

FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**LUDIMILA DE ANDRADE SILVA
DONEY ANTONIO ROMEIRO**

**PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA EM TSD – TRATAMENTO
SUPERFICIAL DUPLO – EM ZONAS URBANAS:
ESTUDO DE CASO**

**GOIANÉSIA/GO
2017**

**LUDIMILA DE ANDRADE SILVA
DONEY ANTONIO ROMEIRO**

**PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA EM TSD – TRATAMENTO
SUPERFICIAL DUPLO – EM ZONAS URBANAS:
ESTUDO DE CASO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA FACULDADE
EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA**

ORIENTADOR: WANESSA MESQUITA GODOI QUARESMA

**GOIANÉSIA/GO
2017**

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, LUDIMILA DE ANDRADE.
ROMEIRO, DONEY ANTONIO.

Pavimentação Asfáltica em TSD – Tratamento Superficial Duplo – em Zonas Urbanas: Estudo de Caso. 2017.

45P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2017).

TCC – FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

Curso de Engenharia Civil.

1. Pavimentação Asfáltica	2. Revestimento
3. TSD	4. Goianésia
I. ENC/UNI	II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, L. A; ROMEIRO, D. A. Pavimentação Asfáltica em TSD – Tratamento Superficial Duplo – em Zonas Urbanas: Estudo de Caso. TCC, Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia-GO, 45p. 2017.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DOS AUTORES: Ludimila de Andrade Silva e Doney Antonio Romeiro

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Pavimentação Asfáltica em TSD – Tratamento Superficial Duplo – em Zonas Urbanas: Estudo de Caso.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2017

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Ludimila de Andrade Silva
E-mail: ludimiladeandrade@hotmail.com

Doney Antonio Romeiro
E-mail: engdoney@outlook.com

LUDIMILA DE ANDRADE SILVA
DONEY ANTONIO ROMEIRO

**PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA EM TSD – TRATAMENTO
SUPERFICIAL DUPLO – EM ZONAS URBANAS: ESTUDO DE
CASO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA COMO
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
BACHAREL**

APROVADO POR:

WANESSA MESQUITA GODOI QUARESMA, MsC. (FACEG)
(ORIENTADORA)

JEANE SILVEIRA DE OLIVEIRA, MsC. (FACEG)
(EXAMINADORA INTERNA)

ROBSON DE OLIVEIRA FÉLIX, EsP. (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: GOIANÉSIA/GO, 14 de JUNHO de 2017.

A Deus e à nossa família.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos, primeiramente, a Deus, por permitir a nossa existência e por nos dar sabedoria para as longas caminhadas da vida.

A nossa família, pelo carinho e compreensão, que sempre nos apoiou e incentivou a seguirmos adiante com humildade e perseverança.

A professora orientadora, MsC. Eng. Civil, Wanessa Mesquita Godoi Quaresma, pelo ensinamento, apoio, incentivo, amizade e tempo disponibilizado.

A todas as pessoas que nos ajudaram, direta ou indiretamente, para que a conclusão deste trabalho fosse possível.

A todos, os nossos mais sinceros agradecimentos.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

José de Alencar

RESUMO

A necessidade de deslocamento de pessoas e mercadorias de um ponto a outro, fez com que a pavimentação asfáltica ganhasse destaque e que houvesse uma crescente busca de melhorias na qualidade do transporte e de ampliação da malha rodoviária. Em consequência disso, o estudo sobre a pavimentação asfáltica vem ganhando importância no ramo da engenharia civil, uma vez que há um crescente volume de tráfego e consequentemente um aumento dos esforços que são transmitidos ao pavimento. Assim, tendo em vista que os revestimentos são os responsáveis por receber diretamente os esforços oriundos do tráfego e transmiti-los às demais camadas do pavimento, bem como são os responsáveis por melhorar as condições de rolamento das vias, proteger as demais camadas das ações dos veículos e intempéries, merecem atenção especial, razão pela qual se faz necessário adquirir conhecimento sobre o assunto em questão. Para tanto, realizou-se um estudo sobre a pavimentação asfáltica em TSD (Tratamento Superficial Duplo) em zonas urbanas, no qual utilizou-se de pesquisa exploratória a fim de proporcionar familiaridade com o tema, bem como realizou-se um estudo de caso, ou seja, um relato, da pavimentação asfáltica em TSD executada em uma das zonas urbanas do Município de Goianésia-GO, o Residencial Jardim Mariana II, e de uma análise qualitativa acerca das atividades que envolvem a pavimentação asfáltica em TSD, em que se fez coleta de informações e registros fotográficos para análise dos procedimentos adotados durante a execução da pavimentação asfáltica em TSD. Neste contexto, o principal objetivo deste trabalho é desenvolver um estudo sobre a pavimentação asfáltica, com ênfase na pavimentação asfáltica em TSD em zonas urbanas, por meio de um estudo de caso. Entende-se que este trabalho conseguiu atender ao proposto, uma vez que buscou apresentar os estudos sobre a pavimentação asfáltica, englobando os conceitos e definições, os tipos de revestimentos existentes, bem como as vantagens e desvantagens em razão da utilização desta técnica de revestimento, o TSD. Os resultados encontrados evidenciam que o revestimento do tipo TSD é eficaz e proporciona vantagens significativas aos usuários, haja vista que melhora as condições de rolamento, proporciona comodidade e segurança aos usuários, torna mais durável a superfície de rolamento, resiste aos esforços horizontais, impermeabiliza o pavimento, possui alta flexibilidade e alta resistência ao desgaste proveniente do tráfego.

Palavras-chave: Pavimentação Asfáltica. Revestimento. TSD.

ABSTRACT

The need to move people and products from one point to another made asphalt paving gain prominence, and so a growing search for improvement on the quality of transportation and an enlargement of the highway network took place. As a result, the study on asphalt paving became important on civil engineering, once there's a growing traffic volume and consequently an increase on the efforts transmitted to the floor. Thus, considering that the covering is the responsible one for directly receiving the efforts from the traffic and transmitting them to the other layers of the paving, as well as responsible for improving the conditions of the roads' bearing, protecting the other layers from the action of the vehicles and storms, it deserves special attention, reason why it's necessary to acquire knowledge on the present subject. For this reason a study on DSD (Double Surface Dressing) asphalt paving in urban areas has been made, in which an exploratory research has been used in order to achieve familiarity with the subject, it's also been made a case study, in other words, a report on the DSD asphalt paving executed in one the Goianésia City's urban areas, Residencial Jardim Mariana II, and also a qualitative analysis on the activities that involve DSD asphalt paving, in which it's been collected some info and photograph data to analyze the procedures that are adopted during the execution of DSD asphalt paving. In this context, the main reason of this piece of work is to develop a study on asphalt paving, with emphasis on DSD asphalt paving in urban areas through a case study. It's been understood that this piece of work has complied with its proposition, once it's tried to present studies on asphalt paving, encompassing concepts and definitions, the different kinds of covering that exist, as well as the advantages and disadvantages on using this covering technique, DSD. The results found evince that the DSD covering is effective and provides significant advantages to the users, considering the improving of the bearing, also provides convenience and safety to the users, making the bearing surface more durable, resisting to horizontal efforts, waterproofing the paving, and it is highly flexible and resistant to the damages caused by traffic.

Keywords: Asphalt Paving. Covering. DSD.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Esquema dos revestimentos asfálticos.....	23
Figura 02 – Esquema de tratamentos superficiais duplos.....	25
Figura 03 – Regularização do subleito da via a ser pavimentada.....	30
Figura 04 – Compactação do terreno após sua regularização.....	30
Figura 05 – Entrega de cascalho no canteiro de obras.....	31
Figura 06 – Devolução de cascalho em razão de granulometria inadequada.....	32
Figura 07 – Distribuição do material sobre a via a ser pavimentada.....	32
Figura 08 – Umidificação do material distribuído na via.....	33
Figura 09 – Tombamento do material na via.....	33
Figura 10 – Compactação da via após umidificação.....	34
Figura 11 – Umidificação da via após a compactação.....	34
Figura 12 – Nova compactação da via.....	35
Figura 13 – Retirada dos excessos de cascalho e nivelamento da via.....	35
Figura 14 – Acabamento da via com o rolo liso.....	36
Figura 15 – Etapa de imprimação da via com CM-30.....	36
Figura 16 – Lavagem dos agregados (brita 0 e 1).....	37
Figura 17 – Aplicação do RR-2C na via.....	37
Figura 18 – Aquecimento do espargidor de CM-30 e RR-2C.....	38
Figura 19 – Distribuição da brita 1 sobre o RR-2C.....	38
Figura 20 – Compactação da brita 0 com o rolo liso.....	39
Figura 21 – Pó de brita sendo jogado sobre o pavimento depois de pronto.....	39
Figura 22 – Organograma dos processos de execução da pavimentação em TSD.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADP	Asfalto Diluído de Petróleo
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
DNER	Departamento Nacional de Estradas e Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FRN	Fundo Rodoviário Nacional
TS	Tratamento Superficial
TSD	Tratamento Superficial Duplo
TSS	Tratamento Superficial Simples
TST	Tratamento Superficial Triplo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	12
1.2	OBJETIVOS.....	12
1.2.1	Objetivo Geral	12
1.2.2	Objetivos Específicos	13
1.3	JUSTIFICATIVAS.....	13
1.4	METODOLOGIA.....	14
1.5	ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	15
2	PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA	16
2.1	UM BREVE HISTÓRICO DA PAVIMENTAÇÃO.....	16
2.1.1	Histórico da Pavimentação no Brasil	18
2.2	CONCEITOS E DEFINIÇÕES.....	20
2.3	TIPOS DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS EXISTENTES.....	22
2.4	TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO – TSD.....	24
2.4.1	Vantagens e Desvantagens do TSD	26
2.4.2	Execução, Conservação e Recuperação	26
3	ESTUDO DE CASO	29
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ZONA URBANA ESTUDADA.....	29
3.2	ACOMPANHAMENTO E RELATO DO PROCESSO DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA EM TSD.....	29
3.3	ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO.....	41
4	CONCLUSÕES	43
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1 INTRODUÇÃO

A crescente necessidade de deslocamento de pessoas e de mercadorias de um ponto para outro acarretou na construção de caminhos, passagens e estradas que permitissem o tráfego. Assim, estas estradas foram sendo melhoradas, bem como os materiais e técnicas empregadas, até se chegar no pavimento hoje existente.

