

DIFERENÇA ENTRE PAVIMENTOS RÍGIDOS E PAVIMENTOS FLEXÍVEIS ESTUDO DE CASO NA BR-466.

HEY, Alan dos Santos¹
DALA COSTA, Barbara Pergher²
SOUZA, Jaqueline³
GOLINHAKI, Sabine⁴
CERCONI, Claudinei⁵

RESUMO:

O trabalho estudado trata-se da diferença entre os pavimentos rígidos e os pavimentos flexíveis, assim estudado cada um deles suas funções econômicas, qual vai dar mais segurança para via e sobre tudo a suas diferenças. O intuito deste trabalho não é qual pavimento é melhor mais sim suas diferenças e quais estão presente no dia a dia, os tipos de materiais utilizados para suas construções e sua durabilidade, o pavimento que será escolhido vai depender das suas vantagens e suas desvantagens, mais afirma que no Brasil as pavimentações mais utilizadas são as flexíveis, mostrando também a suas diferenças de custos de cada pavimento e diferenciando seus métodos de construções com cada um tem seu método diferente para ser trabalhado, a resistência de cada pavimento se diferencia cada um com seus benefícios. O Projeto foi dado como base na cidade de Pitanga PR aonde foram realizados estudos sobre uma pavimentação que foi usado método de pavimento flexível, foi estudado a local retirada informações sobre o tráfego de veículos rotineiros, aonde foram realizadas contagens em horários de picos para a realização dos cálculos da via para saber dimensionar a sua estrutura, e sobre valores a estrutura flexível leva uma certa vantagem cerca de 42% mais barata do que a pavimentação rígida, só que pensando em longo prazo a pavimentação rígida é mais compensatória pois seus custos com manutenções em 10 anos estão na casa dos 4% do valor investido para manter em condições satisfatórias de uso e chegou a um resultado que a pavimentação rígida não é tão utilizada no Brasil por na maioria das vezes por falta de equipamentos.

Palavras-chave: Pavimento rígido. Pavimento flexível. Diferenças de materiais e custos.

¹Graduando do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Campo Real, (eng-alanhey@camporeal.edu.br).

²Especialista, professora do curso de Engenharia Civil no Centro Universitário Campo Real, (prof_barbaracosta@camporeal.edu.br).

³Graduanda do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Campo Real, (eng-jaquelinesouza@camporeal.edu.br).

⁴Mestre em Engenharia Civil, professora do Centro Universitário Campo Real, (prof_sabrinegolinhaki@camporeal.edu.br).

⁵Mestre em Química Aplicada, professor de cursos de Engenharia Civil, Elétrica e Mecânica do Centro Universitário Campo Real. (prof_claudineicerconi@camporeal.edu.br).

1. INTRODUÇÃO

Segundo Albano (2016) a função de via representa o tipo de serviço que ela proporciona e o desempenho da via finalidade de seu deslocamento, a classificação das rodovias atenda alguns objetivos que são eles:

- Necessidade de planejamento;
- Critérios de projeto;
- Organização institucional e objetiva;

Existem três formas de classificar as rodovias que são elas:

- Classificação funcional;
- Classificação técnica;
- Classificação administrativa;

Albano (2016) define acessibilidade como uma prioridade atender a demanda do estado local e de prioridades ou instalações lindeiras como por exemplo acesso a uma pequena localidade como chácaras fazendas entre outras situações.

Já a mobilidade segundo Albano (2016) define como a necessidade de atender a demanda do trafego pela região atravessada. Dar mobilidade significa dar fluidez algo leve rápido que ira de maneira mais tranquila para seu destino.

Em 1716, na França, é estabelecida a corporação de pontes e estradas. Era a primeira vez que um governo apoiava um grupo de engenheiros civis dedicados a conservação e abertura de novas estradas (Abril S.A. Cultural e Industrial, 1976).

Os alicerces da construção de rodovias foram desenvolvidos pelos romanos mais foram melhorados pelos franceses Pierre Tresaguet, Ele modificou o modelo romano de construção que não tinha o modelo abaulado para não acumular águas (Abril S.A. Cultural e Industrial, 1976).

A situação das estradas no Brasil é um processo político do passado que deram prioridade para as estradas serem a prioridade de locomoção de transporte de cargas sejam eles de todas as formas como alimento mercadorias entre outras.

O modal rodoviário corresponde a 58% do transporte de carga no Brasil. De acordo com os dados oficiais do governo federal, o Brasil detém cerca de 1,5 milhões de quilômetros não pavimentados, contra cerca de 200 mil quilômetros

pavimentados, mesmo dando prioridades para as rodovias asfálticas no Brasil ainda as condições das estradas são precárias em questões de manta asfáltica até mesmo de sinalizações (Brasil Escola online).

