



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

THAYSE NUNES DE LIMA

REUSO DE ASFALTO NA FABRICAÇÃO DE CBUQ- REVISÃO DE LITERATURA

PAU DOS FERROS

2020

THAYSE NUNES DE LIMA

REUSO DE ASFALTO NA FABRICAÇÃO DE CBUQ- REVISÃO DE LITERATURA

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr^a. Rafaely Angelica Fonseca Bandeira.

PAU DOS FERROS

2020

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

L Lima, Thayse Nunes de .
734 REUSO DE ASFALTO NA FABRICAÇÃO DE CBUQ-
 REVISÃO DE LITERATURA / Thayse Nunes de Lima. -
 2020.
 41 f. : il.

 Orientadora: Rafaely Angelica Fonseca
 Bandeira.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
 2020.

 1. Recursos naturais. 2. Pavimentação. 3.
 Propriedades Mecânicas. I. Bandeira, Rafaely
 Angelica Fonseca , orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

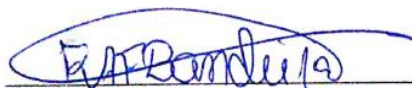
THAYSE NUNES DE LIMA

REUSO DE ASFALTO NA FABRICAÇÃO DE CBUQ- REVISÃO DE LITERATURA

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 05 / 02 / 2020.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Drª. Rafaely Angelica Fonseca Bandeira (UFERSA)
Presidente



Prof. Esp. Fabiola Luana Maia Rocha (UFERSA)
Membro Examinador



Prof. Drº Cláwsio Rogério Cruz de Sousa (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por sempre tornar minha vontade maior que meus medos, por todas as conquistas concedidas no meu caminho, e por me dar força e sabedoria nos momentos difíceis.

Agradeço a toda minha família por me dar apoio em todos os momentos no decorrer da realização deste presente trabalho, em especial a minha mãe Iane da Silva Nunes de Lima por me orientar devidamente aos caminhos a seguir, e a meu noivo Pablo Ramos Simões Lúcio, por me auxiliar em todas as fases deste, sem o seu apoio não teria conseguido enfrentar todos os obstáculos até aqui.

A minha professora orientadora Dr^a. Rafaely Angelica Fonseca Bandeira, por ter me orientado e transmitido o conhecimento necessário para a realização deste trabalho.

RESUMO

Apartir da análise do crescimento tecnológico conjuntamente com a população, é verídico a necessidade da execução de melhoramento dos pavimentos, devido a crescente utilização do tráfego de veículos, havendo assim a busca significativa de recursos naturais. Contudo surge a necessidade de métodos sustentáveis tanto para a execução dos pavimentos como para a sua manutenção. Este presente trabalho tem por objetivo compreender a importância do reuso de asfalto para a fabricação de CBUQ, assim como a sua contribuição para as propriedades mecânicas das misturas. A execução do procedimento metodológico se deu a partir de pesquisas bibliográficas de vários trabalhos com o tema em estudo, onde houve a seleção de oito trabalhos para a obtenção dos resultados. De acordo com os resultados obtidos, observou-se o quão grande é a importância do reuso de asfalto como material fresado, implicando no melhoramento das propriedades mecânicas das misturas estudadas.

Palavras-chave: Recursos naturais. Pavimentação. Propriedades Mecânicas.

ABSTRACT

From the analysis of technological growth together with the population, it is true the need to perform pavement improvement, due to the increasing use of vehicle traffic, thus having a significant search for natural resources. However, there is a need for sustainable methods for both pavement execution and maintenance. This paper aims to understand the importance of asphalt reuse for the manufacture of CBUQ, as well as its contribution to the mechanical properties of the mixtures. The execution of the methodological procedure was based on bibliographic research of several works with the theme under study, where eight works were selected to obtain the results. According to the obtained results, it was observed how great is the importance of asphalt reuse as milled material, implying in the improvement of the mechanical properties of the studied mixtures.

Keywords: Natural resources. Paving. Mechanical Properties.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Diagramas das etapas desenvolvidas da pesquisa.....	16
----------	---	---	----

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Tolerâncias das Propriedades mecânicas.
- Tabela 2 – Características dos trabalhos estudados.
- Tabela 3 – Principais Resultados e Conclusões dos trabalhos estudados.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
BGS	Brita Graduada Simples
CAF	Concreto Asfáltico Fresado
CAP	Concreto Asfáltico de Petróleo
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CONCEPA	Concessionária da Rodovia Osório-Porto Alegre S/A, empresa controladora: Triunfo Participações e Investimentos
CPD	Cone de Penetração Dinâmica
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
MACOPAV	Manual de Concepção de Pavimentos para a Rede Rodoviária Nacional
MARQ	Misturas Asfálticas Recicladas a Quente
MR	Módulo de Resiliência
PAR	Piso Asfáltico Reciclado
RCS	Resistência à Compressão Simples
RT	Resistência à Tração

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. OBJETIVOS.....	13
1.1.1. Objetivo Geral	13
1.1.2. Objetivo específicos.....	13
2. REVISÃO TEÓRICA	14
2.1. CONCEITOS E SIGNIFICADOS	14
2.1.1. Pavimentação.....	14
2.1.2. Asfalto	14
2.1.2.1. Asfalto Flexível.....	15
2.2. RECICLAGEM DO PAVIMENTO	16
3. METODOLOGIA DA PESQUISA	26
3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	26
3.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	26
3.3. NORMAS UTILIZADAS PARA DESENVOLVIMENTO DOS ENSAIOS NAS PESQUISAS EM ESTUDO.....	27
4. RESULTADO E DISCUSSÕES.....	29
5. CONCLUSÃO.....	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

1. INTRODUÇÃO

O crescimento tecnológico em conjunto com o populacional, acarretam o aumento de veículos em tráfego, seja para o transporte a serviço das empresas, ou para a utilização de veículos pessoais e públicos, isso ocasiona um crescimento significativo e necessidade de aperfeiçoamento das pavimentações, sendo assim, há uma grande busca por recursos naturais para a execução das obras de circulação. Com isso surge a necessidade de métodos sustentáveis para construção e manutenção destes.

De acordo com MATTOS *et al.*, (2013), grande quantidade de resíduos devidos à construção civil, em especial geradas por meio da manutenção de asfaltos, são depositadas em locais inapropriados, como em encostas de rios e em terrenos baldios, implicando no impacto ambiental, provocando um comprometimento às paisagens urbanas, e por muitas vezes possibilitando transtornos ao trânsito, em que se encontra o resíduo.

Salientando que o desenvolvimento socioeconômico de uma nação está inteiramente ligado às atividades da construção civil, faz-se de suma importância haver a diminuição de custos relacionados à essas atividades, assim como a redução de impactos ambientais gerados, em que é necessário o conhecimento das fontes geradoras de resíduos, e implantação de soluções viáveis economicamente e ambientalmente (SINDICATO, 2011).

As rodovias pavimentadas necessitam de materiais em quantidades elevadas, para suas camadas, surge um desafio na procura de materiais para a realização de sua execução, havendo um índice de custo muito elevado na exploração desses. Além de todo custo envolvido há uma preocupação com o mal que a exploração dos recursos naturais traz ao meio ambiente. Assim, é de suma importância o conhecimento de possíveis soluções para estes problemas tanto ambientais quanto econômicos, onde por meio da introdução da reutilização do asfalto, há a contribuição para o melhoramento tanto da pavimentação, quanto dos aspectos ambientais, por meio da diminuição de utilização dos recursos naturais.