Nesse cenário, surgiu a pavimentação asfáltica que, segundo Bernucci et al. (2006, p.9), é uma estrutura composta por várias camadas com a finalidade de suportar os esforços provenientes do tráfego de veículos e das intempéries, construída sobre terreno que já esteja preparado para receber o pavimento, ou seja, em que já foi realizada a terraplenagem¹, e cujo desempenho estrutural depende da espessura de cada camada, bem como da rigidez que cada uma delas apresenta, a fim de melhorar as condições de rolamento, proporcionando conforto e segurança aos usuários. Diante disso, surge o seguinte questionamento: Qual o melhor tipo de revestimento a ser utilizado para atender às necessidades do pavimento asfáltico e de seus usuários?

Existem diversos tipos de revestimentos utilizados na pavimentação asfáltica, em que o melhor tipo a ser utilizado dependerá dos esforços que o pavimento será submetido, bem como para que se destina. Um destes revestimentos é o Tratamento Superficial Duplo (TSD), que é uma camada de revestimento asfáltico do pavimento, executado sobre uma base imprimada ou que tenha recebido pintura de ligação, constituída por duas aplicações contínuas de ligante betuminoso (por essa razão é duplo), cada uma coberta por agregados minerais e submetidas à compressão. O TSD, em geral, é feito direto na pista, sem a prévia mistura de ligantes e agregados. Entretanto, este tipo de material é utilizado em locais onde há baixo volume de tráfego, ou seja, em locais onde não passam, de forma contínua ou constante, caminhões extensos ou pesados, locais com pouco movimento de veículos deste tipo, como por exemplo, em zonas urbanas mais afastadas do centro da Cidade ou que não possuem avenidas, visando principalmente proteger a superfície da base do pavimento.

Destarte, é visto que a importância da pavimentação asfáltica em TSD se deve ao fato de que, apresenta pequena espessura, economia na execução com baixo consumo de material e energia e execução rápida, possui alta resistência ao desgaste, impermeabiliza o

¹ Consiste em um conjunto de operações de escavação com transporte, espalhamento e compactação de terras.

pavimento e protege as camadas inferiores do mesmo, bem como proporciona atrito adequado e alta flexibilidade.

Diante do exposto, neste capítulo, serão apresentados todos os estudos que deram início a este trabalho de conclusão de curso. O mesmo é estruturado da seguinte forma, a saber: contextualização do tema, objetivos, geral e específicos, justificativas, metodologia e estruturação do trabalho.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A necessidade de locomoção com agilidade, conforto, economia e segurança, principalmente após a Revolução Industrial², em que houve avanços significativos nos sistemas de transporte em razão da expansão da industrialização por outros países, fez com que surgisse a pavimentação asfáltica em substituição às estradas de terra, aperfeiçoando-se cada vez mais os materiais e as técnicas construtivas empregadas.

Assim como na Europa, no Brasil, em razão do desenvolvimento do país, no que tange ao aumento da quantidade de pessoas e de mercadorias que influenciam diretamente o tráfego de veículos, tem havido a substituição de parte das estradas de terra por estradas pavimentadas.

Neste contexto, cabe ressaltar que, conforme relatório do DNIT (2013), 12% da rede rodoviária nacional é pavimentada, 80,4% não é pavimentada e 7,6% está planejada. Em relação a grande extensão territorial do Brasil, as estradas pavimentadas representam um pequeno percentual, entretanto, a tendência é aumentar ainda mais a quantidade de estradas pavimentadas em todo o país.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um estudo sobre a pavimentação asfáltica, com ênfase na pavimentação asfáltica em TSD (Tratamento Superficial Duplo) em zonas urbanas, por meio de um estudo de caso.

² Conjunto de mudanças ocorridas, inicialmente na Europa, nos séculos XVIII e XIX.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Abordar, de maneira didática, o tema pavimentação asfáltica, levando-se em consideração um breve histórico, os conceitos e definições, tipos de revestimentos asfálticos, vantagens e desvantagens e os métodos de execução, com ênfase no TSD;
- Acompanhar e relatar o processo de pavimentação asfáltica em TSD de uma das zonas urbanas do Município de Goianésia-GO;
- Contribuir para a formação dos acadêmicos, do curso de Engenharia Civil, na área de pavimentação asfáltica, possibilitando ao leitor uma visão mais ampla da pavimentação, com ênfase em TSD, dentro da engenharia civil.

1.3 JUSTIFICATIVAS

Compreendendo que há uma necessidade constante de melhorias na qualidade das rodovias e a importância da ampliação de toda a infraestrutura por elas contempladas, ou seja, a infraestrutura de transportes, bem como da utilização de novas técnicas de pavimentação, a fim de propiciar avanços significativos na qualidade do pavimento, economicidade aos donos da obra e aos usuários, assim como conforto e segurança aos usuários das rodovias brasileiras pavimentadas que, conforme relatório do DNIT (2013), compreendem cerca de 12 %, o equivalente a 202.988,10 km, justifica-se a realização deste trabalho com o tema: Pavimentação Asfáltica em TSD – Tratamento Superficial Duplo – em Zonas Urbanas: Estudo de Caso, para possibilitar uma visão mais ampla a respeito do assunto em questão, tendo em vista que os métodos e processos construtivos ligados a pavimentação estão em constantes mudanças, sempre em busca de novas técnicas de pavimentação e de novos produtos asfálticos, tudo para garantir a satisfação de todos os usuários.

A relevância deste trabalho é poder, de alguma forma, contribuir para que tanto os acadêmicos do curso de engenharia civil, quanto os leitores, adquiram conhecimento sobre a pavimentação asfáltica, de igual forma, para que as organizações, sejam elas públicas ou privadas, possam utilizar este estudo e colocar em prática todo conhecimento adquirido para futuras mudanças ou aprimoramentos no processo construtivo dos pavimentos asfálticos, bem como da utilização do TSD nos pavimentos.

1.4 METODOLOGIA

O trabalho aqui descrito, objetivou desenvolver um estudo sobre a pavimentação asfáltica, com ênfase na pavimentação asfáltica em TSD em zonas urbanas, tendo em vista que este tipo de revestimento asfáltico é constituído por duas aplicações contínuas de ligante betuminoso sobre o pavimento, sendo cada uma delas cobertas por agregados minerais e submetidas à compressão.

Utilizando a descrição proposta por Gil (2002, p.41), a pesquisa realizada foi do tipo exploratória que tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o tema, aprimorando-se as ideias e possibilitando a consideração de aspectos variados dos fatos e qualitativa que, segundo Gil (2002, p.133), se trata de uma análise menos formal, se comparada com a análise quantitativa, que abrange uma sequência de atividades que envolvem a seleção, transformação e organização dos dados obtidos, interpretação e confecção de relatório.

Segundo Selltiz³ et. al. (1967, apud Gil, 2002, p.41), a pesquisa exploratória envolve o levantamento bibliográfico e análise de exemplos que estimulem a compreensão, como por exemplo, o estudo de caso, parte integrante deste trabalho, que consiste, conforme descrito por Gil (2002, p. 54), no estudo profundo de um ou mais objetos, de tal forma que permita o seu conhecimento, explorando-se uma situação da vida real e descrevendo-se a situação em contexto.

Conforme descrição de Lakatos e Marconi (2003, p.183), a técnica utilizada na pesquisa foi a bibliográfica, por abranger toda bibliografia tornada pública em relação ao tema em estudo, como livros, artigos científicos, dentre outros, que propicia um exame do tema em questão, sob uma nova perspectiva.

Para melhor entendimento dos estudos sobre pavimentação asfáltica em TSD em zonas urbanas, realizou-se um estudo de caso em uma das zonas urbanas do Município de Goianésia-GO, em que no pavimento foi utilizado o revestimento asfáltico do tipo TSD, a fim de comparar a teoria com a prática no momento construtivo da pavimentação asfáltica, coletando-se dados e informações, bem como fazendo registros fotográficos, para posterior verificação dos resultados obtidos, análises, mediante estas, algumas considerações finais.

³ SELLTIZ, Claire et al. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo: Herder, 1967.

1.5 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Esta monografia está organizada em quatro capítulos. O primeiro apresenta a introdução, conforme mostrado acima. O segundo constitui-se da pesquisa bibliográfica do trabalho referente a pavimentação asfáltica e é subdividido em: um breve histórico da pavimentação, histórico da pavimentação no Brasil, conceitos e definições, tipos de revestimentos asfálticos existentes, tratamento superficial duplo (TSD), vantagens e desvantagens do TSD, execução, conservação e recuperação. No terceiro capítulo é apresentado o estudo de caso, um relato do processo de pavimentação asfáltica de uma das zonas urbanas do Município de Goianésia, que por sua vez, é subdividido em: caracterização da zona urbana estudada, acompanhamento e relato do processo de pavimentação asfáltica em TSD e análise do estudo de caso. Finalmente, no quarto capítulo são apresentadas as conclusões deste trabalho.

2 PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

A fundamentação teórica desta monografia enfoca sete tópicos importantes desta pesquisa: um breve histórico da pavimentação, histórico da pavimentação no Brasil, conceitos e definições, tipos de revestimentos asfálticos existentes, tratamento superficial duplo (TSD), vantagens e desvantagens do TSD e execução, conservação e recuperação. Tal revisão é de suma importância para o cumprimento dos objetivos propostos neste trabalho.

2.1 UM BREVE HISTÓRICO DA PAVIMENTAÇÃO

Tratando-se de pavimentação, é notório que o avanço da pavimentação asfáltica está ligado ao desenvolvimento da própria humanidade, haja vista que na medida em que a humanidade vai evoluindo, novos produtos e novas técnicas construtivas vão sendo desenvolvidas, cada uma mais moderna que a outra. Contudo, mesmo antes de serem desenvolvidas as mais variadas tecnologias, alguns povos já utilizavam variadas técnicas em suas estradas a fim de facilitar o seu deslocamento sobre elas.

