

ASSOCIAÇÃO VITORIENSE DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E CULTURA
CENTRO UNIVERSITÁRIO OSMAN LINS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

NATANAEL RODRIGUES DE CARVALHO

**ESTUDO DE CASO: PAVIMENTAÇÃO EM PARALELEPÍPEDO EM VIAS
URBANAS NO MUNICÍPIO DE CARUARU-PE**

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - PE

2021

NATANAEL RODRIGUES DE CARVALHO

**ESTUDO DE CASO: SOBRE PAVIMENTAÇÃO EM PARALELEPÍPEDO EM
VIAS URBANAS NO MUNICÍPIO DE CARUARU-PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário FACOL - UNIFACOL, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: PAVIMENTAÇÃO

Orientador: Me. Guilherme Fernando Cavalcanti Pereira.

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO- PE

2021



ASSOCIAÇÃO VITORIENSE DE EDUCAÇÃO
CIÊNCIA E CULTURA - AVEC
CENTRO UNIVERSITÁRIO FACOL - UNIFACOL
COORDENAÇÃO DE TCC DO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL.



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ATA DE DEFESA

Nome do Acadêmico: NATANAEL RODRIGUES DE CARVALHO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso: Estudo de caso: Sobre pavimentação em paralelepípedo em vias urbanas no município de CARUARU-PE

A Banca Examinadora composta pelos Professores abaixo, sob a Presidência do primeiro, submeteu o candidato à análise da Monografia em nível de Graduação e a julgou nos seguintes termos:

Professor: _____

Julgamento – Nota: _____ Assinatura: _____

Professor: _____

Julgamento – Nota: _____ Assinatura: _____

Professor: _____

Julgamento – Nota: _____ Assinatura: _____

Nota Final: _____. Situação do Acadêmico: _____. Data: ___/___/___

MENÇÃO GERAL:

Coordenador de TCC do Curso de _____:

Credenciada pela Portaria nº 644, de 28 de março de 2001 – D.O.U. de 02/04/2001.

Endereço: Rua do Estudante, nº 85 – Bairro Universitário.

CEP: 55612-650 - Vitória de Santo Antão – PE

Telefone: (81) 3114.1200

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus por ter me fortalecido ao ponto de superar as dificuldades e também por toda saúde que me deu e que permitiu alcançar esta etapa tão importante da minha vida. A ele eu devo toda minha gratidão.

À minha família tenho um agradecimento muito especial porque acreditaram em mim desde o primeiro instante. Sou quem sou porque vocês estiveram e estão sempre ao meu lado.

A agradecer também a minha digníssima esposa Maria Annália que desde sempre me incentivou, apoiou e sempre esteve do meu lado nos momentos mais difíceis que passei durante esses anos.

A todos os professores e em especial ao meu orientador professor Guilherme Fernando pela dedicação e paciência para conduzir o meu trabalho de pesquisa, deixo uma palavra sincera de gratidão, porque sem essa paciência e sabedoria eu jamais seria esta pessoa tão realizada.

RESUMO

Este projeto de graduação tem como objetivo a execução da pavimentação em paralelepípedo na cidade de Caruaru-PE. A carência deste importante componente e o mau gerenciamento de vias de acesso e passeios tanto por parte dos órgãos responsáveis, quanto pela população vem acentuando os índices de precariedade nas periferias das cidades. Mostrar que a pavimentação em paralelepípedo possibilita melhorar a qualidade de vida dos moradores evitando doenças transmissíveis causadas por meio de água acumulada e pela poeira no período seco, e proporcionando mais conforto e segurança na trafegabilidade das pessoas e veículos que circulam pelo local e também avaliar o quanto esse tipo de pavimento trás de benefício ao meio ambiente e urbano. Outro ponto importante é que verifica-se que o custo benefício desse pavimento é viável economicamente, muito rápido no processo de execução, a manutenção também é um fator bastante vantajoso pois não precisa de mão-de-obra especializada e não precisa de maquinários pesados, altamente resistente e tem grande durabilidade. A pavimentação está situada na cidade de caruaru-PE são as ruas; (rua 01, paralela à BR 104, bairro; Rafael e a rua santa Brígida, bairro; Canaã), na região Agreste do estado de Pernambuco. **Palavras-chave:** Pavimentação. Custo benefício. Qualidade de vida.

ABSTRACT

This graduation project aims to carry out the cobblestone paving in the city of Caruaru-PE. The lack of this important component and the poor management of access roads and sidewalks both by the responsible agencies and by the population has accentuated the precariousness indices in the outskirts of cities. Show that cobblestone paving makes it possible to improve the quality of life of residents, avoiding communicable diseases caused by accumulated water and dust in the dry period, and providing more comfort and safety in the trafficability of people and vehicles that circulate around the site and also evaluate the how much this type of pavement brings benefits to the environment and urban. Another important point is that the cost-effectiveness of this pavement is economically viable, very fast in the execution process, maintenance is also a very advantageous factor as it does not need specialized labor and does not need heavy machinery, highly resistant and has great durability. The paving is located in the city of Caruaru-PE are the streets; (Rua 01, parallel to BR 104, neighborhood; Rafael and Santa Brígida street, neighborhood; Canaã), in the Agreste region of the state of Pernambuco.

Keywords: paving. Cost benefit. Quality of life

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 Romanos	11
2.2 Chineses	12
2.3 Persas	13
2.4 Idade média	14
2.5 Idade moderna	15
2.6 Idade contemporânea	17
2.7 História da pavimentação no Brasil.....	18
2.8 Pavimentação em paralelepípedo.....	22
2.9 Pavimentação em concreto.....	23
2.10 Pavimentação asfáltica	25
2.11 Intertravados.....	27
2.12 Pavimentação com plástico	28
3 METODOLOGIA.....	31
4 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO	33
5 EXECUÇÃO DA PAVIMENTAÇÃO EM PARALELEPIPEDO.....	36
5.1 Subleito	36
5.2 Escavação de valas.....	37
5.3 Meio-fio.....	38
5.4 Areia para colchão	39
5.5 Assentamento das pedras	39
5.6 Rejuntamento	41
5.7 Calçadas.....	41
5.8 Sarjeta	42

5.9	Caição do meio-fio e espelho.....	43
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
	REFERENCIAS.....	47

1 INTRODUÇÃO

Os pavimentos podem mostrar vários tipos de materiais na sua constituição, assim como areia em suas camadas granulares e compostos asfálticos em seu revestimento. No município de Caruaru-PE ainda existem inúmeras vias sem pavimentação gerando transtornos aos transeuntes, tornam-se intransitáveis com o acúmulo de água, lixo e o desenvolvimento de vegetação rasteira. Além de resolver esses problemas, a pavimentação destas vias ajudará do mesmo modo a diminuir o índice de doenças transmissíveis por meio da água acumulada durante o período chuvoso ou pela aglomeração de poeira durante o período seco. (BELY, 2001).

A pavimentação de vias proporciona a melhoria no espaço urbano e na qualidade de vida do usuário e dá condições de trafegabilidade de veículos e pessoas, oferecendo mais conforto e segurança a seus usuários. Em um mundo globalizado, independentemente do tamanho da cidade e sua população, é necessário haver vias pavimentadas para se locomover de forma mais confortável. (BELY, 2001).

A escolha por pavimentos asfálticos ou de concreto Portland, em relação aos pavimentos em paralelepípedo, por exemplo, se justificam em áreas ou regiões com índices de evolução e industrialização, altas concentrações urbanas, na execução de longas rodovias. Os revestimentos em misturas asfálticas a quente necessitam de mecanização do método de produção, muitas vezes indisponíveis em cidades interioranas. O alto custo de implantação e manutenção destes tipos de pavimento em rodovias com baixo volume de tráfego, muitas vezes inviabiliza sua aplicação. Neste sentido, a pavimentação por paralelepípedos assume suma importância e se presta favoravelmente à sua utilização como revestimento, pois, não exige altos investimentos, aproveita grande parte da mão de obra não especializada local e contém a saída de recursos humanos e financeiros oferecendo maiores alternativas econômicas na região.

