

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

ALEXANDRE DA SILVA CARDOSO

VANESSA FABÍOLA FEDERIZZI

**O USO DE VIAS PAVIMENTADAS COM CONCRETO ASFÁLTICO COMO FONTE
ALTERNATIVA DE ENERGIA: APLICAÇÃO DO EFEITO SEEBECK**

CASCADEL-PR

2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

ALEXANDRE DA SILVA CARDOSO

VANESSA FABÍOLA FEDERIZZI

**O USO DE VIAS PAVIMENTADAS COM CONCRETO ASFÁLTICO COMO FONTE
ALTERNATIVA DE ENERGIA: APLICAÇÃO DO EFEITO SEEBECK**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Professor Orientador: Me. Eng. Agrícola
Maurício Medeiros**

CASCADEL-PR

2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

ALEXANDRE DA SILVA CARDOSO

VANESSA FABÍOLA FEDERIZZI

**O USO DE VIAS PAVIMENTADAS COM CONCRETO ASFÁLTICO COMO FONTE
ALTERNATIVA DE ENERGIA: APLICAÇÃO DO EFEITO SEEBECK**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Professor Me. Eng. Agrícola Maurício Medeiros.

BANCA EXAMINADORA

Orientador Professor **Mestre Maurício Medeiros**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Agrícola

Professor **Esp. Lincoln Salgado**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Civil

Professor **Mestre Gilson Debastiani**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Físico

Cascavel, 28 de novembro de 2017.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus filhos e minha esposa, pelo amor infinito e
compreensão, fontes de minha eterna motivação.

DEDICATÓRIA

Dedico esta, bem como todas as minhas demais conquistas, aos meus amados pais, sem vocês nada disso seria possível. Obrigada pelo apoio, carinho e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pois permitiu que na estrada da vida, colocou em meu caminho pessoas que souberam me compreender mesmo quando tudo parecia incompreensível, que me apoiaram quando estive fraco, que me bateram quando preciso e me fizeram um afago quando necessário, as pessoas que me ensinaram e também aprenderam comigo, me motivaram nos momentos de tristezas e sorriram comigo nos momentos de alegria, agradeço por aquelas pessoas que acreditaram em mim e neste trabalho e também por aquelas não acreditaram, pois me deram força para seguir em frente e mostrar que estava certo.

Obrigado ao prof. Maurício que acreditou neste projeto, à Vanessa Federizzi que desde os primeiros dias de curso sempre estivemos juntos compartilhando ensinamentos e a todos os professores que com carinho reconheço as suas contribuições.

A minha esposa Ivone e meus filhos Renan e Isadora, muito obrigado pela compreensão, carinho e respeito.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois sem ele nada seria possível.

Aos meus pais, Valmor e Vanderlea, do fundo do meu coração, pela educação, ensinamentos e princípios que me proporcionaram, por todo amor e incentivo que sempre demonstraram durante minha vida.

A minha irmã, Natiely, pela força, cumplicidade e por sempre acreditar no meu potencial.

Ao meu namorado, Rafael Limas, por todo cuidado, atenção, amor e tempo dedicados a mim, por todo incentivo e principalmente pela paciência durante a execução deste estudo.

A todos os professores que participaram da minha formação acadêmica, em especial ao professor Mauricio Medeiros, pela sua dedicação e conhecimentos compartilhados.

Ao Alexandre Cardoso, pelos ensinamentos e amizade em todos os momentos durante a vida acadêmica.

À empresa Rodovia das Cataratas, em especial a equipe de laboratório de pavimentação: Marcos, Davi, Amarildo, Souza e Erics pela disposição e aprendizado que me proporcionaram.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram para que esta etapa da minha vida fosse concluída com êxito.

EPÍGRAFE

“Na natureza, nada se cria, nada se perde, tudo se transforma.”

Antoine Lavoisier.