Conforme Bernucci et al. (2006, p.11), “Uma das mais antigas estradas pavimentadas implantadas não se destinou a veículos com rodas, mas a trenós para o transporte de cargas”. Segundo os autores, a estrada mais antiga do mundo foi destinada a construir as pirâmides do Egito, por volta de 2600-2400 a.C., em que foram utilizados lajões justapostos e que para diminuir o atrito utilizou-se água, azeite e musgo molhado nas vias.

Outras estradas que também ganharam destaque na antiguidade foram: a Estrada de Semíramis, por volta de 600 a.C., entre a Babilônia e a Ecbatana; a Estrada Real, por volta de 500 a.C., utilizada pelos postos de correios, pousadas e pedágios, que ficava entre o império grego e o império persa, na Ásia menor; a Estrada de Susa até Persépolis, por volta de 300 a.C.; a Estrada de Seda, por volta de 600 d.C., destinada também ao comércio de ouro, marfim, animais e plantas exóticas, de importante influência na cultura da China, Índia, Ásia e Ocidente, que separa a China da Europa e da Ásia; e outras (BERNUCCI et. al., 2006, p.11 e p.12).

Cabe ressaltar que, de acordo com Bernucci et. al. (2006, p.12), muitas dessas estradas se transformaram em estradas pavimentadas e que foi concedido aos romanos a arte maior do planejamento da construção viária, com objetivos militares de manutenção da ordem do território romano, sendo que uma das vias mais conhecidas é a Via Ápia, criada em

302 a.C., durante a segunda Guerra Samnita, cujo nome foi dado em razão de seu construtor Appius Claudius, sendo esta a primeira a ser nomeada. Ainda sobre a Via Ápia, Balbo (2007, p.17), destaca que esta via romana foi uma das primeiras estradas em que as atenções foram voltadas para técnicas específicas de pavimentação, ligando Roma a Taranto a fim de promover a comunicação entre a sede romana e as províncias do oriente.

E bem próximo do que são as estradas atualmente, as vias romanas, além de serem divididas conforme a sua importância, também eram compostas por uma fundação e uma camada de superfície, tudo a depender dos materiais que tinham em seu poder ou da qualidade do terreno em que construiriam a estrada. Contudo, grande parte das estradas romanas eram feitas em linhas retas ou seguindo cursos de riachos e não curvas como as de hoje. Ademais, os veículos que transitavam por essas estradas possuíam eixos fixos, o que dificultaria bastante se as estradas fossem curvas como as atuais estradas existentes (BERNUCCI et. al., 2006, p.12).

Neste contexto, Balbo (2007, p.13), discorre que dentre as estradas da antiguidade, as que foram construídas pelos romanos foram as mais aperfeiçoadas, haja vista que os romanos se preocupavam em deixar as estradas mais duradouras, instalando pavimentos e fazendo drenagem nos locais onde as estradas seriam construídas. Assim, desde a antiguidade, já havia uma preocupação com a manutenção dessas estradas, pois os romanos tinham o conhecimento de que as estradas sofriam degradação ao longo dos anos.

De acordo com Mascarenhas Neto⁴ (1790, apud Bernucci et. al., 2006, p.14), após a queda do império romano, a França foi o primeiro país a reconhecer a importância do transporte no comércio. Então, no final dos anos 700, segundo Bely⁵ (2001, apud Bernucci et. al., 2006, p.14), Carlos Magno⁶, modernizou a França no que diz respeito ao avanço do comércio em boas estradas e nos anos seguintes teve-se essa preocupação com a construção de novas estradas e a conservação das estradas já existentes no país.

O primeiro pavimento feito com a utilização de revestimento betuminoso, por intervenção do químico E. J. Desmedt, foi construído em 1870 em Newark, New Jersey (Estados Unidos). Já com relação aos pavimentos de concreto, estes passaram a ser utilizados na Alemanha por volta de 1890 e nos Estados Unidos por volta de 1909 (BALBO, 2007, p.22).

⁴ MASCARENHAS NETO, J.D. **Methodo para construir as estradas em Portugal**. 1790. Edição fac-similada, impressa em 1985 a partir do original do Arquivo-Biblioteca do ex-Ministério das Obras Públicas.

⁵ BELY, L. **The history of France**. Paris: Éditions Jean-Paul Gisserot, 2001.

⁶ Imperador medieval (742-814 d.C.).

Quanto ao histórico da pavimentação na América Latina, Bernucci et. al. (2006, p.15), discorre que as estradas construídas pelos incas são as que merecem destaque. Os incas construíram um sistema de estradas que abrangia terras hoje da Colômbia até o Chile e a Argentina, cobrindo a região árida do litoral, florestas, até grandes altitudes na Cordilheira dos Andes.

2.1.1 Histórico da Pavimentação no Brasil

Assim como nos outros países da antiguidade, o Brasil também passou por um processo de desenvolvimento em sua infraestrutura de transportes. Desse modo, foi necessária a construção de estradas que propiciaram o deslocamento de pessoas e mercadorias.

No Brasil, por volta do final do século XVIII, o Governador da capitania de São Paulo, Bernardo José de Lorena, com a supervisão dos engenheiros de Lisboa, tomou a iniciativa de construir no país a primeira via pavimentada, denominada Calçada Lorena, estrada esta que ligava o Planalto Paulista ao Porto de Santos. Na construção da Calçada Lorena foram utilizadas pedras justapostas de aproximadamente 200 mm de espessura, que foram assentadas sobre bases feitas com pedregulhos e saibro que variavam entre 300 e 500 mm, assim, nesta via foi empregado revestimento semelhantes aos que eram utilizados na antiguidade (BALBO, 2007, p.13, p.14 e p.22).

De acordo com Bernucci et. al. (2006, p.16), uma das primeiras estradas foi construída para ligar São Vicente ao Planalto de Piratininga em 1560, à época do Governador Geral Mem de Sá. Essa estrada foi recuperada em 1661 e ganhou nova denominação, Estrada do Mar, permitindo desta forma o tráfego de veículos e atualmente esta estrada é conhecida como Estrada Velha do Mar. Cabe ressaltar que, a Estrada da Maioridade, construída em 1844 em homenagem a D. Pedro II, ganhou alguns traços da Estrada do Mar. Após esse período, essas estradas passaram por sucessivas recuperações, dentre as quais, para a Estrada do Mar, foi instituído pedágio, o que foi abolido em 1923 pelo Governo de São Paulo, à época era o Presidente do Brasil, Washington Luiz (mandato de 1926 a 1930), que comprou sociedade com essa estrada, sendo uma de suas frases “governar é abrir estradas”.

Segundo Bernucci et. al. (2006, p.17), outra importante estrada que teve no Brasil, foi a Estrada Real, como é chamada em Minas Gerais, ou Caminho do Ouro, como é chamada no Rio de Janeiro, ganhou destaque pelo fato de ter sido utilizada por índios goianás antes da chegada dos portugueses ao país. Cabe salientar que essa estrada possui dois caminhos, o antigo que liga Ouro Preto-MG a Paraty- RJ e o novo que segue do Rio de Janeiro-RJ a

Diamantina-MG, também passando por Ouro Preto. Ribas⁷ (2003, apud Bernucci et. al., 2006, p.17), destaca que esta estrada foi abandonada no século XX, mas que no século XXI, está sendo reestruturada a fim de possibilitar a utilização desta estrada como ponto turístico para um pouco de conhecimento sobre a história do Brasil.

Já em 1841, D. Pedro II encarregou o engenheiro alemão Júlio Frederico Koeler de construir uma estrada que ligasse Porto da Estrela-RJ a Petrópolis-RJ, dessa forma, surgiu Estrada Normal da Serra da Estrela, que existe até os dias de hoje (BERNUCCI et. al., 2006, p.17).

Inaugurada em 1860, a Estrada de Rodagem União e Indústria, que liga Petrópolis-RJ a Juiz de Fora-MG, foi a primeira rodovia concessionada do Brasil, bem como a primeira estrada brasileira a usar macadame⁸ como base/revestimento. Até então, só se utilizava calçamento das ruas com pedras que vinham de Portugal. Outro marco importante, ocorreu em 1928, quando foi inaugurada a Rodovia Rio-São Paulo, com 506km de extensão, representando um marco da nova política rodoviária federal. Já em 1949, mais um trecho foi pavimentado, a BR-2, que posteriormente passou a se chamar Presidente Dutra (BERNUCCI et. al., 2006, p.18).

O DNER – Departamento Nacional de Estradas e Rodagem, foi criado em 1937 pelo presidente Getúlio Vargas, sendo subordinado ao Ministério de Viação e Obras Públicas. Cabe ressaltar que o grande avanço na construção rodoviária brasileira se deu entre as décadas de 1940 e 1950, quando criou-se o Fundo Rodoviário Nacional (FRN) em 1946, oriundo do imposto sobre combustíveis líquidos e a criação da Petrobrás em 1953. Brasília foi inaugurada em 1960, e durante o governo militar (1964-1984), entre os projetos de estradas de destaque estão a Rodovia Transamazônica e a Ponte Rio-Niterói (BERNUCCI et. al., 2006, p.19).

Desde então, foram ocorrendo inúmeras mudanças com relação a pavimentação e as estradas pavimentadas cada vez mais se expandem por todo o país.

Cabe ressaltar que, conforme relatório do DNIT (2013), 80,4% da rede rodoviária nacional, o equivalente a 1.358.913,70km, não é pavimentada. Assim, ainda há muito o que se fazer quanto a pavimentação asfáltica das rodovias.

⁷ RIBAS, M.C. **A história do Caminho do Ouro em Paraty**. 2. ed. Paraty: Contest Produções Culturais, 2003.

⁸ Macadame: Processo de revestimento de ruas e estradas que consiste numa mistura de pedras britadas, breu e areia, submetida a forte compressão.

