICAÇÃO MECÂNICA, EMULSÃO CATIONICA RR-1C, TAXA 0,5 L/M².	m²	1.380,00	R\$ 1,97	R\$ 2.718,60	R\$ 2.718,60
4.2	CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE, PARA CAMADA DE ROLAMENTO, 6% DE CAPACIDADE EM MÉDIA, INCLUSIVE APLICAÇÃO E COMPACTAÇÃO.	m³	67,87	R\$ 761,59	R\$ 51.689,11	R\$ 51.689,11
VALOR TOTAL DOS SERVIÇOS DE EXECUÇÃO SEM BDI						R\$ 148.249,18

Fonte: autor

Figura 28: Orçamento do Cenário 05.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UNIDADE ACADÊMICA DO CABO DE SANTO AGOSTINHO							
Orçamento: Pavimentação asfáltica em trecho de 218 metros.			Cliente:	Prefeitura Municipal de Jaboatão dos Guararapes			
Projetista: André William Barbosa Brito			Obra:	Pavimentação asfáltica da Rua Iati - Cajueiro Seco.			
Item	Descrição do serviço	Unid.	Qtde.	Custo Unitário	Custo Total	Total do Serviço	
1	TERRAPLANAGEM DA VIA					R\$ 84.257,58	
1.1	REGULARIZACAO MECANICA DE TERRENO NATURAL, CORTE OU ATERRO ATE 20 CM DE ESPESSURA.	m ²	1.357,40	R\$ 0,96	R\$ 1.303,10	R\$ 1.303,10	
1.2	SERVIÇO TOPOGRÁFICO DE PEQUENO PORTE (PREÇO MÍNIMO) DIÁRIA DE UMA EQUIPE, COM TOPOGRÁFO, AUXILIARES, TEODOLITOS, NÍVEIS ÓTICOS, TRENA, ETC.	unid	3,00	R\$ 850,00	R\$ 2.550,00	R\$ 2.550,00	
1.3	REMOCAO DE MATERIAL DE PRIMEIRA CATEGORIA EM CAMINHAO BASCULANTE, D.M.T. 12 KM, INCLUSIVE CARGA E DESCARGA MECANICA.	m ³	320,00	R\$ 21,64	R\$ 6.924,80	R\$ 6.924,80	
1.4	EXECUÇÃO DE SUB-BASE DE MACADAME HIDRAULICO, INCLUSIVE COM FORNECIMENTO DO MATERIAL.	m ³	135,74	R\$ 214,50	R\$ 29.116,23	R\$ 29.116,23	
1.5	ROLO COMPACTADOR VIBRATORIO COM CAPACIDADE DE 9 A 14 TON - POT.150 HP - COM MAO DE OBRA DO OPERADOR E COMBUSTIVEL (SERVICO DIURNO).	h	40,00	R\$ 294,49	R\$ 11.779,60	R\$ 11.779,60	
1.6	EXECUCAO DE BASE COM BRITA GRADUADA (CORRIDA ABRANGENDO ESPALHAMENTO E COMPACTACAO DA MISTURA EM CAMADAS SUCESSIVAS COM 15CM DE ESPESSURA INCLUSIVE FORNECIMENTO DO MATERIAL (POSTO OBRA).	m ³	244,33	R\$ 133,36	R\$ 32.583,85	R\$ 32.583,85	
2	EXECUÇÃO DE GUIAS E SARJETAS					R\$ 9.729,51	
2.1	CONCRETO NAO ESTRUTURAL (1 4 8) PARA SARJETA	m ³	4,50	R\$ 517,78	R\$ 2.330,01	R\$ 2.330,01	
2.2	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE MEIO-FIO DE CONCRETO PRE MOLDADO, DIMENSOES (1,00 X 0,30 X 0,12)M, REJUNTADO COM ARGAMASSA DE CIMENTO	m	218,00	R\$ 32,75	R\$ 7.139,50	R\$ 7.139,50	
2.3	ESCAVAÇÃO MANUAL ATÉ 1,5 METROS PARA EXECUÇÃO DE SARJETA.	m ³	20,00	R\$ 13,00	R\$ 260,00	R\$ 260,00	
3	EXECUÇÃO DE CALÇADAS					R\$ 17.936,08	
3.1	REATERRO MANUAL E COMPACTAÇÃO COM SAPINHO	m ³	32,44	R\$ 35,12	R\$ 1.139,29	R\$ 1.139,29	
3.2	CONCRETO NAO ESTRUTURAL PARA CALÇADA.	m ³	32,44	R\$ 517,78	R\$ 16.796,78	R\$ 16.796,78	
4	PAVIMENTAÇÃO EM REVESTIMENTO ASFÁLTICO					R\$ 54.407,71	
4.1	PINTURA ASFÁLTICA COM APLICAÇÃO MECÂNICA, EMULSÃO CATIONICA RR-1C, TAXA 0,5 L/M ² .	m ²	1.380,00	R\$ 1,97	R\$ 2.718,60	R\$ 2.718,60	
4.2	CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE, PARA CAMADA DE ROLAMENTO, 6% DE CAPACIDADE EM MÉDIA, INCLUSIVE APLICAÇÃO E COMPACTAÇÃO.	m ³	67,87	R\$ 761,59	R\$ 51.689,11	R\$ 51.689,11	
VALOR TOTAL DOS SERVIÇOS DE EXECUÇÃO SEM BDI							R\$ 166.330,88

Fonte: autor

É válido ressaltar, que nesses orçamentos não se encontram itens comuns que estariam no projeto objeto desse estudo e na medição executada pela prefeitura, uma vez que o objetivo desses levantamentos de custo trata-se para fins de comparação, e registrar itens como administração de obra, BDI, cavalete, Placa de obras dentre outros, não agregaria em nada já que estaria presente nos dois orçamentos.