A pavimentação em paralelepípedo geralmente é utilizada em vias onde geralmente a velocidade precisar ser menor, utilizasse muito em condomínio, ruas residenciais, empresas, e em postos de gasolina onde os derramamentos de combustíveis e os esforços de arranque, deterioram rapidamente a mistura asfáltica. A pavimentação em paralelepípedo oferece diversas vantagens, maior durabilidade do que os demais pavimentos, mais resistente e mais ecológico, não é obrigatório mão-de-obra especializada ou equipamento sofisticado, podendo ser empregada mão-de-obra semiquilificada (calceteiros) e sem qualificação (ajudante), são utilizados matérias disponíveis em locais próximos as obras, em particular a região agreste do

estado de Pernambuco onde fica localizada a cidade de Caruaru apresenta uma facilidade de locais para obtenção de rocha com características geomecânicas adequadas ao emprego em pavimentação em paralelepípedo, outra vantagem e para a realização de manutenção que é rápida e eficiente através de equipe pequenas, dispensando o uso de máquinas, com integral aproveitamento dos materiais. O custo-benefício do pavimento em paralelepípedo é muito baixo em relação aos demais. (BELY, 2001)

Segundo Bernucci (2006) o pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas construídas sobre terraplanagem e destinada, técnica e economicamente, a resistir aos esforços originados pelo tráfego. Já Balbo (2007), define pavimento como sendo uma estrutura não constante, constituída de várias camadas de diferentes materiais compactados, de forma a atender estrutural e operacional o tráfego, de maneira durável e ao mínimo custo possível.

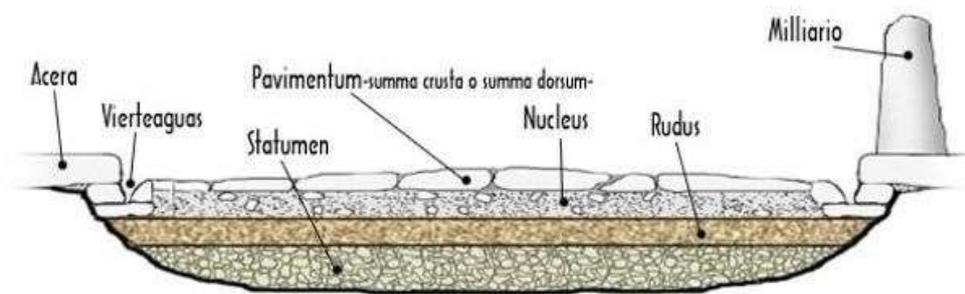
Tendo em vista a importância da pavimentação urbana para as cidades, este trabalho de conclusão de curso tem como foco a pavimentação em paralelepípedo em vias urbanas na cidade de Caruaru-PE são as ruas; (rua 01, paralela à BR 104, bairro; Rafael e a rua Santa Brígida, bairro; Canaã).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Romanos

Os romanos foram os primeiros a pavimentar as estradas no mundo cerca de 2.500AC, para as obras das pirâmides. Eles também foram os primeiros a aprimorar as estradas criando o que hoje chamamos de pavimentação entre os anos 300 A.C e 200 D.C, com objetivo de criar uma estrutura duradoura. Já naquela época, a pavimentação era considerada essencial para uma sociedade desenvolvida. A Figura 1 lustra o método dos romanos. (SENÇO 2001)

Figura 1. Pavimento da Via Apia



Fonte: SPANISH (2021).

Segundo Hagen (1955) apesar de ser reconhecida a existência de sistemas de estradas em diversas partes do mundo, construída seja para fins religiosos ou comerciais, foi atribuído à arte do planejamento e da construção viária aos romanos. Pois estes visavam objetivos militares, que teve início com Otaviano Augusto no ano 27 A.C. que movia suas tropas dos pontos estratégicos para maiores distâncias.

Os romanos desenvolveram um sistema com alto nível técnico, no qual esse sistema viário já existia antes mesmo da instalação do império. Pode-se dizer que os romanos já tinham uma boa malha viária há mais de 2.000 anos. Das vias romanas, a mais conhecida de todas, criada em 312 a.C. é a Via Ápia (Figura 2), tinha o objetivo de ligar Roma a Cápua, uma distância de 195 km, para que o exército romano chegasse mais rápido no período de não-inverno. (SENÇO, 2008).

Figura 2: Via Ápia antiga



Fonte: Wikipédia. (2021).

As técnicas de pavimentação da Roma foram evoluindo conforme a necessidade de abrangência do território. As estradas romanas ligavam cidades e portos, para trabalho agrícolas. Segundo BALBO (2007), durante o período republicano de Roma várias estradas foram construídas com os procedimentos construtivos dominados pelos romanos, dentre elas a Via Aurélia, Via Flaminia e a Via Clodia. (SENÇO, 2001).

2.2 Chineses

Os chineses criaram uma estrada no século I A.C. Para ligar o Oriente ao Ocidente, com isso, obtiveram a ligação entre a Ásia para Europa, a rota continha um grande objetivo, estabelecer a ligação de uma rede comercial entre os negociantes e de uma rede multicultural com os países membros. Nesta rede, a seda vinha como a principal mercadoria comercializada, daí o nome Rota da Seda (figura 3). Algumas estradas chinesas eram largas, adequadamente construídas e pavimentadas com pedras. A Rota da Seda não tinha só fins

comerciais, também era de estratégia de comunicação para os povos. Muitos diplomatas e líderes religiosos utilizavam desses trajetos. Foi de grande importância para os principais povos do mundo antigo e medieval: Os Pérsia, os Chineses. (SENÇO, 2001).

Figura3: A Rota da Seda ligava a Ásia a Europa.



Fonte: Wikipédia. (2021).

A Rota da Seda no início, ela interligava a China até a Antioquia, em seguida a Coreia até o Japão e finalmente, interligava toda a Europa com o Ocidente, principalmente através de Flandres, de domínio francês na época, que hoje é o país da Bélgica. E como a imagem do mapa mostra, estamos tratando de uma “Teia” de caminhos e não de uma rota única. (SENÇO, 2008).

Os caminhos chineses que foram ficando aberto ou expandidos conduziam-se conectando com os caminhos que vinham da Pérsia. A esta união de caminhos interligados que Ferdinand von Richthofen nomeou Rota da Seda. (BELY, 2001).

2.3 Persas

Na antiguidade os Persas deram origem com aproximadamente 2600 km de extensão a estrada real do rei Dario I ligava a cidade de Susa até Sárdes, que se localizava perto do mar

egeu (figura 4). A estrada foi construída como uma rede de comunicação no ano V a.c. construída pelo rei Dario I. Foi o primeiro grande complexo de rodovias, formado de estradas que se interligavam, que permitiam intensa transação comercial entre regiões distante. (SENÇO, 2008).

Figura 4: Mapa Estrada Real Persas.



Fonte: Wikipédia. (2021).

2.4 Idade média

BELY (2001) Salientou com sua percepção, sobre a queda do Império Romano em 476 D.C, as nações europeias que foram fundadas perderam de vista a construção e a conservação das estradas na época. A França foi uma das primeiras, desde os romanos, a reconhecer o efeito do transporte sem comercio, dando importância a velocidade de uma viagem. Carlos Magno, no final dos anos 700 e início dos anos 800, modernizou a França, no que se referiu a boa estrada.

Segundo Cruz (2003) na Inglaterra, antes conhecida como território da “Bretanha” os caminhos construídos tinham particularidades divergentes. Os moradores que habitam nesta região, foram chamados de “Britons” e classificados como hostis, portando era realizado construções de aterros a cima do terreno original, com o único sentido de haver uma visibilidade melhor, como suposta precaução para observar os “Britons” em um suposto ataque. Era realizado uma limpeza, retirando matérias que ali existiam, dos dois lados dos caminhos, onde formavam canais com extensão para uma drenagem natural.

Coutinho (2011) enfatizou que no ano de 1716, na França, é estabelecida a Organização de Pontes e Estradas. Era a primeira vez que um governo apoiava uma equipe de engenheiros civis que se interessaram para cuidar da manutenção e abertura de novas estradas, e tamanha iniciativa atraiu muitos interessados, já que, o governo abriria uma escola de treinamento em 1747. Por essa razão os alicerces técnicos da construção de rodovias foram desenvolvidos mais tarde pelo francês Pierre Trésaguet, que transformou o modelo romano de construção, afinal utilizando material mais leve, assim como por exemplo seixos nos acostamentos, para facilitar o escoamento de águas pluviais.

Segundo Cruz (2003) na França, Trésaguet, entre 1764 a 1775, desenvolveu uma nova infraestrutura para o pavimento além da romana, qual seja:

1 camada – seção transversal teria que ser feita em forma de arco e sobre o subleito seria aplicada uma camada de pedra de 20cm de diâmetro.

