



INSTITUTO FEDERAL
GOIÁS
Câmpus Anápolis

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS ANÁPOLIS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA
MOBILIDADE

ESTUDO DO PROCESSO EXECUTIVO DO PAVIMENTO EM UM CONDOMÍNIO
HORIZONTAL EM ANÁPOLIS

MATHEUS OLIVEIRA GOMES DOS SANTOS

ORIENTADORA: Prof. Dra. Maria Tâmara de Moraes Guimarães Silva

PUBLICAÇÃO:

ANÁPOLIS

2023

MATHEUS OLIVEIRA GOMES DOS SANTOS

**ESTUDO DO PROCESSO EXECUTIVO DO PAVIMENTO EM UM CONDOMÍNIO
HORIZONTAL EM ANÁPOLIS**

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil da Mobilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Anápolis, como requisito parcial para conclusão de curso.

Orientador: Prof. Dra. Maria Tâmara de Moraes Guimarães Silva

ANÁPOLIS

2023

MATHEUS OLIVEIRA GOMES DOS SANTOS

**ESTUDO DO PROCESSO EXECUTIVO DO PAVIMENTO EM UM CONDOMÍNIO
HORIZONTAL EM ANÁPOLIS**

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil da
Mobilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Goiás – Campus Anápolis, como requisito
parcial para conclusão de curso.

Orientadora: Prof. Dra. Maria Tâmara de Moraes Guimarães
Silva

APROVADO EM 08/12/2023

Prof^a. Dra. Maria Tâmara de Moraes Guimarães Silva

Prof. Me. Frederico de Souza Aleixo

Prof^a. Dra. Joseleide Pereira da Silva

ANÁPOLIS

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Santos, Matheus Oliveira Gomes dos

S237e Estudo do processo executivo do pavimento em um condomínio horizontal em Anápolis. / Matheus Oliveira Gomes dos Santos. – Anápolis: IFG, 2023.
67 f. il. color.

Orientadora: Prof^a. Dra. Maria Tâmara de Moraes Guimarães Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás: Campus Anápolis – Bacharelado em Engenharia Civil da Mobilidade, 2023.

1. Pavimentos flexíveis. 2. execução. 3.DNIT.

I. Silva, Maria Tâmara de Moraes Guimarães (orient.).

II. Título.

CDD 690



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS ANÁPOLIS

ATA Nº 05/2023.2

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

No 8º dia do mês de dezembro do ano de dois mil e vinte e três, às 15:00 horas, na sala de aula T-604 do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Anápolis, foi realizada a sessão pública de apresentação e defesa do Trabalho de Conclusão de Curso do Graduando **Matheus Oliveira Gomes dos Santos** (matrícula 20191060130341) do curso de Engenharia Civil da Mobilidade. A banca foi composta pelos seguintes membros: prof. Dra. Maria Tâmara de Moraes Guimarães Silva, Prof. Dra Joseleide Pereira da Silva e Prof. Me. Frederico de Souza Aleixo, sob a presidência da primeira. O trabalho de conclusão de curso tem como título "**ESTUDO DO PROCESSO EXECUTIVO DO PAVIMENTO EM UM CONDOMÍNIO HORIZONTAL EM ANÁPOLIS**", da área de Construção, sob orientação prof. Dra. Maria Tâmara de Moraes Guimarães Silva. Após a apresentação, tendo sido o autor arguido pela Banca Examinadora, a nota obtida foi 8,5 (oito e meio) e o Trabalho de Conclusão de Curso foi considerado () aprovado (X) aprovado com correções () reprovado pela banca examinadora.

Encerra-se a presente sessão às 16 horas e 40 minutos. Eu, prof. Dra. Maria Tâmara de Moraes Guimarães Silva, dato e assino a presente ata que segue assinada por todos os membros da Banca e pelo graduando.

Prof. Dra. Maria Tâmara de Moraes Guimarães Silva

(Assinado eletronicamente)

Prof. Dra Joseleide Pereira da Silva

(Assinado eletronicamente)

Prof. Me. Frederico de Souza Aleixo

(Assinado eletronicamente)

Matheus Oliveira Gomes dos Santos

(Graduando)

Anápolis, 08 de dezembro de 2023.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Matheus Oliveira Gomes dos Santos**, 20191060130341 - Discente, em 11/12/2023 19:51:21.
- **Frederico de Souza Aleixo**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/12/2023 10:06:39.
- **Maria Tamara de Moraes Guimaraes Silva**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 08/12/2023 19:25:59.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 08/12/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 488012

Código de Autenticação: 9bb7f108d7



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Avenida Pedro Ludovico, s/ nº, Reny Cury, ANÁPOLIS / GO, CEP 75131-457
(62) 3703-3373 (ramal: 3373)



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor:

Matrícula:

Título do Trabalho:

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Anápolis, 08/12/2023.

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso aspira refletir, analisar e contribuir com possibilidades de melhoria na execução das camadas de pavimento flexível. O método utilizado no desenvolvimento deste escrito foi a revisão bibliográfica. O objetivo é realizar um estudo de caso sobre o processo de execução de um pavimento flexível em um condomínio horizontal, comparando a prática de construção com as normas vigentes e analisando o produto final. Os autores principais que fundamentam essa pesquisa foram Balbo (2007) para análise acerca da contextualização da pavimentação e DNIT para análise normativa lincada a execução do pavimento. Ao final desse trabalho encontra-se o que foi desenvolvido da pesquisa *in loco* e os tipos de impropriedade realizadas ao longo do processo executivo. O acompanhamento das atividades construtivas, bem como o resultado das análises das amostras de material coletado nas jazidas em estudo, demonstrou a importância do cumprimento integral das diretrizes e parâmetros normativos vigentes para os processos que compõem a terraplenagem e adição do revestimento asfáltico. A pesquisa concluiu que o objetivo geral foi atingido, indicando que as etapas da pavimentação seguiram as normas, com apenas duas etapas apresentando problemas, os quais atualmente não causam grandes impactos devido ao baixo tráfego de veículos. Os resultados destacam a importância da presença física nas etapas executivas da terraplanagem, pintura de ligação e aplicação do revestimento asfáltico. Identificaram-se dois principais erros na terraplanagem: a falta de verificação do teor de umidade do material antes da compactação e a aplicação da pintura de ligação sem a presença do laboratório, contrariando as diretrizes do DNIT. A pesquisa também sugere possíveis melhorias para aprimorar esse processo executivo no futuro.

Palavras-chave: pavimentos flexíveis; execução e DNIT.

ABSTRACT

The present undergraduate thesis aims to reflect, analyze, and contribute to possibilities for improvement in the execution of flexible pavement layers. The method employed in developing this paper was a literature review. The goal is to conduct a case study on the execution process of a flexible pavement in a horizontal condominium, comparing construction practices with current standards and analyzing the final product. The main authors underpinning this research were Balbo (2007) for the analysis of pavement contextualization and DNIT for normative analysis linked to pavement execution. At the end of this work, the on-site research findings and the types of inadequacies throughout the execution process are presented. The monitoring of construction activities, as well as the results of the analysis of samples collected from the quarries under study, demonstrated the importance of fully complying with current guidelines and normative parameters for the processes that make up earthworks and asphalt coating. The research concluded that the overall objective was achieved, indicating that the pavement stages followed the standards, with only two stages presenting issues, which currently do not cause significant impacts due to low vehicle traffic. The results underscore the importance of physical presence in the executive stages of earthworks, binding layer application, and asphalt coating. Two main errors in earthworks were identified: the lack of material moisture content verification before compaction and the application of the binding layer without laboratory presence, contrary to DNIT guidelines. The research also suggests possible improvements to enhance this executive process in the future.

Keywords: flexible pavements; execution; DNIT.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Via Ápia pavimentada com pedras em formato octogonal	14
Figura 2 – Estrutura de um pavimento antigo	14
Figura 3 – Estrutura de um pavimento flexível	17
Figura 4 – Componente do pavimento intertravado	18
Figura 5 – Trinca longitudinal longa e transversal	31
Figura 6 – Trinca em bloco.....	32
Figura 7 – Tipologia couro de jacaré.....	32
Figura 8 – Exsudação	33
Figura 9 – Local do objeto de estudo	34
Figura 10 – Execução da camada de subleito.....	35
Figura 11 – Jazida de material Subleito e Sub-base	36
Figura 12 – Jazida de material camada base.....	36
Figura 13 – Execução da imprimação camada base	37
Figura 14 – Varredura da base já imprimada.	37
Figura 15 – Execução da pintura de ligação.....	38
Figura 16 – Caminhão devidamente coberto com lona	38
Figura 17 – Aferição da temperatura de aplicação	39
Figura 18 – Espessura do pavimento área externa	39
Figura 19 – Espessura do pavimento área interna	40
Figura 20 – Compactação do pavimento rolo chapa e pneumático	40
Figura 21 – Tratamento do fundo da camada.	41
Figura 22 – Escarificação camada subleito	42
Figura 23 – Umedecimento do material	42
Figura 24 – Homogeneização do material.....	43
Figura 25 – Nivelamento da camada	43
Figura 26 – Compactação da camada.....	44
Figura 27 – Análise laboratorial da camada compactada	44
Figura 28 – Nivelamento e acabamento	45
Figura 29 – Imprimação	45
Figura 30 – Pintura de ligação executado uma faixa por vez	46
Figura 31 – Espalhamento do CBUQ com a vibroacabadora.....	46
Figura 32 – Compactação e acabamento	47

Figura 33 – Água utilizada para diluição.....	50
Figura 34 – Verificação do teor de umidade do material	52
Figura 35 – Retirada do material asfáltico.....	53
Figura 36 – Aplicação de óleo mineral.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Critérios da execução das etapas subleito, sub-base e Base	47
Tabela 2 – Critérios da execução da imprimação.....	48
Tabela 3 – Critérios da execução da pintura de ligação	49
Tabela 4 – Critérios da execução do revestimento asfáltico	50
Tabela 5 – Faixa granulométrica recomendada para a camada de assentamento (areia)	60
Tabela 6 – Valores de CBR e expansão do subleito.....	60
Tabela 7 – Valores de CBR e expansão da sub-base.....	61
Tabela 8 – Valores do CBR, índice de grupo e expansão da base	62
Tabela 9 – Valores dos limites da camada base	63
Tabela 10 – Taxa de imprimação	64
Tabela 11 – Ensaio com material da pintura de ligação	65
Tabela 12 – Dados de entrada para o ensaio marshall.....	66
Tabela 13 – Valores do ensaio marshall.....	66
Tabela 14 – Valores do ensaio de tração diametral	66
Tabela 15 – Valores do ensaio de extração de betume.....	67
Tabela 16 – Valores do ensaio de granulometria da brita	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BR – Designação abreviada das rodovias nacionais

CBR – Índice de Suporte Califórnia

CA – Concreto Asfáltico

CAP – Cimento asfáltico

CAUQ – Concreto Betuminoso Usinado a Quente

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

EAI – Emulsões Asfálticas para Imprimação

FNE – Fundo Nacional de Estradas

CG – Grau de Compactação

GO – Estado de Goiás

IP – Índice de Plasticidade

LL – Limite de Liquidez

MG – Estado de Minas Gerais

RJ – Estado do Rio de Janeiro

RR-1C – Ruptura Rápida

cm – centímetros

mm – milímetro

m² – metros quadrados

NBR – Norma Brasileira

km – Quilômetro

FWD – Falling Weight Deflectometer

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Objetivo geral.....	12
1.2 Objetivos específicos.....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Histórico do pavimento	13
2.2 Tipos de pavimentos utilizados em condomínios.....	17
2.2.1 Pavimento flexível	17
2.2.2 Pavimento intertravado	18
2.3 Estrutura do pavimento.....	18
2.3.1 Subleito.....	19
2.3.2 Reforço do subleito.....	19
2.3.3 Sub-base	20
2.3.4 Base.....	20
2.3.5 Camadas finais	20
2.4 Serviços preliminares	21
2.5 Execução das camadas	23
2.5.1 Pavimento flexível	23
2.5.2 Imprimação.....	24
2.5.3 Revestimento.....	25
2.5.4 Pavimento intertravado	26
2.6 Controle tecnológico	29
2.6.1 Pavimento flexível	29
2.6.1.1 Imprimação.....	29
2.6.1.2 Pintura de ligação	30
2.6.1.3 Revestimento	30
2.6.2 Pavimento intertravado	30
2.7 Principais problemas encontrados em pavimentos de condomínio.....	31
2.7.1 Pavimento flexível	31
2.7.2 Pavimento intertravado	33
3 ESTUDO DE CASO	34
3.1 Apresentação do condomínio fechado.....	34
3.2 Características do pavimento.....	34

3.2.1 Subleito.....	35
3.2.2 Sub-base	35
3.2.3 Base.....	36
3.2.4 Camada final.....	37
3.3 Análise do processo executivo do pavimento	41
4 PROPOSTAS PARA SOLUÇÃO DOS PROBLEMAS ENCONTRADOS	52
4.1 Sugestões de melhorias para processo executivo do pavimento	52
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
REFERÊNCIAS.....	56
ANEXOS.....	60

1 INTRODUÇÃO

A história do pavimento tem uma importância fundamental na compreensão do desenvolvimento da humanidade ao longo do tempo. Ela está intimamente relacionada com a história das habitações, das conquistas territoriais e comerciais, das trocas culturais e religiosas, bem como ao processo de urbanização e de desenvolvimento das cidades (Balbo, 2007).

Sua importância está intrinsecamente ligada à estética que o pavimento concede ao usuário, aliado ao conforto de rolamento que a pista proporciona (Bernucci *et al.*, 2006).

Nesse sentido, o presente trabalho buscou avaliar o pavimento através de um estudo de caso do condomínio residencial e comercial localizado na BR-153, perímetro urbano próximo à entrada de Anápolis no sentido Goiânia/Anápolis, no estado de Goiás. Com uma área total de 978.311,00 m².

