



FAPAC - FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS PORTO LTDA -
ITPAC
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ERICK PHELLIPE RODRIGUES CARVALHO

ESTUDO DE CASO:ESTRUTURA DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE
REVESTIMENTO FLEXIVEL NA QUADRA 407 SUL DO MUNICIPIO DE PALMAS -
TO

PORTO NACIONAL - TO

2017

ERICK PHELLIPE RODRIGUES CARVALHO

**ESTUDO DE CASO: ESTRUTURA DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE
REVESTIMENTO FLEXIVEL NA QUADRA 407 SUL DO MUNICIPIO DE PALMAS -
TO**

Projeto submetido ao curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Ltda, como requisito para obtenção do grau de Bacharel, junto a Faculdade de Engenharia Civil.

Orientador: Flávio Vieira da Silva Júnior

PORTO NACIONAL - TO

2017

ERICK PHELLIPE RODRIGUES CARVALHO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS NO BAIRRO PORTO
IMPERIAL NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL - TO**

Projeto submetido ao curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos LTDA, como requisito para obtenção do grau de Bacharel, junto a Faculdade de Engenharia Civil.

Projeto apresentado e defendido em ____/____/____ e aprovado perante a Banca Examinadora constituída pelos professores:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Flávio Vieira da Silva Júnior - Orientador

Prof. Me. Larissa Jácome Barros Silvestre

Prof. Me. Alexandre Cerqueira de Jesus

PORTO NACIONAL - TO

2017

RESUMO

Os pavimentos são caracterizadas como estruturas constituídas por diversas camadas de materiais, sobrepostas e distintas, sobre o subleito destinado a resistir e distribuir para o subleito esforços horizontais e verticais, melhorando as condições de tráfego quanto à comodidade e à segurança para o usuário. No entanto, a escolha do melhor método de execução do pavimento deve-se conhecer as vantagens e desvantagens de cada processo executivo. Para que isso se torne possível, há a necessidade de projetos compatíveis com o clima e tráfego da região, com a finalidade de analisar as vantagens técnicas, ecológicas, econômicas e sociais, e assim optar pelo projeto mais adequado para a construção da via pavimentada. O objetivo principal deste trabalho é realizar uma análise de um trecho crítico da pavimentação pelo método flexível da Quadra 407 Sul, no município de Palmas -TO. A metodologia empregada será a utilização das ferramentas computacionais Sispav® e SICRO®, bem como o cálculo do volume de tráfego no trecho selecionado. Espera-se com este trabalho, tendo altos custos com recuperação estrutural ou de revestimentos de ruas e/ou avenidas averiguar qual a melhor metodologia para que não gere desconforto aos usuários destes trechos e riscos de acidentes, escolhendo o melhor método de pavimentação com menor custo.

Palavras-Chave: Pavimento. Método mecanístico. Método empírico. Palmas - TO.

ABSTRACT

The pavements are characterized as structures consisting of several layers of materials, overlapping and distinct, on the sublet to resist and distribute to the subtle horizontal and vertical efforts, improving as market conditions regarding comfort and safety for the user. However, the choice of the best method of execution of the pavement must be known as advantages and disadvantages of each execution process. In order to make it possible, there is a need for projects compatible with the climate and traffic of the region, with the purpose of analyzing as technical, ecological, economic and social advantages, and thus we understand by the project more suitable for the construction of the paved road. The main objective of this work is to perform an analysis of a critical section of the paving by the flexible method of the Quadra 407 South, in the municipality of Palmas -TO. The methodology used is a use of the Sispav® and SICRO® computational tools, as well as the calculation of the volume of traffic without stretches selected. It is expected with this work, having a high cost with structural recovery or street and / or avenues coatings to find out which is a better methodology to not be disconnected from the users of these stretches and risks of accidents, choosing the best method of paving with lower cost.

Keywords: Mechanistic flooring. Empirical method. Palmas - TO.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 OBJETIVOS.....	9
2.1 OBJETIVO GERAL	9
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
3.1 IMPORTÂNCIA DO PAVIMENTO	10
3.2 PAVIMENTAÇÃO DE VIAS PÚBLICAS E CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO	11
3.3 TIPOS DE PAVIMENTOS	14
3.3.1 Pavimento Rígido	14
3.3.2 Pavimentos flexíveis	16
3.4 REVESTIMENTOS APLICADOS AO PAVIMENTO FLEXÍVEL	19
3.6 SISTEMA SICRO	21
4 METODOLOGIA	24
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	24
4.2 ESTIMATIVA DO VOLUME DE TRÁFEGO	25
4.3 MÉTODO PARA DIMENSIONAMENTO DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEL.....	25
4.4 ORÇAMENTO DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO.....	27
4.5 ANÁLISE DOS DADOS.....	27
5 ORÇAMENTO	28
6 CRONOGRAMA	29
7 RESULTADOS ESPERADOS	30
REFERÊNCIAS.....	31
ANEXO	33

1 INTRODUÇÃO

A história da pavimentação nos remete à própria história da humanidade, desde povoação dos continentes, aquisições territoriais, permuta mercantil, cultura e religião, urbanização e desenvolvimento (FARIA, 2013).

Como os pavimentos, a história também é edificada em camadas e, repetidamente, as estradas desenvolvem um caminho para analisar o passado, daí consistirem em uma das elementares investigações dos arqueólogos nas explorações de civilizações antigas. Por volta de 700 a.C, os mesopotâmios criaram rotas que uniam o Império da Babilônia ao Egito. Essas rotas eram pavimentadas por pedras e ladrilhos unidos com argamassa betuminosa (BERNUCCI et al., 2010).

Segundo a definição de Bernucci et al. (2010) pavimento é uma composição de diversas camadas de grossuras erguida sobre a superfície final de terraplenagem proposta a resistir aos esforços procedentes de um tráfego intenso de veículos, clima e melhoria para os usuários.

Devido às más condições das rodovias brasileiras e o impacto na economia que isso traz em relação a acidentes e desconforto dos usuários, juntamente com os altos preços dos transportes de pessoas e mercadorias. Surge desse fato mecanismos e práticas de recuperação de pavimentos flexíveis.

De acordo com Bernardes (2013) a maior parte das estradas pavimentadas, no Brasil, são compostas por pavimentos flexíveis, cerca de 95%, os demais são compostos por pavimentos rígidos ou semirrígidos. Assim, há a necessidade de evitar patologias ou recuperar as patologias já existentes.

Com isso, a tecnologia desempenha um importante papel nesse aspecto. Muitos são os debates acerca da melhor metodologia a ser empregada na construção de pavimentação que oferece melhor relação custo benefício. Considerando questões como vida útil, resistência, consumo de material, tempo e a complexidade de execução, custo, impactos ambientais e sociais e ainda a segurança do pavimento durante a demanda do tráfego de veículos (DNIT, 2009).