2.2 CONCEITOS E DEFINIÇÕES

A estrutura denominada pavimento é, conforme definição do DNER (1997, p.194), “destinada a resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais oriundos dos veículos, a melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança e a resistir aos esforços horizontais, tornando mais durável a superfície de rolamento”. Neste sentido, Balbo (2007, p.35), discorre que a estrutura do pavimento é destinada a receber os esforços oriundos do tráfego de veículos ou das ações climáticas e transmití-los de tal forma que alivie a pressão causada sobre as camadas inferiores do pavimento, haja vista que estas são menos resistentes, e para tanto, é necessário construir pavimentos compatíveis aos esforços a que estarão submetidos.

Assim, a seleção e o dimensionamento do pavimento conforme destaca Balbo (2007, p. 16), devem ser realizados em função de diversos fatores, tais como: quantidade e qualidade do tráfego, condições ambientais da região e a economia e disponibilidade dos materiais a serem utilizados na construção do pavimento, tendo sempre em vista que os pavimentos devem ser capazes de suportar todas as ações externas que lhe são empregadas, de propiciar um tráfego confortável e seguro aos seus usuários, em que as estruturas feitas sejam realmente capazes de suportar todos os esforços a que são submetidos em razão da combinação do tráfego com as ações climáticas do meio ambiente, bem como de ter um custo reduzido, aproveitando, sempre que puder, materiais da própria região em que o pavimento está sendo construído, diminuindo gastos com transporte destes materiais.

Neste contexto, Panitz (2003, p.266), ressalta que qualquer tipo de pavimento que seja construído com a utilização de agregados, quer sejam naturais ou artificiais, mas que sejam ligados entre si por meio de material asfáltico, independente de qual técnica seja utilizada em sua execução, é chamado de pavimento asfáltico.

Os pavimentos são classificados em: flexíveis, semi-rígidos e rígidos. Quanto a esta classificação, o DNIT (2005, p.50), destaca que: pavimentos flexíveis são aqueles em que suas várias camadas de pavimento sofrem algum tipo de deformação elástica quando submetidas a esforços, o que faz com que as cargas aplicadas sejam distribuídas por todo o pavimento na mesma proporção entre as camadas; pavimentos semi-rígidos são os que possuem uma base cimentada, como por exemplo uma camada de solo cimento com revestimento asfáltico; e por fim, pavimentos rígidos, cujo revestimento é de concreto, feito com cimento Portland, que possui bastante rigidez, absorvendo desta forma grande parte das

forças ao qual o pavimento está sendo submetido pelos esforços oriundos do tráfego de veículos.

No mesmo sentido, Balbo (2007, p.57) discorre que a diferença básica entre esses três tipos de pavimentos, é que no tipo rígido utiliza-se placas de concreto e cimento, no tipo semi-rígido utiliza-se um revestimento asfáltico com uma base estabilizada quimicamente, como é o caso da mistura solo cimento e já no tipo flexível, utiliza-se uma base com brita, no qual na parte superior das camadas é utilizado um revestimento asfáltico. Diferenciam-se, portanto, pela forma com que são executadas, bem como pelos materiais em que lhes são empregados, e a forma com que distribuem os esforços para as demais camadas do pavimento.

Quanto às camadas constituintes do pavimento, cabe ressaltar que as mesmas compreendem: regularização, reforço do subleito, subleito, leito, sub-base, base e revestimento. De acordo com as especificações do DNER (1997, p.31, p.144, p.226, p.227, p.233 e p.257), a regularização do subleito consiste em dar forma ao subleito, não sendo, necessariamente uma camada do pavimento, mas parte integrante desta, o que compreende aos cortes e aterros necessários ao perfil já predeterminado e com os agregados apropriados, para alocação das demais camadas constituintes. O reforço do subleito geralmente é uma camada de aproximadamente 20cm de espessura feita com materiais grosseiros e com a devida compactação, enquanto o subleito serve de fundação para o pavimento que está sendo executado e o leito é a superfície preparada sobre a qual constrói-se o pavimento. Já a sub-base é uma camada que complementa a base, tendo as mesmas funções da base, mas somente executada quando for pertinente reduzir a espessura da camada da base, sendo que a base é a camada responsável por fazer a distribuição dos esforços oriundos do tráfego de veículos para o subleito, é por cima da base que é lançado o revestimento, que se trata de camada impermeável, capaz de melhorar as condições de rolamento, proporcionando conforto e segurança aos usuários, tornando o pavimento mais durável e recebendo diretamente as cargas dos veículos, tudo em conformidade com as especificações do projeto.

Existem diversas normas que versam sobre diferentes ramos da construção civil, entretanto, quanto à pavimentação asfáltica, as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) são bem específicas quanto à utilização de materiais como concreto, solo-cimento, macadame, agregados reciclados, dentre outros, não enfatizando a pavimentação asfáltica em si, as camadas constituintes, os métodos construtivos e revestimentos, haja vista que as normas encontradas sobre o tema deste trabalho, foram canceladas sem substituição, daí a grande dificuldade em relacionar o trabalho com as referidas normas.

Conforme destacado por Balbo (2007, p.36), a depender de cada construção de pavimento e sua destinação, em algumas situações o pavimento pode não possuir a camada de reforço do subleito ou a sub-base, entretanto, todos eles devem ter a fundação, que é o subleito, e o revestimento, independentemente de qual tipo seja utilizado, pois estas camadas satisfazem as condições mínimas para que a estrutura em si possa ser denominada de pavimento.

Existem outros serviços ligados à pavimentação, que assim como a regularização não são camadas, sendo apenas um complemento a elas, como é o caso da imprimação e a pintura de ligação. Segundo Antunes (2013, p.41), esses serviços de imprimação e pintura de ligação atuam no pavimento como ligantes e impermeabilizantes do asfalto. Para Balbo (2007, p.39), a pintura de ligação tem a função de fazer com que uma camada se una à outra, enquanto a imprimação tem a função de impermeabilizar a camada do solo antes da execução da camada de revestimento ou rolamento. Balbo (2007, p.39) destaca ainda que a pintura de ligação sempre é aplicada em quaisquer camadas de revestimento asfáltico, sendo constituídas por emulsões asfálticas, enquanto as imprimações são constituídas por asfaltos diluídos.

A imprimação, conforme definição dada pelo DNER (1997, p.129), consiste na aplicação de um material asfáltico fluido na superfície da base que já esteja pronta para receber o revestimento, a fim de impermeabilizá-la, aumentar a sua coesão e, conseqüentemente, aumentar a sua aderência ao revestimento que será utilizado.

Assim, cada camada é constituída de forma variada e cada qual com uma função específica, quer seja a função de servir de base para outra camada ou até mesmo de tornar o pavimento mais durável, impermeável e receber os impactos das cargas produzidas por veículos, o que acaba gerando tensões na estrutura do pavimento.

Cabe ao profissional que está executando a pavimentação definir quais tipos de camadas serão feitas, quais materiais e métodos construtivos serão adotados, o tipo de revestimento a ser utilizado, bem como observar todas as determinações de projeto para a construção do pavimento.

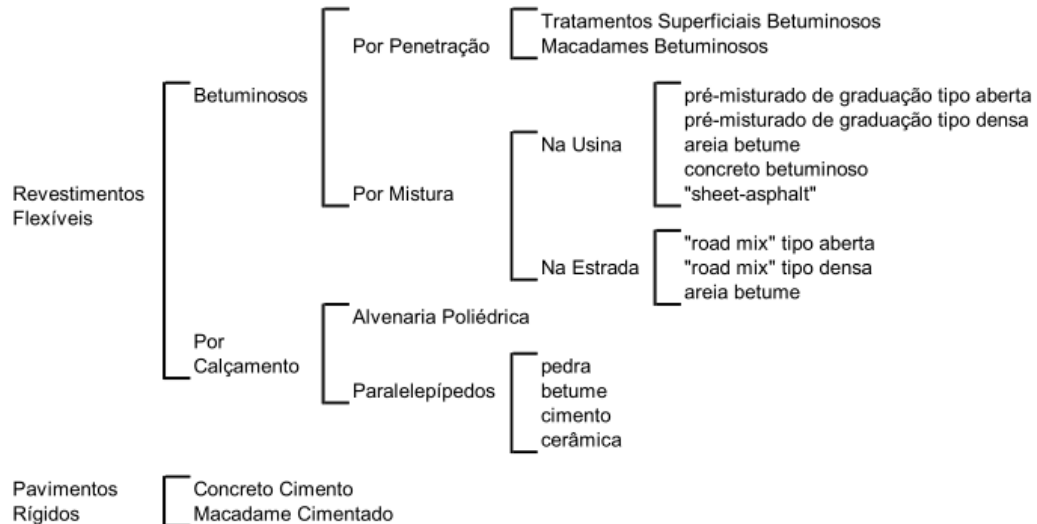
2.3 TIPOS DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS EXISTENTES

Para melhor esclarecimento sobre os tipos de revestimentos existentes, se faz necessária a conceituação do revestimento asfáltico que, segundo Bernucci et al. (2006, p.9), é a camada superior do pavimento destinada a resistir diretamente todas às ações do tráfego de veículos ou das intempéries e transmiti-las de forma moderada às outras camadas do

pavimento, sendo o revestimento asfáltico o responsável pela impermeabilização do pavimento, além de melhorar as condições de rolamento do mesmo.

Os revestimentos asfálticos podem ser agrupados assim como ilustrado na Figura 01:

Figura 01 – Esquema dos revestimentos asfálticos



Fonte: DNIT (2005, p.53).

De acordo com Balbo (2007, p. 36), os revestimentos possuem determinadas funções importantes ao atuarem sobre o pavimento, dentre elas está a de receber cargas variadas, sem que haja deformações, independente se são plásticas ou elásticas, desagregação dos componentes constituintes do pavimento, ou ainda de perder a compactação, o que demanda maior cuidado na execução, bem como demonstra a necessidade dos materiais serem bem unidos ou bem dispostos, de tal modo que não se movimentem horizontalmente.