Por se tratar de dois fluxos de veículos distintos, a área externa conta com nove ruas e foi dimensionada para suportar maior fluxo de veículos, portanto, o resultado obtido foram três camadas, o subleito, sub-base e base. Já a área interna dispõe de doze ruas e o fluxo de veículos em grande parte será leve apresentando apenas subleito e base.

O intuito da pesquisa se desenhou numa ação de contribuição sobre a compreensão das etapas para construir uma estrutura de um pavimento flexível, juntamente com todos os tipos de máquinas e ferramentas que são indispensáveis, em total conformidade com o corpo técnico responsável. O foco da pesquisa se constitui no estudo e na comparação das ações que são direcionadas *in loco* para a construção do pavimento. Comparando com as exigências das normas técnicas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes o que se constituir na própria verificação, controle, estudos e sobre a qualidade dos pavimentos, haja vista que a correta execução passa pelo controle de qualidade que o DNIT dispõe.

Por tanto, sob o mesmo ponto de vista a implantação de um melhor controle tecnológico, que envolve desde do tipo de solo empregado no suporte da camada, dosagem de água no material, sua homogeneização, nivelamento, compactação, controle de temperatura de aplicação da imprimação e banho de ligação, e o perfeito cobrimento e execução da camada de revestimento.

O propósito foi acompanhar grande parte do processo executivo *in loco* e comparar com os resultados das análises laboratoriais das diversas etapas construtiva, consultando as normas do (DNIT), em resumo, realizou-se o apontamento das etapas do processo executivo que transcorreram em conformidade com as normas e pontuar os malefícios e apresentando as possíveis soluções.

Nesse sentido, o objetivo da pesquisa foi propor uma metodologia que possa ser utilizada para comparar a prática observada na execução da pavimentação do condomínio e as especificações contidas nas normas do DNIT e identificar possíveis diferenças. Verificou-se que o objetivo geral foi alcançado, o que mostrou que a maior parte da pavimentação seguiu os princípios normativos, apenas duas etapas, que atualmente não causam problemas graves devido ao pequeno fluxo de veículos.

Os resultados alcançados nesta pesquisa emergiram da presencialidade das etapas executivas das camadas do pavimento na etapa da terraplanagem, pintura de ligação e aplicação do revestimento asfáltico. Portanto foi possível apontar os dois principais erros construtivos na etapa da terraplanagem que foi a verificação do teor de umidade do material antes da compactação, na aplicação da pintura de ligação sem a presença do laboratório, conforme as diretrizes do DNIT e apresentar as possíveis futuras melhorias desse processo executivo.

1.1 Objetivo geral

Realizar um estudo de caso sobre o processo de execução de um pavimento em um condomínio horizontal, comparando a prática de construção com as normas vigentes e analisando o produto final.

1.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos do trabalho pode-se elencar:

- Realizar um estudo bibliográfico dos tipos de pavimento utilizados em condomínios fechados, com as respectivas etapas de execução;
- Realizar visitas ao condomínio e coletar dados relevantes para avaliar a qualidade e o desempenho do pavimento construído;
- Analisar o pavimento final acabado, levando em consideração fatores como nivelamento, resistência e aspectos estéticos;
- Propor recomendações ou sugestões de melhorias para o processo de execução do pavimento, a fim de garantir uma maior conformidade com as especificações normativas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Histórico do pavimento

A história do pavimento é construída em camadas, assim como a própria história da humanidade. As estradas, por serem uma das formas mais antigas de infraestrutura de transporte, desempenham um papel importante na compreensão da evolução das sociedades antigas (Balbo, 2007).

Os arqueólogos frequentemente recorrem às estradas como uma forma de compreender a cultura, a economia e a tecnologia das civilizações antigas. Ao analisar as camadas do pavimento, eles podem determinar a idade e a evolução das estradas, além de identificar os materiais utilizados na sua construção e as técnicas empregadas pelos antigos construtores (Bernucci; Motta; Ceratti; Soares, 2006).

A estrada é uma criação humana que surgiu como resultado da necessidade de expandir o território e estabelecer conexões entre diferentes locais. Os egípcios e gregos foram alguns dos primeiros povos a pavimentar estradas e aprimorar as técnicas de construção (Balbo, 2007).

Os egípcios construíram uma rede de estradas que ligava as cidades e as áreas de cultivo do Vale do Nilo. Essas estradas eram pavimentadas com pedras lisas e niveladas e contavam com sistemas de drenagem laterais para evitar inundações durante as chuvas. Já os gregos desenvolveram um sistema de estradas que conectava as principais cidades da Grécia Antiga, incluindo a famosa Estrada Real que ligava *Atenas* e *Susa* (Marchioni, 2012).

Essas primeiras estradas pavimentadas foram importantes não apenas para a expansão territorial, mas também para o desenvolvimento da economia e do comércio. Elas permitiram o transporte eficiente e seguro de mercadorias, gerando novas oportunidades de negócios e contribuindo para o crescimento das cidades e das civilizações (Fioriti, 2007).

Além disso, a pavimentação dessas estradas também foi incluída a criação de uma camada de revestimento primário, que protegia a superfície e prolongava sua durabilidade. Essa técnica de revestimento foi aprimorada ao longo dos séculos, culminando no desenvolvimento de materiais modernos como o asfalto e o concreto, amplamente utilizados na construção de estradas atualmente (ABCP, 2010).

De acordo com Balbo (2007), os egípcios utilizavam as estradas para serviços religiosos e festividades. Já os romanos são reconhecidos por sua habilidade superior no planejamento e na construção de vias. Em termos de geometria, as estradas romanas muitas vezes eram traçadas em linha reta, embora fosse comum seguir o curso de rios ou riachos. Essas estradas eram construídas, em sua maioria, seguindo a topografia natural do solo, sem apresentar a mesma

suavidade encontrada nas estradas modernas (Bernucci *et al.*, 2006). É importante ressaltar que, naquela época, os veículos possuíam eixo fixo, o que gerava certa insegurança ao realizar curvas (FIGURA 1).

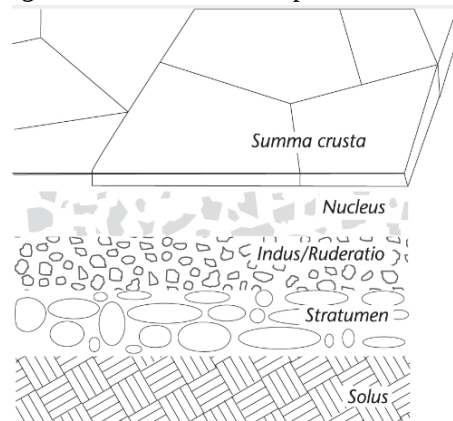
Figura 1 – Via Ápia pavimentada com pedras em formato octogonal



Fonte: Paul Hermans/Wikimedia Commons.

Baldo (2007) apresenta a estrutura do pavimento romano, dividindo-o em camadas e descrevendo suas características (FIGURA 2).

Figura 2 – Estrutura de um pavimento antigo



Fonte: Balbo (2007)

- Camada *Solus* – corresponde a camada natural do terreno, e era escavada até alcançar um material com melhor suporte.
- Camada *Stratum* – camada sobreposta à camada *Solus* e possui lastros de pedras com dimensões de 30 mm a 60 mm.
- Camada *Indus* ou *Ruderatio* – camada construída sobre a camada *Stratum*. Essa camada tem uma espessura entre 250 mm e 300 mm e é composta de pedaços de

tijolos, ladrilhos, rochas e pedaços de ferro misturados com pasta de cal, areia, argila e cinza vulcânica natural.

- Camada *Nucleus* – camada estruturada sobre a camada Indus e possui uma espessura de 300 mm a 500 mm. Essa camada serve como uma barreira impermeabilizante e é formada por pedras miúdas misturadas com pasta de cal.
- Camada *Summa Crusta* – são as camadas utilizadas nas vias maiores dentro das cidades, que conectam regiões econômicas e importantes. Essas camadas são aplicadas sobre a camada *Nucleus* e são feitas de rochas básicas, geralmente calcáreas.

Segundo Marchioni (2012), o pavimento intertravado teve origem através de pedras talhadas, uma tentativa de melhorar o deslizamento, que anteriormente era feito com pedras não tratadas, em seu estado natural.

Essa dificuldade levou ao uso de pavimentos intertravados em blocos, dos quais os elementos de concreto começaram a ser produzidos apenas no final do século XIX em fábricas menores. Após a Segunda Guerra Mundial, os blocos intertravados passaram a ser produzidos em grandes fábricas na Alemanha (ABCP, 2010). Posterior à guerra, o sistema de pavimentação com blocos de concreto intertravados se desenvolveu ainda mais devido à necessidade de reconstruir a Europa (Fioriti, 2007).

Em 1950, ocorreu uma evolução significativa nas formas de elaboração dos blocos, o que resultou em uma mudança significativa do processo. Inicialmente, essas peças de concreto tinham a intenção de imitar tijolos, acreditando-se na substituição progressiva desse material (Cruz, 2003).

As tecnologias utilizadas na criação e execução dos blocos cresceram na Europa durante os anos 60 e se espalharam para o resto do mundo. No Brasil, seu uso teve início nos anos 70, e desde então várias melhorias foram incluídas no processo de fabricação dos blocos (Hallack, 1999).

Segundo Maré (2011), o pavimento flexível de betume foi utilizado na França e em Portugal por volta de 1930.

Balbo (2007) afirma que a América foi a maior referência em pavimentação de concreto, uma vez que os Estados Unidos já possuíam 70.000 km de estradas de concreto até 1925, o que era muito mais do que todos os países da Europa Ocidental.

Bernucci *et al.* (2006) citam a história da pavimentação no Brasil com ênfase na Estrada Real ou Caminho do Ouro. Essa estrada era composta por duas vias, uma ligando Ouro Preto

(MG) a Parati (RJ) e outra saindo do Rio de Janeiro (RJ) até Diamantina (MG), passando também por Ouro Preto.

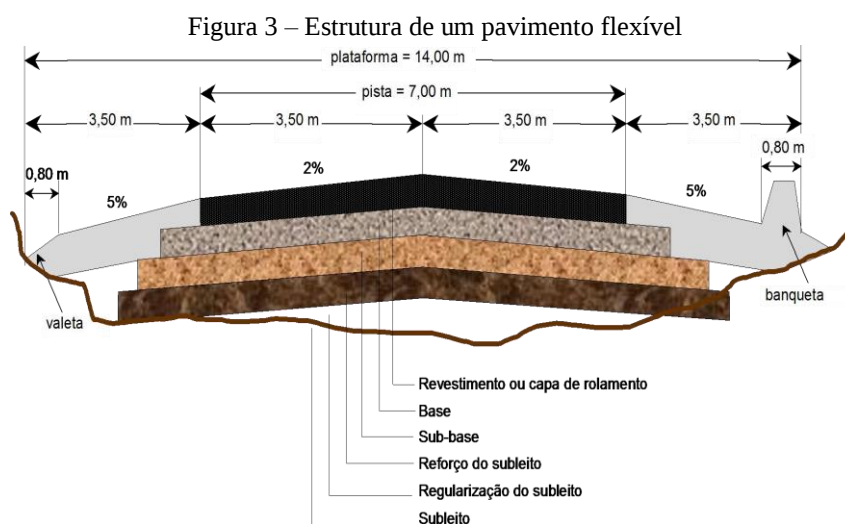
Embora houvessem estradas de concreto no Brasil no início do século, a maioria das estradas ainda era revestida com macadame e, posteriormente, com pavimento flexível. Bernucci *et al.* (2006), menciona que a rodovia Rio-São Paulo, com extensão de 506 km, foi inaugurada em 1928 e renomeada como Presidente Dutra quando ampliada em 1949.

Bernucci *et al.* (2006) também aponta que o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) foi criado pelo presidente Getúlio Vargas em 1937, e que houve um grande avanço na construção de estradas devido à criação do Fundo Nacional de Estradas (FNE) em 1946, financiado pelo imposto sobre combustíveis líquidos, e que a Petrobrás foi fundada em 1953.

2.2 Tipos de pavimentos utilizados em condomínios

2.2.1 Pavimento flexível

O pavimento é uma estrutura composta por camadas de espessuras definidas por meio de dimensionamento e projeto, executado após os serviços de terraplenagem. Essa estrutura foi projetada para oferecer conforto e condições seguras de direção aos usuários, como ilustrado na (FIGURA 3). Além disso, deve resistir estruturalmente às tensões normais e de cisalhamento causadas pelo tráfego, distribuindo-as de forma que uma parte menor da carga dos veículos atinja o solo.



Fonte: Magalhães e Sandra (2018).

Marques (2006) define o pavimento flexível como aquele composto por camadas que não trabalham na tração, construído com uma fina camada de material betuminoso depositada sobre camadas de material granular. A capacidade de carga é determinada pelas características de distribuição de carga no sistema de camadas superpostas, sendo que as camadas de melhor qualidade estão localizadas mais próximas da superfície onde a carga é aplicada.

Segundo Veggi e Magalhães (2014), conceito para pavimento flexível é aquele em que o revestimento é composto principalmente de agregados e ligantes asfálticos. Segundo Senço (2008), os pavimentos podem ser classificados em pavimentos rígidos e pavimentos flexíveis. Até certo ponto, pavimentos flexíveis permitem deformações sem que ocorra sua ruptura.