Na maioria dos pavimentos brasileiros aplica-se como revestimento uma combinação de agregados minerais, de várias dimensões, podendo também variar quanto à fonte, com ligantes asfálticos que, de forma adequadamente harmônica e processada, garanta ao serviço executado os requisitos de impermeabilidade, flexibilidade, estabilidade, durabilidade, resistência à derrapagem, resistência à

fadiga e ao trincamento térmico, de acordo com o clima e o tráfego previstos para o local.

Os requisitos técnicos e de qualidade de um pavimento asfáltico serão alcançados, uma vez que seja considerada as particularidades de cada localidade, onde a partir disso será realizado um projeto apropriado da estrutura do pavimento e dosagem adequada da mistura asfáltica considerando a influência de rigidez do material em cada uma das camadas.

Diante do exposto pergunta-se: Qual a estrutura de pavimentação mais adequada para implantação em zonas urbanas, estrutura de pavimento rígido ou estrutura de pavimento flexível?

O pavimento rígido em concreto é aconselhado para vias de tráfego pesado e corredores de ônibus (BRT). A sua construção proporciona um custo de instalação maior em comparação ao pavimento flexível. Enquanto, o pavimento flexível é o mais usado nas rodovias brasileiras, esse tipo de pavimento admite a união dos materiais agregados, ele pode ser modificado com a borracha de pneus moídos, o que é ambientalmente aceitável, já que proporciona um destino, para uma matéria prima que iria parar em aterros sanitários, degradando ainda mais o meio ambiente. Além disso, a reutilização de material fresado, por meio de reciclagem do agregado, para aplicação na base, já é uma realidade nas rodovias brasileiras.

As principais razões de ocorrência de patologias em pavimentos consistem na baixa capacidade de suporte do subleito, as irregularidades da superfície de rolamento e adeficiência do sistema de drenagem. Com isso, problemas como ondulações, afundamentos de trilho de roda, atoleiros, excesso de pó, pista com baixa aderência, costelas de vacas, segregação lateral, buracos e erosões, são comumente encontrados nessas rodovias (FEITOZA, 2014).

Os problemas citados anteriormente estão diretamente relacionados ao trecho em estudo. Pelo fato do mesmo não ser pavimentado, os usuários tendem a encontrar rotas alternativas para que não tenham contratempos durante o trajeto.

No entanto, a rota alternativa é mais movimentada e distante. Forçando os usuários possíveis a andarem em um trecho onde há sobrecarga de tráfego. Uma forma de solucionar os problemas decorrentes da pista não pavimentada e da sobrecarga de tráfego é a pavimentação do trecho.

Para a escolha do melhor método de execução do pavimento deve-se conhecer as vantagens e desvantagens de cada processo executivo. Para que isso

se torne possível, há a necessidade de projetos compatíveis com o clima e tráfego da região, com a finalidade de analisar as vantagens técnicas, ecológicas, econômicas e sociais, e assim optar pelo projeto mais adequado para a construção da via pavimentada.

Nesse panorama, o objetivo principal deste trabalho é realizar uma análise de um trecho crítico da pavimentação pelo método flexível da Quadra 407 Sul, no município de Palmas - TO.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma análise de um trecho crítico da pavimentação pelo método flexível da Quadra 407 Sul, no município de Palmas -TO.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Estimar o volume de veículos;
- ✓ Aplicar o método de dimensionamento dos pavimentos flexível para a via;
- ✓ Apresentar o orçamento do revestimento asfáltico escolhido para aplicação na região.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Balbo (2011) pavimentos são estruturas constituídas por diversas camadas de materiais, sobrepostas e distintas, sobre o subleito destinado a resistir e distribuir para o subleito esforços horizontais e verticais.

Assim, objetivo fundamental do pavimento é resistir, distribuir e repassar ao subleito as cargas solicitadas à via para a qual foi projetada, melhorando as condições de tráfego quanto à comodidade e à segurança para o usuário (SOUZA, 1980).

Considerando as características físicas de pavimento, pode-se definir pavimento como uma superestrutura composta por múltiplas camadas de espessuras finitas, de materiais distintos com uma complexa interligação de suas propriedades, como resistência e deformabilidade, calculadas quanto às tensões e deformações solicitadas. Este conjunto é sobreposto ao terreno de fundação, considerado como infraestrutura, previamente analisado e tratado, denominado de subleito, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança (SOUZA, 1980; DNIT, 2006).

3.1 IMPORTÂNCIA DO PAVIMENTO

O deslocamento entre diferentes locais/regiões é realizado através de ruas e estradas, constituindo um elemento urbano que deve ser interpretado como suporte de múltiplos usos. Não sendo classificado apenas como um elemento funcionalista para a circulação de veículos e pedestres, mas também como local de relações permanentes entre os usuários proporcionando uma integração social, econômica, cultural e/ou política (JACOBS, 2000).

Uma estrada pavimentada corretamente apresenta a superfície regular e mais aderente aos pneus utilizados nos meios de transporte, e assim, os riscos quanto à perda de controle do veículo são menores garantindo a resposta eficiente a qualquer necessidade de frenagens ou desvios repentinos (GUIMARÃES NETO, 2011).

Ainda de acordo com o autor, a viagem se torna mais rápida e confortável, o que evita o acúmulo de veículos nas vias e reduz o tempo de deslocamento, acelerando assim a circulação de bens e serviços.

A economia em manutenção, tanto do pavimento, quanto dos veículos utilizados, estão entre as principais vantagens ao usuário com relação a uma pavimentação de qualidade, haja vista que o recurso para implantação e manutenção da pavimentação de estradas vem de impostos cobrados do mesmo (GUIMARÃES NETO, 2011).

3.2 PAVIMENTAÇÃO DE VIAS PÚBLICAS E CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO

Tem-se por pavimento uma estrutura de múltiplas camadas de assentadas espessuras, arquitetada sobre uma obra de terraplanagem finalizada, com intento técnico e econômico, além de resistir aos esforços derivados do clima e especialmente do tráfego, a fim de adequar comodidade aos usuários, melhoria das condições de rolamento, economia e segurança (BERNUCCI et al., 2010).

A função de uma via urbana é receber a demanda do tráfego local e de qualidades ou instalações, além de proporcionar fluidez no deslocamento de uma atividade ou uso do solo, como trabalho, compras, escola, entre outros (ALBANO, 2013).

Para Balbo (2011), as vias podem ser classificadas como:

Vias expressas – primárias e secundárias: fazem ligações rápidas em escala metropolitana e há trânsito de passagem exclusivo;

Vias arteriais – primárias e secundárias: têm trânsito de passagem constante e as ligações são em escala metropolitana e em escalas de zonas;

Vias coletoras – primárias e secundárias: tem ligações em escala de bairros e trânsito de passagem local compensado;

Vias locais – residencial e outras: possuem trânsito local dominante e a ligação em escala de unidade de vizinhança.