RESUMO

A matriz energética brasileira é apresentada e contextualizada na necessidade de se obter novas fontes de energia com baixo índice de emissão de poluentes, sendo assim, o presente trabalho consiste em expor um estudo de geração de energia elétrica, com base no efeito *Seebeck*, aplicando este, às vias pavimentadas com concreto asfáltico. Para tal, confeccionaram-se corpos de prova com diferentes tipos de ligantes, a fim de representar o revestimento do pavimento em estudo, com a inserção de termopares e através da simulação da carga térmica que um pavimento recebe ao longo do dia, foi possível obter uma relação entre a temperatura superficial do pavimento e as temperaturas das camadas internas do revestimento, bem como as tensões geradas e a caracterização da propagação da energia térmica no interior dos corpos de prova. Os resultados apresentam uma tensão máxima gerada nos corpos de prova, que variam de $-0,4\text{mV}$ a $0,6\text{mV}$, concluindo assim que é plenamente possível a obtenção de energia elétrica através da aplicação dos conceitos preconizados pelo efeito *Seebeck*, fazendo uso de termopares inseridos no revestimento asfáltico, o que poderá contribuir para a expansão da matriz energética.

Palavras Chave: Efeito Seebeck; Termogeração; Asfalto; Termopar.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Participação por fonte na expansão da capacidade instalada de geração de energia elétrica.....	15
Figura 2: Fluxo da energia elétrica no Brasil.	16
Figura 3: Consumo Anual de Energia Elétrica.	17
Figura 4: Experimento de Seebeck de 1821.....	20
Figura 5: Resistividade dos materiais.	23
Figura 6: Condutividade de fios de cobre.	25
Figura 7: Tipos de termopares.....	26
Figura 8: Corte transversal de um pavimento.	31
Figura 9: Espessura mínima de revestimentos betuminosos.....	32
Figura 10: Temperatura média do ar, temperatura superficial interna e externa.	40
Figura 11: Mapa geológico e geomorfológico do Paraná.	42
Figura 12: Características do CAP 50/70.....	43
Figura 13: Características do CAP 60/85.....	43
Figura 14: Características do CAP Borracha.	43
Figura 15: Termopar tipo K	44
Figura 16: Agregado em estufa para secagem.	45
Figura 17: Dosagem do concreto asfáltico.....	45
Figura 18: Mistura do material pétreo com o material betuminoso.	46
Figura 19: Compactação do corpo de prova.	47
Figura 20: Aplicação de emulsão para a união das camadas.	47
Figura 21: Termo-higrômetro Minipa modelo MT-240.....	49
Figura 22: Termômetro infravermelho Minipa modelo MT320.....	50
Figura 23: Soprador Térmico.....	50
Figura 24: <i>FieldLogger</i> Novus.....	51
Figura 25: Tripé e soprador térmico.....	53
Figura 26: <i>Datalogger</i> durante ensaio.....	54
Figura 27: Registro de temperatura e tensão durante os ensaios	54

Figura 28: Curva de temperatura CAP 50/70.....	56
Figura 29: Tensão gerada por camada	57
Figura 30: Curvas de temperatura CAP 60/85	58
Figura 31: Curva de tensão – CAP 60/85.....	59
Figura 32: Curva de temperatura CAP Tyreflex.....	60
Figura 33: Curva de tensão CAP <i>Tyreflex</i>	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Albedo de alguns elementos.....	35
Tabela 2: Coeficientes de difusividade térmica.	36
Tabela 3: Emissividade de alguns elementos.....	37
Tabela 4: Medições para determinar o tempo de propagação térmica.....	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Composição dos termopares.	27
Quadro 2: Especificações técnicas do Termo-higrômetro.	48
Quadro 3: Especificações técnicas do termômetro infravermelho.....	49
Quadro 4: Potência gerada por camada em 1m ²	62