Assim, o presente estudo sobre a incorporação e aplicação de asfalto na fabricação de Concreto Betuminoso usinado à quente, em que, em uma execução de grande escala de uma

pavimentação, serão reutilizados grande quantidade de resíduos, que antes seriam descartados possivelmente na natureza, este trabalho busca desenvolver um maior entendimento sobre a significância da reutilização do asfalto de materiais no asfalto flexível, compreendendo o melhoramento das características do novo material produzido.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Realizar estudos bibliográficos a fim de compreender a importância da reutilização dos asfaltos, utilizando-os na fabricação de pavimentos asfálticos flexíveis.

1.1.2. Objetivo específicos

Desenvolver análises dos trabalhos que fazem o estudo da reutilização do asfalto, e como o reuso deste pode contribuir para a estrutura e para as características dos asfaltos flexíveis.

2. REVISÃO TEÓRICA

2.1. CONCEITOS E SIGNIFICADOS

2.1.1. Pavimentação

Na tentativa de se obter facilidade e agilidade às áreas de trabalho, e na intenção de aumentar seus territórios, o homem deu origem às estradas. Segundo BERNUCCI *et al.*, (2008), o pavimento corresponde a uma estrutura que apresenta várias camadas de diferentes espessuras, executado sobre a superfície lisa por meio da terraplenagem, que tem por objetivo resistir às cargas que nele são solicitadas devido ao tráfego de veículos, e às condições climáticas, assegurando melhores condições aos seus usuários, tanto com relação a segurança, quanto a economia.

Segundo BALBO (2011), uma pavimentação consiste em uma estrutura permanente, contendo camadas bem compactadas constituídas de diversos materiais. Esta é executada com o objetivo de conduzir as forças atuantes para as camadas em seu interior, diminuindo assim, a ocorrência de possíveis deformações e danos nas fundações, que são ocasionadas pelas pressões aplicadas, sabendo-se que há uma fundação em cada camada da pavimentação, em que essas camadas são constituídas pelo subleito, reforço de subleito, sub-base, base e por fim o revestimento.

De acordo com GONÇALVES (1999), a necessidade de inovações em tecnologia de obras de pavimentação, se deu por meio do significativo aumento de veículos em circulação, devido ao grande volume de pessoas em tráfego. Essas inovações ocorreram desde os planejamentos, projetos, construções, manutenções, monitoramentos até os métodos das pesquisas, elas veem se protagonizando em melhores métodos de durabilidades, e funcionamentos, visando conforto e segurança de seus usufruidores, levando sempre em conta o desperdício mínimo e controlado dos recursos a serem utilizados.

2.1.2. Asfalto

Um dos materiais mais utilizados na execução de pavimentos e mais antigo é o asfalto, que desde a antiguidade vem sendo uma importante solução para a pavimentação, considerada o principal método de revestimento na grande maioria dos países. Estima-se que 95% das pavimentações no Brasil são com revestimento asfáltico, seja nas estradas como nas grandes ruas das cidades. Inúmeros são os motivos para a utilização intensa do

asfalto em pavimentações, destacando-se sua impermeabilização, grande resistência à ação de ácidos, durabilidade, flexibilidade controlada, além de torna possível a união dos agregados, entre outras características importantes (BERNUCCI *et al.*, 2008).

2.1.2.1. Asfalto Flexível

Segundo BALDO (2011), consiste em asfalto flexível, o material utilizado para a execução de revestimento, camada de ligação e capa de rolamento, em que as cargas são absorvidas e acumulam-se nos locais de aplicação, e seguidamente estas se distribuem para as camadas inferiores. Um pavimento flexível, é constituído por camadas que recebem solicitações e devido a isto acabam sofrendo deformações elásticas. A determinação de um pavimento do tipo flexível se dá por meio da utilização de base granulares e misturas betuminosas em sua parte superior (PINTO & PREUSSELER, 2002).

As pavimentações de características flexíveis, são elaboradas com suas camadas inferiores de materiais granulares, e as superiores compostas pelos conjuntos de betuminosas. Em rodovias, os pavimentos estão expostos às ações climáticas e devidas ao tráfego, onde o método das disposições das camadas é o resultante do desempenho do pavimento (PICADO-SANTOS *et al.*, 2008).

O revestimento é a camada que se encontra imediatamente em contato com os veículos, nos pavimentos de característica flexível, este apresenta a função de recebimento e transferência de esforços para a camada inferior, constituído de mistura asfáltica flexível que apresente resistência ao longo de todo o tempo à qual foi projetada, em termos de utilidade, de acordo com JÚNIOR, (2007).

Inúmeras ações influenciam no comportamento do pavimento flexível, em que a temperatura térmica apresenta interferência diretamente na resistência das misturas betuminosas, pois em altas temperaturas, estas misturas passar a se comportar pegajosamente, gerando uma rigidez ineficiente, onde o comportamento natural é do tipo físico-elástico. Já em temperaturas menores, seu comportamento é elástico, ocasionando um pavimento mais rígido. Outro influenciador importante é a água, pois é responsável pelas possíveis deformações nas camadas granulares, e até mesmo nas fundações das pavimentações asfálticas. Sua presença nas camadas de betumes, atua na sua degradação (CUNHA, 2010).

De acordo com BERNUCCI *et al.*, (2008), a mistura que mais se utiliza no Brasil, denomina-se de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), conhecida como concreto asfáltico. A produção do CBUQ, é realizada por meio da mistura de agregados de tamanhos variáveis com o cimento asfáltico, a uma temperatura significativa, garantindo assim uma das suas principais características, que é a viscosidade. O surgimento de trincas, e exsudação da mistura, são problemas sérios relacionados às possíveis modificações nas características ligantes asfálticas.

2.2. RECICLAGEM DO PAVIMENTO

A reciclagem do asfalto, consiste na reutilização do material fresado, que se encontra na camada de rolamento, conhecido como Concreto Asfáltico Fresado (CAF), este é gerado na realização da manutenção dos pavimentos flexíveis. Composto de um conjunto de materiais soltos envolvidos por ligante asfáltico com oxidação, o CAF apresenta uma curva granulométrica com grande quantidade de fino provenientes do processo de fresagem. Esse tipo de material é facilmente encontrado em quantidade significativa no processo de manutenção dos pavimentos, aumentando assim a geração de resíduos em grande escala (KANDHAL, 1997).

O surgimento da reciclagem de pavimentos, se deu após a necessidade de diminuir as agressividades ao meio ambiente, influenciando na economia da utilização dos recursos naturais, e redução de gases que contribuem para o efeito estufa. Um aspecto importante a se analisar é que todo o resíduo gerado na pavimentação tem característica reciclável, com a condição de que não haja a presença de alcatrão ou de fibras de amianto. Tendo isto em vista, a reciclagem de pavimentos com a utilização fresagem nas misturas asfálticas tornou-se um procedimento eficiente (BROSSEAUD, 2011).

Conforme CUNHA (2010), na década de 70 nos Estados Unidos, devido ao alto custo do petróleo, surgiu a reciclagem dos pavimentos, logo em seguida na década de 90, esta tornou-se um método econômico bastante importante, devido relacionar aspectos ambientais e econômicos, resolvendo os problemas que envolviam os recursos não renováveis e deposições finais dos resíduo.

De acordo com BALBO (2004), nos últimos vinte anos, uma solução para a realização de tratamento de bases com aglomerantes hidráulicos, é a utilização de materiais que apresentam grandes módulos de elasticidade incorporados na construção de bases de pavimentações, na tentativa de reduzir as deformações plásticas nos pavimentos

asfálticos. A década de 80 no Brasil, foi marcada pelo grande número de tentativas de métodos para a realização de reciclagens das misturas asfálticas a quente das pavimentações, com o reaproveitamento da fresagem a frio reciclada a quente.