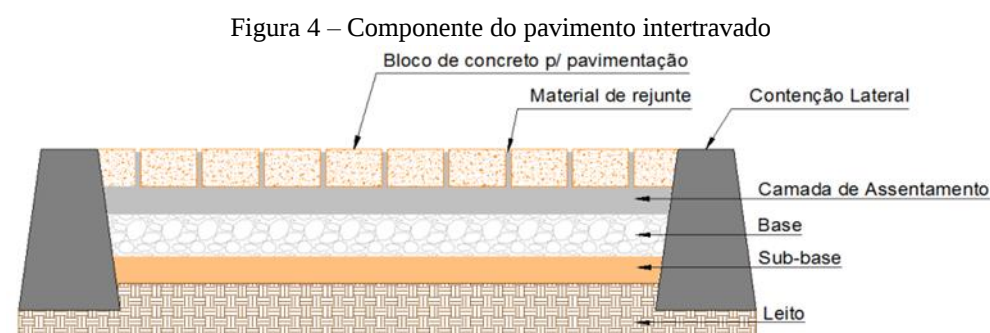
Por outro lado, Bernucci *et al.* (2006) afirma que existem muitas razões para o uso do ligante asfáltico na pavimentação, incluindo o fato de que ele é impermeável, resistente à abrasão de vários ácidos e controla a flexibilidade.

2.2.2 Pavimento intertravado

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2010) o pavimento intertravado é a camada superposta por uma camada de revestimento que, por sua vez é constituída por peças de concreto dispostas uma ao lado da outra, assentadas de forma que entre elas haja um rejunte para auxiliar o intertravamento dos blocos.

A definição de pavimentos intertravados dada pela NBR 9781 (ABNT, 2013), descreve que esses pavimentos são compostos por peças pré-moldadas de concreto utilizadas na construção de pavimentos ou calçadas. Conforme Fernandes (2013), essa solução proporciona qualidade e conforto aos pedestres, enquanto seu design estrutural permite suportar o tráfego de veículos leves e pesados.

A colocação das peças sobre uma camada de areia serve para nivelar a base, distribuir as cargas e acomodar as peças. O conceito fundamental por trás desse tipo de pavimento é o intertravamento e a transmissão do peso de uma peça para a outra por meio de atrito lateral. Outra característica desse sistema é que ele permite que parte da água da chuva e de outros fluxos passe pelos espaços entre as peças e se infiltre no solo (ABCP, 2010). A disposição das peças intertravadas na (FIGURA 4).



Fonte: SINAPI (2017).

Marciel (2007) afirma que os blocos de concreto possuem uma vida útil satisfatória e a vantagem de serem recicláveis, se necessário. Além disso, um aspecto relevante é o baixo custo de manutenção desses blocos, principalmente atribuído ao uso de mão de obra local e dispensa de máquinas sofisticadas.

2.3 Estrutura do pavimento

Os parâmetros utilizados para determinar as espessuras das camadas que compõem o pavimento são o número N de solicitações de eixo padrão, eixo do automóvel utilizado para dimensionamento de um pavimento juntamente ao CBR (Índice de Suporte Califórnia) do

subleito para avaliar a resistência do solo em comparação a uma brita padrão. Embora todos os métodos de pesquisa sejam aplicados para um tráfego considerado leve a médio, é possível dimensionar o pavimento para tráfegos mais intensos usando ábacos (Oliveira, 2018).

De acordo com Bernucci *et al.* (2006), para um dimensionamento eficaz de um pavimento flexível, é necessário ter um conhecimento completo das propriedades mecânicas dos materiais usados na construção, como permeabilidade, resistência à ruptura, e deformabilidade sob repetidas cargas e exposição às condições climáticas. Isso permite realizar cálculos e obter uma melhor configuração estrutural para dimensionar a pista de rolamento.

A estrutura do pavimento intertravado é bastante semelhante à dos pavimentos asfálticos. A contenção do revestimento e da areia de assentamento é realizada por meio do meio fio, conforme mostrado na (FIGURA 4).

Oliveira (2018) descreve que, para os pavimentos intertravados, as camadas de suporte devem atender a critérios específicos. Recomenda-se que, caso o valor do CBR do subleito seja inferior a 2%, seja adicionada uma camada de reforço do subleito com 30 cm de espessura e um CBR, no mínimo, 5% superior ao do subleito. Para sub-base, o material também é determinado com base em um valor mínimo de 20% e, para a camada de base, o CBR deve ser igual ou superior a 80%. Portanto, as espessuras entre camadas, são determinadas no projeto em função do tráfego e das condições de suporte de subleito.

2.3.1 Subleito

Para Senço (2008), as estruturas do pavimento são construídas sobre uma fundação conhecida como subleito. Atua com função estrutural o pavimento rodoviário sendo possível por intermédio das espessuras, da interação e rigidez das camadas que contribuem aliado também à rigidez do subleito.

A função principal do subleito é absorver as forças aplicadas em sua superfície, que são dissipadas ao longo de sua profundidade, principalmente nos primeiros metros (Gondim, 2014).

Os parâmetros que o subleito deve atender pela DNIT 137 (2010) são:

- $\text{CBR} \geq 2\%$;
- $\text{Expansão} \leq 2\%$.

2.3.2 Reforço do subleito

A camada do reforço do subleito, que deve conter características geotécnicas melhores que as do material do subleito, serve para melhorar a capacidade de resistência estrutural e

ajudar no suporte do pavimento. Balbo (2007) descreve que o emprego da camada de reforço do subleito não é obrigatório.

Os critérios para o reforço do subleito são estabelecidos pela DNIT 138 (2010):

- CBR maior que o do subleito;
- Expansão $\leq 2\%$.

2.3.3 Sub-base

A camada de sub-base é executada antes da base e é recomendado que seja constituída por um material de melhor qualidade em relação ao do subleito. Isso é comumente realizado por circunstâncias técnica ou economicamente quando não for viável construir a base sobre a regularização ou reforço do subleito (Senço, 2001).

Os critérios para a sub-base são estabelecidos pela DNIT 139 (2010):

- CBR $\geq 20\%$;
- Índice de grupo (IG) = 0;
- Expansão $\leq 1\%$.

2.3.4 Base

De acordo com Silva (2008), a base tem como objetivo resistir e distribuir os esforços gerados pela ação de tráfego, transmitindo-os para as camadas inferiores. Ela pode ser preparada com materiais químicos ou naturalmente estabilizados, utilizando misturas de solo, agregados, brita graduada, e aditivos como cal, cimento, betume, entre outros.

Os critérios para a camada base estabelecidos pela DNIT 141 (2022), são:

- CBR $\geq 80\%$
- Expansão $\leq 0,5\%$
- Limite de Liquidez (LL) $\leq 25\%$
- Índice de Plasticidade (IP) $\leq 6\%$

2.3.5 Camadas finais

Segundo Marques (2006), atualmente é utilizado um asfalto diluído conhecido como pintura de imprimação. Essa pintura tem como objetivo impermeabilizar a superfície da base concluída e promover a aderência entre a base e o revestimento.

De acordo com DNIT 144 (2014), o ligante asfáltico utilizado na imprimação pode ser o asfalto diluído CM-30, ou a emulsão asfáltica do tipo emulsões asfálticas para imprimação (EAI).

A camada de revestimento possui maior interação com as condições climáticas e os pneus dos veículos. Ela é dimensionada com objetivo de melhorar as condições de tráfego em termos de conforto e segurança, além de suportar os esforços atuantes e prolongar a vida útil do pavimento (Bernucci *et al.*, 2006). Para evitar que os problemas se desenvolvam em camada mais profundas e causem danos mais graves ao pavimento, essa camada também deve ser o mais impermeável possível (Balbo, 2007).

De maneira geral, os pavimentos asfálticos são associados à característica de uma camada superficial de revestimento chamada Concreto Asfáltico (CA). Essa camada possui vários tipos de nomenclatura, como CAUQ (Concreto Asfáltico Usinado a Quente) e CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente). Em sua composição, possui características específicas como agregado graúdo, material de enchimento (*filler*), se necessário, e cimento asfáltico. Essa mistura é espalhada e compactada a quente (DNIT 031, 2003).

Segundo ABCP (2010), a camada de base deve ser nivelada adequadamente e livre de buracos e ondulações. Essa especificação é importante, pois a camada subsequente de assentamento não será capaz de corrigir quaisquer defeitos na camada base, o que resultará em variações na espessura de assentamento. Essa variação não deve existir, uma vez que causaria ondulações perceptíveis na pista no momento em que as peças de concreto são compactadas.

2.4 Serviços preliminares

O serviço preliminar consiste na preparação do solo, que antecede a parte principal do movimento de terra. Essa etapa pode incluir desmatamento e limpeza, sendo o desmatamento a remoção de toda vegetação de grande escala presente no local DNIT 104 (2009).

De acordo com Moraes (2021) a terraplanagem é um conjunto de atividades que consiste em várias operações que buscam seguir as diretrizes do projeto. No caso das jazidas pode ser explorada seguido de ensaios de laboratório para caracterização do material para fins de critério técnico e aplicação na camada do pavimento.

Segundo a Norma DNIT 106 (2009), o corte é definido como a escavação do terreno natural ao longo do eixo e dentro dos limites das seções do projeto (“*Off-sets*”), que correspondem à faixa terraplenada da pista.

Moraes (2021) descreve que o corte de um maciço de solo é realizado por meio de escavação, utilizando equipamentos mecânicos para alcançar uma compacidade do solo em seu estado natural.

Conforme a Norma DNIT 108 (2009), para realizar o aterro é necessário conhecer os materiais provenientes do corte e realizar estudos geotécnicos detalhados seguindo normas de ensaio de laboratório, cumprindo requisitos concernentes ao projeto de engenharia e topografia.

A equipe de topografia fica responsável por acrescentar o estaqueamento da pista usando estacas brancas com marcações em vermelho, dessa forma, é possível definir precisamente os pontos onde será necessário escavar, aterrar e terraplenar DNIT 104 (2009).

Segundo NBR 1593 (ABNT, 2011), antes da execução do pavimento intertravado, deve ser feito uma limpeza do local, com retirada de material orgânico, entre outros, sinalização e isolamento da área. Os blocos de concreto devem ser transportados até o canteiro de obras sobre pallets, corretamente e sem danificar as peças.

Antes do assentamento das peças é depositado sobre a camada base material granular específico (areia média, geralmente), no qual são assentados os blocos de concreto e nivelados (ABCP, 2010).

Em conformidade com NBR 15953 (ABNT, 2011), a faixa granulométrica do material deve estar dentro da recomendada para a camada de assentamento conforme Anexo A.

2.5 Execução das camadas

2.5.1 Pavimento flexível

Para executar as camadas do pavimento flexível é necessário o uso de alguns equipamentos pesados, conforme DNIT 141 (2022):

- Motoniveladora com escarificador;
- Grade de discos, arados de discos e tratores de pneus;
- Caminhões basculantes;
- Caminhão-tanque distribuidor de água;
- Rolos compactadores autopropulsados dos tipos pé-de-carneiro, liso, liso-vibratório e pneumático.

Primeiramente, deve ser feita uma verificação do alinhamento geométrico, comparando as cotas da superfície existente, com as cotas previstas no projeto para a camada final de terra. Em seguida é realizada a escarificação total da superfície do subleito até uma profundidade de 0,20 m abaixo da plataforma de projeto (Moraes, 2021).

De acordo com DNIT 141 (2022), para execução das camadas do pavimento:

- O material retirado de jazidas é depositado sobre a pista, com finalidade de criar montes espaçados entre si e, em seguida, espalhados, umedecidos para homogeneização, de maneira que, seja realizado a compactação, o propósito é criar uma espessura de uma determinada camada.
- A mistura na pista é realizada com material existente com uso de motoniveladora, com intuito de espalhar o material;
- O espalhamento do material consiste em homogeneizar o material, utilizando grade de discos e motoniveladora, movimentando uma dada quantidade de solo e formando uma espessura para cada camada compactada estabelecida em projeto, matérias estranhas com tamanhos excessivos ou orgânica como raízes, devem ser removidas.
- A faixa de teor de umidade que permite que o material seja compactado é de $\pm 2\%$ de umidade de compactação ideal determinada através do ensaio de umidade natural. Se a umidade do material estiver abaixo do limite mínimo especificado, deve ser umedecida com auxílio do caminhão-tanque distribuição de água e posteriormente a homogeneização por grade de discos e motoniveladora;
- Na fase de compactação, deve-se definir o número de passes necessários dos rolos compactadores determinado em projeto. A norma descreve realizar pista experimental

na fase inicial da obra, para obter o nível desejado de compactação. Se houver alguma variação no material ou no equipamento utilizado, uma nova determinação deve ser feita;

- Em seguida, deve-se progredir longitudinalmente, partindo de uma extremidade da borda a outra. Trechos em tangente, a compactação deve prosseguir dos dois lados do bordo em direção ao centro, equidistantes do eixo. Os percursos ou passagens dos equipamentos utilizados devem ser espaçados de forma a que em cada percurso seja coberta metade da faixa coberta no percurso anterior, para atingir a espessura projetada;
- O acabamento deve ser realizado com motoniveladora com intuito, retirar as imperfeições que o rolo compactador deixa na superfície, efetuando as correções para a etapa de imprimação.

2.5.2 Imprimação

O mesmo equipamento utilizado na aplicação da imprimação pode ser empregado na pintura de ligação. Devem conter dispositivos de aquecimento, disposto de tacômetro, calibradores e termômetros com precisão na faixa de 1 °C, instalados em locais de fácil visualização DNIT 144 (2014).

Seguem os equipamentos para execução da imprimação e pintura de ligação asfáltico segundo o DNIT 144 (2014):

- Vassouras mecânicas rotativas;
- Vassouras manuais;
- Caminhão espargidor

Antes da aplicação do ligante asfáltico, é necessário realizar uma limpeza cuidadosa da base. Utilizam-se vassouras mecânicas rotativas e/ou manuais e jato de ar comprimido. Também é recomendado umedecer levemente a pista antes da aplicação do ligante asfáltico. A largura total da pista deve ser imprimada no mesmo turno de trabalho e, sempre que possível, fechada ao trânsito. Caso não seja possível, após aplicação, trabalhar com uma faixa por vez. A taxa de aplicação “T” pode ser determinada experimentalmente na obra. Para asfalto segue valores usuais na faixa de 0,8 a 1,6 l/m² e para emulsão asfáltica uma ordem de 0,9 a 1,7 l/m² conforme DNIT 144 (2014).