Com o aumento na manutenção das rodovias os estados se obrigaram a criar uma maneira para que houvesse reparos nas rodovias assim começaram as cobranças de tarifas para transitar nelas os primeiros estados a fazerem isso foram São Paulo e Paraná.

O valor estimado no Projeto de Lei Orçamentária Anual (PLOA) de investimentos pelo ministério da infraestrutura é de 5,29 bilhões de reais, valor 31,1% menor do que no ano de 2019 em que de cerca de 7,68 bilhões de reais o cenário vem cada vez reduzindo ainda mais já foram reduzidos cerca de 57,3% entre 2010 a 2018 (CNT,2020).

Para o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) que historicamente é responsável por alocar cerca de 85% dos investimentos do ministério da infraestrutura, a previsão do PLOA 2020 e de investimentos em cerca de 4,71 bilhões, montante menor cerca de 33,3% menor do que em 2019 (CNT,2020).

O Brasil é a terceira maior manta rodoviária do mundo, mas 12% dela é pavimentada, o mapeamento do Instituto de Pesquisa Econômica (IPEA) de obras rodoviárias que estudou as deficiências das rodovias brasileira, foi identificado a necessidade de investir cerca de 183 bilhões de reais para sanar os problemas e as torna-las eficientes (IPEA,2018).

Esses dados apontam que mais de 80% das vias ainda estão sob comando de gestão pública e apenas 37% delas são avaliadas com qualidade boa ou ótima, o restante que são 63% ainda está classificada com qualidade razoável ou ruim (IPEA ,2018).

O objetivo deste trabalho é apresentar a diferença entre a pavimentação flexível juntamente com pavimentação rígida, com um objetivo específico diferenciar os tipos de materiais usados, o mais viável para cada caso e os valores de cada utilização esse estudo foi realizado na no trecho da BR-466 em Pitanga PR.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

As pesquisas realizadas pela CNT de rodovias, tem evidenciado ao longo dos

anos, que as condições das rodovias pavimentadas não se encontram em condições satisfatórias. O Brasil foi classificado na 93 posição, entre 141 países, com relação a variável rodovias, ficando atrás de países da América Latina (CNT, 2019).

Esta degradação em relação às pavimentações asfálticas brasileiras têm como motivo o número elevado de veículos que foram fabricados e que começaram a circular nas rodovias brasileiras assim com manutenção pequena a degradação será cada vez mais rápida.

O Brasil tem uma demanda alta em longas distâncias isso intensifica ainda mais a deterioração das rodovias com os pesos destes veículos as rodovias tem um avanço significativo para a sua degradação. As construções das vias têm que levar em consideração os pesos dos veículos de grandes cargas que circulam por elas. Para minimizar estes acontecimentos devem ter fiscalizações e punições destes infratores, inibindo a realização desta prática. Contudo atualmente, apenas 26 equipamentos controladores de excesso de peso estão em operação nas rodovias federais sobre gestão pública, em 16 estados e no Distrito Federal. (CNT, 2019).

Em 1890, os pavimentos de concreto passaram a ser utilizados com frequência na Alemanha e, a partir de 1909, nos Estados Unidos, sendo neste país já contava, desde o início do século XX, com uma significativa produção de asfalto derivado de petróleo por refinamento para aplicação nos pavimentos (BALBO, 2007).

A segunda descoberta das técnicas de estabilização química dos solos e agregados com o uso de ligantes hidráulicos foram ainda no ano de 1940, com o intuito de sanar a falta de matérias de britagem em que alguns lugares não os tinham a facilidade deste material para realizar a base e sub-base (BALBO, 2007).

No início de século XX, no Brasil era comum o emprego da expressão “macadamizar”, significando a execução da camada de macadame hidráulico e betuminoso sobre os subleitos, mesmo para primariamente padrões atuais, as estradas de terra. A primeira pavimentação de expressão no século XX foi o trecho de São Paulo a Cubatão, conduzida então pelas diretorias de estradas de rodagem da secretaria de viação de obras públicas do estado de São Paulo (BALBO, 2007).

Segundo Reis (1995), em 1926, o estado de São Paulo concluiu a construção de cerca de 334 km de novas estradas com emprego de vários tipos de pavimentos (asfálticos, concreto, paralelepípedos), além disto revestiu cerca de 357 km de

cascalho nas estradas.

Penteado (1929), nos transmite que, na construção na rodovia do rio Petrópolis a pavimentação deu se em cerca de 16 mil m² com o uso de concreto, 77 mil m² com macadame betuminoso e 350 mil m² com macadame hidráulico além de outras soluções menos principal na época.

Os pavimentos são divididos em rígidos e flexíveis BALBO (2007).