4.8 MEDIÇÕES DA EXECUÇÃO DA RUA PELA PREFEITURA

A través da aferição de valores executados em campo, e com os custos unitários das empresas que executaram os serviços que integraram a requalificação da Rua Iati, foi possível determinar o custo global real da obra de R\$155.271,25 como mostra o orçamento apresentado na Figura 29:

Figura 29: Orçamento do cenário 02 (Realizado pela prefeitura).

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UNIDADE ACADÊMICA DO CABO DE SANTO AGOSTINHO						
Orçamento: Pavimentação asfáltica em trecho de 218 metros.			Cliente:	Prefeitura Municipal de Jaboatão dos Guararapes		
Projetista: André William Barbosa Brito			Obra:	Pavimentação asfáltica da Rua Iati - Cajueiro Seco.		
Item	Descrição do serviço	Unid.	Qtde.	Custo Unitário	Custo Total	Total do Serviço
1 TERRAPLANAGEM DA VIA						R\$ 66.118,07
1.1	REGULARIZACAO MECANICA DE TERRENO NATURAL, CORTE OU ATERRO ATE 20 CM DE ESPESSURA.	m ²	1.357,40	R\$ 0,96	R\$ 1.303,10	R\$ 1.303,10
1.2	REMOCAO DE MATERIAL DE PRIMEIRA CATEGORIA EM CAMINHAO BASCULANTE, D.M.T. 12 KM, INCLUSIVE CARGA E DESCARGA MECANICA.	m ³	320,00	R\$ 21,64	R\$ 6.924,80	R\$ 6.924,80
1.3	EXECUÇÃO DE SUB-BASE DE MACADAME HIDRAULICO, INCLUSIVE COM FORNECIMENTO DO MATERIAL.	m ³	98,00	R\$ 214,50	R\$ 21.021,00	R\$ 21.021,00
1.4	ROLO COMPACTADOR VIBRATORIO COM CAPACIDADE DE 9 A 14 TON - POT.150 HP - COM MAO DE OBRA DO OPERADOR E COMBUSTIVEL.(SERVICO DIURNO).	h	32,00	R\$ 294,49	R\$ 9.423,68	R\$ 9.423,68
1.5	EXECUCAO DE BASE COM BRITA GRADUADA SIMPLES (ABRANGENDO ESPALHAMENTO E COMPACTACAO DA MISTURA EM CAMADAS SUCESSIVAS COM 15CM DE ESPESSURA INCLUSIVE FORNECIMENTO DO MATERIAL (POSTO OBRA).	m ³	205,80	R\$ 133,36	R\$ 27.445,49	R\$ 27.445,49
2 EXECUÇÃO DE GUIAS E SARJETAS						R\$ 9.140,01
2.1	CONCRETO SIMPLES (1 4 8) PARA SARJETA	m ³	4,50	R\$ 517,78	R\$ 2.330,01	R\$ 2.330,01
2.2	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE MEIO-FIO DE CONCRETO PRE MOLDADO,DIMENSOES (1.00 X 0.30 X 0.12)M, REJUNTADO COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA 1:2.	m	200,00	R\$ 32,75	R\$ 6.550,00	R\$ 6.550,00
2.3	ESCAVAÇÃO MANUAL ATÉ 1,5 METROS PARA EXECUÇÃO DE SARJETA.	m ³	20,00	R\$ 13,00	R\$ 260,00	R\$ 260,00
3 EXECUÇÃO DE CALÇADAS						R\$ 14.234,92
3.1	REATERRO MANUAL E COMPACTAÇÃO COM SAPINHO	m ³	22,00	R\$ 35,12	R\$ 772,64	R\$ 772,64
3.2	CONCRETO SIMPLES PARA CALÇADA.	m ³	26,00	R\$ 517,78	R\$ 13.462,28	R\$ 13.462,28
4 PAVIMENTAÇÃO EM REVESTIMENTO ASFÁLTICO						R\$ 65.778,25
4.1	PINTURA ASFÁLTICA COM APLICAÇÃO MECÂNICA, EMULSÃO CATIONICA RR-1C, TAXA 0,5 L/M ² .	m ²	1.380,00	R\$ 1,97	R\$ 2.718,60	R\$ 2.718,60
4.2	CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE, PARA CAMADA DE ROLAMENTO, 6% DE CAPACIDADE EM MÉDIA, INCLUSIVE APLICAÇÃO E COMPACTAÇÃO.	m ³	82,80	R\$ 761,59	R\$ 63.059,65	R\$ 63.059,65
VALOR TOTAL DOS SERVIÇOS DE EXECUÇÃO SEM BDI						R\$ 155.271,25

Fonte: autor

4.9 COMPARATIVO FINAL DE CUSTOS E PROJETOS

Diante do exposto nas Figuras 25 a 29, observa-se uma diferença nos quantitativos, e conseqüentemente, nos custos executados pela prefeitura em relação aos cenários criados por esta pesquisa. A seguir apresenta-se a Tabela 32 para uma melhor visualização dos respectivos cenários:

Tabela 32: Resumo dos cenários

Cenários	Valores (R\$)
Cenário 1	195.755,88
Cenário 2	155.271,25
Cenário 3	141.228,01
Cenário 4	148.249,18
Cenário 5	166.330,88

Fonte: autor

Diante dos cenários apresentados as soluções preteridas diante do contexto técnico seriam o cenário 2, haja visto não atender os parâmetros de dimensionamento da metodologia utilizada pelo DNIT.

O não atendimento aos parâmetros de dimensionamento da metodologia utilizada pelo DNIT parte do princípio do número N estimado (1×10^6) fato este que só poderá ser esclarecido através de um estudo de tráfego.

Vinculando a solução técnica ao atual cenário econômico enfrentado pelas cidades brasileiras, o cenário 3 mostrou-se viável apesar de não contemplar o passeio do lado esquerdo da via que ainda apresenta bom estado de conservação.