2 camada – possuía uma espessura de 5cm composta por pedra compactada com a finalidade de preencher os espaço vazio da 1 camada.

3 camada – Composta por pedra triturada e compactada e espessura de 2,5cm que seria utilizada como camada de revestimento.

2.5 Idade moderna

Mascarenhas (1970) exemplifica a conduta de dois ingleses chamados John McAdam e Thomas Telford, poderiam inovar a ideia criada por Trésaguet, com isso utilizariam de uma base de rodovia plana, num terreno adequadamente drenado. Um dos ingleses, McAdam, observou desnecessárias as fundações pesadas e começou utilizar o chamado macadame, é uma etapa utilizando revestimento de ruas e estradas que consiste numa mistura de pedras britadas, breu e areia, submetida à forte compressão, que tornava o leito "flexível", uma vez que absorvia as pressões sem se deformar, transmitindo o peso em direção ao subsolo. Observando um aspecto de que modo eram calçados os caminhos da França, conseguiram logo construir as vias para ainda mais cômodas, duráveis e velozes da Europa, o que foi importante para o progresso da indústria e comércio do país. A partir da experiência prática na Inglaterra, Escócia e França, e de sua própria experiência nas províncias de Portugal, designou-se um acordo para construção de estradas, uma preciosa referência para o meio rodoviário.

De acordo com Balbo (2015) o uso de técnicas romanas de pavimentação estendeu-se aproximadamente até a metade do século XVIII, na ocasião em 1770, o Engenheiro Pier-Maria Jerolame Trésaguet modernizou os padrões de pavimentação na França. Visto que o seu mecanismo consistia basicamente em uma camada de fundação, formada de 30 cm de pedras cravadas, cujo objetivo era uma uniformização das condições de suporte e de uma camada superior de 8 cm a 10 cm de pedras trituradas, dispostas à mão e em seguida compactadas, de modo a ocorrerem poucos espaços vazios.

Balbo (2015) ressalta que no ano de 1820, Jonh Loudon e Mac-Adam propôs um novo tipo de estrutura para os pavimentos novas concepções, quais sejam:

- * A cravação de pedras na fundação para padronizar não era necessária.
- * Não era essencial o confinamento das camadas granulares do pavimento, pois isso prejudicaria o escoamento da água.
- * As pedras deveriam apresentar diâmetro uniformes.
- * As pedras espalhadas em camadas sobrepostas, gradativamente em espessura, não havendo necessidade de uso de aglomerante, uma vez que, a própria água faria a função de ligante.

Construção da primeira rodovia macadamizada nos Estados Unidos da América, (1823), (Figura 5).

Figura 5: Construção da estrada em macadame.



Fonte: Wikipédia. (2021).

De Mac-Adam veio a designação de “macadame”, método aplicado até hoje em bases, principalmente na região sul do Brasil, conforme figura 6.

Figura 6: Rodovia em macadame que liga Rio do Oeste e Taió em Santa Catarina.



Fonte: Fioriti (2007)

2.6 Idade contemporânea

Silva (2018) destacou a civilização Incas, pelo seu avanço em estradas construída na América Latina, entre as regiões hoje habitadas estão os países do Equador, norte do Chile, Peru, noroeste da Argentina e oeste da Bolívia, e logo em seguida se estenderia atualmente na região da Colômbia. No apogeu do império Inca, quando os espanhóis desembarcaram na América do Sul, no início do século XVI, o sistema rodoviário atendia a uma área de aproximadamente dois milhões de quilômetros quadrados, na qual viviam próximo de 10 milhões de pessoas, parte do sistema original inca vem sendo utilizados no contemporâneo dos dias atuais.

Balbo (2011) concluiu que o império Inca ia ao ápice de seu sistema rodoviário em duas estradas principais e paralelas, onde se estendeu pelo litoral, a primeira estrada possuía cerca de 3.600 KM, e a segunda ficava em torno das margens da Cordilheira dos Andes, a cerca de 2.600 KM. Parte desse sistema até o momento é utilizado. Pode-se dizer que influências

culturais através de incas e chineses, são dadas as semelhanças de suas estradas, como o exemplo da rota dos Andes, onde os seus aspectos eram notáveis. Existiam estradas de 7,5m de largura atravessando os mais altos pontos com cortes e rampas suaves. As galerias cortadas na rocha compacta e muros de contenção de trinta, com cerca de quarenta e até oitenta metros no sentido de servi de suporte à estrada. Abismos e desfiladeiros eram vencidos com construções segura de pedra e alvenaria. Pontes pênséis, atravessaram os maiores largos e rios entre algumas montanhas, eram feitas com cabos de madeira ou fibra. Por esse motivo a superfície era de pedra na maior parte da estrada e materiais asfálticos foram usados com abundância. As subidas mais íngremes eram feitas por escadas cortadas na rocha. Em conclusão o tráfego consistia inteiramente de animais de carga (lhamas) e indivíduos a pé, já que os incas não conheciam o uso da roda. É interessante fixar que as estradas incas têm muitos pontos em comum com as chinesas, o que consegue indicar uma ação cultural direta.

A produção das indústrias automobilísticas cresceu bastante e obrigou a maioria dos países a investirem uma porcentagem considerável do seu orçamento de obras públicas para o desenvolvimento e o crescimento do sistema rodoviário. Devido à alta velocidade atingida pelos automóveis, assim, obrigando os projetistas da época a aperfeiçoarem a qualidade dos materiais usados na pavimentação e a estabelecerem sinalização adequada e traçado mais seguro para as rodovias. (JACOBS, 2000).

No país da Alemanha no ano de 1926, alguém teve a ideia de colocar em pratica, a construção de uma estrada com exclusividade para veículos em maiores velocidades, a rodovia, autoestrada ou autopista assim que se chamavam. Um dos trechos com mais importância, que ligou Colônia a Bonn, teve sua inauguração em 1932, obtendo duas pistas paralelas e separadas, de uma única mão, cada uma delas, com a largura média de cinco metros. Destinou-se ao tráfego pesado e velocidades que podiam ultrapassar 160km/h. Em poucos anos, o sistemas e ampliou e quando ficou pronto tinha uma extensão total a cerca de quatro mil quilômetros. Nos dias de hoje, quase todos os países dispõem de redes de autoestradas, de maior ou menor extensão e eficiência de acordo com o nível de progresso econômico de cada país. (COUTINHO, 2011).

2.7 História da pavimentação no Brasil

No Brasil, a história das estradas também esteve estritamente relacionada com as transformações do procedimento histórico do povo brasileiro. (BERNUCCI, 2010).

Bernucci (2010) salienta que a primeira estrada brasileira foi construída no ano de 1560, em pleno governo de Men de Sá com objetivo que era interligar São Vicente ao Planalto Piratininga. Algum tempo depois transformou-se, na Estrada do Mar, hoje conhecida como Estrada Velha do Mar. Parte do seu traçado integrou a Estrada da Maioridade, iniciada em 1837 em homenagem à maioridade de D. Pedro II. Em 1922 foi criada a Sociedade Caminho do Mar que a reconstruiu, utilizando pela primeira vez nas partes mais íngremes a pavimentação com concreto.

Os índios goianas também abriu caminhos, e originou-se na Estrada Real em Minas Gerais, que ficou conhecida como Caminho do Ouro, que liga Ouro Preto a Paraty (figura 7), e foi acrescida por uma construção mais recente que seguia do Rio de Janeiro a Diamantina. Na atualidade, está passando por uma reestruturada para fins turísticos. (BERNUCCI, 2010).

Figura7: Rua de Paraty-RJ: pavimentada com pedras pé-de-moleque, Paraty-RJ.



Fonte: Wikipédia. (2021).

Senço (2008) retraz o ano de 1841, quando D. Pedro II deu início a construção de uma estrada na serra da estrela que interligava o Rio de Janeiro e Petrópolis. Graças ao empreendedorismo do Barão de Mauá que teve engajamento com sistema de industrialização

no Brasil, esta estrada passou a ser utilizada para a junção da primeira ferrovia do Brasil. A ferrovia ligava o Porto Mauá à Raiz da Serra, em direção a Petrópolis pela Estrada da Serra da Estrela. Assim como, em 1860 foi inaugurada a Estrada de Rodagem União Indústria (figura 8), que iniciou o uso de macadame como base/revestimento, ligando Petrópolis à Juiz de Fora. Simboliza um marco na modernização da pavimentação em nosso país. Hoje em dia, alguns dos seus trechos pertence a BR-040 (RJ).