Por meio dos estudos de AGUILAR (2016), obteve-se algumas análises importantes ao se tratar da viabilidade do método do reuso de concreto asfáltico fresado (CAF), na execução de manutenção de uma pavimentação dando origem ao Piso Asfáltico Reciclado (PAR), no intuito de reaproveitamento de 100% de CAF reciclado a quente. Ainda segundo AGUILAR (2015), a partir do material de ensaio disponibilizado pelo DNIT de três locais distintos, e pela avaliação de abrasão, absorção e índice de vazios por meio da reutilização dos materiais fresados, concluiu-se que os ensaios possibilitaram resultados favoráveis para o PAR.

Sabendo-se que o Concreto Asfáltico de Petróleo (CAP) de revestimento do pavimento, apresenta facilidade de degradação devido a oxidação obtida durante sua vida útil, é compreendido que em sua camada superior o teor de oxidação se apresenta em grande quantidade devido a esta fica exposta às intempéries, além de demais fatores contribuintes para modificações do ligante, enrijecendo a mistura betuminosa (FONSECA, 2014). Sendo assim de acordo com BERNUCCI *et al.*, (2010), existem métodos de reciclagem da pavimentação por meio da retirada dessa camada por frenagem, que compreende no corte na camada necessária, em que esse material após a frenagem é usinado à quente com componentes essenciais como por exemplos os aditivos, na intenção de obter melhoramento na capacidade de carga do novo pavimento.

De acordo com as pesquisas de FONSECA (2014), a técnica de reciclagem do pavimento por meio da frenagem, contribui para o meio ambiente, devido reduzir o consumo de materiais e de energia, além de contribuir para a redução do tempo de execução da manutenção adquirindo rendimento financeiro ao reduzir custos em seu processo construtivo, e este método apresenta uma solução de grande importância na destinação dos resíduos que são gerados, que em muitos casos são destinados à locais inapropriados.

São vários os tipos de reciclagem de pavimento, e de acordo com a associação de reciclagem asfáltica dos Estado Unidos os procedimentos se dividem em 3, que são as reciclagens por meio do uso do material fresado na mistura asfáltica reciclada a quente, do uso do material fresado na mistura asfáltica reciclada à frio, e do uso do material

fresado em reciclagem profunda. O primeiro método citado anteriormente, consiste em uma mistura à quente dos materiais que pode ser realizado em usinas ou in loco podendo ou não incluir novos agregados e aditivos rejuvenescentes, o segundo consiste na mistura do material fresado combinado com emulsão asfáltica e agentes químicos, realizada em temperaturas ambientes, e por fim o último processo são acrescentadas camadas do pavimento com as camadas do revestimento asfáltico, podendo ou não adicionar novos materiais (KANDHAL, 1997).

Segundo COSTA (2017), é afirmado que no Brasil o transporte rodoviário contribui negativamente para o meio ambiente, levando em consideração todos os impactos gerados antes, durante e depois da execução de uma rodovia. Além dessas consequências, há a degradação dos pavimentos influenciadas pelas condições climáticas. Diante disto, inúmeras são as vantagens de se realizar a reciclagem dos revestimentos asfálticos, dentre elas, a mais importante são as que beneficiam meio ambiente.

Os procedimentos mais tradicionais de restauração do pavimento consistem em realizar uma aplicação asfáltica nova sobre os pavimentos danificados, após a retirada dos fragmentos superficiais, onde a mistura é aplicada à quente no recapeamento com a presença da fresagem a frio. Porém esses métodos tradicionais fazem uso de materiais retirados do meio ambiente, como agregados e betumes. O recapeamento é um procedimento que requer um alto custo, consumindo tempo, atrapalhando o tráfego, entre outros fatores negativos. Nesse contexto, faz-se necessário um melhor gerenciamento na restauração dos pavimentos, de modo a reduzir os entulhos gerados (COSTA, 2017).

Por meio dos estudos realizados por COSTA (2012), tornou-se possível destacar os principais impactos relacionados com a execução de reciclagem tradicional de pavimentos. Inicialmente ao se tratar do meio biofísico, esses impactos atingem os solos, onde gera degradações, erosões, assoreamento e a desertificação. Já a fauna e a flora, são atingidas através da aceleração de extinção dos animais e espécies de plantas. Com relação ao componente visual, as paisagens naturais sofrem modificações drásticas, tanto pela deposição dos resíduos quanto pela geração de gases gerando poluição do ar, além atingir na grande maioria das vezes os recursos hídricos. No meio antrópico os impactos atingem a economia, saúde e segurança tanto dos trabalhadores quanto da sociedade.

De acordo com MOMM E DOMINGUES (1995), a reciclagem de pavimentos trata-se de realizar o reuso de todo material presente na camada de revestimento, ou parte

dela, como por exemplo a base ou sub-base, onde estes materiais passam por um procedimento de misturas, onde essa mistura pode ser à frio ou à quente, com a incrementação de novos materiais e aditivos. Há muitos anos segundo COSTA (2017), o procedimento de reciclagem era realizado por máquinas antigas, e a maiorias dos equipamentos eram manuais, nos dias atuais esse processo é realizado por meio da utilização de um fresador, porém, o objetivo primordial permanece o mesmo, consistindo em fragmentar, triturar a camada danificada, obtendo-se uma nova camada por meio da reutilização da antiga após todo o procedimento de mistura.

O parâmetro que mais interfere na qualidade dos pavimentos é o tipo de revestimento nele empregado. É a partir de boas características presentes nos materiais da pavimentação, que se pode obter um melhor desenvolvimento do asfalto, tornando possível o surgimento de técnicas de manutenção de rodovias mais eficientes. A realização de reciclagem de pavimento é uma ótima opção quando se trata de economia, pois além de possibilitar mínimas alterações no formato original do terreno, contribuiu para a diminuição de poluentes no meio ambiente (LIMA, 2003).

Na execução de uma pavimentação, o resíduo gerado de maior quantidade é o material obtido por meio da fresagem, presentes nas camadas de revestimento dos pavimentos com acentuados danos. Além desses entulhos, há outro tipo gerado no procedimento de usinagem de asfalto, o refugo, esse é obtido por meio da utilização de métodos inadequados no processo de usinagem das misturas asfálticas, ambos quando depositados em locais inapropriados, acarretam inúmeros problemas ao meio ambiente. Sendo assim, a incorporação desses resíduos em novas misturas asfálticas é geradas vários benefícios econômicos e ambientais (DA ROCHA SEGUNDO, 2016).

Em estudos realizados por DA ROCHA SEGUNDO (2016), na obtenção de análise de diferentes Misturas Asfálticas Recicladas a Quente (MARQ), considerando a utilização de um percentual de material fresado como camada de base e de ligamento asfáltico, chega-se à conclusão de que MARQ nas condições citadas, se apresenta essencial para as pavimentações especiais que constituem CAP de penetração pequena, com a presença de agregados com curva de granulometria densa, que possibilitam resistência à deformação e ao cisalhamento similares. Esse método acarreta vantagens quando se trata de pavimentos com materiais granulométricos finos, reduzindo os danos

por fadiga minimizando as deformações devido às cargas na parte inferior do revestimento.

Através de estudos realizados por LIMA (2003), é constatado que a qualidade da pavimentação depende essencialmente das características apresentadas pelos os agregados utilizados para sua confecção. Atualmente quando se trata de reciclagem de qualquer material, tem uma importância mundial relacionada, tanto com a consciência ambiental, quanto melhoria social e econômica. Diante disto, LIMA (2003) verificou o comportamento mecânico da mistura asfáltica reciclada a quente do concreto betuminoso (CBUQ), incrementado a mistura material fresado de um trecho de pavimento de Fortaleza-CE, chegando-se à conclusão da existência de fatores positivos.