Tendo em vista que o tema proposto para este trabalho está relacionado ao revestimento asfáltico, discorre-se apenas sobre o assunto em questão. De acordo com o DNIT (2005, p.53), os revestimentos betuminosos, ou revestimentos asfálticos, são constituídos por um agrupamento de materiais betuminosos e agregados de diferentes granulometrias, feito por duas maneiras distintas entre si: penetração e mistura. Salienta-se que quando a associação dos materiais betuminosos com os agregados é feita por penetração, esta pode ocorrer de forma invertida, quando o revestimento é aplicado por uma ou mais aplicações do material betuminoso que está sendo utilizado, com igual número de espalhamento e compressão das camadas de agregados, cada uma com a granulometria apropriada e determinada no projeto e, conforme o número destas camadas, tem-se o revestimento superficial simples (TSS), duplo (TSD) ou triplo (TST). Já a mistura por

penetração direta, ocorre quando o revestimento é executado por meio do espalhamento e compactação das camadas de agregados, sendo que após a compressão de cada camada é aplicado o material betuminoso e por fim, na última camada, aplica-se agregados miúdos, como por exemplo o que ocorre com o revestimento macadame betuminoso, que tem processo construtivo similar ao tratamento superficial duplo, comportando maiores e variadas espessuras, sendo frequentemente usado como camada de base.

Quanto aos revestimentos betuminosos por mistura, os agregados são misturados ao material betuminoso antes de sua compressão, cujo processo de mistura pode ser realizado tanto em usinas com esta finalidade, podendo ser misturado a frio, quando os agregados e ligantes permitem o espalhamento em temperatura ambiente, ou a quente, quando são esparramados na pista ainda quentes, quanto na pista onde está sendo executado o pavimento (DNIT, 2005, p.54).

Além destes já mencionados, existem outros tipos de revestimentos asfálticos, como os revestimentos flexíveis por calçamento, podendo ser feito com alvenaria poliédrica, que são camadas irregulares de pedra colocadas sobre a camada de regularização e por cima desta comprimidas, ou com paralelepípedos, em que, diferentemente da alvenaria poliédrica, são utilizados blocos regulares, colocados sobre o terreno que já passou por serviços de regularização, em que as juntas são preenchidas com materiais betuminosos, com cimento Portland ou com argamassa (ANTUNES, 2013, p.47).

Cabe ressaltar que, conforme discorre Balbo (2007, p. 37), muitas vezes, por razões econômicas, técnicas ou construtivas, utiliza-se o revestimento asfáltico em duas camadas em que são empregados diferentes tipos de materiais, como por exemplo a camada de rolamento, que é a camada superficial do pavimento, a que se destina a receber diretamente os esforços das cargas e repassá-las às demais camadas, a camada de ligação (*binder*), que é uma camada igualmente constituída por mistura asfáltica, mas que é intermediária dentre as outras camadas do pavimento, a camada de nivelamento, que é uma mistura asfáltica utilizada em recapamentos a fim de corrigir os desníveis e afundamentos, e a camada de reforço, utilizada também sobre a superfície do pavimento, quando a camada de rolamento precisa de um reforço após determinado tempo de uso.

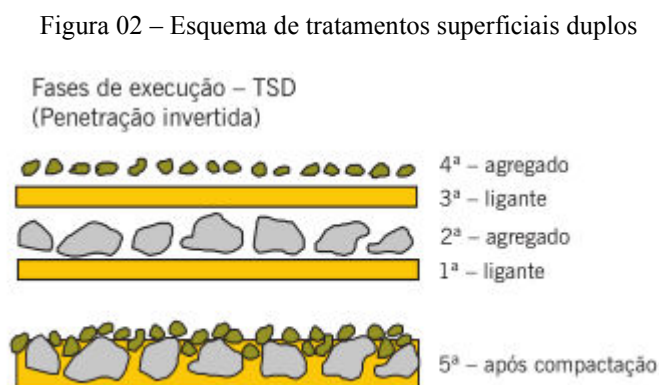
2.4 TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO – TSD

Antes de abordar o tema: tratamento superficial duplo, se faz necessário o entendimento do que é o tratamento superficial (TS), assim, conforme Balbo (2007, p.110,

p.119 e p.188), tratamento superficial é o revestimento, em que não se utiliza processos de usinagem, que é executado sobre a base ou sobre a superfície do revestimento, composto pela junção de asfalto com agregados, em que os materiais asfálticos utilizados na execução dos tratamentos superficiais são: o CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo), obtidos por meio de processos de refinamento do petróleo, que devem ser aplicados a quente. No Brasil, o CAP é classificado quanto à penetração ou consistência em: CAP 30/45 (duro); CAP 50/70 e CAP 85/100 (médios) e CAP 150/200 (mole), sendo este último o que é utilizado no tratamento superficial em razão de possuir boa penetração na camada de agregados. Quanto aos asfaltos diluídos e emulsões asfálticas, as quantidades destes a serem utilizadas são previamente indicadas no projeto de execução da pavimentação asfáltica.

Conforme definição dada pelo DNER (nº 309/97, p.2), tratamento superficial duplo, TSD, é uma camada de revestimento asfáltico em que há duas aplicações sequenciais de ligante betuminoso, sendo que cada uma dessas camadas são cobertas por agregados minerais e submetidas a compressão necessária a ser empregada no pavimento. Algumas condições, conforme preceitua a norma 309/97 do DNER, devem ser levadas em consideração no dia da execução do revestimento: em dias de chuva não se pode executar esse revestimento, deve-se também atentar para a temperatura ambiente que não pode estar abaixo de 10°C e o material ligante betuminoso entregue na obra deve contar com certificado de análise, bem como deve apresentar indicações do fabricante sobre o local de origem, a quantidade a ser entregue, bem como todas as informações pertinentes e recomendadas, pois desta forma, o pavimento apresentará as características desejadas.

Para melhor demonstrar como funciona o tratamento superficial duplo (TSD), a Figura 02, representada abaixo, ilustra o esquema do TSD:



Fonte: Nascimento (2004, apud Bernucci et. al., 2006, p.193).

Caso não haja uma boa aderência entre os agregados e os ligantes betuminosos, deve-se utilizar um melhorador de adesividade e, de acordo com DNER (nº 309/97, p.3), as emulsões asfálticas, resultado da mistura de cimento asfáltico, água e produtos químicos, só podem ser utilizadas no revestimento do pavimento quando forem partes constituintes de todas as camadas que compõem o revestimento.

2.4.1 Vantagens e Desvantagens do TSD

Segundo Bernucci et. al. (2006, p. 191 e p.192), as principais funções do tratamento superficial, assim como constituem em algumas de suas vantagens, são: apesar de ser uma camada de rolamento pouco espessa, possui alta resistência ao desgaste proveniente do tráfego e do clima; impermeabiliza o pavimento e protege as demais camadas; propicia um revestimento que seja antiderrapante e com alta flexibilidade a fim de acompanhar as deformações que possam vir a ter no pavimento, dentre outras.

De acordo com Balbo (2007, p.15), quando se propicia uma boa qualidade ao rolamento da via, o que é proporcionado pelos revestimentos asfálticos que são empregados e pelas condições da superfície do pavimento, há uma conseqüente redução dos custos operacionais por parte dos usuários, haja vista que com o rolamento melhor, os usuários irão gastar menor quantidade de dinheiro em manutenção dos veículos, bem como poderão se deslocar com maior velocidade e chegar aos seus destinos com menor duração do tempo de viagem.

O TSD apresenta algumas desvantagens durante a sua execução, tais como: no momento da distribuição do material asfáltico, como está associada ao tipo de máquina utilizada, bem como das condições de temperatura a que o material asfáltico está submetido, pode ocasionar erro ao dimensionar o volume a ser despejado sobre o pavimento, e o mesmo também pode ocorrer com a distribuição dos agregados, o que se agrava mais quando o compartimento que mantém os agregados acondicionados durante a execução é pequeno, o que pode ser resolvido tendo, durante a execução, caminhões de reabastecimento em comboio, tudo a depender do tamanho do trecho que está sendo pavimentado.

2.4.2 Execução, Conservação e Recuperação

A depender do processo construtivo empregado na execução da pavimentação asfáltica, os agrupamentos de materiais betuminosos com os agregados podem ser feitos por

penetração invertida, quando o revestimento é aplicado por uma ou mais aplicações do material betuminoso, ou por penetração direta, em que o revestimento é executado por meio do espalhamento e compactação das camadas de agregados. No caso específico dos tratamentos superficiais, estes ocorrem por penetração invertida, conforme já esclarecido, constituindo-se em camadas simples (TSS), duplas (TSD) ou triplas (TST) (BALBO, 2007, p.189).

Quanto aos veículos a serem utilizados durante a execução da pavimentação, o DNER (nº 309/97, p.4 e p.5), estabelece que:

“Todo equipamento, antes do início da execução do serviço, deverá atender ao recomendado nesta Especificação, fator que condicionará a emissão da ordem de serviço. Os equipamentos requeridos são os seguintes:

- a) carros distribuidores de ligante betuminoso, providos de dispositivos de aquecimento, tacômetro, calibradores e termômetros com precisão de ± 1 °C, em locais de fácil acesso, e, ainda, de espargidor manual para o tratamento de pequenas superfícies e correções localizadas. As barras de distribuição devem ser do tipo de circulação plena, com dispositivo que possibilite ajustamentos verticais e larguras variáveis de espalhamento do ligante e que permitam uma aplicação homogênea;
- b) distribuidores de agregados, rebocáveis ou automotrizes, possuindo dispositivos que permitam um espalhamento homogêneo da quantidade de agregados, fixada no projeto;
- c) rolos compressores do tipo “Tandem” ou de preferência, pneumáticos, autopropulsores. Os rolos compressores tipo Tandem devem ter uma carga superior a 25kg e inferior a 45kg por centímetro de largura de roda. Seu peso total não deverá ser superior a 10 toneladas. Os rolos pneumáticos, autopropulsores, deverão ser dotados de pneus que permitam a calibragem de 0,25 a 0,84 MPa (35 a 120 psi)”.