Figura8: Estrada união e indústria logo após sua inauguração.



Fonte: Pioritti (1985)

A criação do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), criado por Getúlio Vargas em 1937, foi devido ao incio da Petrobras, implantação da indústria de automóveis, a criação de Brasília, abertura de rodovias no nordeste, refinarias e também ao desenvolvimento de novas tecnologias desenvolvidas durante a II Guerra Mundial que incentivou a política de construção rodoviária, incluindo a melhoria das estradas mais próximas. Desta forma, a década de 1950 deu início à execução de pavimentos em escala industrial e da organização de grandes firmas construtoras, o concreto de cimento Portland foi o mais utilizado na época. (SENÇO, 2001).

Além do desenvolvimento de agências de estímulo à pesquisa, tais como: Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR) e a Associação Brasileira de Pavimentação (ABPv). (BERNUCCI, 2010).

No final da década de 1960 iniciou uma pesquisa acadêmica com os Engenheiros Civil, onde, os pós-graduados contribuíram bastante para o avanço das pesquisas com uma enorme finalidade rodoviárias. (BALBO, 2015).

Durante o governo militar (1964-1984) construiu-se a Rodovia Transamazônica (figura 9) e a Ponte Costa e Silva (Rio de Janeiro-Niterói), (figura 10). (BALBO, 2015).

Figura9: Rodovia Transamazônica. BR 230.



Fonte: Pioritti (1985)

Figura 10: Ponte Costa e Silva. Conhecida também como Ponte Rio-Niterói.



Fonte: Fioriti (2007).

Independentemente o Brasil está consideravelmente atrasado em relação a rodovias pavimentadas e não pavimentadas, assim como em relação à produção de asfalto. Comparado com outros países da Europa, aos Estados Unidos e a América do Sul. E referente à qualidade, em 1996 iniciou um programa de concessões onde houve um avanço significativo e comprovou a existência no país de tecnologia para a produção de vias resistentes e com capacidade de conforto e segurança ao rolamento. (SENÇO, 2008).

2.8 Pavimentação em paralelepípedo

Segundo o engenheiro Claudio da costa, da Tecpar Pavimentação Ecológica, para dá início a idealização de ruas, praças, estradas, o pavimento em paralelepípedo e uma das construções mais viável, antigamente algumas cidades teve construções utilizando pavimento em paralelepípedo, e tem sua preservação até os dias de hoje, o Coliseu em Roma (Itália), o Arco do Triunfo em Paris (França), a Praça Vermelha em Moscou (Rússia).

Em relação ao método de pavimento, temos o que não utilizar juntas de cimento, chama-se de pavimento ecologicamente correto, permitindo a infiltração da água pluviais, o benefício dessa infiltração está ligado ao lençol freático, havendo uma possíveis diminuição da vazão que escoam para os mananciais. Em 1950 foi iniciada a construção do pavimento em paralelepípedo, no município de Piracanjuba, esse método construtivo e técnicas foi empregado com característica na arquitetura colonial empregada no estado. No calçamento de Piracanjuba, o procedimento utilizado para a construção, as pedras foram encaixada umas nas outras, com a junta seca sem colocar argamassa no rejunto, conforme a figura 11 (PINTO, 2006).

Figura11: Pavimento em Paralelepípedo.



Fonte: Wikipédia. (2021).

Segundo Pinto (2006), o material que compõe as camadas estruturantes até o colchão de areia que irá receber esses paralelepípedos devem ter uma compactação boa e ser um material adequado para a demanda de trânsito que irá transitar por aquele local. Quando não há uma boa compactação esse revestimento apresenta algumas patologias que prejudicam a locomoção de veículos e pessoas, as principais patologias que aparecem são os ondulamentos, afundamentos e buracos causados pelo desprendimento dos paralelepípedos.

Segundo Pinto (2006), a durabilidade do pavimento em paralelepípedo é maior, se comparado aos outros pavimentos, havendo uma resistência mecânica da rocha. Sendo assim, este tipo de pavimento é mais indicado onde o tráfego de veículos seja de baixa velocidade e áreas de carga e descargas, como posto de gasolina, condomínio.

2.9 Pavimentação em concreto

Balbo (2005) enfatizou que o pavimento em concreto-cimento tem pouca deformação, e rompe por tração quando a deformação for sujeita a flexão. O modelo da pavimentação em

concreto baseia-se em cimento e aglomerantes hidráulicos para fazer essa interligação dos agregados. Nesse pavimento as placas de concreto seu principal componente estrutural e as resistências das camadas subjacentes é fixada de acordo com a espessura do pavimento. Os pavimentos tem a estruturas muito complexas, causando várias possibilidade de respostas e absorvendo os esforços horizontais solicitantes. Considerando os pavimentos de concreto, podemos classificar, o pavimentos que apresenta camada de rolamento executada em concreto podendo esta ser realizada através de diferentes técnicas, como moldagem in loco ou pré-moldagem, que são assentados em uma base, seguida de uma sub-base, (figura 12).

Silva (2010) Traz a grande relevância do concreto de cimento Portland, O pavimento rígido tem uma maior durabilidade e resiste às ações do tempo, sem precisar de manutenção e com o tempo ele vai ganhando mais resistência. Compondo sua estrutura basicamente de Sub-Base – Pouca contribuição Estrutural – Controle de bombeamento / expansão / contração – Concreto de Cimento.

Figura 12: Pavimento de Concreto de Cimento Portland



Fonte: Bernucci (2008).

Conforme Balbo (2009) com o desenvolvimento rodoviário no Brasil, o pavimento de concreto, vem sendo utilizado cada vez mais, ao longo dos últimos anos, principalmente nas rodovias onde o tráfego intenso e de veículos de grande portes, aeroportos, vias expressas e é também indicado para corredores exclusivos de ônibus, que são uma alternativa bastante adotada para melhorar o tráfego e tornar o transporte público mais eficiente nas grandes cidades,

(figura 13). O pavimento de concreto ainda tem seu elevado custo inicial, comparado com o pavimento flexível, compensado pela grande durabilidade e baixa necessidade de manutenção.

Figura13: Rodovia pavimentada com concreto simples.



Fonte: Fioriti (2007).

2.10 Pavimentação asfáltica

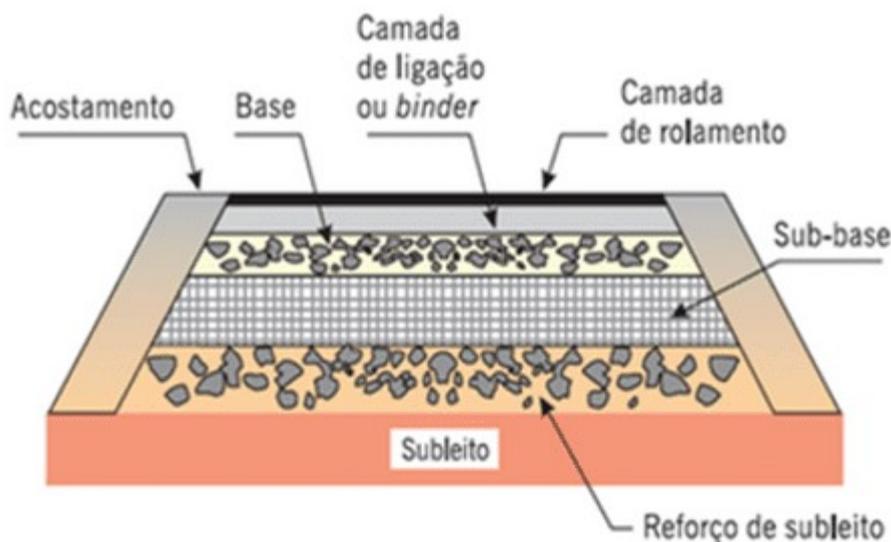
Balbo (2011) salientou que o pavimento flexível é uma estrutura composta de várias camadas sobre uma superfície, e é composto por uma mistura de ligante asfáltico e agregados, todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado. De acordo com Medina (1997) “são constituídos por um revestimento betuminoso sobre uma base granular ou de solo estabilizado”. A NBR 7207 (2011) inclui nesta classe os calçamentos com paralelepípedos de cimento, de pedra, de cerâmica, betuminosos, de borracha e blocos de concreto e alvenarias poliédricas (calçamento com pedras irregulares).