Por meio do sistema de coleta de dados é possível obter e relacionar características referentes ao tráfego, que são: motorista, pedestre, veículo, via e meio

ambiente. O arrolamento desses dados aceita conhecer o número de veículos que circula pela via, bem como suas velocidades, horários de maior solicitação e tipos de veículos, contribuindo diretamente para a escolha do tipo de pavimento a ser utilizado e influenciando massivamente o dimensionamento do mesmo (DNIT, 2010).

Segundo Bernardes (2013), o tráfego é composto por díspares tipos de veículos que vão desde automóveis, caminhões, ônibus, motos entre outros. O volume de tráfego varia em função dos números de veículos que passam numa apurada faixa da via em uma unidade de tempo, podendo variar ao longo do ano, da semana, do dia ou dentro da hora.

Para a melhor padronização dos termos adotou-se os termos utilizados pelo Manual de Estudo de Tráfego (2010), do DNIT, expostos a seguir:

Capacidade: número máximo de veículos que poderá passar por um apurado trecho de uma faixa ou pista durante o período de tempo determinado, sob condições reais que prevalecem na via e no tráfego;

Capacidade Máxima de Tração (CMT): máximo peso que a unidade tratora é capaz de tracionar, indicado pelo fabricante;

Densidade: número de veículos por unidade de comprimento da via;

Espaçamento: distância entre dois veículos consecutivos, medida entre pontos de referência comuns;

Fator Horário de Pico (FHP): é o volume da hora de pico do período de tempo analisado, dividido pelo quádruplo do volume do período de quinze minutos da hora de pico com maior fluxo de tráfego;

Intervalo de Tempo: tempo decorrido entre a passagem de dois veículos consecutivos por um determinado ponto;

Lotação: carga útil máxima abrangendo condutor e os passageiros que o veículo pode transportar;

Peso Bruto Total (PBT): peso máximo que o veículo pode transmitir ao pavimento;

Tandem: dois ou mais eixos de um veículo que instituem um conjunto integrado de suspensão, podendo quaisquer deles ser ou não motriz;

Tara: peso próprio do veículo;

Tempo de Viagem: período de tempo durante o qual o veículo cursa determinado trecho da via, incluindo os tempos de parada;

Velocidade: relação entre o espaço percorrido por um veículo e o tempo gasto para percorrê-lo;

Velocidade de Projeto: velocidade escolhida para fins de projeto, da qual se procedem os valores mínimos de apuradas características físicas diretamente vinculadas à operação e ao movimento dos veículos;

Velocidade Instantânea: velocidade de um veículo em um instante determinado;

Velocidade de Fluxo Livre: velocidade média dos veículos de uma verificada via, quando não são atribuídas restrições quanto a velocidade e nem por regulamentação de trânsito;

Velocidade Média de Percurso: velocidade de um trecho de uma via, determinada pela razão do comprimento do trecho pelo tempo médio gasto para percorrê-lo;

Velocidade Média no Tempo: média aritmética das velocidades pontuais de todos os veículos que passam por um apontado ponto da via, durante intervalos de tempo finitos;

Velocidade Média de Viagem: velocidade no trecho de uma via, determinada pela razão do comprimento do trecho pelo tempo médio gasto em percorrê-lo;

Velocidade de Operação: mais alta velocidade com que o veículo pode percorrer uma dada via atendendo as limitações impostas pelo tráfego. Não pode exceder a velocidade de projeto;

Velocidade Percentual N% (VPN%): velocidade abaixo da qual trafegam N% dos veículos;

Velocidade Pontual: velocidade instantânea de um veículo quando passa por um determinado trecho da via;

Volume Horário de Projeto (VHP): fluxo de veículos que deve ser atendido em condições adequadas de segurança e conforto pelo projeto da via em questão;

Volume Médio Diário (VMD): número médio de veículos que percorre uma seção de uma rodovia, por dia, durante certo período de tempo;

Volume de Tráfego: número de veículos que advêm por uma seção de uma via, durante uma unidade de tempo.

Para alcance dos elementos para dimensionamento do projeto, e análise da viabilidade econômica do projeto é imprescindível conhecer a projeção dos volumes de tráfego. As vias devem ser projetadas para que tenham um nível de serviço aceitável durante sua vida útil, e para isso deve ser determinado com maior grau de exatidão possível qual será o volume e a classificação do tráfego para aquele período (BAPTISTA, 2008).

Os aspectos basais que devem ser respeitados na projeção de tráfego são (DNIT, 2009): Capacidade de produção e atração de viagens das diversas zonas de tráfego; distribuição das viagens geradas entre as zonas; variações na geração (produção e atração) e distribuição de viagens devido às mudanças demográficas, econômicas, dos meios de transporte da região.

3.3 TIPOS DE PAVIMENTOS

3.3.1 Pavimento Rígido

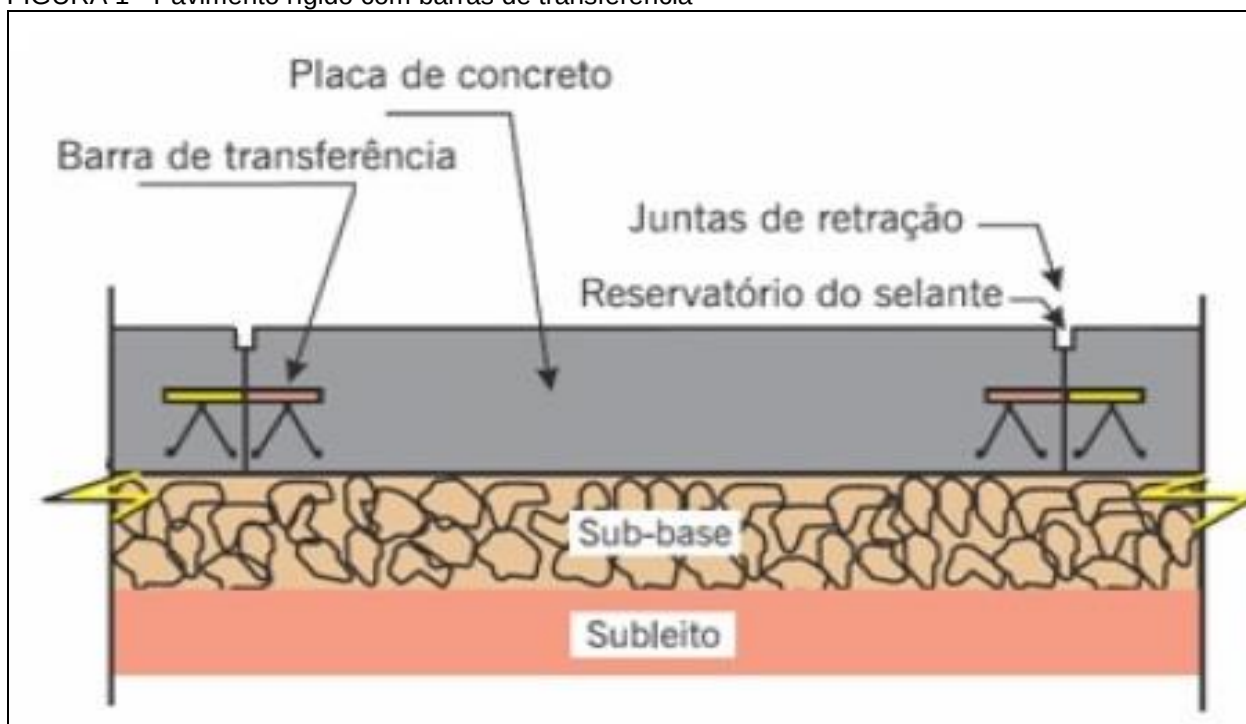
Senço (2001) caracteriza o pavimento rígido pela inaptidão à deformação, como exemplo deste têm-se os pavimentos constituídos principalmente de concreto de cimento. Esse pavimento é composto pelas camadas de subleito, sub-base e pela placa de concreto com ou sem barras de transferências (FIGURA 1).