Conforme especificado por Balbo (2007, p.189), a execução da pavimentação asfáltica do tipo tratamento superficial consiste na aplicação do material asfáltico sobre a camada superior do pavimento que está sendo executado, em que logo após este processo ocorre a distribuição de agregados sobre o material asfáltico, ocorrendo em seguida a compactação do pavimento. Assim, no caso do tratamento superficial duplo (TSD), este processo é repetido por mais uma vez, razão pela qual é chamado de tratamento duplo. Cabe ressaltar que, quando se tratar de TSD ou TST, as camadas posteriores a esta primeira aplicação de agregados sobre o material asfáltico e após a compactação, devem ser executadas com agregados em dimensões maiores e na medida em que vão sendo feitas novas camadas, as dimensões dos agregados vão diminuindo.

De acordo com o DNER (nº 309/97, p.5 e p.6), antes de se iniciar a execução do pavimento do tipo TSD deve-se realizar uma varredura da pista imprimada ou com pintura de ligação a fim de eliminar quaisquer partículas de pó existentes, e após a varredura verifica a temperatura e a viscosidade do material asfáltico antes de empregá-lo, e para os casos em que seja necessária a utilização de melhorador de adesividade, o mesmo deverá ser misturado

diretamente ao ligante betuminoso no próprio canteiro de obras, sendo que este ligante deve ser aplicado de uma só vez, não deixando que ocorra falta de ligante na pista ou exceda a quantidade que deverá ser aplicada, devendo também ter-se um certo cuidado com a execução das juntas transversais (início e fim do revestimento) e longitudinais (quando for aplicada em duas faixas), bem como ter o cuidado no momento da distribuição dos agregados, para que os excessos ou faltas de agregados sejam corrigidos antes da compressão, que deve ocorrer do bordo para o eixo do pavimento. Onde houver curvas, deve-se iniciar do bordo mais baixo indo em direção ao bordo mais alto e após a compressão, faz nova varredura, esta de leve, para retirar os agregados soltos. Como se trata de TSD, este processo é repetido por mais uma vez e o tráfego somente pode ser liberado após o término da segunda compressão e de modo controlado.

Há uma taxa de imprimação do ligante em cada camada do tratamento superficial e, para execução de cada uma das camadas de tratamento superficial, deve-se esperar a completa fixação dos agregados, em que os mais indicados são os agregados cúbicos. A utilização de outros tipos de agregados pode causar patologias do tipo exsudação (patologia em que há o aparecimento do material betuminoso sem agregados na camada de rolamento). Após a espera da fixação dos agregados por meio do material asfáltico pode-se retirar do pavimento o material que possa vir a estar solto na via. Assim como nos demais tipos de pavimentos, podem vir a ocorrer defeitos de natureza construtiva e, para se evitar esses tipos de defeitos ou amenizá-los, é importante espalhar os agregados logo após a aplicação do material asfáltico, pois quanto mais demorar para fazer essa distribuição dos agregados, mais chances são as de não ocorrer a fixação deles ao material asfáltico. É importante também que os bicos da espargidora de material asfáltico estejam em bom estado de funcionamento para que não ocorram estrias longitudinais no pavimento (BALBO, 2007, p.189).

Quanto à conservação dos pavimentos, o DNIT (2005, p.99 e p.100), discorre que ela é composta por um conjunto de operações, sejam elas rotineiras, periódicas ou de emergência, a fim de que se preserve os pavimentos, bem como suas características, haja vista que estes serviços de conservação dos pavimentos destinam-se a continuar proporcionando conforto e segurança a todos os usuários da via.

Quanto à recuperação, destaca-se que a mesma é constituída por um conjunto de operações com o objetivo de restabelecer o funcionamento do pavimento, para que este volte ao seu perfeito estado com boas qualidades de rolamento, fazendo com que o pavimento novamente se adapte às condições de tráfego e do clima, aumentando desta forma sua vida útil.

3 ESTUDO DE CASO

Para aprofundar e ilustrar os conhecimentos adquiridos por meio desta pesquisa, cujo tema gira em torno da pavimentação asfáltica em Tratamento Superficial Duplo - TSD, se fez necessário um estudo de caso, ou seja, um relato, em uma das zonas urbanas do Município de Goianésia, o Residencial Jardim Mariana II, na qual este tipo de revestimento foi utilizado.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ZONA URBANA ESTUDADA

O estudo de caso sobre a pavimentação asfáltica em TSD foi desenvolvido em uma das zonas urbanas do Município de Goianésia, o Residencial Jardim Mariana II, cuja execução perdurou de 08 de setembro de 2016 a 14 de outubro de 2016. O Residencial Jardim Mariana é um condomínio fechado, construído em duas etapas, cada uma com 13 blocos, totalizando 26 blocos, cada bloco com 16 apartamentos, o que totaliza 416 apartamentos ao todo no referido condomínio. Além dos blocos, o condomínio também conta com salão de festas, churrasqueiras, banheiros, estacionamentos, *playground* e quadra esportiva.

Portanto, tendo em vista o objetivo da construção se destinar a uso residencial, o pavimento executado na referida zona urbana foi construído para suportar as cargas oriundas do tráfego de veículos leves, incluindo pequenos caminhões, e de pessoas, sejam elas moradoras do condomínio ou visitantes, não abrangendo veículos de grande porte, o que demandaria maiores cuidados na execução da pavimentação asfáltica, haja vista a maior carga que o pavimento teria que suportar.

3.2 ACOMPANHAMENTO E RELATO DO PROCESSO DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA EM TSD

Ainda sem a finalização completa da segunda etapa do Residencial Jardim Mariana II, iniciaram-se os trabalhos para a execução da pavimentação asfáltica em TSD, bem como o acompanhamento e relato do desenvolvimento de todos procedimentos adotados.

Inicialmente, fez-se a limpeza do terreno para que fosse realizado um trabalho de qualidade e com um espaço adequado para fácil locomoção de máquinas, equipamentos e funcionários, de modo que a logística do canteiro de obras facilitasse o desenvolvimento dos trabalhos para execução da pavimentação.

Após a conclusão da limpeza, deu-se início a terraplenagem, em que se fez a movimentação de terra necessária, a fim de deixar o terreno plano e regularizar a área a ser pavimentada. Para tanto, utilizou-se uma máquina, denominada motoniveladora (patrol), conforme ilustrado na Figura 03, tudo em conformidade com o projeto. Nesta etapa de regularização do subleito, definiu-se as cotas das vias, bem como foram demarcados os locais em que seriam feitas as obras de arte, como por exemplo, meio-fio e bueiros.

Figura 03 – Regularização do subleito da via a ser pavimentada



Fonte: Autoria própria (2016).

Feita a regularização do subleito, deu-se início a preparação para se fazer o reforço do subleito, sendo feita a compactação da área a ser pavimentada, tal como ilustra a Figura 04, com a utilização das seguintes máquinas: rolo compactador, rolo pé de carneiro vibratório e motoniveladora (patrol), em que esta última foi utilizada apenas para retirada dos excessos.

Figura 04 – Compactação do terreno após sua regularização



Fonte: Autoria própria (2016).

Após a conclusão da fase de compactação, deu-se início ao transporte de cascalho, sendo que para este procedimento a granulometria das pedras foi bastante controlada para que não fossem inseridas pedras com um tamanho acima do permitido, ocasionando problemas futuros para a qualidade e o bom desempenho da pavimentação asfáltica.

Diante de tal circunstâncias, os caminhões basculantes, carregados com cascalho, ao adentrarem no canteiro de obras, passavam por uma fiscalização pelo encarregado da execução da pavimentação para que fosse verificada a granulometria da carga a ser entregue no canteiro de obras, conforme ilustrado na Figura 05.

Figura 05 – Entrega de cascalho no canteiro de obras



Fonte: Autoria própria (2016).

Caso a granulometria não atendesse ao permitido no projeto, as cargas de cascalho eram completamente devolvidas ao fornecedor, conforme ilustrado na Figura 06, para que este efetuasse a devida troca, o que de fato ocorreu por cerca de cinco vezes durante todo o período de compactação da via. Entretanto, após as cinco ocorrências desta natureza, o engenheiro responsável pela execução do projeto visitou o local de onde o cascalho é extraído, junto ao fornecedor, para uma melhor avaliação do material para este posteriormente ser transportado, com a granulometria correta, ao canteiro de obras.

Figura 06 – Devolução do cascalho em razão de granulometria inadequada



Fonte: Autoria própria (2016).

A próxima fase executada foi a de distribuição e preparação do cascalho, fazendo-se assim uma base para as outras etapas subsequentes. Realizou-se a distribuição do material, assim como ilustra a Figura 07, por meio da utilização da máquina motoniveladora (patrol), deixando uma espessura média de 20cm de cascalho.

Figura 07 – Distribuição do material sobre a via a ser pavimentada



Fonte: Autoria própria (2016).

Em seguida, iniciou-se a umidificação do material distribuído na via para que este chegasse na umidade desejada, a fim de uma compactação melhor sucedida e que atendesse todas as especificações do projeto de pavimentação asfáltica. Atingiu-se a umidade mencionada por meio da utilização de caminhões pipa com rabo de pavão, cuja aspersão de água é mais uniforme, podendo ocorrer tanto na parte inferior quanto na parte superior do

caminhão, trazendo assim uma maior facilidade nessa fase, tal como ilustrado na Figura 08.

Figura 08 – Umidificação do material distribuído na via



Fonte: Autoria própria (2016).

Após a aspersão de água fez-se o “tombamento” do material, ou seja, revirou-se o material que estava na via, a fim de misturar o cascalho seco com o cascalho molhado pelo caminhão pipa, objetivando assim uma umidificação uniforme na via que está sendo pavimentada, assim como apresentado na Figura 09.

Figura 09 – Tombamento do material na via



Fonte: Autoria própria (2016).

Feita a umidificação do material disposto na via e o tombamento do referido material após devidamente umidificado, iniciou-se nova etapa de compactação que é realizada com a

máquina denominada rolo pé de carneiro vibratório, conforme ilustrado na Figura 10, cuja compactação é controlada de acordo com o projeto do engenheiro responsável pela execução do mesmo.

Figura 10 – Compactação da via após umidificação



Fonte: Autoria própria (2016).

Logo na sequência, após a compactação da via, inicia-se nova etapa de umidificação com o caminhão pipa, assim como apresentado na Figura 11.