Segundo Balbo (2011) o pavimento, são aqueles em que as deformações até certo limite não levam ao rompimento, são dimensionados normalmente a compressão e a tração na flexão, seus esforços são distribuídos verticalmente. O aparecimento das bacias de deformação sob as rodas dos veículos, levam a deformações permanentes e ao rompimento por fadiga. E é constituído principalmente de materiais betuminosos. Sua base pode ser composta por diversas camadas, como subleito, sub-base, base e revestimento.

Segundo Senço (2007) enfatizou que são distribuídas camadas equivalente, que devem trabalhar em conjunto, constituída por uma base de brita ou de solo pedregulhoso, e revestida por uma camada asfáltica. É uma estrutura com várias camadas. Desse modo essa camada asfáltica deve ser o mais impermeável possível e tem que receber e distribuir as cargas dos veículos que trafegam por cima dela de forma aliviada e criteriosa. Em particular, a camada visível (camada de rolamento), que é o revestimento asfáltico e fica apoiada em cima das camadas de base, sub-base e reforço do subleito (figura 14).

Muito utilizado nas vias públicas é o pavimento mais comum em nossas estradas, ruas, avenidas, rodovias e ruas, (figura 15).

Figura 14: Estrutura do pavimento flexível.



Fonte: Bernucci (2008).

Balbo (2011) o pavimento flexível pode ser definido como o tipo em que todas suas camadas sofrem deformação elástica de forma significativa, quando se encontra carregado. Além disso, segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), a distribuição da carga entre as camadas e local onde a carga é aplicada é relativamente equivalente.

Figura 15: Rodovia, pavimento flexível.



Fonte: Fonte: Andrade, 2012, p. 10.

2.11 Intertravados

Consoante Santos (2014), o pavimento intertravado é uma evolução do pavimento em paralelepípedo, e se destacam também com o seu processo de execução, e logo após o assentamento dos blocos o tráfego é liberado rapidamente. O travamento dos blocos tem que ser executado adequadamente de forma correta, esse procedimento influenciará diretamente na durabilidade e desempenho do pavimento. O intertravamento é a capacidade que o material tem de resistir aos movimentos de deslocamento individual, seja vertical, horizontal, de rotação ou giração em relação às outras peças.

De acordo com a NBR 9781:2013, pavimento intertravado é um pavimento flexível cuja a estrutura é composta por sub-base e base, seguida por uma camada de revestimento constituída por blocos de concreto colocados lado a lado sob uma camada de assentamento, cuja as juntas entre as peças são preenchidas com areia e o intertravamento do sistema é proporcionado pelas contenções nos limites do pavimento.

Para Fioriti, Ino e Akasaki (2007), a pavimentação com blocos intertravados são peças pré-moldadas feitas de areia e cimento, ele possui uma maior resistência as intempéries e abrasão do que qualquer outro tipo de piso então por isso ele e muito utilizado em área externas. Com o avanço tecnológico, muitos estudos foram feitos para maior economia dos materiais e melhor desempenho em relação ao meio ambiente, diminuindo danos causados ao mesmo. (SANTOS, 2014).

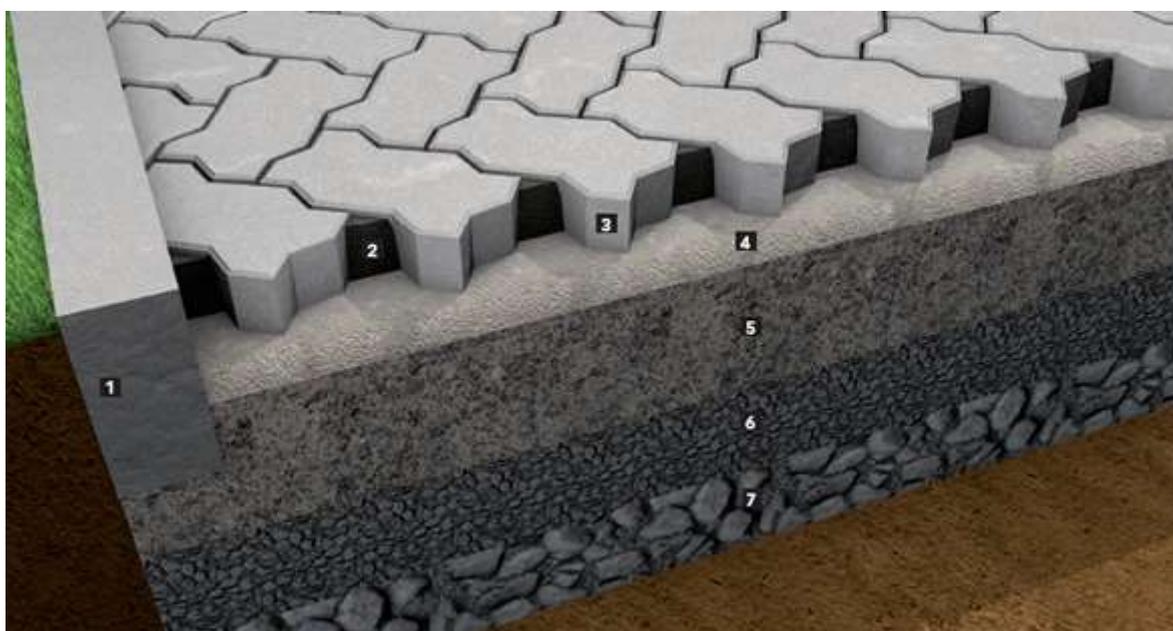
Ainda de acordo com Santos (2014), as vantagens do pavimento intertravado entre elas estão a execução, onde, após sua execução o tráfego de veículos e pessoas são liberados imediatamente, devido a não utilização de cimento ou argamassa, a facilidade na manutenção

o pavimento podem ser removido facilmente, caso seja necessário a manutenção para serviços no subleito. E pode ser utilizado em vários ambientes como praças, ciclo vias, estacionamentos, entre outros locais, além da possibilidade dos blocos serem fabricados de acordo com a estética desejada.

Confira os detalhes da pavimentação figura 16:

- Contenção lateral
- Areia de rejuntamento
- Peças pré-moldadas de concreto
- Areia de assentamento ou pó de pedra
- Base
- Sub-base
- Subleito

Figura 16: Detalhes do pavimento intertravado



Fonte: Rhino pisos (2013)

2.12 Pavimentação com plástico

Conforme Santos (2014), a pavimentação com plásticos surgiu no Reino Unido. A reciclagem dos materiais como sacolas e garrafas de plástico e até fraldas tem sido cada vez mais testado e logo em seguida utilizado na construção sustentável, esse material produz um asfalto mais resistente. Transforma o material granulado (pellets) ou em forma de flocos, que substituem parte do betume usado na mistura do asfalto. Segundo a MacRebur (Empresa responsável pelos estudos e foi a primeira a testar esse tipo de pavimento), o desenvolvimento desse novo asfalto é 60% superior ao do material tradicional e tende a durar 10 vezes mais, reduz os custos com manutenção e como material de plástico reciclado se dissolve na mistura, não sobram micropartículas que possam se soltar, a vista disso, há menos risco desse betume escoar e contaminar o solo, figura 17. (SANTOS, 2014).

Figura 17: Pavimentação com plásticos.



Fonte: Pires (2015).

Ainda conforme Bernucci (2010) traz consigo uma inovação correlacionada com a pavimentação asfáltica, chamada de TonerPave, com toners de impressoras. A Austrália também vem desenvolvendo um método atual de pavimentar ruas e estradas, o TonerPave contém uma mistura química que é utilizado a reciclagem de toners de impressora (item que substitui os cartuchos de tintas de impressão em máquinas a laser), reduzindo desta forma a produção de CO₂ Figura 18.

Santos (2014) enfatizou que o novo método de TonerPave, está sendo utilizado no sistema de infraestrutura das vias australianas na pavimentação de ruas e avenidas. Portanto, o material não necessita de mecanismos especiais para sua aplicação, já que pode ser aplicado

com o mesmo equipamento usado pelo impermeabilizante à base de betume utilizado no método tradicional. As vantagens do TonerPave contém material rígido, com maior durabilidade e melhor custo-benefício (100 cartuchos de toners de impressora podem produzir aproximadamente até 1 tonelada de asfalto).

Figura18: Pavimentação com TonerPave



Fonte: Pires (2015).