A temperatura do ligante asfáltico deve ser aferida, no caminhão espargidor antes da aplicação, para verificar se satisfaz o intervalo de temperatura, para a relação viscosidade x temperatura. Para o controle da taxa de aplicação, deve ser realizada aleatoriamente a colocação da bandeja na pista, onde será feita a aplicação. O cálculo é em relação a massa (P1) e área (A)

conhecida, após aplicação sobre a bandeja é aguardado o tempo da cura total do ligante asfáltico coletado (P2), é possível obter a taxa de aplicação do resíduo (TR), (DNIT 144, 2014), eq.(1).

$$TR = \frac{(P2 - P1)}{A} \quad (1)$$

Após a imprimação devem verificar visualmente a homogeneidade da aplicação, a permeabilidade do ligante na camada base e sua efetiva cura (DNIT 144, 2014). Após a cura do ligante, pode ser realizada a pintura de ligação com caminhão espargidor, contendo material do tipo Emulsão asfáltica catiônica de ruptura rápida (RR-1C), (DNIT 145, 2012).

2.5.3 Revestimento

A pavimentação consiste na aplicação do concreto asfáltico sobre a camada base já impermeabilizada. Para sua execução, são necessários equipamentos pesados específicos.

Seguem os equipamentos para execução do revestimento asfáltico segundo o (DNIT 031, 2006):

- Caminhões basculantes para transporte da mistura;
- Equipamento para espalhamento e acabamento, as vibroacabadoras;
- Equipamento para compactação, rolo metálico e rolo pneumático, tipo tandem ou vibratório.

Conforme DNIT 090 (2006), o concreto asfáltico produzido deve ser transportado desde a usina até ao local de aplicação, por caminhões basculantes devidamente cobertos com lonas, com tamanho suficiente para proteger a mistura, de forma que, a mistura seja depositada na pista à temperatura especificada.

A distribuição do concreto asfáltico é realizada pelos caminhões basculantes no compartimento da vibroacabadora, com isso, iniciasse o espalhamento do material na base e devido nivelamento e com espessura pré determinada. Se houver irregularidades na superfície da camada, elas devem ser corrigidas manualmente, adicionando concreto asfáltico, espalhado corretamente, com ancinhos e rodos metálicos. Após a distribuição do concreto asfáltico, inicia-se a rolagem, caso seja empregue rolos de pneus, de pressão variável, é indicado iniciar a rolagem com pressão baixa, aumentando à medida que a mistura apresente uma compactação perceptível a olho nu DNIT 090 (2006).

A compactação deve começar pelos bordos, no sentido longitudinal, avançando até o eixo da pista. Em curvas, ao longo da superelevação, a compactação deve sempre começar do ponto mais baixo para o ponto mais alto. Cada rolo deve cobrir pelo menos metade da largura rolada, do próximo rolo. Em outros casos, a função de rolagem contínua até que a compactação

especificada seja atingida. No decorrer da rolagem não são permitidas mudanças de direção e mudanças bruscas de marcha, nem o estacionamento de equipamentos no pavimento recém-rolado. As rodas de rolamento devem ser devidamente umedecidas para que a mistura não grude DNIT 090 (2006).

2.5.4 Pavimento intertravado

Assim como pavimento flexível, o intertravado precisa para execução de equipamentos específicos, que em sua maioria são manuais e de pequeno porte.

Seguem os equipamentos para execução do pavimento intertravado conforme a NBR 1593 (ABNT, 2011):

- Trenas;
- Nível de mangueira;
- Colher de pedreiro;
- Estacas de madeira;
- Lápis; pá; enxada;
- Placa vibratória;
- Guias de madeira ou tubos metálicos (opcional);
- Régua metálica;
- Esquadro metálico desempenadeira;
- Fio de náilon (linhas-guia);
- Carrinho para transporte de peças de concreto;
- Carrinho para transporte de areia; marreta de borracha;
- Vassoura e rodos de madeira.

A execução da camada do pavimento intertravado tem início, com adição da área de assentamento, a mesma deve apresentar umidade entre 3% a 7%. Seu estoque deve ser coberto com lona para evitar a contaminação. A espessura dessa camada deve ser de 5 cm, com desvio máximo de ± 2 cm, no estado não compactado ou conforme especificação de projeto. Deve ser uniforme e constante, não deformando provocando afundamento dos blocos NBR 15953 (ABNT, 2011).

O assentamento das peças deve ser realizado conforme especificado pela NBR 15953 (ABNT, 2011, p.11), de forma resumida através dos seguintes procedimentos:

- Espalhar o material na frente de serviço, na quantidade necessária para uma jornada de trabalho;

- Realizar a execução das mestras paralelas à contenção principal, nivelando-as na espessura da camada de assentamento no estado não compactado, respeitando o critério de 2% de caimento;
- Nivelar o material onde serão assentados os blocos de forma manual usando régua metálica, correndo a régua sobre as metras, resultando em uma superfície sem irregularidades;
- A primeira fiada deve seguir o padrão de assentamento proposto no projeto, respeitando o esquadro e o alinhamento previamente marcados;
- O assentamento das peças pode ser manual ou mecânica e deve ser feita sem alterar a espessura e uniformidade da camada aplicada;
- Em hipótese alguma deve ser arrastadas as peças sobre a camada de assentamento até sua posição final;
- Deve se manter a linha-guia à frente da área de assentamento das peças, verificando regularmente o alinhamento longitudinal e transversal;
- Realizar os ajustes de alinhamento entre as peças, buscando manter um padrão entre as espessuras das juntas.

Em seguida é realizado o rejuntamento, espalhando o material seco sobre a camada, com intuito de estruturar uma camada fina e uniforme sobre a área executada, observando o preenchimento das juntas até que a mesma esteja totalmente preenchida. O rejuntamento deve seguir critérios normativos, quanto ao material empregue, sua composição, deve ser de material pétreo granulares seguindo a granulométrica estabelecida conforme NBR 15953 (ABNT, 2011), Anexo A.

O espaçamento entre uma peça de *pavers* e outra deve ser pequena, para que sejam preenchidas com areia, o intuito é obter o intertravamento (ABCP, 2010). A espessura dessas juntas deve estar entre 2 mm e 5 mm, e em casos específicos, como trechos em curva, devem ser especificadas no projeto NBR 15953 (ABNT, 2011).

Segundo ABCP (2010), a compactação do pavimento ocorre em duas etapas: uma anterior, chamada de compactação preliminar, e outra após a aplicação da área nas juntas, chamada de compactação final. A compactação inicial e final é feita da mesma forma, com o mesmo equipamento, ambas devem ser feitas em toda a área pavimentada no turno de trabalho.

A NBR 15953 (ABNT, 2011), estabelece critérios na hora de executar a compactação por placas vibratórias para que não ocorra a danificação das peças:

- A compactação deve ser realizada com sobreposição entre 15cm a 20cm em cada passada sobre a anterior;
- Alternar a execução da compactação com o espalhamento do material de rejuntamento, até que as juntas tenham sido totalmente preenchidas;
- A compactação deve ser executada até aproximadamente 1,5m de qualquer frente de trabalho do assentamento, que não contenha algum tipo de contenção.

Após a compactação, deve-se realizar uma inspeção final em toda área compactada verificando, todas as peças encontrassem preenchidas com areia de rejuntamento, e se alguma peça de concreto está apresentando defeito, caso esteja, refazer o rejunte e realizar a substituição das peças NBR 15953 (ABNT, 2011).

A camada superficial do pavimento deve estar nivelada e não apresentar desníveis maiores que 10 mm, medir utilizando régua metálica de 3 m de comprimento, apoiada sobre a superfície NBR 15953 (ABNT, 2011).

A vistoria final também deve verificar a drenagem definida pelo projeto e acessibilidade a caixas de visitas, tampas de bueiro entre outras interferências na superfície do pavimento (ABCP, 2010). Concluído todas essas etapas da vistoria poderá ser liberado ao tráfego.

2.6 Controle tecnológico

2.6.1 Pavimento flexível

De acordo com Abram (2000), o processo de controle tecnológico tem início com um estudo do solo na área de construção antes mesmo de se iniciar o serviço, pois cada tipo de solo possui características únicas que interferem nas características do aterro.

Para as camadas de subleito, reforço do subleito, sub-base e base, a norma descreve os mesmos critérios de controle tecnológico DNIT 141 (2022). Seguem abaixo as especificações de serviço.

- Ensaio de umidade higroscópica do material;
- Deve ser realizado o ensaio de umidade higroscópica do material antes da compactação, em camadas, a cada 100 m de cada pista a ser compactada, a escolha do local é aleatória. A tolerância da umidade higroscópica deve ser de $\pm 2\%$ em relação à umidade ideal;
- Ensaio de massa específica aparente seca "*in situ*" a cada 100 m de pista, por camada, em locais selecionados aleatoriamente. Para pistas de extensão limitada, com áreas não superiores a 4.000 m², devem ser feitas no mínimo cinco determinações por camada para cálculo do grau de compactação (GC);
- Os cálculos do grau de compactação devem ser feitos utilizando os valores máximos de massa específica aparente seca obtidos em laboratório e a massa específica aparente seca "*in situ*" obtida na pista. Valores do grau de compactação inferiores a 100% em relação a massa específica aparente seca máxima obtida em laboratório, não deve ser aceita.

2.6.1.1 Imprimação

A norma NBR 15953 (ABNT, 1993), descreve o controle tecnológico para emulsão asfáltica, deve-se realizar ensaio de viscosidade Saybolt-Furol, resíduo por evaporação, para todo carregamento que chegar na obra; peneiramento, para todo carregamento que chegar na obra; sedimentação, para cada 100 t.

Para aplicação do asfalto diluído tipo CM-30 deve-se respeitar a faixa de temperatura, precisa está a uma temperatura que corresponde à faixa de viscosidade de 20 s Saybolt-Furol a 60 s Saybolt-Furol, para os casos que serão utilizado o EAI a viscosidade de espalhamento o é de 20 s a 100 s Saybolt Furol, conforme especificação do DNIT 144 (2014).

Segundo definição do DNIT na norma 144 (2014) e 145 (2012), aplicação de asfalto diluído tipo CM-30 ou emulsão asfáltica EAI , não deve ser aplicado em temperatura abaixo de 10 °C ou em dias de chuva, ou quando a superfície apresentar sinais de excesso de umidade.

A taxa de aplicação “T” pode ser determinada experimentalmente na obra. Para asfalto segue valores usais na faixa de 0,8 a 1,6 l/m² e para emulsão asfáltica uma ordem de 0,9 a 1,7 l/m² conforme DNIT 144 (2014).

2.6.1.2 Pintura de ligação

De acordo com a definição do DNIT 145 (2012), pintura de ligação no revestimento, consiste na aplicação de ligante asfáltico tipo RR-1C na superfície de base ou revestimento asfáltico antes da aplicação da camada asfáltica para promover a aderência condições entre este e o revestimento a ser feito. A taxa de temperatura é a mesma utilizada do EAI.

2.6.1.3 Revestimento

O DNIT 090 (2006) ressalta que no momento da aplicação do concreto asfáltico deve ser aferida a temperatura no momento do espalhamento da massa na superfície que deve estar a uma temperatura de no mínimo 119 °C, isso antes de dar início a compactação com os equipamentos.

2.6.2 Pavimento intertravado

Segundo Cruz (2003), os pesquisadores enfatizam que é importante incluir no projeto a realização de testes de degradação ou durabilidade da areia utilizada no colchão, bem como o rejuntamento das áreas expostas ontem concentra movimentação de veículos pesados. O autor destaca ainda que estudos recentes têm mostrado que é importante avaliar proativamente a resistência da areia à carga aplicada ao pavimento por meio de ensaios de laboratório.

2.7 Principais problemas encontrados em pavimentos de condomínio

2.7.1 Pavimento flexível

As patologias em pavimentos flexíveis é complexo de ser analisado por se tratar de variações em seu comportamento, visto que cada ação sofrida, provoca alterações intrínsecas nas propriedades do material. Em outras palavras, cada ação resultará em novos tipos de defeitos, e como resultado, o estado da estrutura e sua performance irá se deteriorar com o tempo (Maia, 2012).

As fendas é toda descontinuidade na superfície do pavimento, que encaminha a aberturas de menor ou maior diâmetro, é classificado conforme as deformações na estrutura e superfície.

Pinto (2003) nomeia o fenômeno de fendas como fendilhamento, referindo-se a falha mais comum de pavimentos flexíveis, e principalmente devido à fadiga dos materiais dentro das camadas betuminosas devido à solicitação repetida de tração por flexão nas camadas. Outras possíveis causas desta patologia são a falta de capacidade de suporte das camadas granulares e da fundação, a rigidez excessiva da camada superficial em relação ao restante das camadas ou a má qualidade dos materiais.

Trinca transversal na maioria dos casos aparece perpendicular ao eixo da via. Essas trincas podem chegar a um metro de extensão, é classificada como transversal curta, e quando se estende além de um metro, é classificada como trinca transversal longa segundo Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2018). A (FIGURA 5) ilustra o sentido da trinca.

A norma DNIT 005 (2003) classifica a trinca longitudinal, geralmente ocorrem paralela ao eixo da pista. É identificada, quando sua extensão chega até um metro, classificam como, trinca longitudinal curta (TLC) e quando a extensão passa de um metro é classificada como trinca longitudinal longa (TLL) na (FIGURA 5).