Para a avaliação do controle tecnológico das obras de restauração de pavimentos, SACHET (2007), realizou estudos envolvendo a reciclagem in situ de bases granulares, implementando métodos de análises específicos, aplicados em trechos das rodovias no norte do Rio Grande do Sul, englobando a manutenção e restauração do pavimento, reciclando-se a camada de base com mistura incluindo a camada já existente. Esse procedimento analisado em ensaios de Cone de Penetração Dinâmica (CPD), resultou em características positivas, onde por meio das análises há o surgimento de parâmetros de capacidade de carga dessas camadas recicladas.

A degradação dos pavimentos das rodovias é crescente, devido à deterioração de seus parâmetros físicos, diminuindo assim o seu funcionamento adequado. A falta de manutenção e a alta carga aplicada durante sua vida útil, contribuem para sua danificação, sem contar os danos causados pelas consequências climáticas de cada região. Um meio de controlar a velocidades dos danos, encontra-se no seu processo de execução, por meio da escolha dos seus materiais constituintes, porém além do seu método construtivo influenciar, deve sempre considerar os custos envolvidos, pois o mau gerenciamento dos recursos pode afetar não só a deterioração do pavimento, mas também a economia (SACHET, 2007).

Atualmente é essencial e indispensável a reciclagem de todo e qualquer material, principalmente para o beneficiamento ambiental e econômico. Ao se tratar da reciclagem de pavimentos, leva-se em consideração vários parâmetros, que dependem das especificações de cada projeto, incluindo a profundidade de perfuração para retirada do material degradado, os tipos de materiais presentes na pavimentação, e pelo tipo de

fundação utilizada em sua execução, além da disponibilidade de equipamentos, e local da obra. A execução da reciclagem, é caracterizada pela grande utilização de maquinários enormes, gerando grande produtividade, quando é executada com um bom gerenciamento (SACHET, 2007).

Para a realização de um bom planejamento de reciclagem de pavimentos, que atinja as especificações adequadas para os materiais, faz-se necessário a análise de todos os aspectos envolvidos no projeto. Vale salientar é de grande importância detectar os possíveis obstáculos que podem vir a acontecer no decorrer da execução, onde deve-se obter uma solução imediata, é necessário também que os materiais a serem utilizados possuam boa qualidade e disponibilidade adequada. Os operadores para esse tipo de serviço devem ser bem qualificados, tornando possível a realização de todas as etapas da reciclagem, levando em consideração a segurança que deve sempre estar presente, principalmente ao se trabalhar com betume quente (CUNHA 2010).

Segundo CUNHA (2010), a método de reutilização dos pavimentos vem crescendo significativamente, devido à grande escassez de material para a execução de rodovias, diante disto, é ressaltado que a fresagem torna-se a cada dia uma alternativa essencial para a solução desses problemas. Na intenção de avaliar o comportamento da mistura asfáltica nas camadas de revestimento usinadas a quente, fazendo a utilização de material fresado de uma rodovia brasileira, CUNHA (2010), realizou ensaios laboratoriais, chegando à conclusão de que a mistura asfáltica com fresagem possui alto desempenho ao se comparar com às misturas convencionais.

De acordo com KANDHAL (1997), o procedimento de reciclagem ou reutilização pavimento, se caracteriza como simples e de grande importância, devido a reciclagem dos materiais presentes no pavimento para a obtenção de novos materiais, atingir diretamente os aspectos econômicos, e contribuir para a redução da utilização de recursos naturais, diminuindo assim o descarte incorreto dos resíduos, um dos benefícios da reutilização dos materiais já existentes é a possibilidade de manter a geometria do pavimento durante a execução da obra.

Inúmeros são os benefícios da realização da reciclagem do pavimento, onde os principais são basicamente, a redução de custos diretos e indiretos no processo de execução da construção, a possibilidade de uma melhor conservação dos agregados presentes e dos materiais ligantes, contribuindo para a preservação da geometria do

pavimento existente, além de preservar o meio ambiente, tanto em fauna quanto em flora, sem afetar o tempo de tráfego. Para as empresas rodoviárias, a manutenção dos pavimentos é economicamente viável, pois a qualidade de condução é mantida, a fricção superficial é reduzida, entre inúmeros fatores (KANDHAL, 1997).

Para a obtenção do comportamento mecânico das misturas asfálticas a frio, DAVID (2006), realizou ensaios laboratoriais de resistência à tração por compressão diametral, com a finalidade de reciclagem das camadas de base dos pavimentos, utilizando material fresado envelhecido por meio de emulsão asfáltica catiônica de ruptura lenta, e adição de agente de reciclagem emulsionado. Essa técnica vem sendo altamente utilizada, porém há ainda a ausência de tecnologias padronizadas. Por meio dos resultados dos ensaios, concluiu-se que as misturas a frio contribuem para o aumento de novos espaços na área de reciclagem dos pavimentos, trazendo vantagens econômicas e ambientais.

Em estudos de CENTOFANE (2016), se tratando de misturas asfálticas recicladas a quente, em estudos laboratoriais, avaliando as propriedades mecânicas e de adesividade das misturas, foi levado em consideração a porcentagem de material fresado utilizado na mistura e depois comparado com misturas sem o uso de materiais reciclados. A partir das análises foi detectado benefícios presentes na resistência mecânica, onde verificou-se que a rigidez da mistura com material fresado é maior do que a da mistura convencional, ficando evidente o bom funcionamento do material fresado.

Segundo VILLENA *et al.*, (2017), é evidente o grande valor e importância para a indústria de pavimentação, na utilização de misturas asfálticas com fresagem para reciclagem dos pavimentos, são inúmeras as pesquisas realizadas com relação à utilização da fresagem, no Brasil são utilizados grandes quantidades de fresagem, sendo possível a identificação da grande potencialidade da mistura, porém novas técnicas devem ser buscadas na intenção de melhoramento da mistura, com relação à sua granulometria contribuindo para a redução de sua heterogeneidade.

Com o grande crescimento da geração de resíduos devido às construções civis, a cada ano vem aumentando a busca por novas tecnologias e por materiais recicláveis, para a reutilização em pavimentos. Uma das melhores soluções é a utilização de misturas asfálticas com material fresado, dando destinações finais adequadas aos resíduos gerados na fase de manutenção dos pavimentos, dando origem a novos pavimentos. A utilização desses materiais fresados corresponde a uma contribuição significativa para a

sustentabilidade e economia das indústrias rodoviárias. E por meio da ampliação das tecnologias envolvidas, esse método se apresenta de grande importância para as gerações futuras (VILLENNA *et al.*, 2017).

De acordo com CUNHA (2010), os pavimentos flexíveis em Portugal, correspondem a maior parte da rede rodoviária, porém grandes quantidades destes se apresentam na etapa final de sua vida útil, gerando a cada dia uma preocupação economia e ambiental. Além da técnica tradicional que corresponde a fresagem do material desgastado e na implantação de novas camadas de pavimento, é de grande importância o procedimento de reciclagem desse material fresado. Para a realização dessa técnica é de suma importância análise de cada fase de execução.

Segundo TEIXEIRA (2006), as fases de execução do processo de reciclagem se dão inicialmente pela análise das características do pavimento existente, onde em seguida faz-se os estudos dos materiais presentes na mistura, e por fim é realizado o projeto do pavimento segundo da reciclagem.

Conforme BROSSEAUD (2011), para a realização da preparação dos materiais a serem reciclados à quente, faz-se necessário a realização de estudos preliminares desses materiais, pois essa técnica tem por finalidade realizar a mistura asfáltica dos materiais em conjunto com agregados e ligantes asfálticos, à quente. Há três taxas de reciclagem levando em consideração o percentual de material fresado na mistura asfáltica, em que é considerada taxa fraca com menos de 10% de fresagem, taxa média com variação de 10 a 25%, e taxa forte com mais de 25% desse material.