Pavimentos Rígidos:

Os pavimentos rígidos são aqueles que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação as camadas inferiores, absorvendo praticamente todo o carregamento imposto sobre ela. Segundo Pitta (1989), esta nomenclatura é utilizada para representar uma placa de concreto simples com barras de ligação, ou de concreto armado com alta resistência que se distribui por um todo sobre a estrutura que trabalha de forma para não receber um carregamento direto em sua base.

Figura 1- Pavimento Rígido



Pavimentos Flexíveis

Conforme Senço (2007), este tipo de pavimento são aqueles constituídos por camadas que não trabalham a tração, causados na força exercida na estrutura.

Os pavimentos flexíveis são pavimentos asfálticos e são compostos por uma camada superficial asfáltica chamada de revestimento betuminosos delgado e são apoiadas sobre camadas de base, de sub-base e de reforço do subleito, constituídas por matérias granulares, solos ou misturas de solos (BALBO, 2007).

Figura - 2 Pavimento Flexível

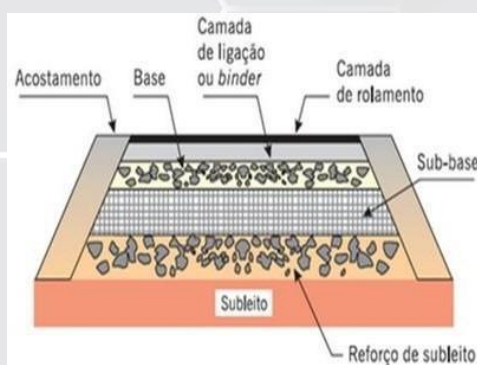


Fonte: CNT 2019, Br-050 Catalão
GO

Os esforços são divididos para cada pavimento tendo uma diferenciação entre eles, o pavimento flexível é aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas (Manual do DNIT, 2006).

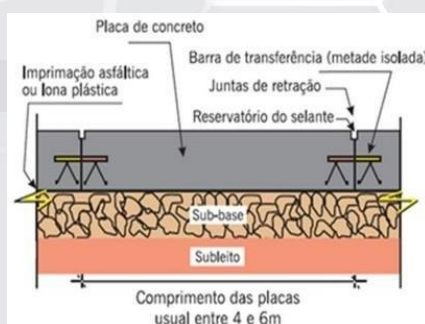
É aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado (Manual do DNIT, 2006).

Figura - 3 Estrutura flexível



Fonte: Bernucci, 2010.

Figura - 4 Estrutura Rígida



Fonte: Bernucci, 2010.

Pinto (2006) afirma que no ponto de vista da engenharia, a classificação dos solos é importantíssima para aferir o provável comportamento do solo ou pelo menos orientar o programa de investigação necessário para permitir uma análise adequada de um problema ou situação.

Os solos podem ser classificados quanto a sua origem e a sua evolução, pela presença a ausência da matéria orgânica na sua composição pela sua estrutura pelo preenchimento de vazios. Os sistemas baseados nos tipos e comportamento das partículas dos solos são os mais conhecidos na área da engenharia dos solos, (machado, s.; machado, m.;1997).

Conforme Lepsch (2010), as principais características dos solos são: cor, textura, estrutura, consistência, espessura e transição dos horizontes.

Cor: É de fácil identificação e possibilita fazer interferências a respeito do conteúdo da matéria orgânica.

Textura: A textura tem grande influência no comportamento físico-hídrico e químico

do solo, e, por isso, sua avaliação é de grande importância para o uso e manejo dos solos utilizados para a agricultura.

Tabela 1 - Frações dos solos.

FRAÇÕES	SUBDIVISÃO	DIAMETRO (MM)	LIMITE
PEDRAS		>76	
PEDREGULHOS	GRAUDO	19 a 76	
	MIUDO	4,76 a 19	
AREIAS	GROSSA	2 a 4,76	
	MÉDIA FINA	0,42 a 2	
		0,074 a 0,42	
SILTES		0,002 a 0,074	
ARGILA		<0,002	

Fonte: BALBO (2007).

É de suma importância conhecer as propriedades dos materiais geotécnicos envolvidos na implantação de uma estrada, os materiais de empréstimos que serão utilizados na construção de aterros neste pavimento devem ser estudados e avaliados em relação a sua resistência, deformabilidade e permeabilidade tanto no seu estado natural quanto no seu estado compactado (SANTOS, 2006).

Quando falamos na área de engenharia civil aonde busca cada vez mais a otimização na utilização do solo, tem sido aplicadas classificações que podem ser divididas em genéticas e geotécnicas, entre as classificações geotécnicas destaca-se o sistema unificado de classificação dos solos (Unified Soil Classification System-USCS), e a HRB (Higyyway Research Board), mais conhecida como classificação rodoviária, para saber qual aplicação utilizar deve se conhecer qual será melhor para que não haja erros na sua aplicação (SANTOS, 2006).