Conforme Balbo, (2015) o Poliway é uma liga, feita com o auxílio da reciclagem de plástico encontrado na natureza que vem sendo estudado aqui no Brasil e que pode transformar as estradas do país mais sustentáveis. Esse pavimento consiste na criação do asfalto ecológico feito com plástico reciclado utilizando o mesmo processo usado aqui no Brasil, porém o diferencial desse pavimento é que ele é cerca de cinco vezes mais resistente, se um asfalto convencional suporta 800 a 1.200 Kg, o Poliway suporta cerca de 5.000 Kg e deforma três vezes menos, aumentando a sua durabilidade e, conseqüentemente, sua qualidade, figura 19.

Figura19: Liga de asfalto Poliway



Fonte: Pires (2015).

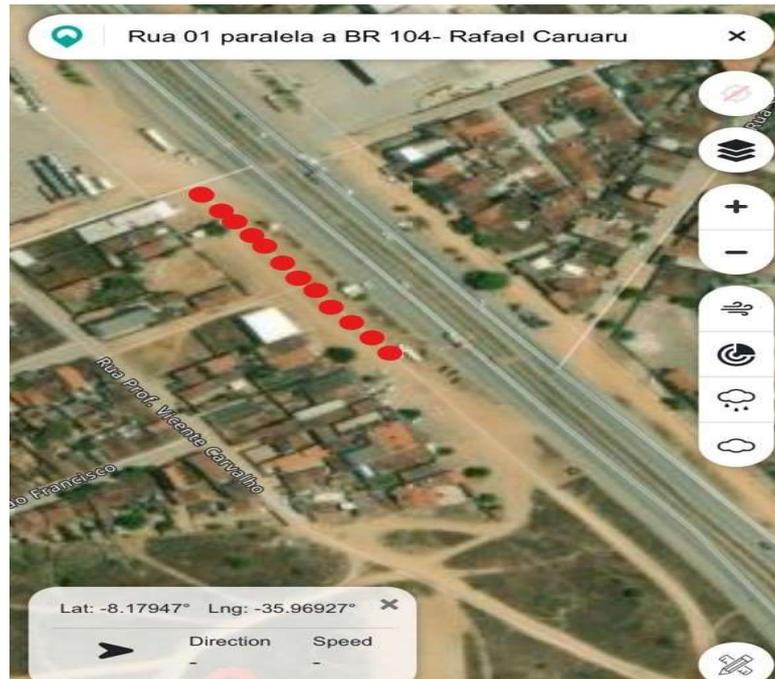
3 METODOLOGIA

O estudo de caso foi realizado no período de 11/11/2020 a 29/12/2020. O trabalho desenvolvido foi baseado em duas ruas que foram pavimentadas em paralelepípedo no município de CARUARU-PE são as ruas; (Rua 01, paralela à BR 104, bairro: Rafael, figura 20, e a Rua Santa Brígida, bairro: Canaã, figura 21). O passo a passo do processo de execução da pavimentação em paralelepípedo e seus respectivos detalhes construtivos, bem como matérias usados no processo de execução.

Também Será feita uma análise sobre a durabilidade e resistência do pavimento em paralelepípedo em relação as outras pavimentações. Um estudo relacionado ao custo benefício do pavimento em paralelepípedo com os demais. E também as vantagens que esse pavimento pode oferecer ao meio ambiente, a trafegabilidade e ao bem estar da sociedade.

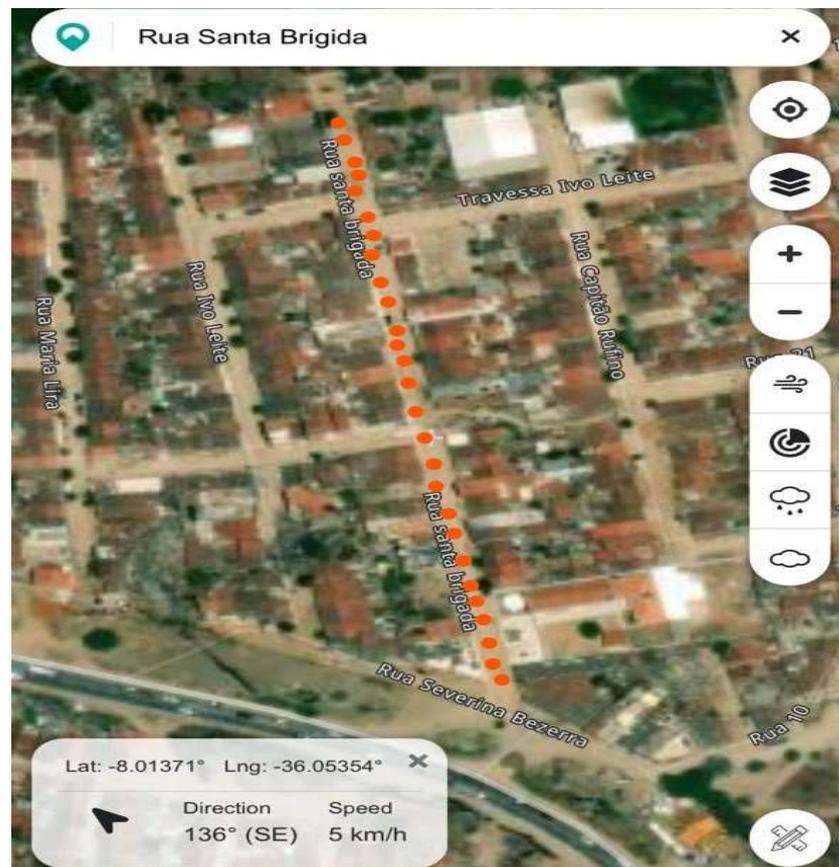
Os dados e imagens coletados foram fornecidos pela empresa terceirizada que foi contratada por ter ganho a licitação para executar esta pavimentação em paralelepípedo da prefeitura de Caruaru-PE (FFJ CONSTRUTORA LTDA, 2020). Onde foram executados os serviços de acompanhamento e fiscalização da obra, foi feito também o registro fotográfico da evolução do processo de execução dela. A pavimentação em paralelepípedo foi realizada de acordo com as seguintes normas - DNIT 137/2010-ES - Pavimentação - Regularização do subleito - Especificação de serviço e DNIT 020/2006-ES - Drenagem - Meios-fios e guias.

Figura 20: Localização da rua 01. Paralela BR 104- Rafael-Caruaru-PE



Fonte: Google Earth (2021).

Figura 21: Localização da Rua Santa Brígida- Canaã-Caruaru-PE



Fonte: Google Earth (2021).

4 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO

Para o dimensionamento do pavimento foi empregado o método empírico que utiliza ensaios de resistência dos solos, adotado pelo DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. O método de dimensionamento foi elaborado pelo Engenheiro Murilo Lopes de Souza, tendo como base:

- - No ensaio C.B.R. de O. J. Porter;
- - No Índice de Grupo, de Steelee
- - No que se refere ao tráfego, aos trabalhos do U. S. Corps of Engineers;
- - Nos dados correspondentes aos coeficientes de equivalência estrutural são baseados nos resultados do The A.A.S.T.H.O Road Test (1.958 a 1.960). (BALBO, 2007).

A determinação da capacidade de suporte do subleito e dos materiais granulares constitutivos do pavimento é feita pelo C.B.R., em inglês “California Bearing Ratio”, em corpos de prova indeformados ou moldados em laboratório, nas condições de massa específica e umidade específicas para o serviço no campo e submetidos à embebição durante quatro dias. Quando se desejar e for justificável uma segurança maior, em vez do C.B.R., pode-se usar o C.B.R. corrigido em função do Índice de Grupo (I.G.), que é função dos resultados dos ensaios de caracterização do solo do subleito, e denominado Índice de Suporte (I.S.).

O tráfego é representado pelo volume diário médio de tráfego, TDM, de veículos comerciais, podendo ser: tráfego leve, tráfego médio e tráfego pesado. Deve-se tomar o tráfego de veículos comerciais, caminhões e ônibus.

O pavimento é dimensionado em função do número equivalente, N, de operações de um eixo tomado como padrão, com carga de 8,2 t (18.000 lbs), durante o período de projeto escolhido, onde N é dado por:

$$N = 365 \cdot V \cdot P \cdot (FC) \cdot (FE) \cdot (FR)$$

Sendo:

- V_m = Volume diário médio de tráfego no sentido mais solicitado, no ano médio do período de projeto;
- P = Período de projeto ou vida útil, em anos;

- FC = Fator de carga ou Fator de operações de carga
- FE = Fator de eixo; FR = Fator climático regional;
- FV = Fator de veículo.