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Equação do calor de Joule.....	18
Equação 2: Calor de Thomson	19
Equação 3: Calor de Peltier.....	20
Equação 4: Tensão gerada pela diferença de temperatura e do coeficiente de Seebeck.	21
Equação 5: Equação da Variação de temperatura	21
Equação 6: Equação do coeficiente de Seebeck	21
Equação 7: Tensão gerada pela diferença de temperatura e do coeficiente de Seebeck.	22
Equação 8: Lei de Ohm.....	22
Equação 9: Lei de Ohm aplicada a diferença de temperatura.....	22
Equação 10: Potência elétrica	22
Equação 11: Potência elétrica aplicada a diferença de temperatura	23
Equação 12: Condutibilidade percentual	24
Equação 13: Potência Gerada.....	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BEN - Balanço Energético Nacional

DER – Departamento de Estradas de Rodagem

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

EPE - Empresa de Pesquisas Energéticas

MME - Ministério de Minas e Energia

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	10
1.1 INTRODUÇÃO	10
1.2 OBJETIVOS	11
1.2.1 Objetivo geral.....	11
1.2.2 Objetivos específicos	11
1.3 JUSTIFICATIVA.....	11
1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	13
1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE	13
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	13
CAPÍTULO 2	14
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1.1 Necessidade energética	14
2.1.2 Efeitos Termoelétricos	18
2.1.3 Resistividade elétrica dos materiais	23
2.1.4 Termopares.....	25
2.1.5 Classificação dos pavimentos	28
2.1.6 Vias pavimentadas com revestimento asfáltico	30
2.1.7 Camadas das vias pavimentadas	30
2.1.8 Concreto asfáltico.....	32
2.1.9 Aspectos térmicos do concreto asfáltico	35
2.1.10 Transmissão de calor.....	37
2.1.11 Curva de temperatura durante um dia típico	40
CAPÍTULO 3	41
3.1 METODOLOGIA	41

3.1.1	Tipo de estudo e local de pesquisa.....	41
3.1.2	Caracterização da amostra.....	41
3.1.3	Confecção dos corpos de prova.....	44
3.1.4	Instrumentos e procedimentos para coleta de dados.....	48
3.1.5	Execução dos ensaios.....	53
CAPÍTULO 4.....		55
4.1	RESULTADOS.....	55
4.1.1	Ensaio CAP 50/70.....	55
4.1.2	Ensaio CAP 60/85.....	58
4.1.3	Ensaio CAP <i>Tyreflex</i>	60
4.1.4	Análise dos dados.....	61
CAPÍTULO 5.....		63
5.1	CONCLUSÃO.....	63
REFERÊNCIAS.....		65
6	ANEXO 01: Projeto de mistura asfáltica CBUQ Faixa C CAP 50/70.	68
7	ANEXO 02: Projeto de mistura asfáltica CBUQ Faixa C CAP 60/85.	86
8	ANEXO 03: Projeto de mistura asfáltica CBUQ Faixa C CAP Borracha.	104

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

Com a evolução tecnológica que se vive diariamente, percebe-se que cada vez mais nos tornamos dependentes de energia elétrica. Porém, existe uma grande preocupação mundial, pela conservação do meio ambiente e a busca incessante por novas fontes de energia que causem menor impacto ambiental, de forma a contrapor a escalada de consumo (SILVA *et al.* 2017).

Assim sendo, tornou-se primordial buscar fontes alternativas de energia àquelas atualmente utilizadas em larga escala, se não de forma a substituí-las, pelo menos tentar reduzir seu impacto como forma complementar de geração, tais como a geração eólica, geração solar, através de células fotovoltaicas, e até mesmo a energia das marés ou das ondas do mar. Como afirmam Dupont, Grassi e Romitti (2015), a utilização de fontes renováveis de energia não é um tema recente, porém a crescente demanda por novas alternativas energéticas, e principalmente sustentáveis, fez-se necessário, novas pesquisas e estudos na área, propondo inovações e avanços tecnológicos para um aproveitamento mais eficiente destas fontes.