O revestimento do pavimento rígido possui uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado conforme afirma o Manual do DNIT (2006).

O Manual de Pavimentos Rígidos (BRASIL, 2004) contempla as metodologias aplicadas para a utilização dos materiais de concreto de cimento Portland, os estudos dos concretos, a aplicabilidade do projeto e o dimensionamento, a

execução e controle tecnológico de sub-bases e de pavimento, além da conservação e reabilitação do pavimento de concreto.

FIGURA 1 - Pavimento rígido com barras de transferência



Fonte: BIANCHI; BRITO; CASTRO (2008).

O Manual do DNIT (2004) faz recomendações para a obtenção de pavimentos seguros:

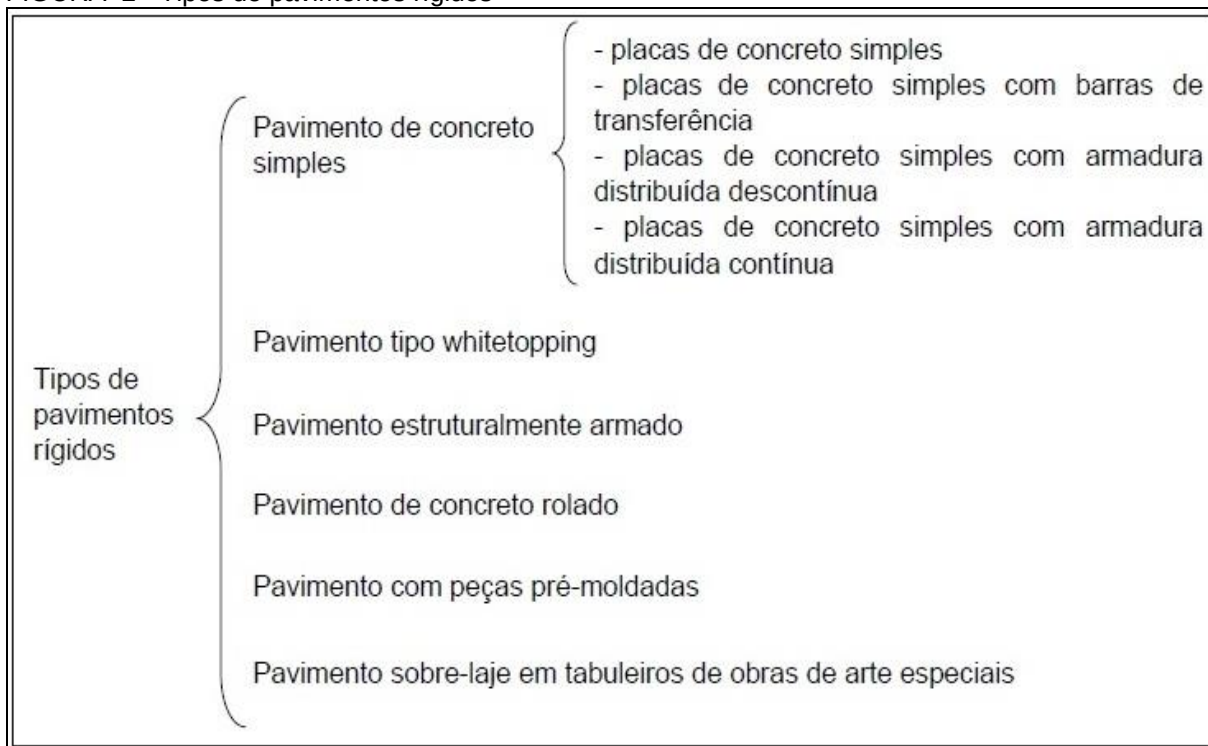
A aplicação criteriosa das recomendações contidas neste Manual, por pessoal técnico especializado, certamente conduzirá à obtenção de pavimentos seguros, duráveis e mais econômicos, tanto em relação a investimentos iniciais, quanto os recursos necessários para a sua manutenção (BRASIL, 2004, p.15).

O pavimento rígido é mais resistente que o flexível e pode durar até 30 anos, assim possui uma grande durabilidade.

Além dessa durabilidade maior, testes realizados revelaram que o pavimento de concreto tem uma capacidade de carga maior do que o comum. Em relação aos custos, Balbo (2011) revela que ele é cerca de 20% mais caro, o que seria compensado, no entanto, pela maior durabilidade e pela redução dos custos de manutenção dos veículos e do próprio pavimento de concreto.

A Figura 2 contempla os tipos de pavimentos rígidos.

FIGURA 2 - Tipos de pavimentos rígidos



Fonte: BIANCHI; BRITO; CASTRO (2008).