Mas:

$$FV) = (FC). (FE)$$

As considerações que foram feitas baseiam-se mais nos dados práticos do Eng.º Civil Wlastermiler de Senço, Manual de Técnicas de pavimentação, volume II, associado a alguns conceitos teóricos. As Normas Rodoviárias fixam em 23 cm, no mínimo, a soma das espessuras da base de areia ou pedrisco e do revestimento de paralelepípedos. (SENÇO, 2001).

Neste caso aplicamos a formula empírica do CBR que os franceses (Peltier) utilizou, e foi adotado um valor fixo de 23cm. Adotou-se o valor de 23cm, que fornecem valores iguais, e assumindo ainda que a carga por roda de 6 toneladas, abrangendo praticamente todas as possibilidades de tráfego. Segundo BALBO (2007):

$$Ep = \frac{100 + 150 \cdot \sqrt{p}}{Is + 5}$$

Onde; Ep= Espessura total do pavimento em centímetro

Is = Índice de suporte Califórnia (CBR) do subleito em (%)

P = Carga por roda, em toneladas. Se a porcentagem.

Essa espessura consiste na soma das espessuras da base de pedrisco e do revestimento da pedra irregular, onde:

P: 6T (carga da roda)

IS: 15% (CBR em percentual)

Ep: Espessura total do pavimento, em cm.

$$Ep = \frac{100 + 150\sqrt{6}}{15 + 5}$$

Ep= 23cm

A espessura do pavimento a ser executado é de 23cm, em que 13 cm representa a camada de pedra basalto (paralelepípedo), e 10 cm é a espessura da camada de areia ou pó-de-pedra.

Espessura da Sub-base: Terreno Natural

Espessura da Camada de areia ou pó-de-pedra: 10cm

Espessura Média do Revestimento em Pedra de Basalto (paralelepípedo): 13cm

Espessura Total do Pavimento: 23cm

O aumento da espessura do pavimento não será realizada mediante o acréscimo da espessura do bloco ou do colchão de assentamento, uma vez que, além do custo elevado, seriam criados contrariedade de instabilidade, além do mais a dificuldades na conciliação da geometria (cotas) das guias e sarjetas da via. (BALBO, 2007).

5 EXECUÇÃO DA PAVIMENTAÇÃO EM PARALELEPIPEDO

As pedras de basalto foram extraídas na cidade de Caruaru-PE, conforme a figura 22. (BALBO, 2015).

Figura 22: Jazida as margens da BR 232, Caruaru-PE



Fonte: FFJ construtora LTDA, 2020.

5.1 Subleito

O subleito foi regularizado com uma motoniveladora (figura 23), conforme em projeto e baseado nas especificações pertinentes. Os materiais empregados no preparo do subleito foi o próprio subleito. Não houve necessidade de substituição. (SILVA, 2018).

Figura 23: Regularização do subleito.



Fonte: FFJ construtora LTDA, 2020.

5.2 Escavação de valas

Conforme Silva (2018), foi aberto uma vala (figura 24), conforme o perfil do alinhamento e dimensões estabelecidas, para o assentamento do meio-fio. Depois de concluída a escavação da vala, o fundo da mesma deverá ser regularizado e apilado. Se houver recalques produzidos pelo apiloamento, o mesmo tem que ser corrigidos através da colocação de uma camada do próprio material escavado, devidamente apilada, em operações contínuas, até chegar ao nível desejado.

Figura 24: Escavação da vala para assentamento do Meio-fio.



Fonte: FFJ construtora LTDA, 2020.

5.3 Meio-fio

De acordo com Silva (2018), uma prismática retangular que e designada a oferecer solução de descontinuidade da pista de rolamento e o passeio da via publica. Elas tambem são identificadas como “guias” ou “cordões” (figura 25). A finalidade da execução de meio-fio permite que as águas pluviais tomem orientações definidas por estes, às caixas coletoras e bueiros, a fim de não causar danos à superfície pavimentada.

Figura 25: Meio-fio.



Fonte: FFJ construtora LTDA, 2020.

5.4 Areia para colchão

Conforme Silva (2018) a areia utilizada para essa etapa da pavimentação foi extraída de rio e consiste de partículas limpas, duras, duráveis e de preferência ser isenta de torrões de terra, suas principais funções são permitir um adequado nivelamento do pavimento que será executado e distribuído uniformemente os esforços transmitidos a camada subjacente (figura 26). A espessura da camada de areia varia de 5 a 10 cm, sendo prevista em projeto conforme as características do projeto.

Figura 26: Colchão de areia.



Fonte: FFJ construtora LTDA, 2020.

5.5 Assentamento das pedras

Ainda de acordo com Silva (2018) os paralelepípedos-guias foram assentados com espaçamento de 1,00 a 1,50 m no sentido transversal em torno de 4,00 m no sentido longitudinal. Os demais foram entrelaçados e corretamente unidos, desse modo que as juntas vizinhas não coincidam. As faces mais uniformes dos paralelepípedos deverão ficar voltadas

para cima. Figura 27 O calceteiro golpeia com um martelo o paralelepípedo até chegar no nível do cordão, conforme a figura 28.

Figura 27: As juntas não se coincidem.



Fonte: FFJ construtora LTDA, 2020.

Figura 28 Assentamento das pedras, golpeando com o Martelo.



Fonte: FFJ construtora LTDA, 2020.

5.6 Rejuntamento

De acordo com Silva (2018) o rejuntamento do paralelepípedo foi efetuado logo após o término do assentamento das pedras, por causa das chuvas e de outras causas que possam danificar o calçamento já assentado. As juntas tem dimensão de 2,5cm, conforme a figura 29.

O preenchimento total das justas do paralelepípedo foi de argamassa de cimento e areia, cuja o traço foi (1:3).

Figura 29: Rejuntamento com argamassa de cimento e areia.



Fonte: FFJ construtora LTDA, 2020

5.7 Calçadas

Ainda conforme Silva (2018) o lastro de concreto foi executado somente após o aterro que foi adequadamente nivelado e apilado, com uma camada de concreto simples $f_{ck}=13,5\text{Mpa}$ (cimento, areia e brita) com espessura de 0,05m (figura 30).

Figura 30: Calçadas.

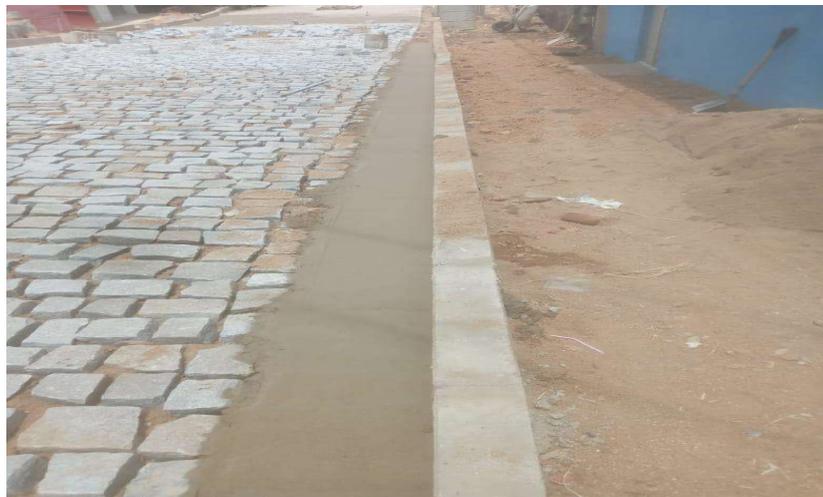


Fonte: FFJ construtora LTDA, 2020.

5.8 Sarjeta

As sarjetas foram moldados in loco (figura 31), com juntas de 1 cm de largura a cada 3 m. Estas juntas foram preenchidas com argamassa de cimento e areia de traço 1:3. O concreto aplicado nas sarjetas foi aceito desde que possuam resistência a compressão característica superior ou igual a 20 MPa. (SILVA, 2018).

Figura 31: Execução da sarjeta.



Fonte: FFJ construtora LTDA, 2020.

5.9 Caição do meio-fio e espelho

O espelho e o piso do meio-fio foram pintados em 02 demãos; com preparo. De cal hidratada e cola, conforme figura 32. (SILVA, 2018).

Figura 32: Pintura do Meio-fio e espelho.