A utilização dos aditivos no concreto só aumentou por sua funcionalidade importante que vem com uma produção em larga escala e pequena, o produto é adicionado durante o processo de execução, com o objetivo de modificar as propriedades na mistura entre água, areia, brita e cimento assim mudando as

características tanto no seu estado fresco quanto ao estado de endurecimento.

Entre os principais objetivos dos aditivos no concreto podemos citar:

- Retardar ou acelerar o tempo de pega;
- Proporcionar maior fluidez a mistura;
- Proporcionar maior resistência;
- Aumentar a capacidade do concreto;

Os agregados são materiais, que no início do desenvolvimento do concreto eram adicionados a massa de cimento para lhe dar corpo, tornando-a mais econômica. Hoje eles representam cerca de 80% do peso do concreto e sabemos que além da sua influência benéfica quanto a retração e a resistência, o tamanho e sua densidade e a forma de seus grãos podem definir várias características desejadas em um concreto, (Portal do Concreto, online).

Deve-se ter em mente que o melhor concreto não é o mais resistente mais sim o que atende melhor as necessidades que a obra apresenta, a consistência e o modo de sua aplicação acompanham a resistência como sendo fatores que definem os materiais adequadas para cada tipo de projeto, (Portal do Concreto, online).

Figura 5 - brita, areia, pedregulho



Fonte: Portal do concreto.

Conforme (Portal do Concreto, online), concreto é basicamente a mistura de água, areia, pedra e cimento, sendo que o cimento sendo hidratado pela água forma uma pasta resistente e aderente aos fragmentos agregados de pedra e areia, formando um bloco monolítico.

A aplicação do material de macadame pode ser aplicada a seco com o uso de irrigação. O macadame seco é um material muito semelhante ao macadame

hidráulico, porém sem o uso de água para o auxílio do preenchimento dos agregados graúdos para os agregados miúdos (BERNUCCI et al., 2008).

Já o material quando molhado ele passa a se chamar macadame hidráulico, ele é aplicado da mesma maneira que o macadame seco porem quando já não for mais possível a penetração do material da se o inicio da irrigação da camada assim dando mais preenchimento do material para a sua compressão (BERNUCCI et al., 2008).

3. METODOLOGIA APLICADA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

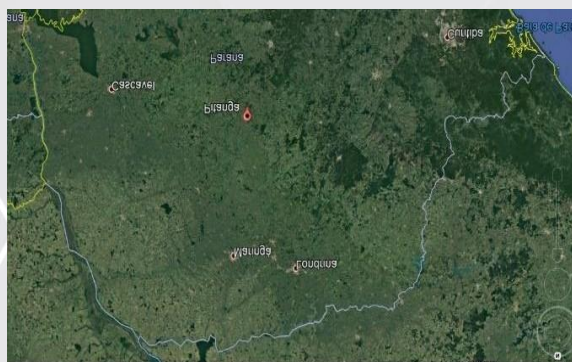
O projeto trata-se de uma diferença entre os pavimentos rígidos de flexíveis, em que mais faz diferença na sua aplicação qual vai ser mais viável com o tempo na relação com seu custo e seu tempo de vida, este projeto tem um desenvolvimento sobre as diferenças entre pavimentos, foram feitos alguns comparativos foi dado como base uma pavimentação flexível na cidade de Pitanga PR no trecho da BR-466.

Os horários escolhidos para realizar as contagens dos veículos foram nos horários de pico durante a manhã, na hora do almoço, e a tarde aonde o movimento dos veículos se tornam mais frequentes.

Foi usado os cálculos para pavimento flexível pois essa que é a pavimentação adotada na implantação da obra em que foi estudada foi realizado levantamentos de dados e contagem de veículos em horários diferentes.

Mapa da do estado do Paraná aonde se encontra a localização da cidade de pitanga.

Figura 6 - Imagem de mapa Pitanga PR sua localização no estado do Paraná



Fonte: google Earth Pro.

Trecho da cidade de Pitanga PR aonde está sendo construída a marginal que está sendo estudada para comparativos de pavimentos.

Figura 7 - Imagem de mapa do trecho da BR-466 em Pitanga PR.



Fonte: Google Earth Pro.

Imagem da BR-466 na sua construção da sua marginal e suas calçadas também sendo realizadas para nova pavimentação.

Figura 8 - Imagem do trecho da BR-466 em Pitanga PR



Trecho da entrada da cidade aonde está sendo construído o novo trevo de acesso da Figura 9 - Imagem do trecho da BR-466 em Pitanga PR.



Fonte: Autoria Própria (2019).

Segundo Guimarães Neto (2011), a estrutura necessária para pavimento flexível é mais complexa do que para pavimento rígido, devido como ambas as cargas são absorvidas, porém, apesar de estrutura mais simples, o pavimento rígido precisa de maior regularidade de construção e seus materiais do que o pavimento flexível.