Figura 5 – Trinca longitudinal longa e transversal



Fonte: Nascimento (2019)

Bernucci *et al.* (2008) explica que as trinca em blocos é um defeito que, como o nome sugere, tem um formato bem definido de “blocos”, composto de várias trincas interconectado com vários lados bem definidos e uma aparição mais ou menos retangular, com erosões aparentes nas bordas (FIGURA 6).

Figura 6 – Trinca em bloco



Fonte: Nascimento (2019)

Trinca Couro de Jacaré, de acordo com DNIT 005 (2003), é um grupo de trincas interconectado sem direções e capaz de exibir ou não erosão acentuada nas bordas e eixos da via. Conforme Pinto (2003), esta patologia está mais ligada a repetidas passagens de veículos e a insuficiência de capacidade de carga do pavimento (FIGURA 7).

Figura 7 – Tipologia couro de jacaré



Fonte: Nascimento (2019)

A norma DNIT 005 (2003), define exsudação como excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento devido à migração do ligante através do pavimento (FIGURA 8).

Figura 8 – Exsudação



Fonte: Nascimento (2019)

Em suma, a identificação e compreensão dos diferentes tipos de patologias em pavimentos flexíveis representam uma contribuição essencial para a melhoria contínua da infraestrutura viária. Ao abordar e resolver questões específicas, como aquelas relacionadas à falta de verificação do teor de umidade na terraplanagem e à aplicação da pintura de ligação sem a devida supervisão laboratorial, é possível mitigar futuros problemas e assegurar a durabilidade e segurança dessas estruturas. O conhecimento aprofundado sobre as patologias oferece subsídios valiosos para aprimorar práticas construtivas, alinhar-se às normas vigentes e, assim, promover vias mais resistentes e sustentáveis para a mobilidade urbana.

2.7.2 Pavimento intertravado

De acordo com o DNIT 090 (2006) norma que trata das Patologias do Concreto - Especificação de Serviço, o desgaste superficial pode ocorrer por abrasão, erosão e cavitação. Abrasão é definida pela perda progressiva da argamassa superficial do concreto, de acordo com a norma, este tipo de patologia é frequente em pavimentos. Erosão ocorre quando um fluido em movimento faz com que as partículas colidam, deslizem ou rolem, o que pode causar desgaste do concreto. Cavitação causa desgaste irregular da superfície do concreto devido à penetração de bolhas de ar.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 Apresentação do condomínio fechado

Para o desenvolvimento do trabalho definiu-se como objeto de estudo um condomínio na cidade de Anápolis-GO. Geograficamente, o empreendimento encontra-se entre a cidade de Anápolis e Goianápolis, mais próximo de umas das entradas de Anápolis conforme ilustrado na (FIGURA 9). O empreendimento definido como objeto de estudo situa-se na cidade de Goianápolis, mais próximo de umas das entradas de Anápolis, com acesso principal pela BR-153. A topografia do terreno é irregular, sendo o local mais alto a entrada do condomínio e o ponto mais baixo paralelo a entrada ao final do muro detendo uma área total de 978.311,00 m².

O empreendimento é dividido em área externa possui avenidas e ruas todas com 9 m de largura, área interna com 7 m de largura e 3 m de passeio público para ambas as áreas. O estudo da execução filtrou em duas ruas para análise e acompanhamento *in loco* do processo, sendo elas ruas 01 área externa e rua 15 área interna do empreendimento. Abaixo será apresentado todo o processo destinado para cada etapa.

Figura 9 – Local do objeto de estudo



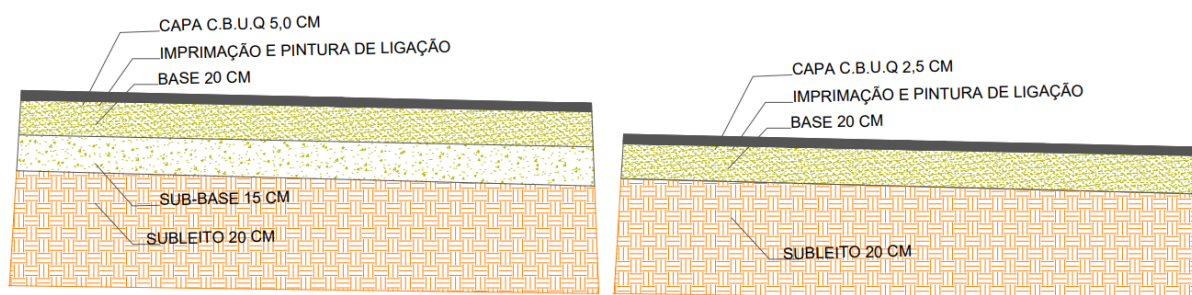
Fonte: Do autor (2023)

3.2 Características do pavimento

O pavimento do empreendimento por se tratar de um fluxo distinto de veículos na área interna e externa foi necessário dimensionar com base no número N de repetições de eixo

padrão, sendo, fluxo maior de veículos pesados área externa e fluxo de veículos leves na área interna. A (FIGURA 10) ilustra o dimensionado do pavimento área externa e interna. No condomínio o dimensionamento do pavimento foi dividido em duas seções típicas: a primeira interna referente às ruas residenciais e a segunda externa referente às ruas comerciais.

Figura 10 – Execução da camada de subleito



Fonte: Do autor (2023)

As ruas a qual os dados do laboratório foram captados são as seguintes ruas, Rua 01 área externa e Rua 15 área interna do empreendimento, ressaltando que os parâmetros dos dados coletados é usual para ambas as ruas, por se tratar do material retirado da mesma jazida. Abaixo serão apresentados os dados referentes a cada camada seguindo os dados solicitantes em norma.

3.2.1 Subleito

Devido à topografia acidentada do terreno em algumas ruas, no caso da rua 01 externa foi necessário realizar aterramento para ajustar o greide da pista. Esse processo envolveu o uso de cascalho laterítico amarelo graduado para camada do subleito, como ilustrado nos dados do laboratório responsável pela execução da obra, apresentados no Anexo B, que detalha o CBR e expansão do material.

Além disso, seguindo as diretrizes estabelecidas pela norma DNIT 138 (2010) para o subleito, foram obtidos resultados que atendem aos critérios estabelecidos por essa norma. O Anexo B exibe os resultados dos ensaios realizados, indicando um CBR (índice de suporte Califórnia) de 40,3 e uma expansão de 0,00, ambos dentro da faixa de conformidade estabelecida pela norma.

3.2.2 Sub-base

A camada da sub-base na área externa foi extraída da mesma jazida que a do subleito, conforme ilustrado na (FIGURA 11). Foi coletada uma amostra desse material que foi

submetida a estudos de laboratório para a caracterização. O material foi identificado como cascalho laterítico argiloso amarelo.

Figura 11 – Jazida de material Subleito e Sub-base



Fonte: Do autor (2023)

O anexo B apresenta os dados dos ensaios do laboratório para saber se o material aplicado na rua 15 atenderia às especificações vigentes da Norma do DNIT 139 (2010) para execução da camada sub-base. Conforme indicado no Anexo B os parâmetros, incluindo o CBR, Índice de Grupo e Expansão, atenderam às especificações estabelecidas.

3.2.3 Base

O material para execução da camada de base das vias externas e internas do empreendimento foi obtido de outra jazida, onde o material apresentou uma granulometria consideravelmente mais graduada, sendo classificado como cascalho laterítico argiloso amarelo bem graduado, como mostrado na (FIGURA 12).

Figura 12 – Jazida de material camada base



Fonte: Do autor (2023)

Os dados obtidos pelo laboratório estão no Anexo C, estes estão em conformidade com as especificações estabelecidas pela norma do DNIT 141 (2022). Todos os resultados, apresentados abaixo incluindo o CBR, expansão, limite de liquidez e índice de plasticidade, estão dentro dos limites exigidos pela norma, garantindo a qualidade do material.

3.2.4 Camada final

A emulsão asfáltica para imprimação (EAI) foi o material empregado em todo o empreendimento (FIGURA 13), tanto na área interna quanto externa, com uma taxa de aplicação de um litro por metro quadrado. Esse valor está dentro dos limites exigido pela norma Anexo C.

Figura 13 – Execução da imprimação camada base



Fonte: Do autor (2023)

Antes da aplicação da pintura de ligação, foi realizada a varredura mecanizada das ruas, como demonstrado na (FIGURA 14) atendendo o critério do DNIT 145 (2012).

Figura 14 – Varredura da base já imprimada.



Fonte: Do autor (2023)

O material utilizado na pintura de ligação foi a emulsão asfáltica RR-1C, no entanto, a taxa de aplicação não foi especificada e acompanhada pelo laboratório. O mesmo teve aquecimento para aplicação, de forma visual atendendo somente o critério de preenchimento total da faixa de aplicação (FIGURA 15).

Figura 15 – Execução da pintura de ligação.



Fonte: Do autor (2023)

A empresa fornecedora do material da pintura de ligação RR-1C realizou os seguintes ensaios de laboratório para todos os carregamentos que foram utilizados no empreendimento conforme Anexo C.

Para a conservação da temperatura do concreto asfáltico foi realizado conforme o DNIT 031 (2006), pois o concreto asfáltico sai da usina a ponto de aplicação e deve ser transportado em veículos como caminhões basculantes devidamente cobertos com lona para que a mistura seja colocada na pista a temperatura especificada (FIGURA 16).

Figura 16 – Caminhão devidamente coberto com lona



Fonte: Do autor (2023)

A empresa responsável pela usinagem do Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) realizou ensaios de laboratório de acordo com a Norma DNIT 031 (2006). O Anexo D estão presentes os dados de entrada para realização do ensaio Marshall, ademais, é possível visualizar o resultado completo da estabilidade Marshall com todos os parâmetros conforme a norma. Além do mais, ensaios de resistência à tração por compressão diametral, extração de betume, bem como, análise granulométrica dos diferentes agregados. A massa asfáltica, após o processo de usinagem, atingiu uma temperatura de aproximadamente 150°C a 170°C, mas pode ser aplicada em campo com temperatura de até 120°C, como mostrado na (FIGURA 17), seguida pela compactação.

Figura 17 – Aferição da temperatura de aplicação



Fonte: Do autor (2023)

O ligante utilizado em todos os carregamentos aplicados ao pavimento foi o cimento asfáltico de petróleo, conhecido como CAP (50/70) Anexo D. Essa nomenclatura se refere a profundidade de penetração de uma agulha de 100g a 25°C em um intervalo de 5 segundos no ensaio de penetração que mede a consistência do asfalto. Na área externa do empreendimento, o traço adotado foi o Faixa 'C', que inclui brita um, brita zero, pó de brita e areia artificial. A espessura aplicada foi de 6 cm, reduzida para 5 cm após a compactação, como ilustrado na (FIGURA 18), que mostra a haste/gabarito usada para verificar se a vibroacabadora está distribuindo o material sobre a pista com a espessura determinada em projeto.

Figura 18 – Espessura do pavimento área externa



Fonte: Do autor (2023)

Por outro lado, a área interna do empreendimento permaneceu com o traço Faixa 'C', contendo brita zero, pó de brita e areia artificial. A espessura do material aplicado foi de 3,5 cm, reduzida para 2,5 cm após a compactação, como demonstrado na (FIGURA 19).

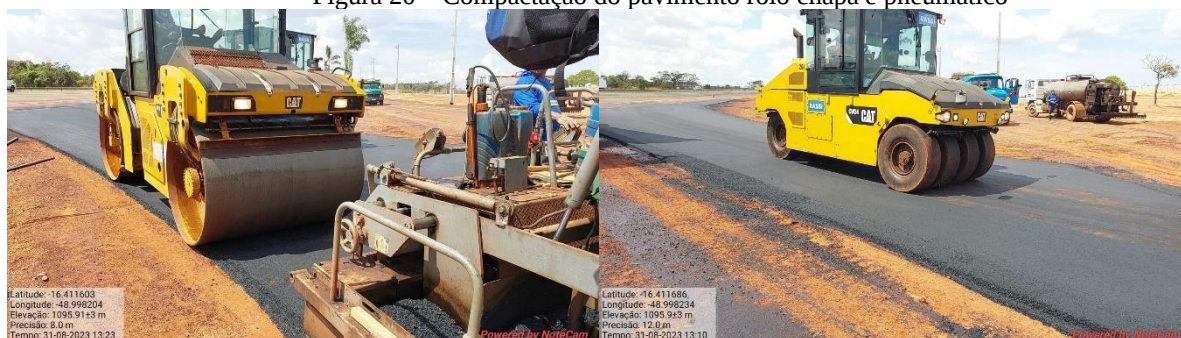
Figura 19 – Espessura do pavimento área interna



Fonte: Do autor (2023)

Após aplicação do revestimento asfáltico realizou-se o serviço de compactação da camada. Esse processo elevou o uso de 20 passadas de compactação, iniciando-se um dos bordos, podendo ser esquerdo ou o direito, passando pelo eixo e finalizando no outro bordo da pista, conforme ilustrado na (FIGURA 20).

Figura 20 – Compactação do pavimento rolo chapa e pneumático



Fonte: Do autor (2023)

A importância da compactação não pode ser submetida quando se considera a vida útil do pavimento. Um pavimento adequadamente compactado atinge uma elevada densidade, o que lhe permite resistir a cargas substanciais e às intempéries, contribuindo para uma vida útil prolongada e um desempenho duradouro.

3.3 Análise do processo executivo do pavimento

A execução das camadas do pavimento no empreendimento foi conduzida com a assistência do laboratório para caracterização e classificação do material. Após a interpretação dos dados, iniciou-se o processo. A terraplanagem começou na área externa do empreendimento por questões de planejamento e estética da obra, avançando com duas frentes de serviço, uma para a área externa e outra para a interna.