Para a realização de uma reciclagem com altas taxas de fresagem, necessita-se de realização de uma mistura a quente prolongada para a transferência do material antigo, quando há muita diferença de penetração entre o ligante antigo e o novo, faz-se inevitável a utilização do fenômeno de usinagem dupla, na intenção de obter uma melhor mistura (BROSSEAUD, 2011).

Estudos realizados por GUSMÃO (2008), foram realizados no intuito de analisar o desempenho da resistência mecânica à compressão simples e a tração por compressão diametral do material manuseado em laboratório, por meio de simulação de pavimento flexível reciclado em corpos de provas. Com a realização dos ensaios apresentando tempos de cura diferentes, chega-se à conclusão de que a resistência desses materiais se

apresentou como uma característica positiva para a reciclagem dos pavimentos por meio do método de reutilização da fresagem na mistura asfáltica.

Segundo MOREIRA (2006), a grande geração de resíduos de pavimentos deve ser interrompida, por meio de incentivos de reciclagem utilizando material fresado em camadas estruturais das pavimentações, reaproveitando os materiais provindos das restaurações de camadas de pavimentações flexíveis. Em seus estudos foram realizados ensaios laboratoriais, utilizando uma mistura de material fresado composto de pó de pedra e cimento. Por meio dos resultados constatou-se que a implementação dessa mistura na camada de sub-base torna possível a diminuição de espessuras das demais camadas constituintes do pavimento, sintetizando o emprego de agregados e ligantes betuminosos.

As espessuras das camadas do pavimento influenciam diretamente no consumo de recurso naturais, e nos gastos provenientes do processo executivo, logo, com a utilização do material fresado na mistura asfáltica para a reciclagem do pavimento, além de contribuir para a redução de custos diretos relacionados com a quantidade de material empregado, há a diminuição de custo com o transportes desses materiais na execução da obra, toda essa redução contribui para a diminuição dos possíveis prejuízos no gerenciamento das obras rodoviárias, pois haverá um menor número de veículos transitado nessa fase (MOREIRA, 2006).

Em conformidade com os estudos de VICENZI (2017), a preocupação com a redução de utilização dos recursos naturais vem aumentando com o passar dos anos, tanto nacionalmente quanto a nível internacional, gerando buscas por novas soluções tecnológicas para a redução dos impactos ambientais. Sendo assim, realizou-se um estudo visando identificar a qualidade das misturas asfálticas a quente produzidas com diferentes quantidades de material reciclado. Os resultados obtidos mostraram que quanto maior o consumo de material fresado na mistura asfáltica, maior a resistência a tração, sendo considerado assim um resultado de grande importância para a reciclagem de pavimentos.

Além das condições climáticas, inúmeras são as causas de deterioração dos pavimentos, em que os fatores influenciadores são as espessuras inapropriadas de suporte de tráfego, ineficiência de drenagem, má execução de manutenção das valas, saturação acentuada nas camadas e aparecimentos de fissuração responsáveis pela contribuição da penetração de água nas camadas deixando-as saturadas. Para a realização dos reparos devidos aos fissuramentos, o material mais indicado e eficiente é o Concreto Asfáltico

Usinado À Quente, porém sua disponibilidade não é muita acentuada em muitas regiões, devido a esse material ser preparado em usinas fixas. Sendo assim, desenvolveu-se pequenas usinas melhorando a disponibilidades do emprego da reciclagem do pavimento com mistura de fresagem a quente (DOMINGUES, 2006).

Os estudos de BALBO (2004), foi realizado a análise do grande beneficiamento da utilização de concreto asfáltico usinado a quente, de material fresado em blocos, para uma taxa de 100% de reciclagem, onde verificou-se que o empregos desses materiais acarretam uma redução de custos em casos de aplicação deste em bases asfálticas que apresentam grande índice de elasticidade. Essas misturas obtiveram grande estabilidade Marshall, que corresponde a carga máxima da resistência do corpo de prova, tanto para o módulo de resiliência quanto para a resistência a tração, determinadas por meio de compressão diametral. Comprova-se que os materiais utilizados em 100% de reciclagem, possibilitam um percentual reduzido de um novo ligante na mistura.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Segundo Gil (2008), o presente estudo se classifica como pesquisa bibliográfica, pois seu desenvolvimento é baseado em materiais já existentes, composto essencialmente de artigos científicos e livros, onde não é recomendado a pesquisa de trabalhos oriundo da internet. Quanto ao desenvolvimento no tempo, esta pesquisa se classifica como transversal, por ser um estudo realizado por um curto período (FONTELLES *et al.*, 2009).

Quanto a finalidade, esta pesquisa se caracteriza como básica ou fundamental, devido o objetivo desta, ser de se obter conhecimentos e informações que levam a resultados acadêmicos. Quanto à forma de abordagem se classifica como uma Pesquisa qualitativa, onde esta visa encontrar o entendimento de fenômenos complexos específicos, em profundidade de natureza cultural e social, sem considerar aspectos numéricos (SILVA E MENEZES, 2001).

3.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

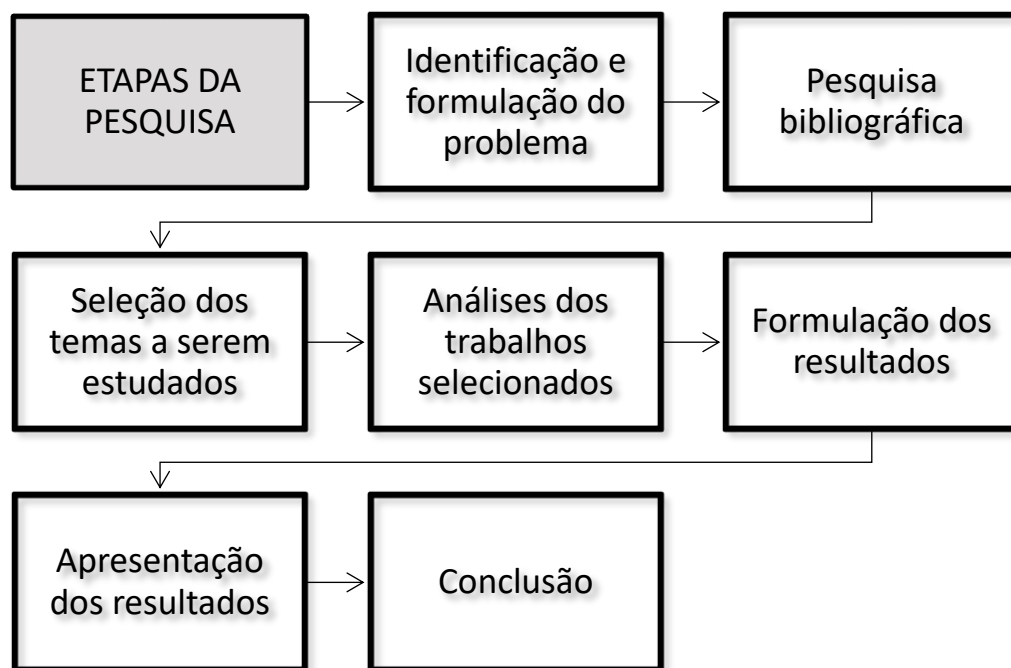
O presente estudo baseia-se no levantamento de pesquisas bibliográficas, sobre o reuso de asfalto para a fabricação de CBUQ, na intenção de se verificar os procedimentos de reciclagem e características atribuídas às novas misturas asfálticas.

De primeira instância, organizou-se um plano de pesquisa, onde por meio de pesquisas bibliográficas foram selecionados os trabalhos que apresentaram conteúdos importantes para auxiliar na realização deste, na intenção de se obter o máximo de conhecimento na área estudada. O estudo baseou-se em livros, revistas, teses e artigos, que tratassem dos métodos de reuso do asfalto.