Guimarães Neto (2011), o pavimento rígido dispensa reforços em seu subleito que é necessário na construção do pavimento flexível ele absorve melhor a carga de veículos.

Para Ribas (2017), o pavimento flexível apresenta maior demanda pela sua maior utilização, com máquinas e equipamentos a grande escala. Já o pavimento rígido vem ganhando proporção mais ainda não tão utilizado devido não ter tantos equipamentos no mercado quanto ao flexível.

Conforme (Viana Dandara 2019, online), para dimensionar um pavimento flexível precisa-se da sua base, sub-base, e reforço do subleito de acordo com a metodologia da CBR. O primeiro quesito que deve ser levado em consideração em um pavimento rígido é o cálculo Conforme o Manual de Pavimentação do DNIT, “A fixação da espessura mínima a adotar para os revestimentos betuminosos é um dos pontos ainda em aberto na engenharia rodoviária, quer se trate de proteger a camada de base dos esforços impostos pelo tráfego, quer se trate de evitar a ruptura do próprio revestimento por esforços repetidos de tração na flexão”. O mesmo

manual apresenta valores de espessuras recomendadas, apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 2 - Espessura mínima de revestimento Betuminoso.

N	Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso
N ≤106	Tratamentos superficiais betuminosos
106 < N ≤ 5x106	Revestimentos betuminosos com 5,0cm de espessura
5x106 < N ≤ 107	Concreto betuminoso com 7,5cm de espessura
107 < N ≤ 5x107	Concreto betuminoso com 10,0cm de espessura
N > 5x107	Concreto betuminoso com 12,5cm de espessura

Fonte: Manual de Pavimentação DNIT, 2006.

Número N

O pavimento é dimensionado em função do número equivalente (N) de operações de um eixo tomado como padrão, no caso para pavimentos flexíveis o Método do DNER adota o eixo com carga de 8,2tf (18.000lb), durante o período de projeto escolhido.

VOLUME MÉDIO DIÁRIO DE TRÁFEGO

Sendo V1 o volume médio diário de tráfego no ano de abertura, num sentido e admitindo-se uma taxa t% de crescimento anual, em progressão aritmética, o volume médio diário de tráfego, Vm, (num sentido) durante o período de P anos, é:

$$V_m = V_1 [2 + (P-1)t/100]/2$$

O volume total de tráfego, (num sentido) durante o período,

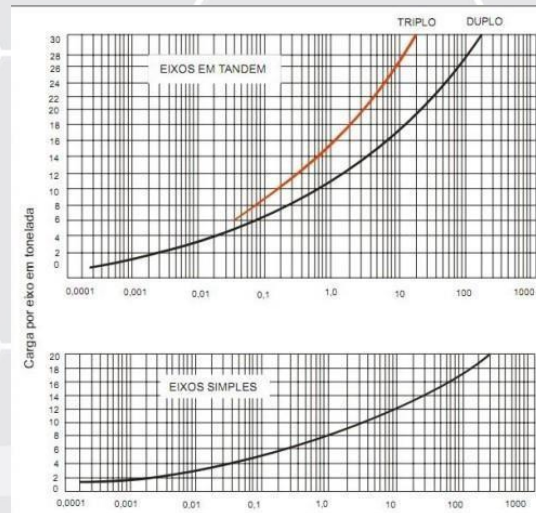
$$V_t, \text{ será: } V_t = 365 \times P \times V_m$$

Fator de veículo

O fator de veículo (FV) é obtido pela multiplicação do fator de eixo (FE) e do fator de carga (FC). Para o cálculo de FE, FC e FV é necessário conhecer a

composição de tráfego, e os fatores de equivalência são obtidos através do ábaco a seguir:

Figura 10 - Fator carga por eixo em tonelada



Fonte: Manual de Pavimentação
DNIT, 2006.

O fator de eixo (FE) é a determinação do número de eixos correspondentes:

- 2 eixos → x%

- 3 eixos → y%

- 4 eixos →

$$z\% \text{ FE} = 2x +$$

$$3y + 4z$$

Os fatores de veículo para automóveis e caminhões leves (embora calculáveis) são desprezíveis, interessando especialmente os fatores para caminhões médios, pesados e reboques e Semi-reboques.

Fator Climático Regional

Para levar em conta as variações de umidade dos materiais do pavimento durante as diversas estações do ano, o número equivalente de operações do eixo-padrão ou parâmetro de tráfego, N, deve ser multiplicado por um coeficiente (FR).

Tem-se adotado um $FR = 1,0$ face aos resultados de pesquisas desenvolvidas no IPR/dner.

Resultados obtidos

O volume total de tráfego, considerando 10 anos como período de vida útil e estimando um crescimento de veículos em 2% ao ano, é apresentado a seguir:

Tabela 3 - Estimativa de veículos para 10 anos.