A falta do controle topográfico na geometria do revestimento da via implicou num acréscimo de volume na ordem de 15 m^3 de CBUQ correspondendo a um valor aproximado de R\$ 12.000,00. O que se justificaria a contratação de um controle topográfico no valor diário de R\$ 850,00. Além disso, uma equipe topográfica acarretaria num maior controle do escoamento pluvial da via, evitando problemas de acúmulo de água em trechos da via, como mostra a Figura 30.

Figura 30: Trecho com acúmulo de água na Rua Iati.



Fonte: autor

5 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como principal objetivo projetar a Rua Iati com parâmetros topográficos e ensaios realizados do solo obtidos em campo para poder criar um orçamento desse projeto e comparar com a execução realizada da mesma rua pela Prefeitura de Jaboatão dos Guararapes.

Com base no registro da execução da rua pela prefeitura foi observado a aplicação dos conhecimentos empíricos de profissionais terceirizados e fiscais do município. Entretanto, não foram realizados ensaios do solo e não houve um levantamento topográfico para acompanhar o comportamento do terreno para assim poder projetar e dimensionar a rua, o que se leva a concluir que os procedimentos técnicos na construção de vias têm que ser aplicados aliados ao conhecimento empírico dos profissionais, e não este último substituir a técnica por completo.

Ao longo desse trabalho é demonstrado a importância de conhecer parâmetros como: granulometria, taxa de expansibilidade e a capacidade de suporte do solo. São parâmetros fundamentais para que o projeto possa atender seu período de projeto previsto inicialmente (10 anos);

Os serviços topográficos são de relevante valor no controle geométrico da execução das camadas constituintes da estrutura do pavimento. Percebe-se claramente que a variação de 1 centímetro em sua espessura irá impactar fortemente no custo da referida camada. Além disso, o controle final das cotas e suas respectivas declividades implicam diretamente na qualidade funcional do pavimento, prevenindo-se possíveis pontos de alagamento.

Além dos fatos já expostos, com relação aos custos obtidos no projeto, e apresentado alguns cenários foi apresentada a possibilidade de se obter uma estrutura mais viável técnica e economicamente.

Por fim, é recomendável para outras pesquisas, um maior aprofundamento de estudos que visem a observar aspectos na durabilidade das nossas infraestruturas rodoviárias, analisando com mais acurácia aspectos de tráfego e controle de qualidade de materiais aplicados em vias e rodovias. Outro fator a considerar, são os custos associados ao emprego da infraestrutura urbana, que se realizado sem análise técnica e econômica corre-se o risco de má utilização dos recursos públicos. Compreendendo-se que o conhecimento empírico seja empregado de maneira associada ao conhecimento técnico buscando a otimização de recursos econômicos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Amostras de Solos – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro, NBR 6457, 2016.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Solo - Determinação do Limite de Liquidez**. Rio de Janeiro, NBR 6459, 2016.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Solo - Determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro, NBR 7180, 2016.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Execução de Levantamento Topográfico**. Rio de Janeiro, NBR 13133, 1994

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água**. Rio de Janeiro, NBR 6458, 2016.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Rochas e solos**. Rio de Janeiro, NBR 6502, 1995.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Solo - Análise granulométrica**. Rio de Janeiro, NBR 7181, 2016.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Solo - Ensaio de compactação**. Rio de Janeiro, NBR 7182, 2016.

ALBANO, João Fortini. **Vias de Transporte**. Porto Alegre: Bookman, 2016.

BERNUCCI, Liedi Bariani, *et al.* **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. 2008. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2018/03/Cap-4-Tipos-de-revestimentos-asf%C3%A1lticos.pdf>>. Acesso em 22/08/2019.

BERTOLDI. **Tipos de Solos da Construção Civil**. 2018. Disponível em: <<http://gbcengenharia.com.br/blog/tipos-de-solo-da-construcao-civil/>>. Acesso em: 20/08/2019.

BEZERRA, Vanessa Rosales. **Mapeamento georreferenciado de resíduos de Construção Civil na Cidade de Campina Grande. 2016**. Disponível em: <<http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/12013/1/PDF%20-%20Vanessa%20Rosales%20Bezerra.pdf>>. Acesso em: 09/08/2019.

BRASIL. **Decreto nº 7983**, 08 de Abril de 2013. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Decreto/D7983.htm>. Acesso em: 02/09/2019.

BRASIL. **Lei nº 8666**, 21 de Junho de 1993. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm>. Acesso em: 02/09/2019.

CAVA, Felipe. **Superestrutura Rodoviária – “Asfalto diluído e emulsões”**. 2017. Disponível em: <<https://alemdainercia.wordpress.com/2017/08/08/superestrutura-rodoviaria-asfalto-diluido-e-emulsoes/>>. Acesso em: 23/08/2019.

CAVALCANTE, Eduardo Valério Amaral. **Instrumentos Topográficos**. 2001. Disponível em: <<http://files.gpsforest.webnode.pt/200000012-f04e6f1493/Cap%2B%C2%A1tulo%2001%20-%20INSTURMENTOS%20TOPOGRAFICOS.pdf>>. Acesso em 13/08/2019.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Pavimentação**. 3ed. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT 139/2010 – ES. **Pavimentação – Sub-base estabilizada granulometricamente – Especificação de Serviço**. Rio de Janeiro, 2010.

DNIT 172/2016 – ME. **Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de Ensaio**. Brasília, 2016.

DONISETE, Igor. **Ensaio de Índice de Suporte Califórnia**. 2016. Disponível em: <<http://lpe.tempsite.ws/blog/index.php/ensaio-de-indice-de-suporte-california-cbr/>>. Acesso em: 15/11/2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. **Jaboatão dos Guararapes**. 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/jaboatao-dos-guararapes.html>>. Acesso em: 05/08/2017.

JABOATÃO DOS GUARARAPES. **História da cidade**. 2017. Disponível em: <<https://jaboatao.pe.gov.br/historia-da-cidade/>>. Acesso em: 05/08/2019.