Seguidamente, realizou-se a análise da importância da reutilização do asfalto, por meio de resultados de estudos realizados, visando o entendimento dos procedimentos de reciclagem, onde por meio destes formulou-se os resultados a serem discutidos neste estudo.

As etapas realizadas no processo deste estudo podem ser visualizadas na Figura 1.

Figura 1- Diagramas das etapas desenvolvidas da pesquisa.



Fonte: Autoria própria (2020)

3.3. NORMAS UTILIZADAS PARA DESENVOLVIMENTO DOS ENSAIOS NAS PESQUISAS EM ESTUDO

No desenvolvimento dos trabalhos em estudo, utilizou-se as seguintes normas para a determinação das propriedades mecânicas:

1. NBR 12025/90- Solo cimento, Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos; este método de ensaio determina a tensão de ruptura à compressão, por meio da razão da carga de ruptura pela área da seção transversal, na qual o resultado deve ser aproximado de 0,01 Mpa.
2. DNER-ME 043 (1995) - Ensaio de Marshall; esta norma técnica expõe os procedimentos para a determinação da estabilidade e da fluência das misturas betuminosas a quente para pavimentação.
3. DNER-ME 133/94 – Misturas Betuminosas, Determinação do módulo de Resiliência; este método de ensaio apresenta a determinação do módulo de resiliência para misturas betuminosas para fabricação da pavimentos flexíveis, o MR é definido como a relação entre a tensão de tração e a deformação a uma dada temperatura.

4. DNER ME 138/94 - Misturas Betuminosas, Determinação da resistência à tração; este método de ensaio apresenta a determinação da resistência à tração por compressão diametral para misturas betuminosas para fabricação da pavimentos flexíveis.
5. DNIT 183/2018 – ME - Pavimentação asfáltica - Ensaio de fadiga por compressão diametral à tensão controlada – Método de ensaio.

A Tabela 1, apresenta alguns valores máximos e mínimo, correspondentes às propriedades mecânicas de acordo com suas respectivas normas.

Tabela 1 – Tolerâncias das Propriedades mecânicas.

Propriedades Mecânicas	Mínimo	Máximo
Teor De Vazios. (%)	3,00	5,00
Estabilidade Marshall. DNER-ME 043/95 (N)	≥ 500	-
Fluência. DNER-ME 043/95 (mm)	2	4,5
Resistência A Tração Por Compressão Diametral 25°C DNER ME 138/94	0,6 A 1,2 Mpa.	

Fonte: Aperfeiçoado pelo autor (2020)

4. RESULTADO E DISCUSSÕES

A partir do conjunto de informações coletados envolvendo o reuso do asfalto para a fabricação de CBUQ, realizou-se o levantamento de dados envolvendo as propriedades a serem adquiridas a partir das novas misturas utilizando material fresado seguida de seus principais resultados de oito trabalhos selecionados. A Tabela 2 apresenta as características de cada um destes.

Tabela 2- Características dos trabalhos estudados.

Nº	AUTOR/ANO	TÍTULO	QUANTIDADE DE MATERIAL RECICLADO	PROPRIEDADE INVESTIGADA	MISTURA
1	DA ROCHA SEGUNDO, Iran Gomes, <i>et al.</i> , (2016)	Misturas asfálticas recicladas a quente com incorporação de elevado percentual de fresado como alternativa para camada de módulo elevado	100%, 75% (fresagem)	Propriedades mecânicas: (<i>Resistência à tração; Módulo de resiliência</i>)	Camada de base e de ligação em pavimentos asfálticos
2	LIMA, André Theophilo (2003)	Caracterização mecânica de misturas asfálticas recicladas a quente	10%, 30% e 50% (fresagem)	Propriedades mecânicas (<i>Resistência à tração; Módulo de resiliência; Vida de fadiga</i>)	Revestimento os asfálticos
3	DA CUNHA <i>et al.</i> , (2018)	Avaliação de concreto asfáltico usinado a quente com incorporação de material fresado	50% e 100% (fresagem)	Propriedades mecânicas (<i>Resistência à tração</i>)	Camadas de rolamento
4	CENTOFANTE (2016)	Estudo laboratorial da utilização de material	10%, 20% e 30% (fresagem)	Propriedades mecânicas (<i>Resistência à</i>	Camadas de base e sub-base

		fresado em misturas asfálticas recicladas à quente		<i>tração; Módulo de resiliência)</i>	
5	MOREIRA (2006)	Contribuição para a reutilização de material fresado em Camadas estruturais de pavimento	100%, e 70% (fresagem)	Propriedades mecânicas <i>(Resistência à tração; Resistência à compressão)</i>	Camadas estruturais de pavimento
6	GUSMÃO (2008)	Evolução temporal da resistência mecânica Em laboratório, de misturas simulando a Reciclagem de pavimento asfáltico com Adição de cimento Portland	40%, 50% e 60% (fresagem)	Propriedades mecânicas: <i>(Resistência à tração; Resistência à compressão; Teores de umidade ótima)</i>	Camadas do pavimento
7	VICENZI (2017)	Análise de propriedades mecânicas de misturas a quente com inserção de diferentes Teores de material asfáltico reciclado	30% e 50% (fresagem)	Propriedades mecânicas <i>(Resistência à tração)</i>	Camadas do pavimento
8	CONCEPA (2015)	Reciclagem de pavimentos flexíveis: estudo da estabilização química e granulométrica de material	70% (fresagem)	Propriedades mecânicas <i>(Resistência à tração; Resistência à compressão; Módulo de resiliência)</i>	Camadas do pavimento

		fresado para uso como camada de pavimento			
--	--	--	--	--	--

Fonte: Autoria própria (2020)

Através da seleção dos temas, notou-se que os oitos apresentam a busca por melhores propriedades mecânicas das misturas asfálticas, onde realizou-se ensaios laboratoriais para a obtenção destes, sendo assim, por meio das características de cada um dos oitos temas, elaborou-se um conjunto dos principais resultados e conclusões, que estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3- Principais Resultados e Conclusões dos trabalhos estudados.

QUANT. DE MATERIAL FRESADO	PRINCIPAIS RESULTADOS	CONCLUSÃO
10%	Segundo os estudos de LIMA, (2003), o volume de vazio da mistura de 4,0%, e relação betume-vazio 77% / Resistência à tração (RT) 1,3 MPa / Módulo de resiliência (MR) 4776 MPa. De acordo com os estudos de CENTOFANTE (2016), obteve-se o módulo de resiliência (MR) com temperatura à 10° para uma frequência de carregamento de 5Hz : 12528 MPa; com temperatura à 25° para uma frequência de carregamento de 5Hz : 5715 MPa; com temperatura à 30° para uma frequência de carregamento de 5Hz : 1641 MPa - Com temperatura à 10° para uma frequência de carregamento de 10Hz : 12528 MPa; com temperatura à 25° para uma frequência de carregamento de 10Hz : 6575 MPa; com temperatura à 30° para uma frequência	Não atende ao estabelecido pelo DNER ME 138/94.

	de carregamento de 10Hz : 2048 MPa - Com temperatura à 10° para uma frequência de carregamento de 25Hz : 14010 MPa; com temperatura à 25° para uma frequência de carregamento de 25Hz : 8665 MPa; com temperatura à 30° para uma frequência de carregamento de 25Hz : 1641 MPa / Resistência à tração (RT) à uma temperatura de 25° : 1,79 Mpa.	
20%	De acordo com os estudos de CENTOFANTE (2016), obteve-se o Módulo de resiliência (MR) com temperatura à 10° para uma frequência de carregamento de 5Hz: 12290 MPa; com temperatura à 25° para uma frequência de carregamento de 5Hz: 5108 MPa; com temperatura à 30° para uma frequência de carregamento de 5Hz: 1981 Mpa - Com temperatura à 10° para uma frequência de carregamento de 10Hz : 12812 MPa; com temperatura à 25° para uma frequência de carregamento de 10Hz : 6755 MPa; com temperatura à 30° para uma frequência de carregamento de 10Hz : 2678 MPa - Com temperatura à 10° para uma frequência de carregamento de 25Hz : 14673 MPa; com temperatura à 25° para uma frequência de carregamento de 25Hz : 7895 MPa; com temperatura à 30° para uma frequência de	Não atende ao estabelecido pelo DNER ME 138/94.