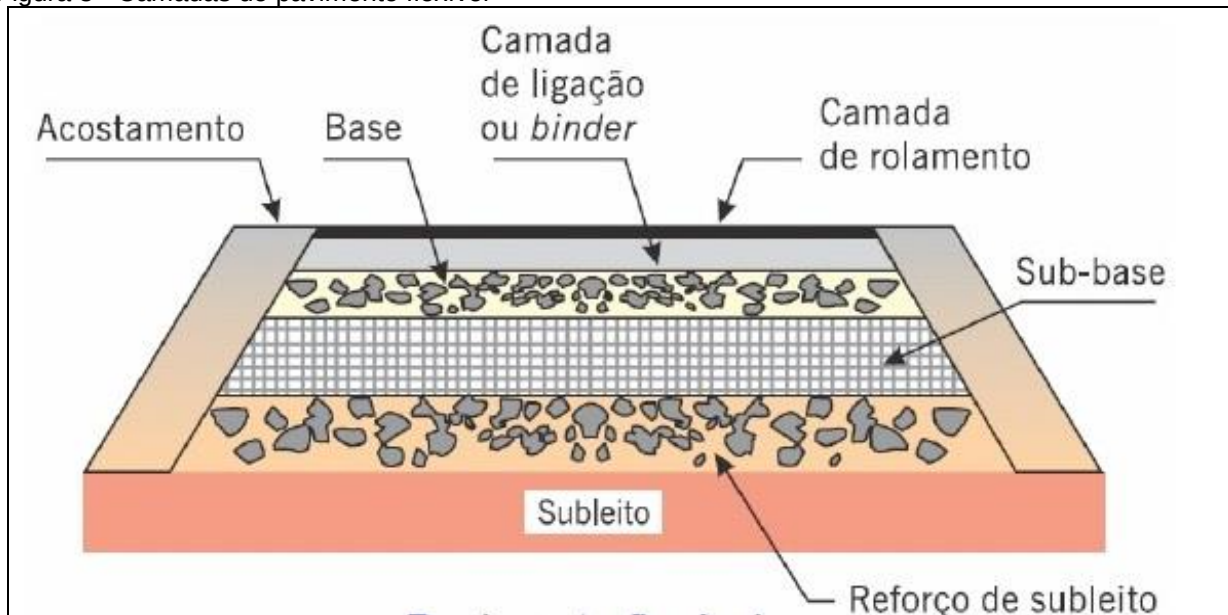
3.3.2 Pavimentos flexíveis

Pavimento Flexível é composto por revestimento asfáltico sobre camada de base granular ou sobre camada de base de solo consolidado granulometricamente. Os esforços do tráfego são absorvidos pelas distintas camadas representadas da estrutura do pavimento. A estrutura do pavimento é concebida para auferir e imprimir esforços de maneira a aliviar pressões sobre camadas inferiores, conforme a Figura 3, que na maioria das vezes são menos resistentes (BALBO, 2011).

As cargas são imprimidas à fundação de forma abrandada e também ajuizada, prevenindo a ocorrência de deformações incompatíveis com a utilização da estrutura ou mesmo de rupturas na fundação, que geram estados de tensão não previstos primeiramente nos cálculos e distorcem toda a estrutura a um procedimento mecânico inapropriado e à degradação célere ou prematura (BALBO, 2011).

O pavimento flexível é formado pelas camadas de reforço de subleito, subleito, sub-base, base e o revestimento asfáltico (FIGURA 3).

Figura 3 - Camadas do pavimento flexível



Fonte: BIANCHI; BRITO; CASTRO (2008).

De acordo com Bianchi, Brito e Castro (2008) os revestimentos asfálticos são desmembrados em duas ou mais camadas por métodos, construtivos e de custo:

Camada de rolamento: diretamente exposta em contato com as cargas e com ações ambientais;

Camada de ligação: também em mistura asfáltica, entre a camada de rolamento e a base do pavimento flexível;

Camada de nivelamento: mistura asfáltica empregada no recapeamento, com a função de corrigir os desníveis em pista, afundamentos localizados, enfim, nivelar o perfil para posterior execução da nova camada de rolamento;

Camada de reforço: após anos de uso do pavimento flexível existente, executada por razões funcionais, estruturais ou as duas ou seja pano asfáltico.

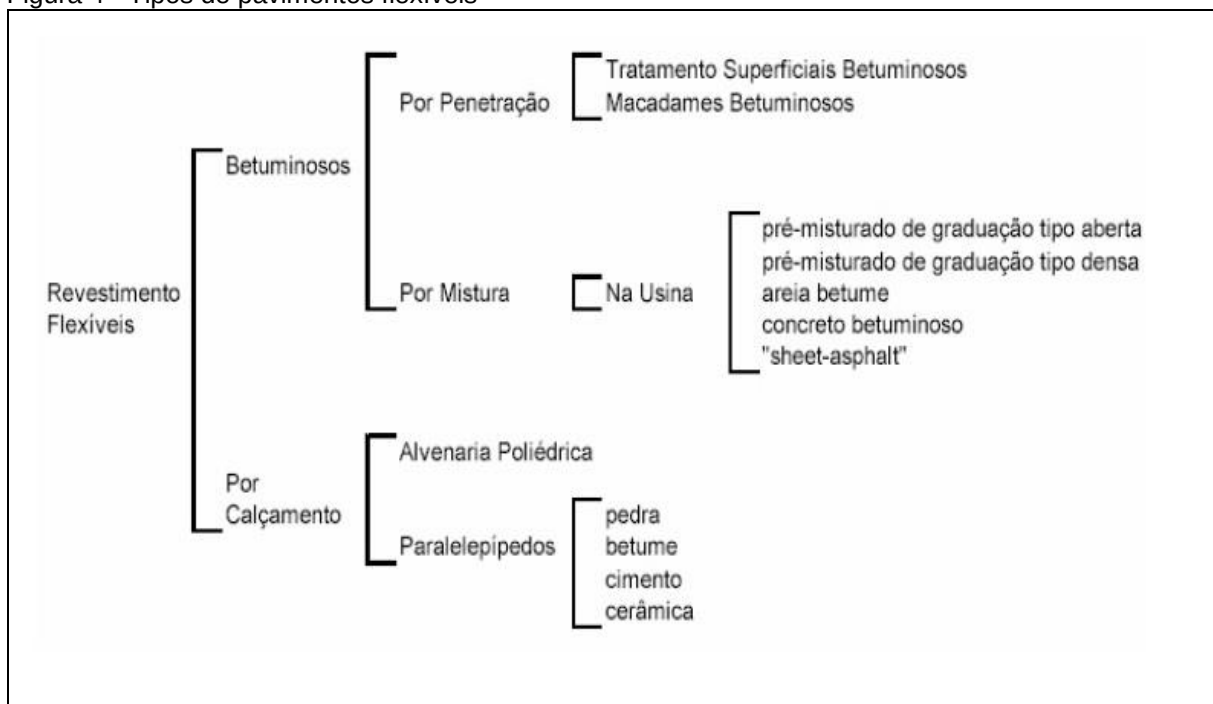
Cada camada do pavimento tem uma ou mais funções características, que devem adequar aos veículos as condições apropriadas de suporte e rolamento em qualquer condição climática. As cargas justapostas sobre a superfície do pavimento

aperfeiçoam por gerar tensões na estrutura, que muito penderá do comportamento mecânico de cada uma das camadas e do conjunto destas (ALBANO, 2013).

O revestimento tem a função de receber as cargas, estáticas ou dinâmicas, sem suportar amplas mudanças elásticas, desagregação de elementos ou perda de compactação. Assim, necessita ser composto de materiais bem aglutinados e dispostos de maneira a evitar sua circulação horizontal.

A Figura 4 apresenta os tipos de revestimentos flexíveis.

Figura 4 - Tipos de pavimentos flexíveis



nte: BIANCHI; BRITO; CASTRO (2008).