JABOATÃO DOS GUARARAPES. **Lei Complementar Municipal 29**, 27 de Junho de 2017. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pe/j/jaboatao-dos-guararapes/lei-complementar/2017/2/29/lei-complementar-n-29-2017-dispoe-sobre-a-estrutura-organizacional-da-administracao-direta-e-indireta-do-municipio-do-jaboatao-dos-guararapes-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 05/08/2019.

MACEDO, Edvaldo Lins. **Elementos Geométricos das Estradas de Rodagens**. 2005. Disponível em: <<http://www.topografiageral.com/Curso/capitulo%2005.php>>. Acesso em: 05/09/2019.

MACEDO, Marcia. **Nivelamento Geométrico**. 2014. Disponível em: <http://topografiapoli.pbworks.com/w/file/etch/77221247/MMacedo_TopoAlt_Nivelamento_Geometrico.pdf>. Acesso em 14/08/2019.

MARQUES, Geraldo Luciano de Oliveira. **Pavimentação**. 2006. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2009/03/Notas-de-Aula-Prof.-Geraldo.pdf>>. Acesso em: 16/08/2019.

NAKAMURA, Aristeu Zensaburo. JÚNIOR, Pedro Guidara. **Geotecnologias aplicadas à construção civil**. 2010. Disponível em: <http://www.brasilengenharia.com/portal/images/stories/revistas/edicao601/Art_Construcao_Civil_601.pdf>. Acesso em: 08/08/2019.

PEREIRA, Caio. **Emulsão Asfáltica – Passo a passo da aplicação**. 2013. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/emulsao-asfaltica/>>. Acesso em: 23/08/2019.

PEREIRA, Eduardo Afonso Souza. **Avaliação dos Custos de Canteiros de Obras Rodoviárias de acordo com o Novo Sistema de Custos Referenciais de Obras – Sicro**. 2018. Disponível em: <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/21116/1/2018_EduardoAfonsoSouzaPereira_tcc.pdf>. Acesso em 02/09/2019.

PIMENTA, Carlos R. T. OLIVEIRA, Márcio P. **Projeto Geométrico de Rodovias**. 2ª Edição. São Carlos: RiMa Editora, 2004.

PNUD – Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento do Brasil. **Ranking IDHM Municípios 2010**. 2010. Disponível em: <<http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/rankings/idhm-municipios-2010.html>>. Acesso em: 05/08/2019.

ROSSI, Anna Carolina. **Etapas de uma obra de pavimentação e dimensionamento de pavimento para uma via na Ilha do Fundão**. 2017. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10019646.pdf>>. Acesso em 16/08/2019.

ROSSI, Fabrício. **Misturas Betuminosas: CBUQ, CAP, RR e CM**. Disponível em: <<https://pedreiro.com.br/misturas-betuminosas-cbuq-cap-rr-cm-passo-a-passo/>>. Acesso em: 22/08/2019.

SANTOS, Jaime A. **Compactação: elementos teóricos**. 2008. Disponível em: <http://www.civil.ist.utl.pt/~jaime/Compacta_T.pdf>. Acesso em: 20/08/2019.

SANTOS, Joziani Nunes dos. **Estudo dos solos para construção civil da Cidade de Mossoró-Rn.** 2013. Disponível em: <<http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/270/TCC%20-%20BCT/TCC%20-%20Joziani%20Nunes%20dos%20Santos.pdf>>. Acesso em: 18/08/2019.

SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. São Paulo: Pini, 2008.

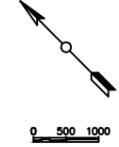
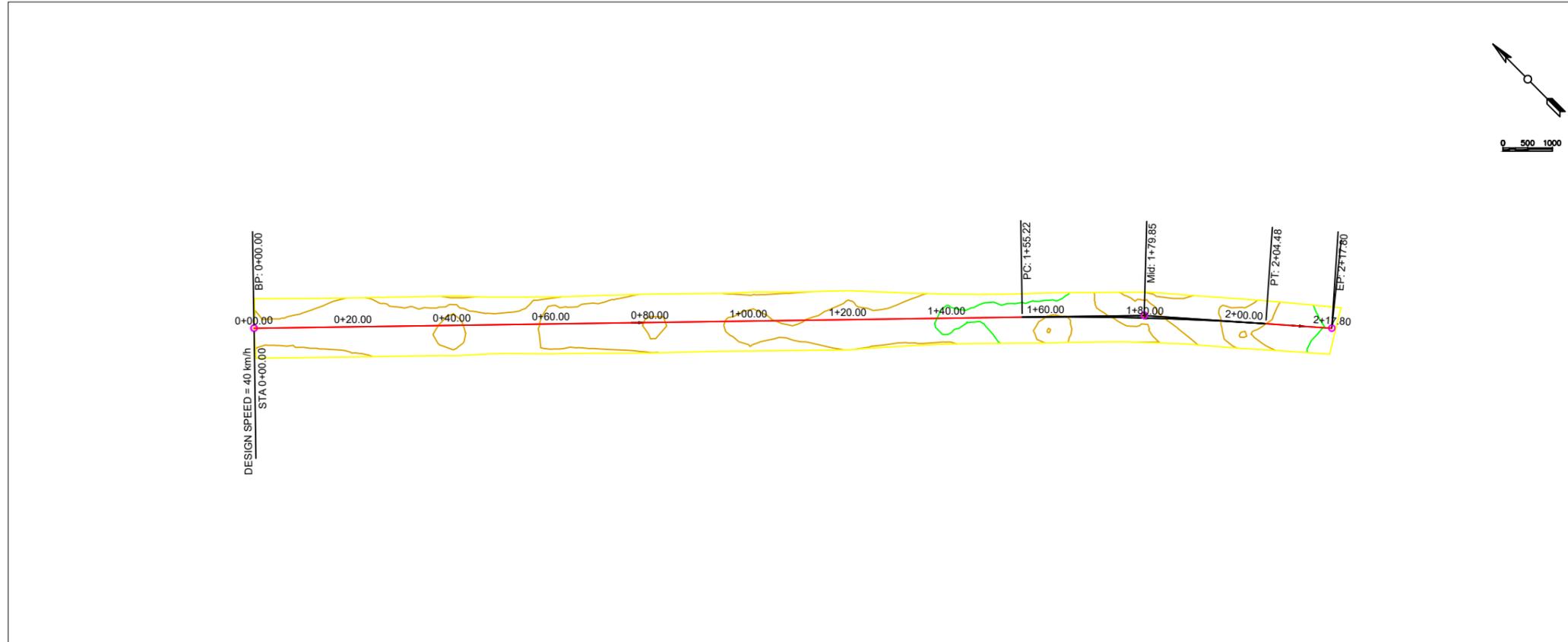
SILVA, Célio Henrique Souza, *et al.* **Coordenadas Topográficas X Coordenadas UTM.** 2018. Disponível em: <<https://mundogeo.com/2013/06/05/coordenadas-topograficas-x-coordenadas-utm/>>. Acesso em: 09/08/2019.