Figura 11 – Umidificação da via após a compactação



Fonte: Autoria própria (2016).

De igual forma, logo em seguida, fez-se nova compactação da via, tal como ilustrada na Figura 12, processo este que se repetiu por oito vezes, ou seja, realizou-se oito umidificações e oito compactações até que a via ficasse bem compactada para iniciar-se outra etapa da pavimentação asfáltica.

Figura 12 – Nova compactação da via



Fonte: Autoria própria (2016).

Após as oito etapas de compactação da via, fez-se a retirada dos excessos de cascalho contidos na via utilizando-se a motoniveladora (patrol), bem como acertou-se o nivelamento do terreno, tal como ilustrado na Figura 13.

Figura 13 – Retirada dos excessos de cascalho e nivelamento da via



Fonte: Autoria própria (2016).

Tirados todos os excessos existentes na via, oriundos da umidificação e compactação por sucessivas vezes na mesma, utilizou-se o rolo liso para dar acabamento no terreno, assim como mostra a Figura 14, e para dar início a mais uma etapa da pavimentação, a imprimação da via.

Figura 14 – Acabamento da via com o rolo liso



Fonte: Autoria própria (2016).

Findadas as etapas de compactação, de retirada dos excessos e de nivelamento e acabamento da via, deu-se início a etapa de imprimação da via. Na etapa de imprimação, utilizou-se um caminhão com espargidor e um produto impermeabilizante denominado CM-30, conforme apresentado na Figura 15.

Cabe ressaltar que o produto CM-30⁹ tem a função de impermeabilizar a base que será pavimentada, evitando infiltrações e cuja secagem demanda 72 horas, ou seja, três dias.

Figura 15 – Etapa de imprimação da via com CM-30



Fonte: Autoria própria (2016).

⁹ O produto CM-30 é um ADP (asfalto diluído de petróleo), composto de 50% de CAP (cimento asfáltico de petróleo) e de 50% de solvente de petróleo, utilizado em serviços de imprimação basegranular, objetivando coesão superficial e impermeabilização da área a ser pavimentada.

Concluída a etapa de imprimação e tendo em vista que as britas 0 e 1 ficam dispostas no canteiro de obras, esse material, antes do seu uso na via, sofreu uma pequena lavagem para a retirada do pó, assim como mostrado na Figura 16, melhorando a ligação destes agregados com os demais produtos a serem utilizados no processo de pavimentação asfáltica.

Figura 16 – Lavagem dos agregados (britas 0 e 1).



Fonte: Autoria própria (2016).

Decorridos os três dias para a devida secagem do CM-30, conforme determinações do fabricante, utilizou-se o RR-2C¹⁰, que se trata de uma emulsão asfáltica utilizada na pavimentação asfáltica, como ligante, cuja aplicação é apresentada na Figura 17.

Figura 17 – Aplicação do RR-2C na via



Fonte: Autoria própria (2016).

¹⁰ Emulsão asfáltica convencional com ruptura rápida.

Tanto para a aplicação do CM-30 quanto para a aplicação do RR-2C utilizou-se o caminhão espargidor e antes do início de cada aplicação dos produtos diretamente na via, os operadores colocaram fogo no local de saída dos produtos para esquentá-los a fim de facilitar a saída do material, seja ele impermeabilizante (CM-30) ou ligante (RR-2C), tal como apresentado na Figura 18.

Figura 18 – Aquecimento do espargidor de CM-30 e RR-2C



Fonte: Autoria própria (2016).

Após a aplicação do RR-2C sobre a via, utilizou-se a brita 1 que, conforme anteriormente mencionado, passou por uma pequena lavagem, espalhando-a uniformemente sobre a via por meio de um caminhão caçamba com dosador, tal como mostra a Figura 19.

Figura 19 – Distribuição da brita 1 sobre o RR-2C



Fonte: Autoria própria (2016).

Na sequência, após a distribuição da brita 1 fez-se nova compactação, entretanto, com a utilização do rolo liso para que a brita ficasse bem fixada na base. Em seguida, utilizou-se o RR-2C e distribuiu-se a brita 0, esta como uma segunda camada dando mais resistência ao pavimento. E assim como se fez a compactação sobre a brita 1 disposta na via, também fez-se compactação sobre a brita 0 e de igual forma com a utilização do rolo liso, conforme demonstra a Figura 20.

Figura 20 – Compactação da brita 0 com o rolo liso



Fonte: Autoria própria (2016).

Findada a aplicação da brita 0, bem como a compactação da via com o rolo liso após a aplicação desta, aplicou-se novamente o RR-2C e, para finalizar a pavimentação asfáltica, distribuiu-se o pó de brita sobre toda a via pavimentada, assim como mostra a Figura 21, com uma última compactação depois de tudo pronto.

Figura 21 – Pó de brita sendo jogado sobre o pavimento depois de pronto

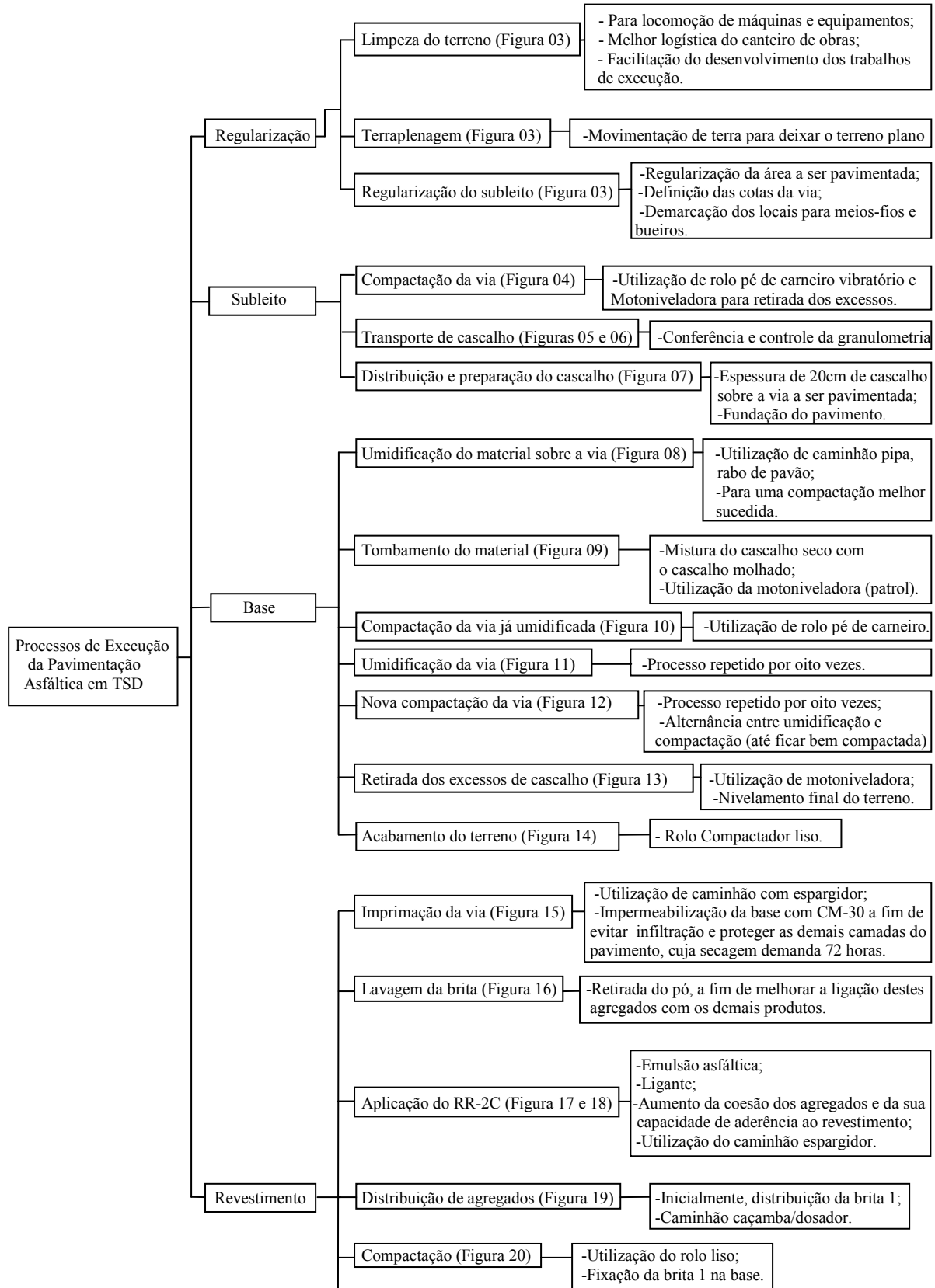


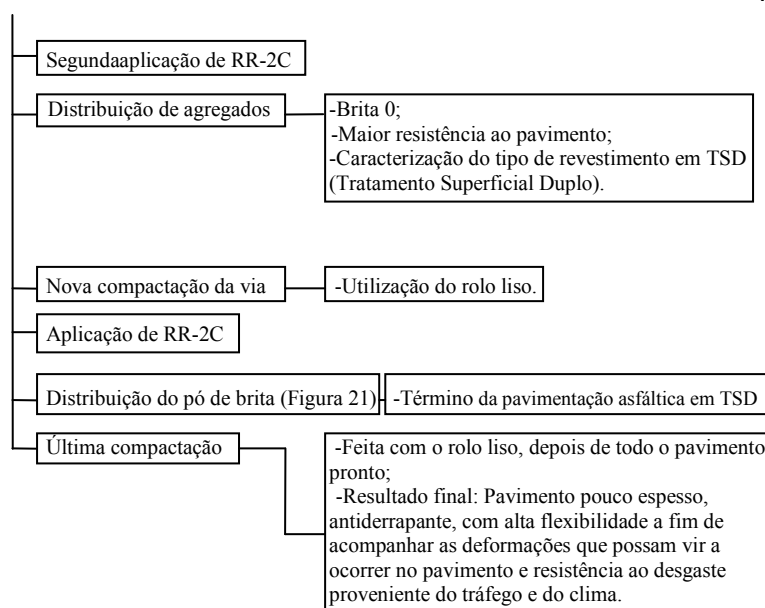
Fonte: Autoria própria (2016).