Antes da preparação do subleito para todas as ruas, tanto da área interna e externa foi realizada a escarificação da superfície natural do terreno. Em seguida, procedeu-se com a abertura dos bordos, homogeneização e compactação do fundo da pista para um melhor suporte da camada do subleito (FIGURA 21).

Figura 21 – Tratamento do fundo da camada.



Fonte: Do autor (2023)

Na execução das camadas do subleito, várias ruas receberam aterro com material de melhor qualidade, conforme descrito anteriormente, para atingir a altura do greide estabelecida no projeto executivo e topográfico. Durante o processo, algumas especificações da norma DNIT 137 (2010) foram seguidas rigorosamente, tais como:

Atendidos na Execução:

Remoção de toda a cobertura vegetal presente no local, para que não seja gerado buracos na estrutura do pavimento, em seguida a escarificação da camada na profundidade de 20cm (FIGURA 22).

Figura 22 – Escarificação camada subleito



Fonte: Do autor (2023)

Em seguida, o caminhão pipa realizou o umedecimento do material, conforme demonstrado na (FIGURA 23).

Figura 23 – Umedecimento do material



Fonte: Do autor (2023)

A homogeneização foi realizada com tratores com grades e disco de arado (FIGURA 24) para correção do teor de umidade para umidade ótima.

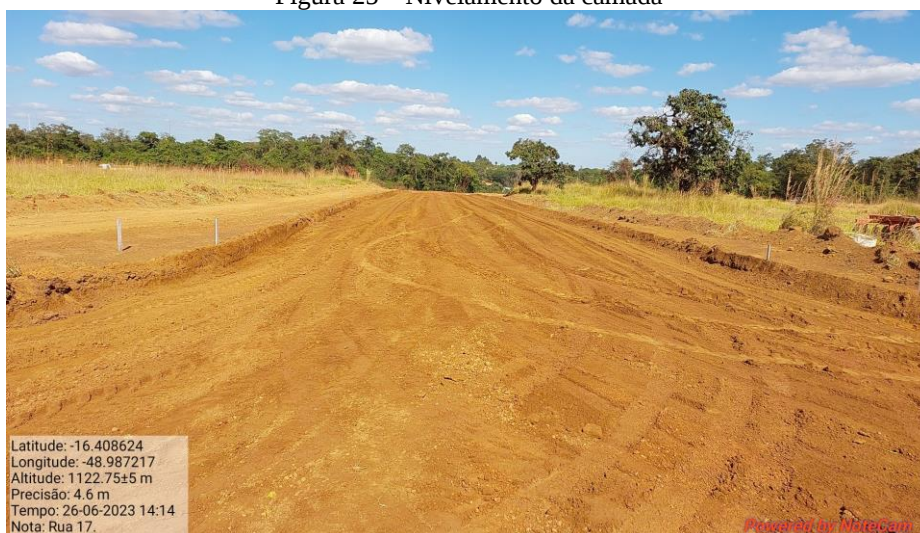
Figura 24 – Homogeneização do material



Fonte: Do autor (2023)

Em sequência, o espalhamento e nivelamento do material entre os bordos e eixo (FIGURA 25) para dar início a compactação.

Figura 25 – Nivelamento da camada



Fonte: Do autor (2023)

Prosseguindo com a compactação evoluindo longitudinalmente (FIGURA 26), começando pelo bordo e finalizando no outro. Após termino, o laboratório entra na pista para realizar ensaios.

Figura 26 – Compactação da camada



Fonte: Do autor (2023)

Portanto, a realização do ensaio de massa específica aparente “*in situ*” utilizou-se o método frasco areia NBR 7185 (ABNT, 2016) para determinar o grau de compactação (FIGURA 27). Ressaltando que para as demais camadas do pavimento seguiram essa mesma linha de execução tanto para área externa quanto para área interna do condomínio.

Figura 27 – Análise laboratorial da camada compactada



Fonte: Do autor (2023)

Por último, a aferição da altura da camada e acabamento (FIGURA 28). Manutenção da altura do subleito com até 20cm de espessura. Todas as demais camadas seguiram essa mesma linha de execução tanto para área externa quanto para área interna do condomínio.

Figura 28 – Nivelamento e acabamento



Fonte: Do autor (2023)

O processo de verificação da manutenção e raspagem da camada é realizado simultaneamente, em seguida realizou o umedecimento da camada para realização da imprimação (FIGURA 29).

Figura 29 – Imprimação



Fonte: Do autor (2023)

A realização da pintura de ligação (FIGURA 30) foi iniciada após quinze dias da data de imprimação. Foi realizado a varredura da camada base já imprimada, conforme a norma e a aplicação estendeu-se somente no mesmo turno de trabalho preenchendo uma faixa da pista por vez para todas as ruas do empreendimento.

Figura 30 – Pintura de ligação executado uma faixa por vez



Fonte: Do autor (2023)

Aplicação do revestimento asfáltico foi em sucessão da ruptura do RR-1C, subsequência a verificação da temperatura de aplicação com material já depositado na vibroacabadora (FIGURA 31).

Figura 31 – Espalhamento do CBUQ com a vibroacabadora



Fonte: Do autor (2023)

A compactação foi realizada após a evolução da vibroacabadora ainda com material na temperatura de 150°C adotado no primeiro momento o rolo pneumático para ademais rolo metálico liso para melhor acabamento da superfície de rolamento (FIGURA 32).

Figura 32 – Compactação e acabamento



Fonte: Do autor (2023)

Durante a execução das camadas subleito, sub-bases e base, a norma DNIT 139 (2010) orienta o mesmo procedimento para ambas as camadas, implementado exclusivamente a sub-base na área externa do condomínio (TABELA 1):

Tabela 1 – Critérios da execução das etapas subleito, sub-base e Base

Atendidos na Execução	Não Atendidos na Execução
Não execução dos serviços em dias de chuvas. ✓	Realização de ensaios de caracterização do material a cada 200 metros de pista ou por jornada de trabalho. ✗
Realização de ensaios de caracterização do material. ✓	Ensaio de compactação a cada 200 metros de pista ou por jornada de trabalho, com coleta de amostras em locais aleatórios. ✗
Remoção de raízes e corpos estranhos. ✓	Realização de ensaios de Índice de Suporte Califórnia (ISC) e Expansão a cada 400 metros de pista, também em locais aleatórios. ✗
Umedecimento do material para homogeneização, espalhamento, compactação e acabamento. ✓	Ensaio de umidade natural antes da compactação a cada 100 metros de pista, com coleta de amostras em locais aleatórios. ✗
Espessura da camada compactada respeitada, variando entre 10 cm e 20 cm. ✓	-
Compactação realizada evoluindo longitudinalmente a partir das bordas. ✓	-

Atendidos na Execução	Não Attendidos na Execução
Ensaio de massa específica aparente " <i>in situ</i> " para determinar o grau de compactação. ✓	-
Não abertura ao tráfego durante o processo. ✓	-

Fonte: Do autor (2023)

Essas não conformidades representam áreas em que o processo de execução das camadas do subleito não seguiu completamente as especificações da norma DNIT 137 (2010). Esses resultados são essenciais para avaliar a qualidade e a conformidade da obra em relação às normas e regulamentos estabelecidos. Essas discrepâncias representam áreas onde o processo de execução das camadas sub-bases e base não seguiu completamente as especificações da norma DNIT 139 (2010) e 141 (2022).

De acordo com a norma DNIT 144 (2014), a camada de imprimação, utilizando ligante asfáltico EAI, foi aplicada em todas as vias do condomínio, sendo observados os seguintes critérios durante a execução:

Tabela 2 – Critérios da execução da imprimação

Atendidos na Execução	Não Attendidos na Execução
Não aplicação em temperaturas abaixo de 10 °C. ✓	Houve fechamento ao tráfego nas primeiras semanas, seguido pela observação de passagem de veículos leves e pesados. ✗
Distribuição realizada por veículos equipados com bombas, regulação de pressão e sistema de aquecimento. ✓	Os ensaios de viscosidade Saybolt Furo, ensaio de resíduo por evaporação, ensaio de peneiração, determinação da carga da partícula e ensaio de sedimentação para emulsões não foram realizados para todo o carregamento que chegou à obra, contrariando o exigido pela norma. ✗
Aplicação uniforme em toda a largura da pista. ✓	-
Taxa de aplicação dentro da média, atingindo uma taxa de 1,0 l/m². ✓	-
Realização de raspagem leve e umedecimento prévio em todas as vias antes da aplicação. ✓	-

Atendidos na Execução	Não Atendidos na Execução
Aferição e adequação da temperatura no caminhão para aplicação. ✓	-
Tempo de exposição da base imprimada, após a cura, não ultrapassando 30 dias. ✓	-

Fonte: Do autor (2023)

A análise desses critérios proporciona uma visão abrangente sobre o cumprimento das normas na execução da camada de imprimação, identificando áreas que atenderam aos padrões estabelecidos e aquelas que necessitam de ajustes

A aplicação da camada de pintura de ligação, do tipo RR-1C, em todas as vias do condomínio seguiu as diretrizes estabelecidas pela norma DNIT 145 (2012). Durante o processo, foram adotados os seguintes critérios:

Tabela 3 – Critérios da execução da pintura de ligação

Atendidos na Execução	Não Atendidos na Execução
Não aplicação em temperaturas abaixo de 10 °C. ✓	A água utilizada para diluição do material foi retirada de um córrego próximo ao empreendimento, desatendendo à norma que exige que a água seja isenta de teores nocivos de sais ácidos, álcalis, matéria orgânica e outras substâncias prejudiciais. Esta prática pode comprometer a qualidade do material utilizado. ✗
Realização de varredura da superfície para eliminar poeira e materiais soltos. ✓	-
Distribuição por carros equipados com bombas, regulagem de pressão e sistema de aquecimento. ✓	-
Aplicação uniforme em toda a largura da pista durante o mesmo turno de trabalho. ✓	-
Realização do ensaio de viscosidade "Saybolt-Furol" para todo o carregamento destinado à obra, incluindo peneiramento e medição da carga das partículas. ✓	-

Fonte: Do autor (2023)

A avaliação desses critérios proporciona uma visão abrangente do cumprimento das normas na execução da camada de pintura de ligação, identificando áreas que atenderam aos padrões estabelecidos e aquelas que necessitam de ajustes para garantir a qualidade do processo (FIGURA 33).

Figura 33 – Água utilizada para diluição



Fonte: Do autor (2023)

A execução do pavimento flexível, conforme preconizado pela norma DNIT 031 (2006), teve início na entrada principal do empreendimento, abrangendo alças e as ruas principais, tanto internas quanto externas. A observância de critérios específicos foi fundamental para assegurar a qualidade do processo. Os seguintes aspectos foram atendidos:

Tabela 4 – Critérios da execução do revestimento asfáltico

Atendidos na Execução	Não Atendidos na Execução
Varredura e aplicação da pintura de ligação. ✓	Ausência de controle do grau de compactação em locais escolhidos aleatoriamente durante a jornada de trabalho. ✗
Não foi aplicado em temperaturas abaixo de 10 °C. ✓	Não realização da verificação do acabamento longitudinal utilizando aparelhos medidores de irregularidades. ✗
O transporte do material foi feito por caminhões devidamente lonados. ✓	Caso sejam empregados rolos de pneus, de pressão variável, inicia-se a rolagem com baixa pressão, a qual deve ser aumentada à medida que a mistura seja compactada. ✗
Utilização de equipamentos adequados para distribuição e compactação. ✓	-
A temperatura de aplicação do CBUQ foi aferida. ✓	-

Atendidos na Execução	Não Atendidos na Execução
A compactação foi iniciada pelos bordos longitudinalmente em direção ao eixo da pista e a pista recém-acabada foi mantida sem tráfego até o resfriamento. ✓	-

Fonte: Do autor (2023)

A análise detalhada desses resultados contribui para a avaliação da conformidade na execução das camadas finais do pavimento, permitindo identificar áreas que estão em conformidade com os padrões estabelecidos e aquelas que demandam melhorias. Esse levantamento crítico é crucial para aprimorar futuras práticas e garantir a excelência na execução de pavimentos flexíveis, alinhada às normas e regulamentos vigentes.

4 PROPOSTAS PARA SOLUÇÃO DOS PROBLEMAS ENCONTRADOS

4.1 Sugestões de melhorias para processo executivo do pavimento

O processo executivo das camadas foi planejado com foco na qualidade dos materiais utilizados, no método de execução e nos equipamentos empregados.

Na etapa de terraplanagem, foi realizada uma coleta de amostras *in loco* com o auxílio do laboratório para caracterizar os materiais que seriam posteriormente utilizados nas camadas. No entanto, durante a fase de tratamento da camada, que envolveu escarificação, abertura do bordo, umedecimento e homogeneização, a ausência de acompanhamento laboratorial resultou na não execução do ensaio de umidade natural.

Após o umedecimento e homogeneização do material utilizado na camada, o operador da motoniveladora e o motorista do caminhão realizavam uma análise visual da umidade do material. Utilizava-se a prática comum na área de terraplanagem, formando bolinhos de terra para aferir o teor de umidade, como mostra a (FIGURA 34). Entretanto, considerando que o laboratório estava disponível para aprimorar o controle tecnológico, teria sido mais adequado seguir a norma NBR 16097 (ABNT, 2012) e realizar o ensaio de determinação do teor de umidade do solo antes da compactação.

Figura 34 – Verificação do teor de umidade do material



Fonte: Do autor (2023)

Com o intuito de aprimorar o controle de qualidade no processo executivo das camadas do pavimento, é fundamental seguir as especificações estabelecidas da NBR 16097 (ABNT, 2012). Ao adotar essa prática, evita-se a perda de resistência e rigidez na camada do pavimento. Destaca-se, portanto, a importância de realizar o ensaio de umidade natural antes da compactação, contando com o auxílio do laboratório.