V1 (veíc./dia)	P (anos)	t (%)	Vm (veíc./dia)	Vt (veíc.)
2000	10	2	2.250	8.212.500

Fonte: Autoria
Própria

O Fator de Veículo obtido é apresentado na tabela a seguir, com a respectiva percentagem para cada tipo de veículo:

Tabela 4 - Fator de carga.

Eixo Simples (ton)	Percentagem	Fator de Equivalência	Fator de operações
<5	90	0	0
5	6	0,1	0,006
7	2	0,5	0,01
Eixo Tandem Duplo (ton)	Percentagem	Fator de Equivalência	Fator de operações
20	2	20	0,4
		Total	0,416

Fonte: Autoria
Própria

Assim, o número “N” obtido é apresentado a seguir:

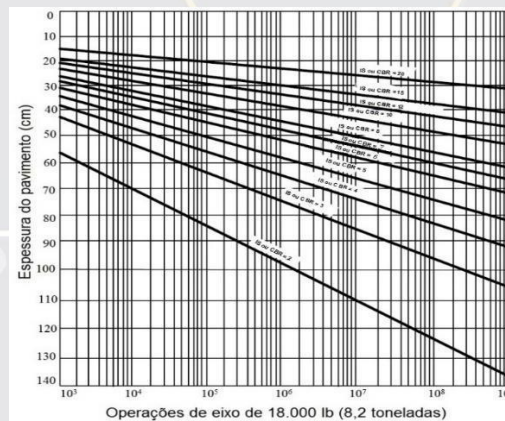
Tabela 5 - Numero "N".

Vt (veíc.)	FE	FV	FR	N
8.212.50	2,02	0,416	1	6.901.12
0				8

Fonte: Autoria
Própria

Portanto, comparando o valor encontrado para "N" com a tabela apresentada pelo Manual de Pavimentação do DNIT/2006, o Revestimento Betuminoso enquadra-se com "Tratamentos Superficiais Betuminosos". Assim, não há especificação de espessura mínima para este caso. Portanto será utilizado espessura de 10 cm para o revestimento betuminoso.

Figura 11 - Ábaco espessura do pavimento



Entrando na tabela com CBR = 10,5 e operações $8,35 \times 10^5$ obtemos $H = 36\text{cm}$

Entrando na tabela com CBR = 20 e operações $8,35 \times 10^5$ obtemos $H_{20} = 22\text{cm}$

Coefficientes estruturais dos elementos a serem utilizados:

- Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ – $K_r = 1,70$;
- Base brita graduada – KB = 1,00
- Reforço do subleito – (solo compactado) – $K_{ref} = 0,71$

Cálculo das espessuras das camadas

Adotando revestimento em CBUQ com espessura de 4,00cm, temos:

Base brita graduada (B) =

$$R \times Kr + B \times KB \geq H20$$

$$10 \times 1,7 + B \times 1 \geq 22$$

$$B \geq 5 \text{ cm}$$

Portanto, adotaremos espessura da base de 15,00cm.

Para cálculo da espessura do reforço, temos:

Reforço do subleito =

$$R \times Kr + B \times KB + Href \times Kref \geq H$$

$$10 \times 1,7 + 15 \times 1 + Href \times 0,71 \geq 36$$

$$Href \geq 15 \text{ cm}$$

Portanto, adotaremos espessura do reforço do subleito de 15.

De acordo com Mean et al. (2011), os pavimentos em concreto é a melhor opção por apresentar uma elevada resistência mecânica e ao desgaste e não oxida, não deforma plasticamente, não forma buracos nem trilhas de rodas, assim eleva a estrutura do pavimento não precisando de manutenção rotineira. O cenário das pavimentações flexíveis já é totalmente diferente precisando de reparos anuais aonde ocorre algumas patologias que não são frequentes no pavimento rígido.

Conforme Ribas (2017), afirma que os pavimentos flexíveis tem uma manutenção mais rotineira, mas tem um tempo de cura no máximo de um dia assim o trânsito flui muito mais rapidamente.

O pavimento rígido tem duração equivalente a 20 anos, não oxida, é resistente a ação dos combustíveis, óleos veiculares a chuva e ao sol, atua como impermeabilizante não deixando passar para outras camadas. Diferente do pavimento rígido o pavimento flexível já tem um tempo de vida menor, cerca de 10 anos, onde as altas temperaturas causam deterioração do pavimento e também combustíveis e óleos de veículos são grades causadores (SILVA FILHO, 2011).

Os resultados apontados durante o processo do trabalho afirmam que processo do pavimento rígido leva uma certa vantagem sobre o pavimento flexível, mas em sequência serão realizados dados com base nos valores econômicos de cada processo de execução.