Caracteriza-se pela deformaçãoelástica significativa sob o carregamento aplicadoem todas as camadas, mas sem acarretar danos estruturais. Projetado para resistir à tração e compressão na flexão proveniente da carga aplicada sobre o pavimento, a carga se distribui em parcelas aproximadamamenteequivalentes entre as camadas(SENÇO, 2001; DNIT, 2006).

3.4 REVESTIMENTOS APLICADOS AO PAVIMENTO FLEXÍVEL

A mistura de agregados e ligante é atingida em usina estacionária e transportada em seguida por caminhão para a pista, onde é distribuída por equipamento apropriado, denominado vibro acabadora. Em seguida é compactada, até chegar um grau de compressão tal que derive num acondicionamento estrutural estável e resistente, tanto às deformações constantes quanto às deformações elásticas repetidas da passagem do tráfego (ALBANO, 2013).

Um dos tipos mais utilizados no Brasil é o concreto asfáltico (CA) também denominado concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ). O Concreto Betuminoso Usinado a Quente é o mais empregado no Brasil. Trata-se do produto da mistura favoravelmente própria de agregados de vários tamanhos e cimento asfáltico, ambos aquecidos em temperaturas antecipadamente selecionadas, em função da característica viscosidade-temperatura do ligante (BIANCHI; BRITO; CASTRO, 2008).

Os chamados tratamentos superficiais incidem em aplicação de ligantes asfálticos e agregados sem mistura prévia, na pista, com posterior compactação que requer o recobrimento parcial e a adesão entre agregados e ligantes (BERNARDES, 2013). Dentre os tratamentos pode-se citar de acordo com o número de camadas sucessivas de ligantes e agregados, podem ser: TSS – tratamento superficial simples; TSD – tratamento superficial duplo; TST – tratamento superficial triplo.

A maior parte da estabilidade do tratamento superficial por penetração simples deve-se à adesão conferida pelo ligante entre o agregado e o substrato, sendo secundária a contribuição dada pelo entrosamento das partículas (ALBANO, 2013). Já no macadame betuminoso, a estabilidade é principalmente obtida pelo travamento e atrito entre as pedras, complementada pela coesão conferida pelo ligante.

Do tratamento superficial por penetração simples até o tratamento múltiplo, há uma transição no que diz respeito à estabilidade. Contudo, quanto mais aplicações se adotam no tratamento superficial, mais duvidosas serão as vantagens econômicas do processo; nesse caso um outro tipo de revestimento, como pré-misturado, deve ser levado em conta (BERNARDES, 2013).

Os revestimentos com mistura de graduação descontínua têm maior abundância de grãos de grandes dimensões em relação aos grãos de dimensões intermediárias, concluídos por certa quantidade de finos. O resultado é um material mais resistente à alteração constante com o maior número de contatos entre os agregados graúdos. Enquadra-se nessa categoria o Stone Matrix Asphalt (SMA), na maioria das vezes aplicado em espessuras variando entre 1 cm, 5 cm e 7 cm e caracterizado pelo macro textura superficialmente rugosa e pela eficiente drenagem superficial (ALBANO, 2013).

3.5 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Existem dois métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis: métodos empíricos e métodos empíricos mecanístico.

Os métodos empíricos se baseiam em fórmulas, experiências e são restritos a pavimentos submetidos a condições idênticas. As aplicações limitam-se ao clima, materiais e condições de carga a que são submetidos. Podem ser os que empregam ensaios de resistência dos solos ou não: método do índice de grupo (IG), método do HRB (*highway research board*) não empregam resistência dos solos, possuem bons resultados dos ensaios do limite de liquidez, limite de plasticidade e granulometria.

Relaciona propostas de espessuras de camadas com dois grupos de solos: granulares e solos finos. Os métodos empíricos que empregam resistência dos solos é o método do CBR (*california bearing ratio*) e relaciona a capacidade de suporte do subleito e a intensidade do tráfego com a espessura mínima necessária ao pavimento. O método de Hveem, onde o dimensionamento através desse método considera o efeito destrutivo de deformação do tráfego, a resistência à deformação plástica do solo do subleito e a resistência à tração das camadas constituintes do pavimento.

Para a utilização deste método, é necessária a adaptação dos valores de equivalência utilizados em sua formulação para a região em estudo. Este Método utiliza em seu ensaio, equipamentos especiais para a reprodução da compactação.

Método empírico mecanístico por Murillo Lopes de Souza adaptado do Método de dimensionamento de aeroportos do Corpo de Engenheiros dos Estados

Unidos (USACE). Baseado em critério de resistência/ ruptura ao cisalhamento visa a proteção do pavimento das deformações plásticas excessivas durante a vida útil do projeto; Facilidade de aplicação, comprovada eficácia quando aplicados à realidade brasileira. Considera alguns estudos da pista experimental da AASHO (*American Association of state Higway Officials*), Coeficiente de equivalência estrutural das camadas (K).

Os pavimentos projetados através deste método apresentam grande resistência à ocorrência de deformações permanentes prematuras. Este método, roteiriza o dimensionamento de pavimentos flexíveis em função da capacidade do subleito (CBR) e índice de grupo IG e do número equivalente de operações do eixo padrão (N) e espessura total do pavimento durante um período de projeto (ALBANO, 2013).

A atuação da mecânica dos pavimentos está na análise de tensões, deformações e deslocamentos na estrutura do pavimento, sendo estes conhecidos como parâmetros de deformabilidade. As análises destes parâmetros são, normalmente, realizadas através de programas computacionais, como é o caso do programa SisPav®.

3.6 SISTEMA SICRO

O SICRO® é uma ferramenta criada e aperfeiçoada pelo DNIT para manter atualizada a definição de custos, capaz para situar os melhores parâmetros para referenciar a elaboração dos orçamentos de projetos rodoviários e licitação de obras (DNIT, 2017).

De acordo com o histórico dos sistemas de custos do DNER e do DNIT, surgiu inicialmente em 1946 com a implantação das primeiras tabelas de preços do DNER e foi se atualizando até 2017 com a implantação do novo SICRO® (DNIT, 2017).

Segundo o DNIT (2017), as principais inovações do novo SICRO® foram:

- ✓ Manutenção de composições de custos horárias/unitárias;
- ✓ Eliminação de custos indiretos das composições de custos;
- ✓ Eliminação da generalização de atividades;

- ✓ Eliminação da distinção entre composições de custos comuns de construção e restauração rodoviária;
- ✓ Adequação dos custos em função do fator de influência de chuvas - FIC;
- ✓ Adequação dos custos em função do Fator de Interferência do Tráfego - FIT;
- ✓ Alteração das velocidades médias para transportes cíclicos;
- ✓ Alteração da metodologia de cálculo do custo horário dos equipamentos;
- ✓ Implantação da nova metodologia para definição dos custos de referência da mão de obra;
- ✓ Inclusão de composições de custos dos modais ferroviário e aquaviário;
- ✓ Alteração da metodologia para definição dos custos de referência dos insumos da pesquisa de preços;
- ✓ Eliminação da diferenciação de transporte local e comercial;
- ✓ Criação de composições de custos de carga, descarga e manobras;
- ✓ Criação de composições de custos para abertura e manutenção de caminhos de serviços;
- ✓ Implantação de nova metodologia para definição dos custos de referência para aquisição e transporte de materiais asfálticos;
- ✓ Criação de composições de custos para o transporte fluvial de materiais asfálticos;
- ✓ Classificação e nova metodologia para definição dos custos de referência dos canteiros de obras e instalações industriais;
- ✓ Implantação de nova metodologia para definição dos custos de referência de administração local e;
- ✓ Diferenciação da parcela de bonificação e despesas indiretas (DNIT, 2017).