	carregamento de 25Hz : 1981 MPa / Resistência à tração (RT) à uma temperatura de 25° : 2,08 MPa.	
30%	Segundo os estudos de LIMA, (2003) o volume de vazio da mistura de 4,4%, e relação betume-vazio 72 / Resistência à tração (RT) 1,3 MPa/ Módulo de resiliência (MR) 7524 MPa. De acordo com os estudos de CENTOFANTE (2016), obteve-se o Módulo de resiliência (MR) com temperatura à 10° para uma frequência de carregamento de 5Hz : 11691 MPa; com temperatura à 25° para uma frequência de carregamento de 5Hz : 6405 MPa; com temperatura à 30° para uma frequência de carregamento de 5Hz : 2366 MPa - Com temperatura à 10° para uma frequência de carregamento de 10Hz : 13429 MPa; com temperatura à 25° para uma frequência de carregamento de 10Hz : 7506 MPa; com temperatura à 30° para uma frequência de carregamento de 10Hz : 3020 MPa - Com temperatura à 10° para uma frequência de carregamento de 25Hz : 14460 MPa; com temperatura à 25° para uma frequência de carregamento de 25Hz : 8525 MPa; com temperatura à 30° para uma frequência de carregamento de 25Hz : 2366 Mpa / Resistência à tração (RT) à uma temperatura de 25° : 2,36 MPa	Não atende ao estabelecido pelo DNER ME 138/94.

	Através dos estudos de VICENZI (2017), obteve-se a Resistência à tração (RT): 1,61 MPa	
40%	Segundo GUSMÃO (2008), obteve-se a Resistência à compressão: $\approx 0,21$ MPa, Resistência à Tração: $\approx 0,41$ MPa, Teores de umidade ótima: 8,50%	Não atende ao estabelecido pelo DNER ME 138/94.
50%	Segundo os estudos de LIMA, (2003) o volume de vazio da mistura de 3,7%, e relação betume-vazio 76 / Resistência à tração (RT) 1,6 MPa / Módulo de resiliência (MR) 8901 MPa. De acordo com os estudos de DA CUNHA <i>et al.</i>, (2018), obteve-se a Resistência à Tração: 1,38 MPa - observou-se que os valores encontrados foram satisfatórios para ambos os tipos de misturas avaliadas no estudo. Ainda, é possível ressaltar que as resistências encontradas estão coerentes com os valores típicos verificados em corpos de provas de recém-moldados de misturas asfálticas. Essas misturas apresentam valores médios de resistência à tração situados entre 0,5 MPa e 2,0 MPa Segundo GUSMÃO (2008), obteve-se Resistência à compressão: $\approx 0,22$ MPa, Resistência à Tração: $\approx 0,39$ MPa Teores de umidade ótima: 7,40% Através dos estudos de VICENZI (2017), obteve-se a Resistência à tração (RT): 1,76 MPa.	Não atende ao estabelecido pelo DNER ME 138/94.

60%	Segundo GUSMÃO (2008), obteve-se Resistência à compressão $\approx 0,20$ MPa, Resistência à Tração: $\approx 0,37$ MPa, Teores de umidade ótima: 6,80%.	Não atende ao estabelecido pelo DNER ME 138/94.
70%	Segundo MOREIRA (2006), o Teor ótimo de umidade: $w=7\%$, o valor de compressão ao longo do tempo foi de aproximadamente 3 MPa com um percentual de 6% de cimento na mistura, e a tensão de tração aproximadamente de 0,45 MPa. Conforme CONCEPA (2015), a Resistência à compressão simples (RCS): aproximadamente 0,0116 MPa com apenas 3 dias de cura, aproximadamente 1,03 MPa com apenas 7 dias de cura, aproximadamente 1,27 MPa com apenas 28 dias de cura. Resistência à tração (RT): aproximadamente 0,22 MPa para um tempo de cura de 7 dias, e aproximadamente 0,28 MPa para um tempo de cura de 28 dias. Módulo de Resiliência (MR): aproximadamente 6122 MPa para um tempo de cura de 7 dias, e aproximadamente 7154 MPa para um tempo de cura de 28 dias. Nota-se que, dos 7 para os 28 dias houve um acréscimo de rigidez de 16%, ou seja, amostra elevou sua resistência em 27% e a rigidez em 16.	Não atende ao estabelecido pelo DNER ME 138/94.

75%	Por meio dos estudos de DA ROCHA SEGUNDO, <i>et al.</i>, (2016), obteve-se o Módulo de Resiliência (MR): 14487 MPa / Resistência à Tração (RT): 2,9 MPa, mistura do material fresado e com brita - Módulo de Resiliência (MR): 14812MPa / Resistência à Tração (RT): 2,9 MPa, mistura do material fresado e com refugo.	Não atende ao estabelecido pelo DNER ME 138/94.
100%	Por meio dos estudos de DA ROCHA SEGUNDO <i>et al.</i>, (2016), obteve-se o Módulo de Resiliência (MR): 16003 MPa / Resistência à Tração (RT): 3,1 MPa. De acordo com os estudos de DA CUNHA <i>et al.</i>, (2018), obteve-se a Resistência à Tração: 1,38 MPa – observou-se que os valores encontrados foram satisfatórios para ambos os tipos de misturas avaliadas no estudo. Ainda, é possível ressaltar que as resistências encontradas estão coerentes com os valores típicos verificados em corpos de provas de recém-moldados de misturas asfálticas. Essas misturas apresentam valores médios de resistência à tração situados entre 0,5 MPa e 2,0 MPa. Segundo MOREIRA (2006), o Teor ótimo de umidade: $w=5,5\%$, o valor de compressão ao longo do tempo foi de aproximadamente 1,5 MPa com um percentual de 6% de cimento na mistura,	Não atende ao estabelecido pelo DNER ME 138/94.

	e a tensão de tração aproximadamente de 0,20 MPa.	
--	---	--

Fonte: Autoria própria (2020)

Por meio do apresentado, observou-se que com o aumento do teor de material fresado há um aumento considerável das RT e das RCS nas misturas asfálticas, porém não atende aos teores máximos estabelecidos pelas suas respectivas normas, visto que, para se alcançar a resistência à tração no intervalo estabelecido é uma desafio. Já os valores do MR se apresentaram crescente implicando no aumento da rigidez do material, em que para algumas misturas houve também o aumento na vida de fadiga.

5. CONCLUSÃO

Neste presente estudo verificou-se a grande importância da reutilização do asfalto para a fabricação de CBUQ, levando em consideração estudos realizados na área, em que se obtiveram resultados significantes das propriedades mecânicas das misturas asfálticas em estudo. Diante dos resultados apresentados, notou-se que quanto maior a quantidade de material fresado na mistura asfáltica, maior a contribuição para as propriedades em análises, implicando assim, no melhoramento da rigidez dos asfaltos.

Tendo em vista a grande necessidade de utilização de recursos naturais para a execução de obras asfálticas, este trabalho proporciona o conhecimento da possibilidade de reutilização de asfalto para a fabricação de novos, diminuindo custos envolvidos, assim como reduzindo impactos ambientais, visto que, obras de pavimentações asfálticas são em geral obras de grande extensão e em consequência disto, são causadoras de grandes desmatamentos.