Uma das formas possíveis de geração de energia elétrica é através do aproveitamento dos fenômenos térmicos conhecidos, em especial o efeito *Seebeck*. Este efeito preconiza que quando um par de metais distintos, unidos e submetidos a uma carga térmica, surgirá em seus extremos uma diferença de potencial (SANTOS, 2010).

O efeito *Seebeck*, observado pela primeira vez em 1821, pelo físico *Thomas Johann Seebeck* surgiu após a união de um fio de cobre com um de bismuto para formar um circuito elétrico e percebeu que ao aquecer um dos lados da junção ocorria um fenômeno ao qual ele denominou de termomagnetismo. O campo magnético ao qual ele detectou era oriundo da corrente elétrica que surgira com a alteração da temperatura (SANTOS, 2010).

No mercado atual, existem muitos módulos termoelétricos, alguns baseados na utilização de semicondutores, outros, os chamados termopares (que são apenas junções de dois metais diferentes) normalmente utilizados como sensores de temperatura.

Partindo dessas proposições, o trabalho apresentado é um estudo de caso que visa obter esta diferença de potencial, combinando a capacidade de transformação de energia térmica em energia elétrica (descrita pelo efeito *Seebeck*), com a característica de acumulação

de energia térmica que o concreto asfáltico apresenta, propondo a utilização de vias pavimentadas com concreto asfáltico como uma fonte alternativa às existentes, tornando assim estas vias um potencial gerador de energia elétrica e uma forma de contribuição da área de Engenharia Civil para o desenvolvimento tecnológico sustentável.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar a possibilidade de geração de energia elétrica baseada no efeito *Seebeck*, com corpo de prova de concreto asfáltico.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar por quanto tempo deverá ser fornecida a energia térmica ao corpo de prova;
- Determinar o potencial de geração dos corpos de prova de concreto asfáltico com diferentes tipos de ligantes;
- Verificar a variação de temperatura em diferentes espessuras do pavimento;

1.3 JUSTIFICATIVA

É fato de o acesso aos serviços de energia é imprescindível para as sociedades modernas, desse modo, todo país busca elaborar, em um processo contínuo, estratégias para assegurar seu abastecimento energético. A energia tornou-se ingrediente essencial para a vida cotidiana, no consumo em residências, nas indústrias, no transporte e no lazer, permitindo um nível cada vez maior de bem estar à sociedade. Porém, prover energia torna-se um processo complexo ao envolver interesses políticos, econômicos, sociais e geopolíticos (QUEIROZ e BOTELHO, 2010).

Estando praticamente saturada a matriz energética de vários países do mundo, buscase cada vez mais fontes de energia limpa, livres da emissão de carbono ou que pelo menos emitam volumes aceitáveis deste, tornando-se assim as chamadas fontes verdes de energia (TAGLIANI, 2013)

Em paralelo ao aumento da demanda energética e da possibilidade de redução da oferta de combustíveis fósseis, assim como a crescente preocupação com a preservação do meio ambiente, Dupont, Grassi e Romitti (2015), destacam que o interesse comum da sociedade em modificar este cenário vem impulsionando a comunidade científica a pesquisar e desenvolver estratégias para o aproveitamento de fontes alternativas de energia, menos poluentes, renováveis e que reduzam o impacto ambiental.

São poucas as formas de geração de energia em que não haja um acréscimo na emissão de carbono, pois as hidroelétricas emitem carbono na sua construção, nas áreas de floresta inundadas e áreas de plantio inutilizadas, assim como a própria energia fotovoltaica que requer certo volume de carbono emitido para a construção das células de silício que farão a transformação dos fótons em energia elétrica.