Fonte: FFJ construtora LTDA, 2020.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A intenção do trabalho tem como principal característica a execução de duas ruas (Rua 01- Paralela à BR 104 no Bairro Rafael, concluída conforme figura 33, Rua Santa Brígida no Bairro Canaã, concluída conforme figura 34) na cidade de Caruaru – PE. Com base na pavimentação em paralelepípedos, pode-se destacar a melhoria no espaço urbano, na qualidade de vida, e da condição de tráfego de veículos.

Ao realizar a execução da obra na cidade de Caruaru – PE, foi evidenciado a necessidade que a população local tem, com algumas vias, sem a pavimentação necessária. Destacando que a locomoção dos veículos, muitas vezes não é de forma segura e confortável. A pavimentação em paralelepípedos se tornou ecologicamente correto e duradoura, sendo menos agressivo ao meio, com facilidade na sua execução e manutenção.

A execução das ruas tiveram algumas fases, como citadas a cima: Escavação da vala para assentamento do meio-fio, meio fio, apiloamento, areia para colchão, assentamento das pedras, rejuntamento, calçadas, sarjetas, caiação do meio-fio, com todas essas fases, obtivemos o resultado final das ruas na cidade de Caruaru – PE.

Figura 33: Rua 01 – Paralela à BR 104, Bairro Rafael – Caruaru – PE.



Fonte: FFJ construtora LTDA, 2020.

Figura 34: Rua Santa Brígida Canaã – Caruaru – PE.



Fonte: FFJ construtora LTDA, 2020.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelo presente estudo tivemos o objetivo de relatar todas as etapas para a pavimentação em paralelepípedo com grande êxito, analisando os limites e os desfechos da sua execução nas duas ruas (Rua 01- Paralela à Br 10, Bairro Rafael e Rua Santa Brígida, Bairro Canaã) na região do agreste de Pernambuco, na cidade de Caruaru – PE.

Conforme demonstrado anteriormente, as estruturas do pavimento tem a função principal de suportar os esforços oriundos de cargas e de ações climáticas, sem que apresentem processos de deterioração de modo prematuro. Deste modo, o desempenho adequado do agrupamento de camadas e do subleito relaciona-se à capacidade de suporte e à durabilidade compatível com o modelo da obra e as especificidades do tráfego, assim como o conforto ao rolamento e a segurança dos usuários. (BERNUCCI, 2006).

É importante ressaltar as vantagens da pavimentação em paralelepípedos traz a população local e também ajudara a diminuir o índice de doenças transmissíveis por meio da água acumulada durante o período chuvoso e doenças respiratória no período de seca. E com relação a temperatura causada em dia de calor extremo o pavimento facilita a dispersão do calor absorvido, não irradiando o calor por muito tempo depois do período de insolação, deixando a temperatura mais suave e tornando o clima mais agradável. E entre outras vantagens teremos: custo benefício, durabilidade, rapidez na execução e facilidade na manutenção com os demais.

A pavimentação em paralelepípedo vai proporcionar aos moradores daquela região a melhoria da qualidade de vida e boas condições de trafegabilidade de veículos. Podendo destacar a obra com uma infraestrutura complementares, como por exemplo: sistema de drenagem e calçadas, onde promove uma acessibilidade maior, e condicionamento de circulação melhor na cidade.

A pavimentação em paralelepípedo de uma forma geral, pode ser usado em diversos lugares, tais como: Loteamentos e condomínios fechado, postos de combustíveis, pátio de indústrias e entre tantos outros.

REFERENCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 21 p
- ANDRADE, M. H. F. **Introdução à pavimentação**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba: UFPR, 2012, 64 p.
- BALBO, J. T. Cap. 42: **Pavimentos Viários e Pisos Industriais de Concreto**. In. ISAIA, G. C. (Editor) **CONCRETO: Ensino, Pesquisa e Realizações**. Vol. 2, São Paulo: IBRACON, 2005. 787 p.
- BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração**. Oficina de texto, 2007.
- BALBO, José Tadeu. **Pavimentos de Concreto**. São Paulo, Oficina de Textos, 2009.
- BALBO, T. J. **"Pavimentação Asfáltica"**, São Paulo, 2 ed. Oficina de Textos, 2011.
- BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
- BELY, L. **The history of France**. Paris: Éditions Jean-Paul Gisserot, 2001.
- BERNUCCI, L. B. *et al.* **Pavimentação asfáltica: formação básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS: Abeba, 2006.
- BERNUCCI, L. B. *et al.* **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeba, 2008.
- BERNUCCI, L. B. *et al.* **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeba, 2010.
- CRUZ, Luiz M. **Pavimento intertravado de concreto: estudo dos elementos e métodos de dimensionamento**. 2003. 281 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Ciências em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.
- FFJ CONSTRUTORA. Arquivo disponibilizado pela empresa. CD.rom. 2020.
- FIORITI, C. F. **Avaliação de compósitos de concreto com resíduos de borracha na produção de blocos para alvenaria**. 2002. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2002
- FIORITI, Cesar Fabiano; INO, Akemi; AKASAKI, Jorge Luís. **Avaliação de blocos de concreto para pavimentação intertravada com adição de resíduos de borracha provenientes da recauchutagem de pneus**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 43–54, out./dez. 2007.
- HAGEN, V.W. **A estrada do sol**. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1955.
- HALLACK, Abdo. **Competitividade do Pavimento de Concreto**. Seminário de Pavimentos Urbanos, 2008. Disponível em: < <http://viasconcretas.com.br/cms/wp->

content/files_mf/2008_competitividade_pav_concreto_abdo_hallack.pdf>. Acesso em 06 jun 2021.

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

JUNIOR, Ivan J. A. **Pavimento intertravado como ferramenta de moderação do tráfego nos centros comerciais de travessias urbanas – Estudo de Caso Guaiúba**, CE. 2007, 221 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Ciências em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

MASCHIO, A. A Evolução do Pavimento de Concreto no Brasil. 47 p. In. 16º Encontro Técnico do Departamento de Estradas e Rodagem (DER), Paraná, 2012. Disponível em: Acesso em 06 de jun 2021

MASCARENHAS NETO, J.D. **Método 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. Medina, J., **Mecânica dos Pavimentos**, Editora UFRJ (1997).

PIOROTTI, J. L. **Pavimentação intertravada**. Rio de Janeiro: Montana, 1985. 64 p

PINTO, C. S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 3.ed São Paulo: Oficina de Textos, 2006

PITTA, M. R. **Pavimento de Concreto: Um Moderno Ovo de Colombo**. 04 p. In. Revista IBRACON, nº 13, Instituto Brasileiro de Concreto, 1996.

PIRES, G. W. M. O. **Avaliação de blocos intertravados manufaturados com concreto dosado com resíduos de PET como alternativa sustentável na construção civil**. 113 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental e Sustentabilidade) – Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2015.

RHINO PISOS. Piso intertravado pavimenta rodovia. Notícias, 27 jun. 2013. Rhino Pisos, Campinas. Disponível em: Acesso em: 06 jun 2021.

RIBAS, Leandro Carlos. **Custo-Benefício na Execução de Pavimentos Rígidos**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: <http://tcconline.utp.br/media/tcc/2017/10/CUSTO-BENEFICIO-NA-EXECUCAO-DE-PAVIMENTOS-RIGIDOS.pdf>. Acesso em: 08 jun 2021.

SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de técnicas de pavimentação**. [S.l: s.n.], 1997.

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

SENÇO, Wlastermiler. **Manual de Técnicas de Pavimentação: vol II**. 2.ed. São Paulo: PINI, 2008. 671 p.

SILVA, J. E. M. **Comportamento de Concretos com Fibras para Pavimentação sob Cargas Dinâmicas Harmônicas**. 2011. 112 p. Dissertação de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2010.

SILVA, L. S. *et al.* **Análise comparativa entre as técnicas construtivas de pavimentação empregadas no sistema Bus Rapid Transit (BRT) – Belém – PA versus Fortaleza – CE**, 2018

SANTOS, V.R.F. **Análise do desempenho de pisos táteis, intertravados, produzidos com agregados de resíduos de construção civil – RCC e Fibras de Aço**, Limeira – 2014.

SPANISH...<http://www.spanisharts.com> Acesso em: 07 jun 2021.

TECPAR (São Paulo). **Asfalto x Paralelepípedo**. Disponível em:
<http://www.tecparpavimentos.com.br/goto/store/texto/67/asfalto-x-paralelepipedo> Acesso em:
07 maio 2021

WIKIPEDIA. **História de Paraty**,2019. Disponível em:
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Paraty/05/04/2019>. Acesso em: 06 jun 2021.