Por fim, este estudo possibilita à evolução do conhecimento na reutilização do asfalto para a fabricação de CBUQ, por meio da realização de novos ensaios incorporando outros materiais recicláveis juntamente com o material fresado nas misturas asfálticas, no intuito do melhoramento de suas propriedades mecânicas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR, Gildeci Souza; DE GÓES PADULA, Flávio Renato; MARTINS, Claudio José. **Blocos intertravados em concreto asfáltico reciclado à quente contribuição para o estudo de viabilidade técnica.** In: *Seminário de Discentes dos Programas de Pós-Graduação Stricto Sensu*. 2016.

BALBO, José Tadeu; BODI, Janos. **Reciclagem a quente de misturas asfálticas em usinas:** alternativa para bases de elevado módulo de elasticidade. In: *XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET), Florianópolis-SC*. 2004.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica**. 1. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

BERNUCCI et al., **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros.** – Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2008. 504 p.

BROSSEAUD, Yves. **Reciclagem de misturas asfálticas:** Evolução após 20 anos e a situação atual na França. 2011

CENTOFANTE, Roberta, *et al.* **Estudo Laboratorial da Utilização de Material Fresado em Misturas Asfálticas Recicladas a Quente.** 2016.

CONCEPA - CONCESSIONÁRIA DA RODOVIA OSÓRIO-PORTO ALEGRE S/A, EMPRESA CONTROLADORA: TRIUNFO PARTICIPAÇÕES E INVESTIMENTOS. **Reciclagem de pavimentos flexíveis: estudo da estabilização química e granulométrica de material fresado para uso como camada de pavimento:** Relatório técnico - Pesquisa RDT CONCEPA/ANTT. Porto Alegre, RS, 2015.

COSTA, Clauber, *et al.* **O uso de reciclagem de pavimentos, como alternativa para o desenvolvimento sustentável em obras rodoviárias no Brasil.** *Revista Traços*, 2017, 12.26.

CUNHA, Célia Melo. **Reciclagem de pavimentos rodoviários flexíveis:** diferentes tipos de reciclagem. 2010. Tese de Doutorado.

DA CUNHA, Cristiane Bolina. **Avaliação de concreto asfáltico usinado a quente com incorporação de material fresado.** *Revista Matéria*, 23.3, 2018.

DA ROCHA SEGUNDO, Iran Gomes, et al. **Misturas asfálticas recicladas a quente com incorporação de elevado percentual de fresado como alternativa para camada de módulo elevado.** *TRANSPORTES*, 2016, 24.4: 85-94.

DAVID, Daniela de. **Misturas asfálticas recicladas a frio:** estudo em laboratório utilizando emulsão e agente de reciclagem emulsionado. 2006.

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. DNER-ME 043/1995: misturas betuminosas a quente - ensaio de Marshall. Rio de Janeiro. 1995

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1994) Método de Ensaio DNER-ME

133/94. Misturas Betuminosas – Determinação do Módulo de Resiliência. Rio de Janeiro, 1994.

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1994) Método de Ensaio DNER-ME 138/94. Misturas Betuminosas – Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral. Rio de Janeiro, 1994.

DNIT - Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. 183/2018 – ME - Pavimentação asfáltica - Ensaio de fadiga por compressão diametral à tensão controlada – Método de ensaio. 2018.

DOMINGUES, Marcelo Pezutti; BALBO, José Tadeu. **Estudo de características de misturas asfálticas recicladas a quente com o emprego de usinas transportáveis de pequeno porte.** In: *20º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes. Brasília.* 2006.

FONSECA, Jessica Freire, et al. **O estado da arte sobre uso de reciclado de pavimento asfáltico na pavimentação no Brasil e no mundo.** In: *Congresso de Pesquisas e Ensino em Transportes, Curitiba, PR.* 2014.

FONTELLES, Mauro José et al. Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa. **Revista Paraense de Medicina**, v. 23, n. 3, p. 1-8, 2009.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

GONÇALVES, Fernando Pugliero. **O desempenho dos pavimentos flexíveis.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS, 1999

GUSMÃO, Claudia Betine, et al. **Evolução temporal da resistência mecânica em laboratório, de misturas simulando a reciclagem de pavimento asfáltico com adição de cimento Portland.** 2008.

JÚNIOR, Litercílio Queiroz Barreto et al. **Avaliação do Comportamento do Ligante Asfalto-Borracha e de Fibras Naturais em Misturas Asfálticas Descontínuas.** Seminário Estudantil de Produção Acadêmica, v. 10, n. 1, 2007.

KANDHAL, P. S.; MALLICK, R. B. FHWA **Pavement Recycling Guidelines for State and Local Governments.** Federal Highway Administration, U. S. Department of Transportation. FHWA-SA-98-042. Washington, 1997.

KLINSKY, Luis Miguel Gutiérrez; FABBRI, Glauco Tulio Pessa. Reaproveitamento da areia de fundição como material de base e sub-base de pavimentos flexíveis. *TRANSPORTES*, 2009, 17.2.

LIMA, André Theophilo. **Caracterização mecânica de misturas asfálticas recicladas a quente.** Fortaleza: *Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal do Ceará*, 2003.

MOMM, Leto; DOMINGUES, F. A. A. **Reciclagem de pavimentos à frio in situ superficial e profunda.** In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 29., 1995, Cuiabá, 1995.

MOREIRA, J. P. M. V.; CORREIA, A. Gomes; PEREIRA, Paulo AA. **Contribuição para a reutilização de material fresado em camadas estruturais de pavimento**. 2006.

NBR 12025/90 – Solo-Cimento - Ensaio de Compressão Simples de Corpos-de-Prova Cilíndricos.

Picado-Santos, L.; Branco, F.; Pereira, P. - **Pavimentos Rodoviários**. Almedina, Coimbra, 2008. (Picado-Santos et al., 2008).

PINTO, SALOMÃO; PREUSSLER, ERNESTO, **Pavimentação Rodoviária – Conceitos**

PRATES, M.; SANTO, T. **Manual de concepção de pavimentos para a rede rodoviária nacional**. *Curso de Formação Avançado JAE/IST*, 1996.

SACHET, Taís, *et al.* **Controle tecnológico de obras rodoviárias envolvendo a reciclagem in situ de bases granulares de pavimentos asfálticos**. 2007.

SANTOS, Agnaldo A. A. dos, *et al.*, **Reciclagem de Pavimento Flexível a Frio com Adição de Aglutinante Hidráulico, Estudo de Caso** - Revista Eletrônica Multidisciplinar UNIFAXEAR. Acessado em 28 de Novembro de 2019 < [http://revista.facear.edu.br/artigo/\\$/reciclagem-de-pavimento-flexivel-a-frio-com-adicao-de-aglutinante-hidraulico-estudo-de-caso](http://revista.facear.edu.br/artigo/$/reciclagem-de-pavimento-flexivel-a-frio-com-adicao-de-aglutinante-hidraulico-estudo-de-caso)>

Silva, Edna Lúcia da. e Menezes, Estera M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3ª ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

SINDICATO, DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL; CEARÁ-SINDUSCON-CE, D. O. **Manual sobre resíduos sólidos da Construção Civil**. 2011.

TEIXEIRA, Miguel Sérgio Miguéns Rufino da, *et al.* **A utilização de espumas de betume na reciclagem de pavimentos flexíveis**. 2006.

VICENZI, Junior Rodrigo. **Análise de propriedades mecánísticas de misturas a quente com inserção de diferentes teores de material asfáltico reciclado**. 2017.

VILLENA, Joe, *et al.* **Misturas asfálticas recicladas à quente: aspectos relevantes discutidos na literatura**. 2017