Apresentar mais uma alternativa para a geração de energia elétrica, definindo outra utilização possível para o betume - que é um subproduto do refino do petróleo -, além da conhecida na pavimentação de vias de rodagem, é o que se pretende com este trabalho. Aproveitando o grande potencial que o Brasil apresenta na geração de eletricidade através da energia solar. Por exemplo, a região menos ensolarada do Brasil possui radiação solar 40% maior que a região mais ensolarada da Alemanha, país líder em aproveitamento da energia solar (SCHEIDT e BRAUN, 2017).

Este trabalho não tem a pretensão de apresentar uma forma de energia totalmente livre da emissão de carbono, mas apresentar uma forma de aproveitar os materiais existentes que já geram suas próprias quantidades de carbono dentro das finalidades as quais estes se destinam. Portanto, não aumentando o consumo destes materiais utilizando-os em novas aplicações, mas acrescentando a geração de energia como um ganho extra, pois além das vias pavimentadas, estas passam a gerar energia de forma a contribuir para a expansão da matriz energética.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

É possível o uso de vias pavimentadas com concreto asfáltico como fonte alternativa de energia através da aplicação do efeito *Seebeck*?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

A possibilidade de produção de energia elétrica através do nível de radiação térmica incidida sobre as vias pavimentadas com concreto asfáltico, com base no efeito *Seebeck*, fazendo uso de termopares, tornando esta uma forma alternativa de produção de energia às atualmente existentes.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa desenvolvida neste trabalho trata-se de um estudo de caso restrito ao meio laboratorial. Tanto a confecção dos corpos de prova quanto à inserção dos termopares nos mesmos foram realizados nas instalações do laboratório da empresa Rodovia das Cataratas S.A. em Cascavel – PR.

Posteriormente, no laboratório de energias renováveis do Centro Universitário Assis Gurgacz, foram realizados ensaios simulando a carga térmica que um pavimento recebe ao longo do dia, obtendo-se assim uma relação entre a temperatura superficial do pavimento e as temperaturas das camadas internas do revestimento, bem como a caracterização da propagação da energia térmica no interior dos corpos de prova.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Necessidade energética

O consumo de energia elétrica vem crescendo cada vez mais, principalmente devido à evolução tecnológica e o uso intensivo da eletrônica (BEN, 2016). Esse fator é claramente constatado observando-se o Balanço Energético Nacional – BEN, de 2016.

O Brasil dispõe de um órgão para o auxílio governamental denominado Empresa de Pesquisas Energéticas – EPE, ligada ao Ministério de Minas e Energia – MME. O qual é responsável, dentre outras coisas, por elaborar o Balanço Energético Nacional – BEN, que apresenta de forma bastante elucidativa um resumo das energias utilizadas no país, estratificando-as por fonte, consumo de energia por setor, comércio externo de energia, recursos e reservas energéticas além de muitas outras (BEN 2016).

2.1.1.1 Matriz energética brasileira

Entende-se por matriz energética toda fonte de energia que se destina ao desenvolvimento e crescimento de uma nação, inclui-se nesta matriz como fazendo parte das principais fontes de energia, segundo consta no BEN (2016), ano base 2015: o petróleo, o gás natural, o carvão mineral, a energia hidroelétrica, a energia eólica, o biodiesel e produtos de cana. Mas são abordadas ainda outras fontes como a biomassa, a solar e a nuclear.

Dentro dos estudos apontados pelo BEN (2016), a produção de energia elétrica a partir de fontes eólicas alcançou, em 2015, o montante de 21.626GWh, o que equivale a um crescimento de 77,1% em relação ao ano anterior quando o volume gerado era da ordem de 12.210GWh, expandindo-se também a potência instalada de geração em cerca de 56%, registrando-se um aumento no parque eólico nacional de cerca de 2.745MW de potência instalada, alcançando 7.633MW ao término de 2015.