De acordo com (DNIT 2017), com suas planilhas de execuções gerenciais, a implantação dos pavimentos flexíveis em pista simples com faixa de 3,6 m e acostamento de 2,5 com revestimento em CAUQ com 10 cm de espessura para a

pista e acostamento, é necessário o custo médio de R\$ 3.159.000,00 por quilômetro. Para a implantação de pavimento rígido em pista simples com faixa de 3,6 m de acostamento de 2,5 m com revestimento em PCS com espessura de 18 cm para a pista de 10 cm para o seu acostamento, é exigido um custo médio R\$ 5.430.000,00 por quilômetro.

Isso fica nítido que o valor comparativo entre os pavimentos fica totalmente desigual, a implantação do pavimento rígido com PCS é aproximadamente 42% mais caro que a implantação de pavimento flexível com revestimento CAUQ.

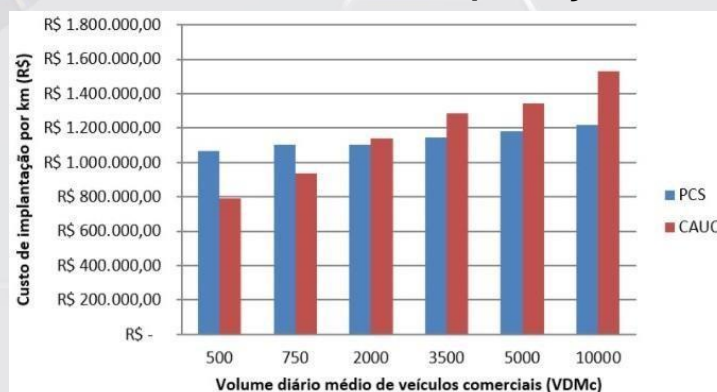
Outra abordagem foi solicitada só que nesta é a implantação de uma pista simples com 7,0 de largura, considerando toda estrutura do pavimento e de acordo VDMc, os custos desta implantação seriam, segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

Tabela 6 - Custos de implantação por km.

VDMc	PCS	CBUQ
500	R\$ 1.066.000,40	R\$ 791.484,50
750	R\$ 1.104.463,30	R\$ 938.06,27
2000	R\$ 1.104.463,30	R\$ 1.138.449,29
3500	R\$ 1.142.926,20	R\$ 1.285.548,61
5000	R\$ 1.181.389,10	R\$ 1.341.571,64
10000	R\$ 1.219.852,00	R\$ 1.532.054,61

Fonte: Moschetti, 2015.

Gráfico 2 - Custo de implantação



Fonte: Moschetti, 2015.

Como apresenta na tabela de custos e no gráfico é possível perceber que nas

situações em que o VDMc é baixo entre 500 e 750, a alternativa de pavimento flexível se torna mais viável. Mas por outro lado quando este valor passa dos 2000 o pavimento rígido se torna com superioridade maior assim se tornado mais vantajoso.

Quando se refere aos custos de manutenções, DNIT (2017), com sua planilha de custos gerenciais, afirma que o pavimento flexível ao apresentar vida útil na casa dos 10 anos é necessário a realização de serviços de conservação rotineira anual e restauração do pavimento, normalmente a cada 5 anos, custando entre R\$ 51.800 e R\$ 1.200.000,00 por quilômetro. Já o pavimento rígido não apresenta um custo na tabela do DNIT, porém, de acordo com Hallack (2008), para a manutenção a cada 10 anos é necessário 4% do custo da implantação do pavimento.

No que se for para considerar os valores totais dos investimentos incluindo os seus custos de implantação o pavimento rígido levaria uma certa vantagem sobre o pavimento flexível aonde a pavimentação rígida seria melhor para aplicar mais sim ela é uma pavimentação para longo prazo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve uma iniciativa mostrar a diferença entre pavimentos rígidos e pavimentos flexíveis, aonde foram feitos estudos demonstrativos o qual se tornaria mais vantajoso a diferença de seus materiais, o tempo de construção e seus custos.

Nos critérios técnicos abordados viu que o pavimento rígido leva vantagem sobre o pavimento flexível em seus quesitos de maior conforto mais durabilidade e manutenções com um tempo estimado muito mais longo e dando mais segurança para a via.

Entre estas vantagens estão, a sua vida útil muito superior ao pavimento flexível, uma maior capacidade em manter a pista de rolamento em ótimas condições, não precisando de manutenção por longos períodos, também agindo de melhor forma sobre reações químicas como óleo na pista, combustíveis, graxas entre outros, maior segurança dos veículos pelo pavimento não sofrer deformações e não promover aquaplanagem.

Já na demonstração econômica deu para perceber que no Brasil o pavimento flexível é mais utilizado no Brasil e tem menor investimento na sua implantação, ele é aproximadamente 42% mais barato que o pavimento rígido. Mas analisando esses

valores a longo prazo percebe-se que pavimento rígido é mais competitivo que o flexível, que requer custos altos para mantê-lo em condições satisfatórias de uso.