Em maio de 2016 a abril de 2017 ocorreu a consolidação dos apontamentos da consulta Pública e da Câmara Técnica do SICRO®, que foram:

- ✓ Tratamento, classificação e apresentação pela Fundação Getúlio Vargas de todos os 457 apontamentos advindos da consulta pública;
- ✓ Realização de 8 reuniões da Câmara Técnica para tratar das questões afetadas aos apontamentos da consulta pública;
- ✓ Realização de reuniões técnicas com outras organizações para tratar de questões afetas ao novo SICRO® como: VALEC, ANTT, NOVACAP, entre outras;

✓ Realização de visitas técnicas motivadas por representantes da Câmara Técnica (DNIT, 2017).

Segundo o DNIT (2017), o SICRO® é importante para o engenheiro de custos para a elaboração dos orçamentos de projetos de obras, além de cronograma de obra, plano de execução, quantificar o volume médio diário de veículos, quantificação de mão de obra direta, previsão de localização dos canteiros de obras; Importante a realização de pesquisa local de preços para os insumos mais relevantes da obra; principalmente os materiais pétreos e agregados e ainda a necessidade de período de transição: qualificação e maturação dos profissionais.

4 METODOLOGIA

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Esse estudo será realizado na cidade de Palmas, capital do Tocantins, situado na região central do Estado. A área territorial da capital é de 2.218,943 km² o que corresponde a 0,80% da totalidade do Estado (IBGE, 2014).

Nosso local de estudo será um trecho que corresponde a uma parcela da área de pavimentação de aproximadamente 182.000 m² que possui cerca de 26.000 m de drenagem. Localizado na Quadra 407 Sul, mostrado na FIG.5, na região central da capital sob as coordenadas geográficas de 10° 20' 67.70" S e 48° 35' 31.5016" O, sua altitude corresponde a 504m do nível do mar (GOOGLE EARTH, 2017).

Os dados serão coletados em duas etapas: comparação do resultados e comparação dos custos das obras realizados pela empresa "X" Engenharia Ltda.

Será realizado a comparação dos resultados do projeto de pavimentação utilizada na obra, acompanhada com os resultados obtidos a partir dos cálculos através do método empírico do DNIT e do método empírico mecanístico, utilizando o software SISPAV® (2007- primeira versão).

Figura 5 - Localização da área de estudo



Fonte: Google Earth (2017).

Para este trabalho será considerado apenas um trecho de 200 a 300 metros da quadra que será escolhido em decorrência da maior movimentação, conforme o volume diário de veículos (VMD).

4.2 ESTIMATIVA DO VOLUME DE TRÁFEGO

A estimativa do Volume de Tráfego (ou Fluxo de Tráfego) será realizada com base nas determinações ditadas pelo DNIT (2006) onde calcula-se o número de veículos que passam por uma seção de uma via, ou de uma determinada faixa, durante uma unidade de tempo, normalmente, expresso em veículos/dia (vpd) ou veículos/hora (vph).

Os autores completam que à média da quantidade de veículos que circulam num período de 24 horas em um trecho de via é caracterizado com VMD. Assim, será computado para um período de tempo representativo, o qual, salvo indicação em contrário, é de um ano. A quantidade de veículos, que melhor representa a utilização ou serviço prestado pela via, será usada para indicar a necessidade de novas vias ou melhorias das existentes, estimar benefícios esperados de uma obra viária, determinar as prioridades de investimentos, calcular taxas de acidentes, entre outros.

O volume de tráfego inclui todos os veículos que circulam pela via em um só sentido ou em ambos, ou ainda, os que circulam por uma só faixa.

O conhecimento do VDM de uma determinada via é imprescindível para a formulação de medidas seja de execução da pavimentação asfáltica, seja a elaboração de medidas ou restauração do pavimento. Com esse valor pode-se determinar o dimensionamento e as possíveis variações das camadas do pavimento.

A obtenção dos dados do volume de tráfego será disponibilizada pela empresa responsável pela construção do pavimento analisado.

4.3 MÉTODO PARA DIMENSIONAMENTO DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEL

Para o dimensionamento pelo Método Mecanístico empírico será utilizado o software desenvolvido por Franco (SisPav®). Enquanto que para os dois Métodos

Empíricos estudados serão usadas ferramentas digitais e planilhas eletrônicas para realização do dimensionamento completamente baseado nas Normas Brasileiras (IPR-719) e Britânicas (IAN73, HD24 e HD26) vigentes atualmente.

O uso do Programa SisPav® é de grande valia para entender o comportamento de pavimentos flexíveis, pois emprega conceitos mecânicos nas análises.

Enquanto, os parâmetros sobre os materiais utilizados serão escolhidos com base em normas e em valores condizentes com rodovias reais, como constam nas tabelas abaixo:

Tabela 1- Parâmetros para os Métodos de Dimensionamento Brasileiros (SisPav® e IPR-719)

CAMADA	MATERIAL	CBR (%)	K	MÓDULO (MPa)
SUBLEITO	Solo argiloso	Variável	-	50
SUB-BASE	Macadame seco	20	1.00	200
BASE	Brita graduada simples (BGS)	80	1.00	320
REVESTIMENTO	Mistura Betuminosa (CAP 50/70)	-	2.00	5000

Fonte: Franco (2007).

Tabela 2 - Parâmetros para o Método de Dimensionamento Britânico (HA)

CAMADA	MATERIAL	CBR%	MÓDULO (MPa)
SUB LEITO	Solo argiloso	Variável	50
SUB BASE	Macadame seco (Gran. Tipo 1)	20	200
BASE	Mistura Betuminosa HBM + Categoria B	-	-
REVESTIMENTO	Mistura Betuminosa	-	-

Fonte: Franco (2007).

Tabela 3 - Parâmetros Variados Utilizados para os Três Métodos de Dimensionamento

N	CBR do Subleito (%)
1*10⁷	2.5
5*10⁷	5.0
2.5*10⁸	7.5

Fonte: Franco (2007).

4.4 ORÇAMENTO DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO

A ferramenta computacional SICRO® propicia um primeiro nível de adequação dos custos unitários, através do cálculo dos custos horários dos equipamentos considerando sua utilização em condições leves, médias e pesadas.