Neste contexto, os processos de execução da pavimentação asfáltica em TSD constantes no presente estudo de caso, bem como as etapas de sua execução e a estrutura da

pavimentação asfáltica em TSD executada, foram dispostos no organograma ilustrado na Figura 22.

Figura 22 – Organograma dos processos de execução da pavimentação em TSD





Fonte: Elaboração Própria (2017).

Portanto, tendo em vista que para a execução da pavimentação asfáltica aplicou-se uma camada de ligante, o RR-2C, uma de brita 1, outra novamente de RR-2C e mais uma de brita 0, executou-se de fato uma pavimentação asfáltica em tratamento superficial duplo (TSD).

3.3 ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO

De acordo com o Engenheiro Civil responsável pela execução da pavimentação asfáltica em TSD do Residencial Jardim Mariana II, este tipo de revestimento foi escolhido tendo-se em vista o fator custo-benefício. Segundo o engenheiro civil, o TSD é mais viável por ser um material mais econômico do que os outros tipos de revestimentos asfálticos, como por exemplo o CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente), em que o revestimento é despejado quente sobre a via, o que demanda maior cuidado no momento da aplicação e, além do TSD ter uma manutenção mais fácil e barata. Ainda é mais viável que o CBUQ, pois este seria comprado de um lugar mais distante, aumentando o seu custo com transporte, assim como aumentando demais custos.

O TSD apresenta boa resistência para pavimentos de pouco tráfego ou que possuam um tráfego alto, porém de veículos leves. No Residencial Jardim Mariana II, local do relato deste estudo de caso, a movimentação consiste no tráfego de carros pequenos e alguns caminhões de mudanças, sendo estes últimos os mais pesados, não vendo assim a necessidade de maior resistência do que a proporcionada pelo TSD.

Ainda na visão do engenheiro civil responsável, a pavimentação executada teve o desempenho esperado, uma vez que trouxe economia ao processo de execução, haja vista que houve grande redução de custo e que apesar desta redução, não teve a qualidade da pavimentação asfáltica prejudicada. Na primeira etapa do condomínio, no Residencial Jardim Mariana I, também foi utilizado o revestimento TSD, com os mesmos métodos de execução utilizados na pavimentação asfáltica do Residencial Jardim Mariana II, e o pavimento continua com a mesma qualidade há mais de dois anos após sua execução, o que demonstra a eficácia de se utilizar o TSD para locais em que haja pouco tráfego de veículos e que não haja grandes transferências de cargas, como é o caso das rodovias, que precisam de mais cuidados durante a execução das camadas do pavimento.

Observa-se que, diferentemente dos demais processos executivos estudados, a execução da pavimentação asfáltica em TSD relatada no presente estudo de caso, não comportou todas as etapas e camadas do pavimento, tendo em vista que foram executados apenas os serviços de regularização, bem como as seguintes camadas: o subleito, que é a fundação da pavimentação onde será apoiado todo o pavimento, sendo responsável por transmitir os esforços do pavimento ao solo; a base, que é a camada entre o subleito e o revestimento, destinada a resistir e distribuir os esforços do tráfego; e o revestimento, que é camada superficial do pavimento, sendo impermeável e destinada a receber diretamente a ação de rolamento dos veículos, bem como de proporcionar melhores condições de rolamento e resistir aos esforços horizontais que atuam no pavimento.

Entretanto, apesar de possuir camadas reduzidas, a pavimentação asfáltica em TSD não perdeu qualidade, ao contrário, demonstrou proporcionar diversas vantagens, tais como: economia, praticidade e rapidez na execução, baixa quantidade de mão de obra, bem como de maquinário, aparência satisfatória em relação aos demais tipos de revestimentos asfálticos e boa resistência aos esforços oriundos do tráfego de veículos, evidenciando que o revestimento em TSD é uma opção viável que, se executada de forma adequada e com o devido cuidado em todas as etapas, propicia uma boa qualidade de rolamento da via, bem como proporciona conforto e segurança aos usuários desta.

4 CONCLUSÕES

Tomando por base os objetivos deste trabalho, constatou-se que existem diversos tipos de revestimentos utilizados na pavimentação asfáltica e que o melhor tipo depende das condições a que o pavimento está submetido, como as cargas e esforços transmitidos a ele através do tráfego de veículos e das intempéries.

Este fato demonstra ainda mais a necessidade e a importância de se conhecer todo o processo executivo da pavimentação asfáltica, os tipos de revestimentos existentes, bem como aprofundar ainda mais o conhecimento sobre o revestimento do tipo TSD, o que evidencia que os objetivos propostos foram alcançados, uma vez que buscou-se obter todas as informações acerca da pavimentação asfáltica, com ênfase no TSD, assim como realizou-se o estudo de caso relatando todo o processo executivo realizado durante a pavimentação asfáltica em TSD feita no Residencial Jardim Mariana II em setembro de 2016, zona urbana do Município de Goianésia-GO, e que, em virtude do exposto, contribuiu para ampliação do conhecimento de todos os acadêmicos de engenharia civil, para os profissionais já atuantes na área de pavimentação e para os leitores deste trabalho.

Percebe-se que a pavimentação asfáltica em TSD é uma importante ferramenta para a engenharia civil, haja vista que os resultados obtidos por meio do estudo de caso, proporcionaram uma visão mais ampla do TSD que, apesar de apresentar pequena espessura e ser mais indicado para locais em que haja pouco tráfego de veículos, sendo estes de pequeno porte, proporciona economia na execução da pavimentação asfáltica, com baixo consumo de material, energia e mão de obra, de execução rápida, com a utilização de máquinas simples, ocasiona menor impacto ambiental, além de apresentar alta resistência ao desgaste, boas condições de rolamento, bons resultados quanto à impermeabilização do pavimento e proteção das camadas inferiores do mesmo, bem como proporciona o atrito adequado ao pavimento e alta flexibilidade para que o mesmo acompanhe as deformações sofridas e em razão do fácil processo executivo, ainda proporciona economia.

Em razão das vantagens que apresenta, o TSD está ganhando cada vez mais espaço, uma vez que é executado a frio, constituído por mistura, basicamente, de agregados e ligantes asfálticos, apresentando facilidade na execução, transporte de materiais, tudo isto faz com que o uso deste revestimento seja cada vez mais frequente no mercado de transportes, principalmente aos que não dispõem de muita tecnologia e nem de grandes recursos financeiros.

Desta forma, o TSD executado de forma correta, com todos os cuidados necessários, observando todas as determinações constantes no projeto de pavimentação, apresenta resultados satisfatórios tanto para os donos da obra, pelo custo-benefício que proporciona, aproveitando os recursos materiais da própria região em que o pavimento está sendo construído, quanto para os usuários que ganham pelas boas condições de rolamento, conforto e segurança oferecidos.

Este trabalho não teve a pretensão de esgotar o vasto assunto da pavimentação asfáltica. Limitou-se apenas a desenvolver um estudo sobre o tema em questão e relatar todo o processo executivo de uma pavimentação asfáltica em TSD, por meio de um estudo de caso. Entretanto, todos os aspectos abordados, possibilitaram maiores conhecimentos sobre o tema, contribuindo desta forma para compreensão do funcionamento do pavimento, suas camadas e revestimentos, em especial o TSD, a fim de comprovar a sua eficácia e as contribuições proporcionadas aos executores e aos usuários do pavimento, cabendo ao profissional que está executando a pavimentação definir quais camadas serão feitas, quais materiais e métodos construtivos serão adotados, o tipo de revestimento a ser utilizado, bem como observar todas as determinações de projeto para a execução da pavimentação asfáltica. Desta forma, após conhecer todas as vantagens do TSD, os engenheiros civis responsáveis pela execução da pavimentação asfáltica, devem buscar sempre a melhoria dos processos executivos, bem como dos materiais utilizados.

Deste modo, conclui-se que os resultados alcançados com este trabalho servirão para análise e reflexão de todos os que a ele tiverem acesso, bem como para impulsionar e incentivar novas pesquisas a respeito da pavimentação asfáltica em TSD, possivelmente envolvendo outras formas de execução das camadas, ou associando o uso do TSD a outros tipos de revestimento, a fim de que este tipo de revestimento seja utilizado em locais de grande circulação de veículos, inclusive de veículos pesados, quem sabe nas rodovias espalhadas por todo país em que grande parte das malhas rodoviárias, conforme exposto neste trabalho, ainda carecem de pavimentação asfáltica, sendo solução mais econômica fazer uso dela para conseguir ampliar a rede viária nacional pavimentada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, David Pacheco. **Elaboração de um Manual Sobre os Ensaios Realizados nos Serviços de Terraplenagem e Pavimentação**. Lages, Santa Catarinense, 2013, 86 p.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: Materiais, Projeto e Restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007, 558 p.

BERNUCCI, Liedi Bariani. MOTTA, Laura Maria Goretti da. CERATTI, Jorge Augusto Pereira. SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação Asfáltica : Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2006, 504 p.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. **Glossário de Termos Técnicos Rodoviários**. Rio de Janeiro: IPR. Publ. 700, 1997, 296 p.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico - IPR. Divisão de Capacitação Tecnológica. **Norma Rodoviária – Especificação de Serviço – Pavimentação – Tratamento Superficial Duplo**. DNER-ES 309/97, 10 p.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Conservação Rodoviária**. 2. ed. Rio de Janeiro: IPR. Publ. 710, 2005, 564 p.

DNIT. **Relatório dos Levantamentos Funcionais das Rodovias Federais**. Brasil, 2013. Disponível no endereço eletrônico: <http://www.dnit.gov.br/download/planejamento-e-pesquisa/planejamento/evolucao-da-malha-rodoviaria/relatorio-sgp-2012-2013-brasil.pdf>. Acesso em 26/04/2017 às 21h06min.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002, 176 p.

LAKATOS, Eva Maria. MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003, 310 p.

PANITZ, Mauri Adriano. **Dicionário Técnico: Português-Inglês**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003, 420 p.