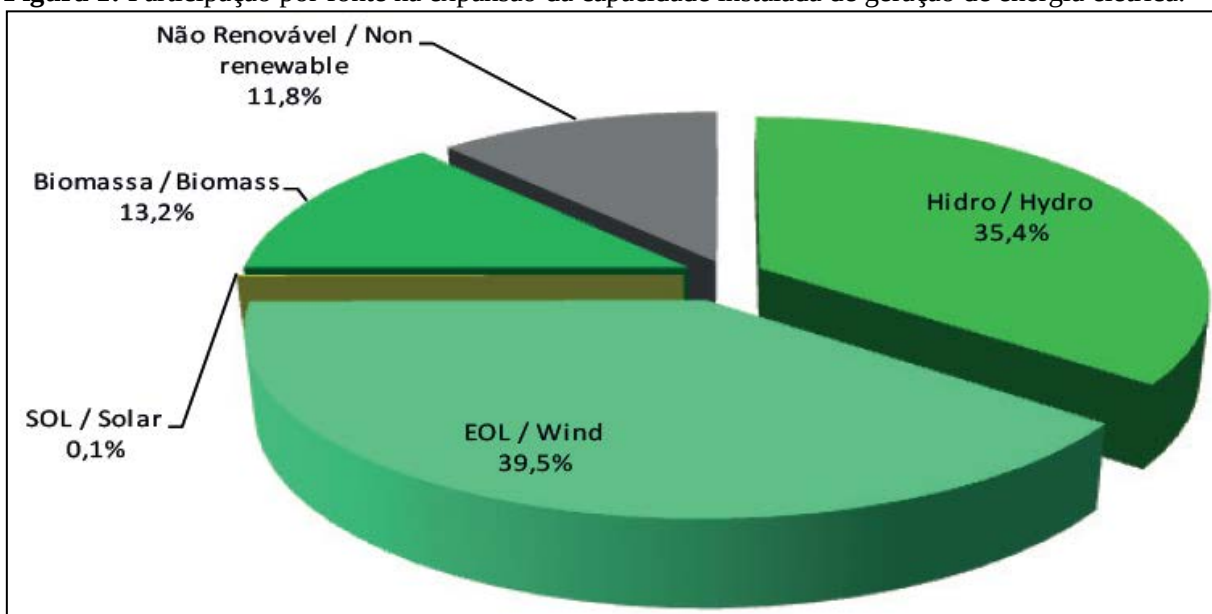
O Biodiesel também apresentou um aumento no montante produzido, segundo consta no BEN (2016), em cerca de 15,1%, passando dos 3.419.838m³ produzidos em 2014, para

3.937.269m³ produzidos em 2015, tendo como principais fontes de produção, o óleo de soja com cerca de 70% de contribuição e o sebo bovino responsável por 16% da produção.

A cana de açúcar, analisada sob o aspecto de produção de etanol, teve um crescimento de 6%, atingindo um montante de 30.249 mil m³ em relação ao produzido em 2014 (BEN 2016).

A Figura1 apresenta a participação das fontes na expansão da capacidade instalada de geração de energia.

Figura 1: Participação por fonte na expansão da capacidade instalada de geração de energia elétrica.



Fonte: EPE (2016).

Observa-se na Figura 1 o setor de geração energia elétrica, basicamente composta por fontes hidráulicas, que apresentou um recuo na produção de cerca de 1,5%, mesmo tendo havido um incremento na capacidade de geração tanto de centrais públicas como de autoprodutoras em cerca de 6.945MW de potência de geração, alcançando um parque gerador com capacidade de 140.858MW. Na expansão da capacidade instalada de geração, as centrais térmicas responderam por cerca de 25% e as eólicas e solares foram responsáveis por 39,6% do incremento da matriz geradora (BEN 2016).