Os estudos apresentados não tiveram o intuito de demonstrar qual pavimento é melhor, cada um tem suas características, por exemplo o pavimento flexível seu tempo de construção é mais rápido e sua manutenção também, por outro lado o pavimento rígido traz mais segurança tem resistência maior e tempo de vida mais alto.

Tabela 7- Diferenças de pavimentos.

PAVIMENTO FLEXIVEL	PAVIMENTO RIGIDO
Tempo de construção mais rápido	Mão de obra em menor escala
Pavimento menos seguro	Pavimento mais seguro e melhor conforto
Pavimento com custos mais acessíveis	Pavimento valor mais alto em pequena escala
Tempo de manutenção menor	Tempo de manutenção maior devido ao seu tipo de material e equipamentos
Materiais utilizados para sua construção foram materiais de britagens e rachões asfálticos e matérias betuminosos.	Matérias utilizados para essa construção que são eles agregados como areia brita e cimento para todos ter uma liga.

Fonte: Autoria própria

O trabalho teve como base a pavimentação na cidade de pitanga PR aonde está sendo construída uma marginal na chegada da cidade e um recape do asfalto que está fazendo neste trecho, a pavimentação escolhida para esta obra foi a pavimentação flexível em que foi adotada.

REFERÊNCIAS

BALBO, J.T. Pavimentação asfáltica. São Paulo: oficina de textos, 2007 ANDRÉ L.A., Estradas. Porto alegre: Sagah, 2017.

FILHO, José Moacir de Mendonça. Estudo comparativo entre pavimentos flexível e rígido na pavimentação rodoviária. Núcleo do conhecimento. <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/pavimentos-flexivel#42-Comparativo-economico>>. Acesso em: 10 junho, 2019.

RIBAS, Leandro Carlos. Custo-benefício na execução de pavimentos rígidos. Universidade Tuiuti do Paraná. < <https://tcconline.utp.br/media/tcc/2017/10/CUSTO-BENEFICIO-NA-EXECUCAO-DE-PAVIMENTOS-RIGIDOS.pdf> >. Acesso em: 6 junho, 2019.

FERNANDES, Aline. Pavimento rígido x pavimento flexível. Mapa da obra. < <https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/pavimento-rigido-flexivel/#:~:text=O%20pavimento%20r%C3%ADgido%20%C3%A9%20um,dura%2C%20apr oximadamente%2C%2010%20anos.> > Acesso em: 22 maio, 2019.

CORDON, Heloisa Cristina Fernandes. A importância dos aditivos de concreto. Mapa da obra. < <https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/aditivos-concreto/> >. Acesso: 22 maio, 2019.

SCHERER, Evandro Ismael. Análise comparativa de pavimentos com revestimento do tipo CAPE SEAL e CBUQ. Univates. < <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/931/1/2015EvandroIsmaelScherer.pdf> > Acesso: 06 de junho, 2019.

VIANA, Dandara. Dimensionamento de pavimento flexível: exemplo prático. Guia da engenharia. < <https://www.quiadaengenharia.com/pavimento-flexivel-exemplo/> >. Acesso: 20 de maio, 2019.

CANTO, Mariana. O transporte rodoviário é o principal meio para deslocamento de cargas dentro do país. ACT Soluções para o transporte. < <https://act.srv.br/o-transporte-rodoviario-e-o-principal-meio-para-o-deslocamento-de-cargas-dentro-do-pais/> >. Acesso: 10 maio, 2019.

DNIT, Departamento nacional de infraestrutura de transportes. Custo médio Gerencial. Ministério da infraestrutura. < <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/custos-referenciais> > Acesso: 20 de maio, 2019.

COSTA, Vander Francisco. Pesquisa CNT de rodovias. < <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/gerencial.pdf> > Acesso: 20 maio, 2019.

ESTRELA, Jonathan Alexandre. Memorial de cálculo e descritivo de pavimentação Céu Azul PR. < file:///C:/Users/Narut/Downloads/Memorial%20de%20C%C3%A1lculo%20-

%20Pavimenta%C3%A7%C3%A3o%20C%C3%A9u%20Azul.pdf > Acesso: 25 maio, 2019.

CONCRETO, Portal. O que é concreto. < <https://www.portaldoconcreto.com.br/o-que-e-concreto> > Acesso: 17 junho, 2019.

SILVA, Julio Cesar. Á estratégia Brasileira de privilegiar as rodovias em detrimento das ferrovias. < <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/por-que-brasil-adotou-utilizacao-das-rodovias-ao-inves-.htm> >. Acesso : 15 de junho, 2019.

SANTIAGO, Emerson. História das estradas. < <https://www.infoescola.com/curiosidades/historia-das-estradas/> > Acesso: 11 de junho 2019.