SOARES, Jorge Barbosa. CAVALCANTE, Verônica Texeira Franco. **Dosagem “Passo a Passo”**. 1994. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/19/artigos/142.pdf>>. Acesso em: 25/08/2019.

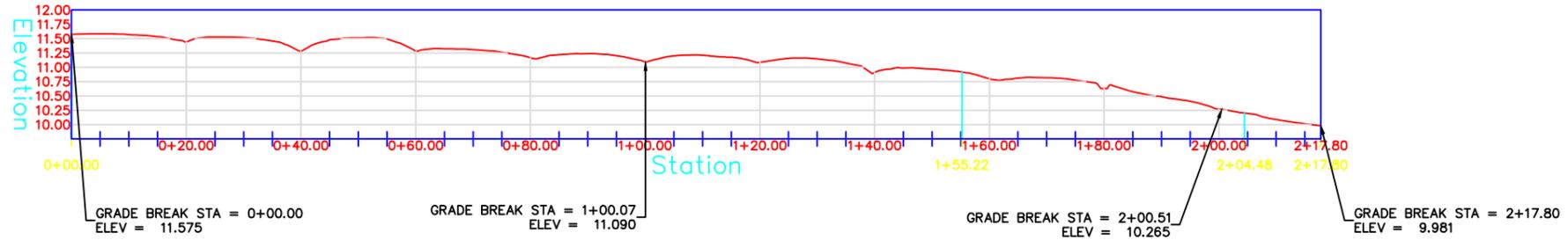
VEIGA, Luiz Augusto Koenig. ZANETTI, Maria Aparecida Zehnpfennig. FAGGION, Pedro Luis. **Fundamentos de Topografia**. 2012. Disponível em: <http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 10/08/2019.

**APÊNDICE A – PERFIL LONGITUDINAL DO TERRENO NATURAL DA RUA
IATI**

25.11.2019 PERFIL DO TERRENO NATURAL - RUA IATI



Perfil do Terreno Natural - Rua Iati



General Notes

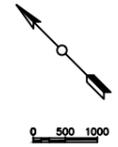
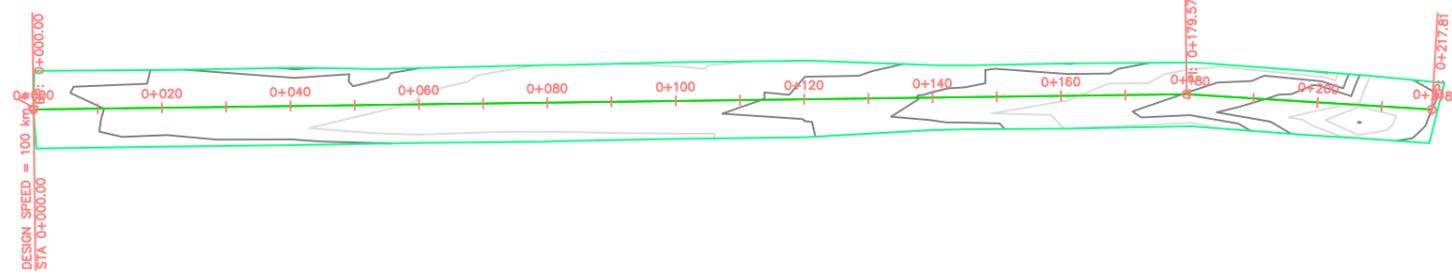
No.	Revision/Issue	Date

Firm Name and Address

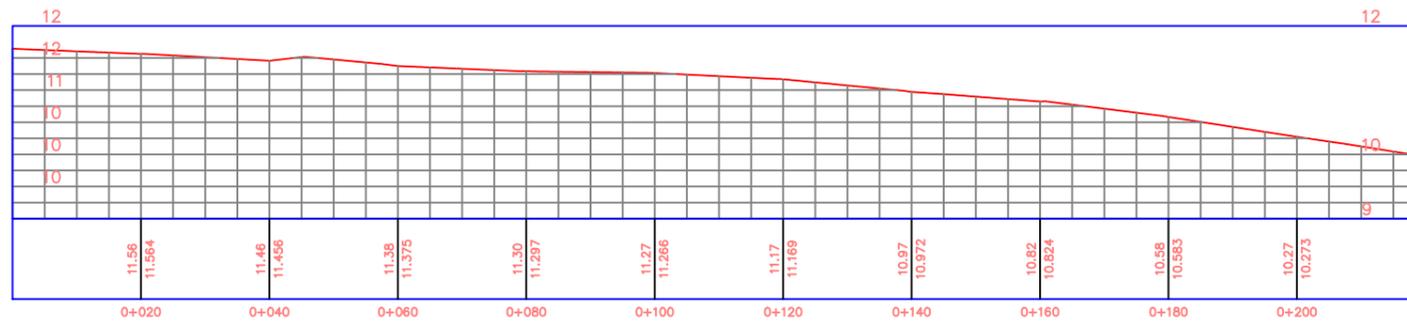
Project Name and Address
 Pavimentação asfáltica de trecho com 218 metros da Rua Iati, Cajueiro Seco, Jabotão.