Durante a avaliação do processo executivo da pintura de ligação, o laboratório não esteve presente para a coleta e cálculo da taxa de aplicação por metro quadrado. Além disso, observou-se que as rodas dos caminhões basculantes retiravam uma parte significativa do material na pista (FIGURA 35), não era realizada a reposição desse material já que isso implica diretamente no custo.

Figura 35 – Retirada do material asfáltico



Fonte: Do autor (2023)

A pintura de ligação desempenha uma função crucial ao promover uma aderência eficiente entre o revestimento e a camada subjacente. A ausência dessa pintura pode resultar no surgimento precoce de trincas por fadiga e eventual deslocamento do revestimento. Como sugestão, é indicado aplicar óleo mineral nas rodas dos veículos antes da passagem sobre a pintura de ligação (FIGURA 36), impedindo que o material asfáltico grude nas rodas. Essa medida contribuirá para preservar a integridade da pintura de ligação e, consequentemente, garantir a durabilidade e eficácia do pavimento.

Figura 36 – Aplicação de óleo mineral.



Fonte: Guimarães (2013)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção de condomínios tem ganhado ampla projeção no cenário da construção civil em Anápolis. Esse mercado expande-se devido à busca por segurança, conforto, comodidade, um estilo de vida diferenciado, urbanização e a crescente demanda por privacidade.

Nesse contexto, a pesquisa teve como objetivo propor uma metodologia de comparação entre a prática observada na execução do pavimento de um condomínio e as especificações contidas nas normas do DNIT, identificando eventuais discrepâncias. Constatou-se que o objetivo geral foi atendido, demonstrando que a maior parte da execução do pavimento seguiu os princípios normativos, com apenas duas etapas que, no momento atual, não apresentam problemas significativos devido ao baixo fluxo de veículos.

Inicialmente, foi analisado o contexto bibliográfico dos pavimentos usuais, considerando os métodos aplicados em sua execução, destacando a flexibilidade do pavimento em questão.

Além disso, foram realizadas visitas ao local do empreendimento para acompanhar o processo executivo. Essa análise revelou a qualidade geotécnica dos materiais utilizados, contribuindo para uma experiência operacional positiva.

A avaliação visual da qualidade final do pavimento, incluindo o nivelamento das ruas e aspectos estéticos, também foi incorporada à pesquisa. Observou-se uma qualidade superior na pavimentação, especialmente devido ao uso de equipamentos mais modernos.

Por fim, a pesquisa abordou sugestões de melhoria no processo executivo do pavimento, alinhadas às normas do DNIT. O acompanhamento detalhado do processo executivo permitiu identificar etapas que não estavam em conformidade com as especificações do DNIT, contribuindo para a proposta de melhorias.

Portanto, a pesquisa abordou de maneira abrangente e integrada diferentes facetas da execução de pavimentos em condomínios, proporcionando uma visão holística do tema em questão.

A pesquisa partiu da hipótese de que a execução de todo o processo do pavimento seguiria as diretrizes da norma DNIT. Durante o trabalho, verificou-se que a hipótese foi confirmada, com cada etapa, como a limpeza e retirada da camada vegetal, escarificação do solo natural, tratamento das camadas de subleito, sub-base, base, imprimação, pintura de ligação e camada final, respeitando, em parte, as normas. As etapas que não obedeceram às

diretrizes foram devidamente apontadas, destacando o que foi realizado e o que deixou de ser cumprido.

A metodologia do estudo, correlacionada ao embasamento nas normas do DNIT, juntamente com o que foi realizado *in loco*, envolveu o acompanhamento de todo o processo executivo para a elaboração da comparação. Dessa forma, o trabalho foi conduzido com base no referencial teórico normativo, alinhado aos dados coletados do laboratório terceirizado pela empresa, obtidos em campo em cada uma das ruas do loteamento, essenciais para a análise comparativa.

As limitações apresentadas para a elaboração dessa pesquisa incluíram a restrição de tempo para o acompanhamento integral do processo executivo, devido à carga horária na instituição. Em decorrência disso, algumas ruas não puderam ser totalmente acompanhadas em todas as fases, como lançamento do material, tratamento, umedecimento, compactação e acabamento. Poderia ter sido considerada a hipótese de coleta de dados com a participação de duas pessoas em turnos distintos, dada a limitação de tempo e geográfica, o que possibilitaria uma análise mais abrangente.

Recomenda-se que futuros trabalhos de pesquisa incorporem uma abordagem abrangente por meio da realização de ensaios específicos de verificação do pavimento, tais como o Falling Weight Deflectometer (FWD) ou a viga Benkelman, o Pêndulo Britânico e o ensaio de mancha de areia. A inclusão desses métodos de avaliação proporcionaria uma análise mais completa das propriedades mecânicas e comportamentais do pavimento flexível. A aplicação do FWD, por exemplo, permitiria uma avaliação direta da deflexão do pavimento sob carga, enquanto a viga Benkelman oferece avaliação sobre a rigidez do pavimento. O Pêndulo Britânico e o ensaio de mancha de areia, por sua vez, forneceria informações cruciais sobre a aderência e a resistência à derrapagem.

Ao comparar os resultados desses ensaios com os parâmetros de dimensionamento, os pesquisadores teriam uma base sólida para avaliar a eficácia das práticas de construção em relação às especificações de projeto. Essa abordagem integrada contribuiria significativamente para o avanço do conhecimento no campo da pavimentação flexível, proporcionando percepções valiosas para otimizar futuros projetos e aprimorar a durabilidade e desempenho dessas estruturas viárias.

REFERÊNCIAS

ABRAM, Isaac; ROCHA, Aroldo. **Manual Prático de Terraplenagem**, 1ª ed. Salvador, Bahia, 2000. 272 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Manual de Pavimento Intertravado: Passeio Público**. São Paulo: ABCP, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7185: solo – determinação da massa específica aparente, *in situ*, com emprego do frasco areia – execução**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15953: determinação do teor de umidade – métodos expeditos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16097: pavimento intertravado com peças de concreto – execução**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781: peças de concreto para pavimentação – especificação e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2013.

BALBO, José Tadeu, “**PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA: Materiais, projeto e restauração**”. São Paulo, 2007.

BERNUCCI, Liedi. *et al.* **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. 1. ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS ABEDA, 2006. 504 p. v. Único.

CNT – Confederação Nacional de Transportes. Pesquisa CNT de rodovias 2018: **relatório gerencial. Confederação Nacional de Transportes**. 2018. Disponível em:<
<https://repositorio.itl.org.br/jspui/handle/123456789/148>>. Acesso em: 14 maio. 2023.

CRUZ, Luiz M. Pavimento intertravado de concreto: **estudo dos elementos e métodos de dimensionamento**. 2003. 281 p. Dissertação (Mestrado) em Ciências em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em:
<https://www.CRUZ%2C+Luiz+M.+Pavimento+intertravado+de+concreto>. Acesso em: 30 de mar. 2023.

DNIT – **Norma DNIT 005/2003 – TER**. Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos - Terminologia. Rio de Janeiro, 2003. 12p.

DNIT – **Norma DNIT 090/2006 – ES**. Patologia do concreto - Especificação de Serviço. Rio de Janeiro, 2006. 10p.

DNIT – **Norma DNIT 104/2009 – ES**. Terraplenagem – Serviços preliminares – Especificação de Serviço – Rio de Janeiro, 2009. 11p.

DNIT – **Norma DNIT 108/2009 – ES**. Terraplenagem - Aterro – Especificação de Serviço – Rio de Janeiro, 2009. 13p.

DNIT – **Norma DNIT 141/2022 – ES. Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente.** Brasília, 2022. 12p.

DNIT – **Norma DNIT 144/2014 ES. Pavimentação – Imprimação com ligante asfáltico – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro, 2014. 7p.

DNIT – **Norma DNIT 145/2012 ES. Pavimentação – Pintura de ligação com ligante asfáltico – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro, 2012. 7p.

DNIT. **Manual de Pavimentação.** Publicação IPR – 719. Rio de Janeiro: IPR, 2006.

DNIT. **NORMA DNIT 031/2006 – ES. Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro: IPR, 2006. 14p.

DNIT. **NORMA DNIT 106/2009 - ES. Terraplenagem – Cortes – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro, 2009. 13p.

DNIT. **NORMA DNIT 137/2010 – ES. Pavimentação – Regularização do subleito - Especificação de serviço.** Rio de Janeiro: IPR, 2010. 7p.

DNIT. **NORMA DNIT 138/2010 – ES. Pavimentação – Reforço do subleito – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro: IPR, 2010. 7p.

DNIT. **NORMA DNIT 139/2010 – ES. Pavimentação – Sub-base estabilizada granulometricamente – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro: IPR, 2010. 8p.

FERNANDES, I. D. **Blocos e Pavers: produção e controle de qualidade.** 4. ed. São Paulo: Treino e Assessoria e Treinamentos Empresariais, 2013.

DNER-ME 213/94, designada Solos – **determinação do teor de umidade.** 3 p.

FIORITI, Cesar Fabiano. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneus como material alternativo.** 2007. 218 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 2007.

GONDIM, Y. C. **Dimensionamento de pavimentos de concreto utilizando o programa computacional KENSLABS 2004 e comparação com método da PCA 1984.** Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

GUIMARÃES, Poliana Avelar. **Estudo de aderência entre camadas asfálticas de pavimentos/P.A.Guimarães.** – ed.rev. – São Paulo, 2013. 189p.

HALLACK, Abdo. **Dimensionamento de pavimentos com revestimento de peças pré-moldadas de concreto para áreas portuárias e industriais.** 1999. 116 p. Tese (Doutorado) em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica. Universidade de São Paulo (USP), 1999.

MAGALHÃES, J, Francisco L e Oda Sandra. **A importância do controle tecnológico em obras de pavimentação asfáltica.** 2018. Disponível em:

<https://www.tce.rj.gov.br/documents/454798/79530822/Importancia%20Controle%20Tecnologico_Magalhaes.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2023.

MAIA, Iva Marlene Cardoso. **Caracterização de Patologias em Pavimentos Rodoviários**. 2012. 97 p. Dissertação (Mestrado em Vias de Comunicação) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, setembro de 2012. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/68091/1/000154859.pdf>> Acesso em: 14 maio. 2023.

MARCHIONI, Mariana Lobo. **Desenvolvimento de técnicas para caracterização de concreto seco utilizado na fabricação de peças de concreto para pavimentação intertravada**. 2012. 112 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia da Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Universidade de São Paulo, 2012.

MARCIEL, Anderson Brum. **Dossiê Técnico – Pavimentos Intertravados**; 2007.

MARÉ, F. L. **História das Infra-estruturas Rodoviárias**. Dissertação (Mestrado), Curso de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2011.

MARQUES, Geraldo L de O. **Notas de Aula da Disciplina Pavimentação**. Juiz de Fora: O Autor, 2006.

MORAES, C. E. *et al.* **Controle Tecnológico Aplicado em serviços de Terraplenagem e Identificação de Patologias Provenientes de Erros na Execução**. 2021. Disponível em: <<https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/3891/1/Carlos%20Eduardo%20Moraes%20e%20Pedro%20Henrique%20Ferreira%20Rodrigues.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2023.

NACIMENTO, Dalilla Lima do. **ESTUDO DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA – PARA UM CONDOMÍNIO VERTICAL NA CIDADE DE ANÁPOLIS**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso Submetido ao Curso de Engenharia Civil da Unievangelica.

NAKAMURA, J. **Pavimentação asfáltica**. Revista Infraestrutura Urbana. Editora Pini. Edição n. 16. São Paulo, 2011.

OLIVEIRA, Cinara Souza de. **Análise Comparativa Técnica-Econômica Entre os Pavimentos de Concreto Asfáltico e Blocos Intertravados de Concreto**. 2018. 109 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo. 2018.

PINTO, Joana Isabel Baptista Rua. **Caracterização Superficial de Pavimentos Rodoviários**. 2003. 261 f. Dissertação (Mestrado em Vias de Comunicação) - Faculdade de Engenharia da 85 Universidade do Porto, Portugal. Julho de 2003.

SANTANA, Humberto. **A filosofia dos calçamentos na pavimentação urbana**. In: REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PAVIMENTAÇÃO, 4. Maceió: ABPv, 1993.

SENÇO, W. **"Manual de Técnicas de Pavimentação"**, Editora PINI, 1ª ed., São Paulo. 2008.

SENÇO, W. "**Manual de Técnicas de Pavimentação**", Editora PINI, 1ª ed., v.2, São Paulo. 2001.

SILVA, P. F. (2008) "**Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos**", Editora PINI, 2ª ed., v1, São Paulo.

SINAPI. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. **Cadernos técnicos de composições para pavimento intertravado**. CAIXA. 2017. Disponível em: http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-composicoes-aferidaslote3-saneamento-infraestruturaurbana/SINAPI_CT_LOTE3_INTERTRAVADO_v004.pdf. Acesso em: 28 mar. 2023.