A tabela de dados orçamentários será realizada em função do Sistema Sicro® conforme o dimensionamento do pavimento. Os custos com projeto, canteiro, engenheiros e encarregados não serão acrescentados, pois são itens que variam com o prazo da obra e quantidade de profissionais no local.

4.5 ANÁLISE DOS DADOS

Para a obtenção de um parâmetro definidor das condições de superfície do pavimento e um inventário de ocorrências e suas prováveis causas, será realizado um levantamento fotográfico dos defeitos existentes no trecho escolhido da Quadra 407 Sul.

Estes registros serão feitos antes, durante e após a construção do trecho. A partir de então, com o auxílio do programa SisPav®, serão desenvolvidos quatro testes (cenários diferentes) para avaliar e dimensionar o pavimento.

Todos os dados obtidos serão transferidos para o programa Microsoft Excel® e serão feitos gráficos para correlacionar os resultados obtidos na obra com os resultados do projeto e pelo método empírico mecanístico, a comparação dos custos.

5 ORÇAMENTO

Despesas	Quantidade	Preço
Papel sulfite A4	1 Unidade	R\$ 15,00
Impressão	100 Folhas	R\$ 50,00
Fotocópia	50 Folhas	R\$ 25,00
Caneta	2 Unidades	R\$ 1,60
Combustíveis	40 litros	R\$152,00
TOTAL		R\$ 243,60

7 RESULTADOS ESPERADOS

A solicitação de tráfego e as características das camadas do pavimento são de grande importância estrutural. Dessa forma, espera-se com este trabalho, tendo altos custos com recuperação estrutural ou de revestimentos de ruas e/ou avenidas averiguar qual a melhor metodologia para que não gere desconforto aos usuários destes trechos e riscos de acidentes, escolhendo o melhor método de dimensionamento de pavimentação flexível com menor custo.

REFERÊNCIAS

- ALBANO, J. F. **Hierarquia e classificação funcional de vias rurais e urbanas**. Tópicos avançados em vias rurais e urbanas. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/494_05_hierarquia_e_classificacao_viaria.pdf>. Acesso em: 23 out. 2017.
- BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica**: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- BAPTISTA, C. N. **Pavimentação**: tomo 1. Ensaios fundamentais para a pavimentação – dimensionamentos dos pavimentos flexíveis. 3ª ed. Porto Alegre: Globo, 2008.
- BERNARDES, D. J. **Recuperação de pavimentos flexíveis em áreas de tráfego pesado devido a implantação de lombadas eletrônicas**. 2013. 25p. Disponível em: <<http://www.computacao.unitri.edu.br/erac/index.php/e-rac/article/viewFile/539/338>>. Acesso em: 10 nov. 2017.
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica**: formação básica para engenheiros. 3ª ed. Rio de Janeiro: Imprinta, 2010.
- BIANCHI, F. R.; BRITO, I. R. T.; CASTRO, V. A. B. **Estudo comparativo entre Pavimento rígido e flexível**. 2008. Disponível em: <http://www.ibracon.org.br/eventos/50cbc/pav_apresentacoes/VERONICA_AMANDA.pdf>. Acesso em 02 nov. 2017.
- BRASIL - DNIT. 2004. Manual de pavimentos rígidos. 2ª Ed. Rio de Janeiro. 2004. 233p.
- DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DOS TRANSPORTES. Projeto de norma e manuais. 2006. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2014.
- DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Pavimentos Flexíveis – Publicação IP-714**. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2009. 234 p.
- DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 031/10-ES**: pavimentos flexíveis: concreto asfáltico. Rio de Janeiro, 2010.
- DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Sistema de Custos Referenciais de Obras - SICRO**. Brasília, DF, 26 de abril de 2017.
- FARIA, E. O. **História dos transportes terrestres no mundo**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://www.transitocom.vida.ufrj.br/download/Hist%C3%B3ria%20dos%20transportes%20terrestres.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2017.

FEITOZA, E. C. **Análise patológica e técnicas de recuperação de pavimentos flexíveis em vias urbanas**. 2014. 56f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2014.

GOOGLE EARTH. Programa Google Earth®. 2017.

GUIMARÃES NETO, G. L. **Estudo Comparativo entre a Pavimentação Flexível e Rígida**. 2011. 80f. Monografia - Universidade da Amazônia – UNAMA. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade da Amazônia. 2011. Disponível em: <<http://www.unama.br/novoportal/ensino/graduacao/cursos/engenhariacivil/attachments/article/129/ESTUDO%20COMPARATIVO%20ENTRE%20A%20PAVIMENTACAO%20FLEXIVEL.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2014.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICAS. **Cidades**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 26 nov. 2017.

JACOBS, Jane. **Morte e vida de grandes cidades**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

SENÇO, W. **Manual técnico de pavimentação: volume 1**. 1ª ed. São Paulo: Pini, 2001.

SOUZA, M. L. **Pavimentação Rodoviária**. Rio de Janeiro: DNER, 1980. 361p.

ANEXO



ITPAC- INSTITUTO PRESIDENTE ANTONIO CARLOS PORTO LTDA
PORTO NACIONAL TOCANTINS

TERMO DE COMPROMISSO E ACEITE DE REALIZAÇÃO DE TCC

Eu, Diego Henrique Guilherme de Sousa Rodrigues portador do CPF: 018.042.881-01 representante da empresa CSN ENGENHARIA LTDA, portadora do CNPJ: 01.231.948/0002-00 localizada na Quadra 112 Sul conj.14 Lote 44 e 45 s/n CEP: 77.020-176 Centro, Palmas – Tocantins.

Afirmo consentimento de que o Erick Phellipe R. Carvalho residente na Rua NC 21 Quadra 02 Lote 15 Nº 1359 Setor Nova Capital Porto Nacional, portador do CPF: 022.404.931-3,acadêmico do Curso de Engenharia Civil da ITPAC – Instituto Tocantinense Presidente Antonio Carlos Porto Ltda, e orientado pelo professor Flavio Vieira da Silva Junior,

Possa realizar as atividades de seu trabalho de conclusão de curso neste local, no setor de pavimentação da empresa CSN ENGENHARIA LTDA, sem prejuizo para ambas as partes, desde que o acadêmico Erick Phellipe R. Carvalho, preserve a ética necessária para o mesmo. O tema escolhido para o trabalho será: "Estrutura de pavimento com aplicação de revestimento flexível na quadra 407 sul do município de Palmas Tocantins",

A empresa CSN ENGENHARIA LTDA autoriza as seguintes permissões:

() A empresa autoriza o acesso a dados referente ao projeto de dimensionamento de pavimento flexível, dimensionamento de trafego e outros dados referentes a obra de pavimentação da quadra 407 sul do município de Palmas Tocantins .

Porto Nacional, 14 de Dezembro de 2017.

Diego H. G. de Sousa Rodrigues
Engº Responsável

Assinatura do Responsável da Empresa