Project	Sheet
Terreno Natural	1
Date	25.11.2019
Scale	1:500

APÊNDICE B – PERFIL LONGITUDINAL EXECUTADO PELA PREFEITURA MUNICIPAL DE JABOATÃO DOS GUARARAPES.



Perfil Longitudinal Executado pela Prefeitura



General Notes

No.	Revision/Issue	Date

Firm Name and Address

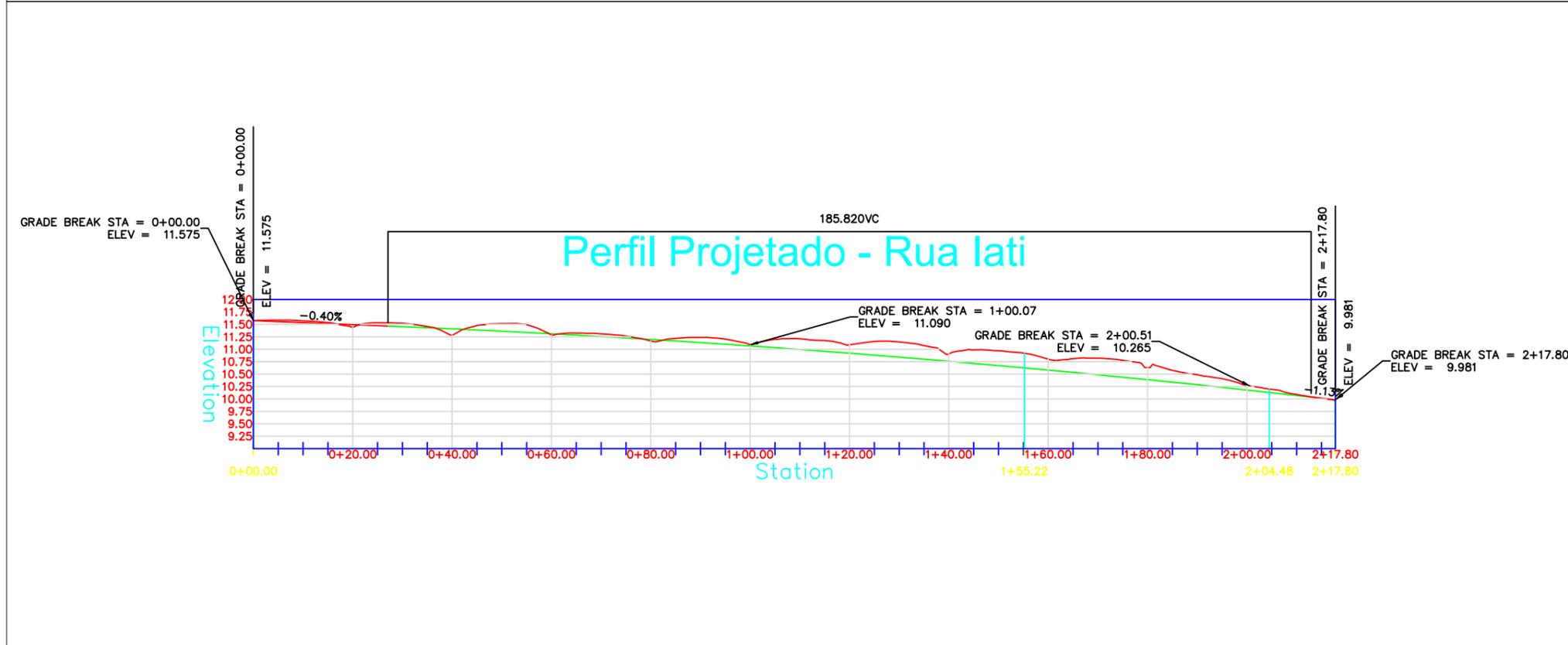
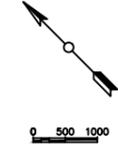
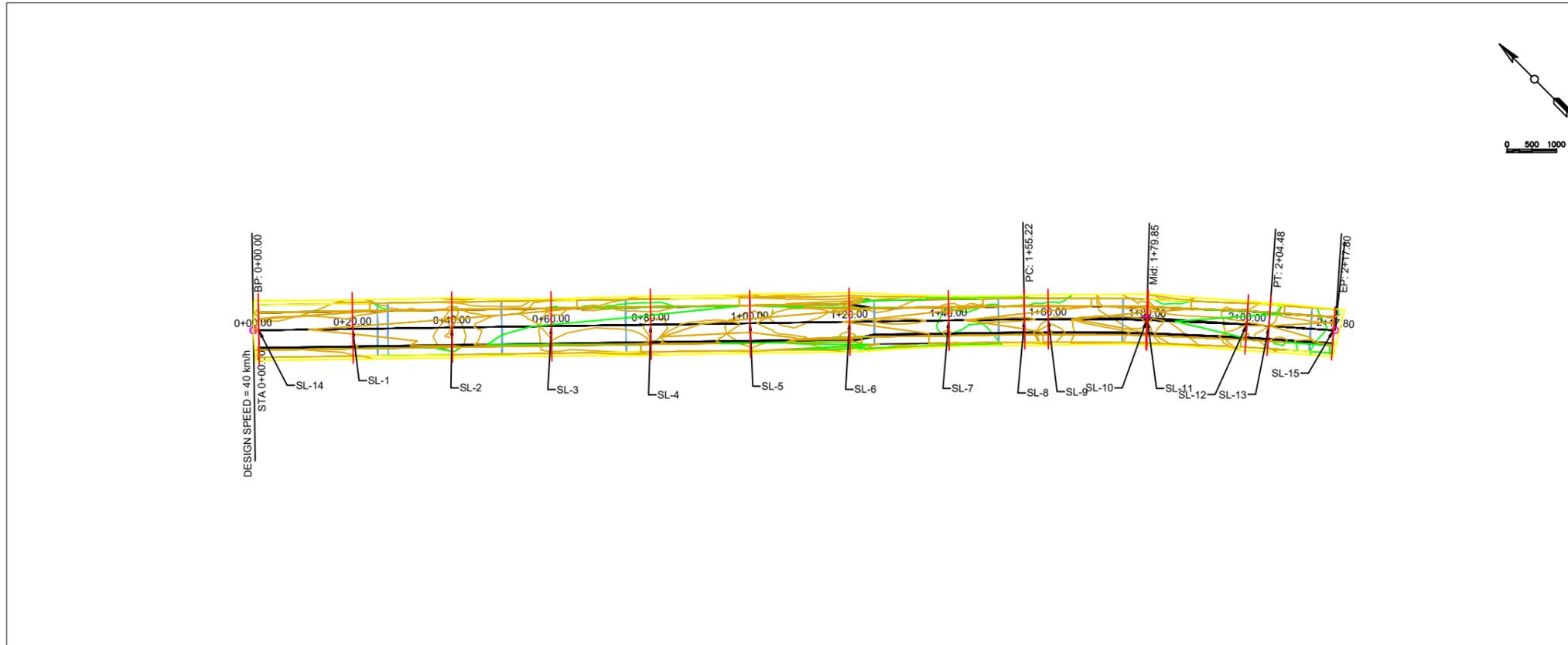
Project Name and Address
 Pavimentação asfáltica de trecho com 218 metros da Rua Iati Cajueiro Seco, Jaboatão.