ANEXOS

ANEXO A – Faixa granulométrica da areia de assentamento

Tabela 5 – Faixa granulométrica recomendada para a camada de assentamento (areia)

Abertura de peneira (mm)	Porcentagem retida em massa (%)
6,3 mm	0 a 7
4,75 mm	0 a 10
2,36 mm	0 a 25
1,18 mm	5a 50
600 µm	15 a 70
300 µm	50 a 95
150 µm	85 a 100
75 µm	90 a 100

Fonte: Do autor (2023)

ANEXO B – Resultados dos ensaios de laboratório realizado para as amostras de solos das camadas do Subleito, Sub-base e Base

Tabela 6 – Valores de CBR e expansão do subleito

CIDADE:				DATA:			
Anápolis-GO				28/04/2023			
MATERIAL:				ESTUDO:			
Cascalho laterítico argiloso amarelo				Subleito			
% MAT. RET. #Nº 4		PROCTOR		GOLPES:			
60,7		INTERMEDIARIO		26			
UMIDADE HIGROSCÓPICA							
CÁPSULA Nº		28		50			
C + S + A (g)		99,91		101,87			
C + S (g)		96,20		98,25			
A - ÁGUA (g)		3,71		3,62			
C - CÁPSULA (g)		15,32		16,87			
S - SOLO (g)		80,88		81,38			
UMIDADE - H (%)		4,6		4,4			
UMI. MÉDIA (%)				4,52			
COMPACTAÇÃO							
ÁGUA ADICION. (G)	320	440	560	680	800	PESO MATERIAL	
% ÁGUA ADICION.	5,3	7,3	9,3	11,3	13,3	6000	
UMIDADE ADICION. %	5,6	7,7	9,8	11,8	13,9	PESO MAT. SECO	
UMIDADE COMPACTAÇÃO %	10,1	12,2	14,3	16,4	18,5	5741	
Nº DO MOLDE	75	160	76	29	142	CILINDROS	
M + S + A (G)	8.744	7.730	9.160	9.510	8.890	Nº	PESO VOLUME
M - MOLDE (G)	4.404	3.020	4.332	4.906	4.412	75	4404 2189

Tabela 6 – Valores de CBR e expansão do subleito

(Conclusão)

CIDADE:	Anápolis-GO				DATA:	28/04/2023			
MATERIAL:	Cascalho laterítico argiloso amarelo				ESTUDO:	Subleito			
% MAT. RET. #Nº 4	60,7				GOLPES:	26			
S + A (G)	4.340	4.710	4.838	4.604	4.478	160	3020	2232	
DENS. ÚMIDA KG/M ³	1,983	2,110	2,198	2,194	2,164	76	4322	2201	
DENS. CONVERT. KG/M ³	1,882	1,996	2,011	1,971	1,909	29	4906	2098	
DENS. SECA KG/M ³	1,801	1,881	1,924	1,886	1,886	142	4412	2069	
dens. máxima kg/m³ =	1924	h. ótima		14,3	I.S.C	40,3	EXP.	0,00	
		% =			% =		% =		

Fonte: Do autor (2023)

Tabela 7 – Valores de CBR e expansão da sub-base

CIDADE:					DATA:			
Anápolis-GO					25/05/2023			
MATERIAL:					ESTUDO:			
Cascalho laterítico amarelo					Sub-base			
% MAT. RET. #Nº 4		PROCTOR MODIFICADO			GOLPES:			
70,7					55			
UMIDADE HIGROSCÓPICA								
CÁPSULA Nº		5			16			
C + S + A (g)		99,6			85,15			
C + S (g)		96,78			82,95			
A - ÁGUA (g)		2,82			2,20			
C - CÁPSULA (g)		12,93			17,35			
S - SOLO (g)		83,85			65,60			
UMIDADE - H (%)		3,4			3,4			
UMI. MÉDIA (%)					3,36			
ÍNDICE DE GRUPO (IG)					0			
COMPACTAÇÃO								
ÁGUA ADICION. (g)		340	460	580	700	820	PESO MATERIAL	
% ÁGUA ADICION.		5,7	7,7	9,7	11,7	13,7	6000	
UMIDADE ADICION. %		5,9	7,9	10,0	12,1	14,1	PESO MAT. SECO	
UMIDADE COMPACTAÇÃO %		9,2	11,3	13,3	15,4	17,5	5805	
Nº DO MOLDE		14	244	110	192	4	CILINDROS	
M + S + A (g)		8.240	9	9	9	8.250	Nº	PESO VOLUME
M - MOLDE (g)		4	5	5	4	4	14	4148 2079
S + A (g)		4	4	5	5	5	244	4938 2080
DENS. ÚMIDA kg/m³		1,969	2,119	2,240	2,281	2,184	110	4826 2058
DENS. CONVERT. kg/m³		1,863	1,968	2,043	2,043	1,921	192	4488 2151

Tabela 7 – Valores de CBR e expansão da sub-base

(Conclusão)

CIDADE:				DATA:				
Anápolis-GO				25/05/2023				
MATERIAL:				ESTUDO:				
Cascalho laterítico amarelo				Sub-base				
% MAT. RET. #Nº 4				GOLPES:				
70,7				55				
DENS. SECA kg/m³	1,803	1,904	1,976	1,976	1,859	4	3668	2098
DENS. MÁXIMA kg/m³ =	1985	h. ótima % =	14,4	I.S.C % =	47	EXP. % =	0,05	

Fonte: Do autor (2023)

Tabela 8 – Valores do CBR, índice de grupo e expansão da base

CIDADE:					DATA:			
Anápolis-GO					08/08/2023			
MATERIAL:					ESTUDO:			
Cascalho laterítico argiloso amarelo					Base			
% MAT. RET. #Nº 4		PROCTOR INTERMEDIARIO			GOLPES:			26
UMIDADE HIGROSCÓPICA								
CÁPSULA Nº		34						9
C + S + A (g)		72,87						70,07
C + S (g)		71,81						68,90
A - ÁGUA (g)		1,06						1,17
C - CÁPSULA (g)		15,32						16,87
S - SOLO (g)		56,49						52,03
UMIDADE - H (%)		1,9						2,2
UMI. MÉDIA (%)					2,06			
COMPACTAÇÃO								
ÁGUA ADICION. (g)		350	470	590	710	830	PESO MATERIAL	
% ÁGUA ADICION.		5,8	7,8	9,8	11,8	13,8	6000	
UMIDADE ADICION. %		6,0	8,0	10,0	12,1	14,1	PESO MAT. SECO	
UMIDADE COMPACTAÇÃO %		8,0	10,1	12,1	14,1	16,2	5879	
Nº DO MOLDE		57	81	53	95	45	CILINDROS	
M + S + A (g)		8.345	8.843	9.180	9.582	9.291	Nº	PESO VOLUME
M - MOLDE (g)		4.248	4.480	4.374	4.896	4.394	57	4248 2076
S + A (g)		4.097	4.363	4.806	4.686	4.897	81	4480 2045
DENS. ÚMIDA kg/m³		1.973	2.14	2.230	2.224	2.225	53	4374 2155
DENS. CONVERT. kg/m³		1.865	1.979	2.031	1.989	1.955	95	4896 2107
DENS. SECA kg/m³		1.827	1.939	1.990	1.948	1.915	45	4394 2201
DENS. MÁXIMA kg/m³ =		1990	h. ótima % =	12,2	I.S.C % =	68,2	EXP. % =	0,00

Fonte: Do autor (2023)

Tabela 9 – Valores dos limites da camada base

CIDADE:						DATA:				
Anápolis-GO						09/08/2023				
MATERIAL:						ESTUDO:				
Cascalho laterítico amarelo						Base				
NBR-6459						NBR – 7180				
LIMITE DE LIQUIDEZ						LIMITE DE PLASTICIDADE				
CÁPSULA N°	19	5	91	74	88	89	60	59	69	1
C + S + A g	23,60	24,67	19,99	19,90	25,47	10,03	9,98	9,40	9,68	10,17
C + SOLO g	18,90	19,90	16,30	16,40	20,87	9,55	9,57	9,00	9,28	9,69
CÁPSULA g	7,54	7,57	6,69	6,79	7,97	7,68	7,88	7,36	7,62	7,89
ÁGUA g	4,70	4,77	3,69	3,50	4,60	0,48	0,41	0,40	0,40	0,48
SOLO g	11,36	12,33	9,61	9,61	12,90	1,87	1,69	1,64	1,66	1,80
UMIDADE %	41,4	38,7	38,4	36,4	35,7	25,7	24,3	24,4	24,1	26,7
GOLPES	15	20	25	30	35	Umidade Média (LP)= 25,02				
ÍNDICE DE PLASTICIDADE										
LIMITE DE LIQUIDEZ (LL)									38,4	
LIMITE DE PLASTICIDADE (LP)									25,0	
ÍNDICE DE PLASTICIDADE (IP = LL – LP)									13,4	
ÍNDICE DE GRUPO (IG)									0	
CLASSIFICAÇÃO HRB									A-2-6	

Fonte: Do autor (2023)

ANEXO C – Resultados dos ensaios de laboratório realizado para as amostras do material betuminoso

Tabela 10 – Taxa de imprimação

CIDADE:										
Anápolis-GO										
DATA:										
02/09/2023										
MATERIAL:					SERVIÇO:					
Emulsão Asfáltica de Imprimação					Imprimação					
MÊS/ANO	RUA	ESTACA	POSIÇÃO	BANDEJA		PESO BRUTO	PESO LIQUÍDO	TAXA Kg (L) m³	TEMPERATURA DE APLICAÇÃO	
				TARA	ÁREA					
08/2023	Rua 15	51	48	BE	1,402	0,1600	1,536	0,134	1,0	55°C
08/2023	Rua 15	51	48	BD	1,405	0,1600	1,552	0,147	1,0	55°C
MÉDIA								1,0		

Fonte: Do autor (2023)

Tabela 11 – Ensaaios com material da pintura de ligação

Tipo de Ensaio	Método de Ensaio	Unidade de Medida	Resultado de Ensaio	Especificação
VISCOSIDADE SAYBOL FUROL	ABNT NBR 14491	sSF	25	Máx. 90
RESÍDUO SECO	ABNT NBR 14376	%	62,3	Min. 62
PENEIRAÇÃO	ABNT NBR 14393	%	0,02	Máx. 0,1
CARGA DE PARTÍCULA	ABNT NBR 6567	N/A	POSITIVO	Positiva
SEDIMENTAÇÃO	ABNT NBR 6570	%	1,0	Máx. 5
RESISTÊNCIA A ÁGUA (UMIDO)	ABNT NBR 14249	%	82,5	Min. 80
DESEMULSIBILIDADE	ABNT NBR 6569	% m/m	84,5	Min. 50
Ensaaios para o resíduo da emulsão obtido pela ABNT NBR 14896				
TEOR DE BETUME	ABNT NBR 14855	%	99,2	Min. 97
DUCTILIDADE A 25°C	ABNT NBR 6293	cm	113	Min. 40
	ABNT NBR 6576	mm	4,3	4,0 a 15,0

Fonte: Do autor (2023)

ANEXO D – Resultados dos ensaios de laboratório realizado para as amostras dos materiais do revestimento asfáltico

Tabela 12 – Dados de entrada para o ensaio marshall

CAP	50/70
DENSIDADE g/dm ³	1,008
K PRENSA	1,543
DENSIDADE MAX	2,727

Fonte: Do autor (2023)

Tabela 13 – Valores do ensaio marshall

C.P N°	1	2	3	MÉDIA	ESPECIFICAÇÃO
Massa do CP seco ao ar	1206,90	1209,45	1207,51	-	-
Massa do CP imerso 3 a 5 min	709,68	712,66	710,60	-	-
Massa do CP saturado sup. Seca	1208,64	1211,28	1209,34		
Fator correção água a 25°C	0,9971	0,9971	0,9971		
Água absorvida pelo CP %	0,3487	0,3670	0,3669	0,361	< 2,0
Volume do CP	498,960	498,62	498,74	-	-
Densidade Aparente	2,412	2,419	2,414	2,415	
Densidade Teórica	2,512	2,512	2,512	2,512	
% de Vazios	4,0	3,7	3,9	3,9	3-5
V.C.B (%)	12,0	12,0	12,0		-
V.A.M (%)	16,0	15,7	15,9	15,9	> 15
R.B.V (%)	75,0	76,5	75,5	75,7	75-82
Espessura CP (cm)	6,34	6,33	6,33	-	6,22 - 6,48
Leitura prensa	862	840	854	-	-
Estabilidade encontrada	1330	1296	1318	1315	-
Fator Correção	1,01	1,01	1,01	-	-
Estabilidade à 60 °C	1.343	1.309	1.331	1328	>500
Fluência (mm)					0,0 - 0,0

Fonte: Do autor (2023)

Tabela 14 – Valores do ensaio de tração diametral

Diâmetro	10,13	10,13	10,13
Altura	6,33	6,34	6,35
Altura	1024	1055	985
Tração MPA	1,569	1,614	1,504
Média		1,562	> 0,65

Fonte: Do autor (2023)

Tabela 15 – Valores do ensaio de extração de betume

ESPECIFICAÇÕES	ASTM D6 307 MUFLA NCAT	SOXHLET DNIT 158/2011
(P1) Peso da amostra com betume (g)	852,88	
(P2) Peso da amostra sem betume (g)	810,05	
(P3) Diferença de pesos (g)	42,83	0,00
a) Fator de ajuste do cap	1,00	1,00
b) Teor final de Betume	5,02	0
c) Média de CAP (%)	5,02	ESP: 4,70 – 5,30
Relação de Filer / betume (%)	1,25	ESP: 0,60 – 1,80

Fonte: Do autor (2023)

Tabela 16 – Valores do ensaio de granulometria da brita

PENEIRAS		Peso retido (acumulado)	%	%	FAIXA DE TRABALHO		FAIXA ESPECIFICA	
			Retida	Passada	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
(Pol.)	mm)							
1 1/2"	38,10	0,00	0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1"	25,40	0,00	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1/2"	12,50	39,73	4,9	95,1	88,7	100,0	80,0	100,0
3/8"	9,50	129,92	11,1	84,0	78,4	90,0	70,0	90,0
Nº 4	4,75	308,16	22,0	62,0	55,6	65,6	44,0	72,0
Nº 10	2,00	477,75	20,9	41,0	31,1	41,1	22,0	50,0
Nº 40	0,43	651,49	21,4	19,6	12,3	22,3	8,0	26,0
Nº 80	0,18	710,64	7,3	12,3	7,3	13,3	4,0	16,0
Nº 200	0,075	759,04	6,0	6,3	3,0	7,0	2,0	10,0
FUNDO	-	807,54	TOTAL:			810,05 g		

Fonte: Do autor (2023)