Project Perfil Executada	Sheet 2
Date 25/11/2019	
Scale 1:500	

APÊNDICE C – PERFIL PROJETADO DA RUA IATI

VFG - Eixo da Rua Iati - (1) - (1).dwg

19.03.2007



General Notes

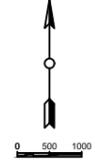
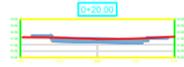
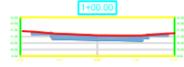
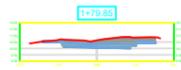
No.	Revision/Issue	Date

Firm Name and Address

Project Name and Address
 Pavimentação Asfáltica de trecho com 218 metros da Rua Iati Cajueiro Seco, Jabotão.

Project Perfil Projetado	Sheet 3
Date 25/11/2019	
Scale 1:500	

**APÊNDICE D – SEÇÕES TRANSVERSAIS DE CORTE AO LONGO DO
ESTAQUEAMENTO**



General Notes

No.	Revision/Issue	Date

Firm Name and Address

Project Name and Address
 Pavimentação asfáltica de trecho com 218 metros da Rua Iati Cajueiro Seco, Jabotão

Project	Sheet
Seções Transversais	4
Date	
25/11/2019	
Scale	
1:250	

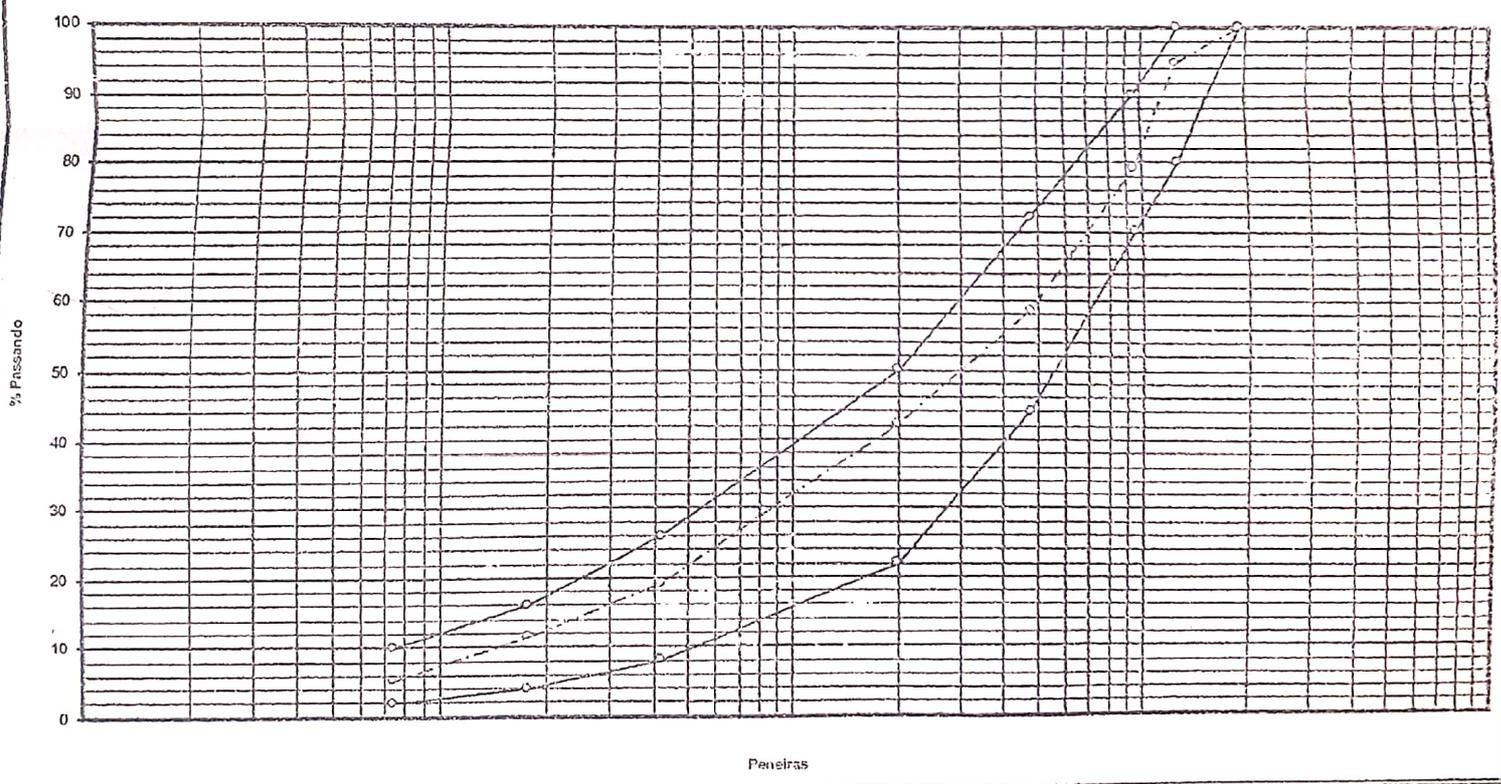
ANEXO A – CONTROLE QUALITATIVO DE CONCRETO ASFÁLTICO

CONTROLE QUALITATIVO DE CONCRETO ASFÁLTICO

ESTABILIDADE MARSHALL

EXTRAÇÃO DE BETUME

ESTABILIDADE MARSHALL			EXTRAÇÃO DE BETUME																																																																																	
Corpo de prova nº	01	02	03	Tara nº	01	02																																																																														
Peso ao ar (g)	1200,9	1199,4	1200,4	Amostra + Tara (g)	636,5	636,4																																																																														
Peso imerso (g)	694,2	694,0	694,3	Tara (g)	137,5	137,5																																																																														
Volume (cm³)	506,7	505,4	516,1	Amostra (g)	499,0	500,0																																																																														
Dens. Aparente (g/cm³)	2,370	2,373	2,372	Insol. + Tara (g)	609,0	609,1																																																																														
Dens. Real (g/cm³)	2,463	2,463	2,463	Solúvel (g)	27,5	27,3																																																																														
% de Vazios	3,77	3,65	3,70	Teor de Betume (%)	5,51	5,46																																																																														
% V.C.B.	12,62	12,64	12,63	Teor Médio de Betume (%)	5,49																																																																															
% Vazios Agreg. Mineral	16,40	16,29	16,33	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="10">POLEGADAS</th> <th colspan="2">Peneiras</th> <th rowspan="2">Retido (g)</th> <th rowspan="2">Passando (g)</th> <th rowspan="2">Passando (%)</th> </tr> <tr> <th>Pol</th> <th>mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>50,8</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 1/2</td> <td>38,1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>25,4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/4</td> <td>19,1</td> <td></td> <td>474,4</td> <td>100,0</td> </tr> <tr> <td>1/2</td> <td>12,7</td> <td>24,50</td> <td>449,9</td> <td>94,8</td> </tr> <tr> <td>3/8</td> <td>9,5</td> <td>74,3</td> <td>375,6</td> <td>79,2</td> </tr> <tr> <td>004</td> <td>4,8</td> <td>97,6</td> <td>278,0</td> <td>58,6</td> </tr> <tr> <td>010</td> <td>2,0</td> <td>78,2</td> <td>199,8</td> <td>42,1</td> </tr> <tr> <td>040</td> <td>0,42</td> <td>109,3</td> <td>90,5</td> <td>19,1</td> </tr> <tr> <td>080</td> <td>0,177</td> <td>36,0</td> <td>54,5</td> <td>11,5</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>0,149</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>0,074</td> <td>29,7</td> <td>24,8</td> <td>5,2</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Fundo</td> <td>24,8</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Total</td> <td>474,4</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	POLEGADAS	Peneiras		Retido (g)	Passando (g)	Passando (%)	Pol	mm	2	50,8				1 1/2	38,1				1	25,4				3/4	19,1		474,4	100,0	1/2	12,7	24,50	449,9	94,8	3/8	9,5	74,3	375,6	79,2	004	4,8	97,6	278,0	58,6	010	2,0	78,2	199,8	42,1	040	0,42	109,3	90,5	19,1	080	0,177	36,0	54,5	11,5	100	0,149				200	0,074	29,7	24,8	5,2	Fundo			24,8			Total			474,4		
POLEGADAS	Peneiras		Retido (g)			Passando (g)	Passando (%)																																																																													
	Pol	mm																																																																																		
	2	50,8																																																																																		
	1 1/2	38,1																																																																																		
	1	25,4																																																																																		
	3/4	19,1				474,4	100,0																																																																													
	1/2	12,7	24,50			449,9	94,8																																																																													
	3/8	9,5	74,3			375,6	79,2																																																																													
	004	4,8	97,6			278,0	58,6																																																																													
	010	2,0	78,2	199,8	42,1																																																																															
040	0,42	109,3	90,5	19,1																																																																																
080	0,177	36,0	54,5	11,5																																																																																
100	0,149																																																																																			
200	0,074	29,7	24,8	5,2																																																																																
Fundo			24,8																																																																																	
Total			474,4																																																																																	
Leitura no Defletômetro	470	490	475																																																																																	
Estabilidade Encontrada (kg)	889	889	882																																																																																	
Fator de Correção	1,04	1,04	1,04																																																																																	
Estabilidade Corrigida (kg)	925	924	896																																																																																	
Fluência 1/100"	3,2	3,2	3,1																																																																																	
TEMPERATURA (°C)		CONSTANTE DA PRENSA																																																																																		
ASFALTO	162	1,814																																																																																		
AGREGADO	175	DENSIDADE DO LIGANTE	1,030																																																																																	
MASSA	168	DENSIDADE DO AGREGADO																																																																																		
		TURNO	CAMADA																																																																																	
		1º	2º																																																																																	
				CONSTANTE (K₁) =		CBUQ-FAIXA "C"																																																																														



GRANULOMETRIA



Cliente:	PREF. JABOATÃO DOS GUARARAPES	Operador:	Equipe
Obra:	RUA ITAI	Calculista:	
Registro:	90	Data:	13/05/19
Laboratório:	EMPERTEC	Visto:	

Harley Souza Tavares
Gerente de Manutenção
Mat 59254/3 SESURB