As fontes de carvão apresentaram resultados divergentes em relação ao crescimento do consumo. Enquanto o carvão vapor, que é utilizado para a geração de energia elétrica, apresentou um crescimento no seu consumo da ordem de 9,4%, o carvão metalúrgico, devido

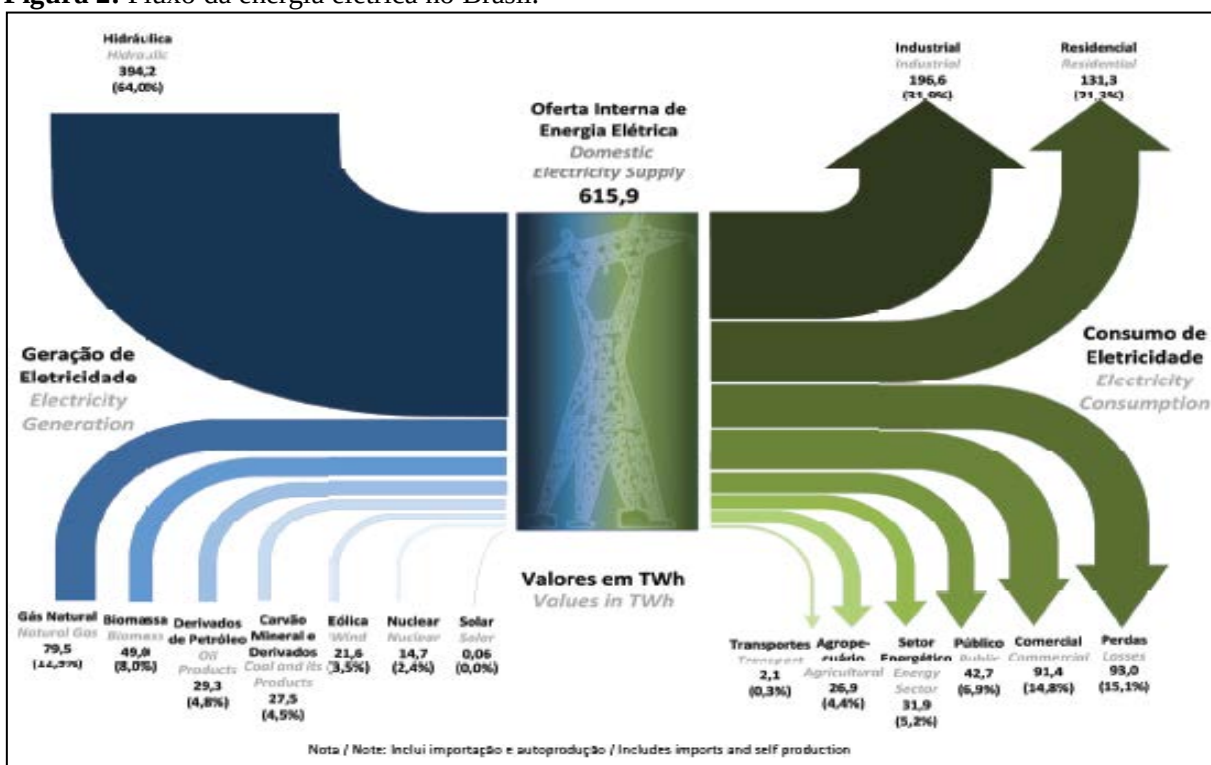
à desaceleração do setor apresentou uma queda em seu consumo da ordem de 4,7% (BEN 2016).

Quanto às fontes de energia oriundas do petróleo e seus derivados, houve um acréscimo na produção nacional no ano de 2015 em cerca de 8%, atingindo-se uma média de produção de 2,44 milhões de barris diários de petróleo, sendo 93,4% destes de origem marítima (BEN 2016).

2.1.1.2 Curva de crescimento do consumo de energia elétrica

Para iniciar a abordagem da curva de consumo de energia elétrica brasileira, será apresentado na Figura 2 um fluxo da energia elétrica produzida no Brasil estratificada por setor de consumo (BEN 2016).

Figura 2: Fluxo da energia elétrica no Brasil.



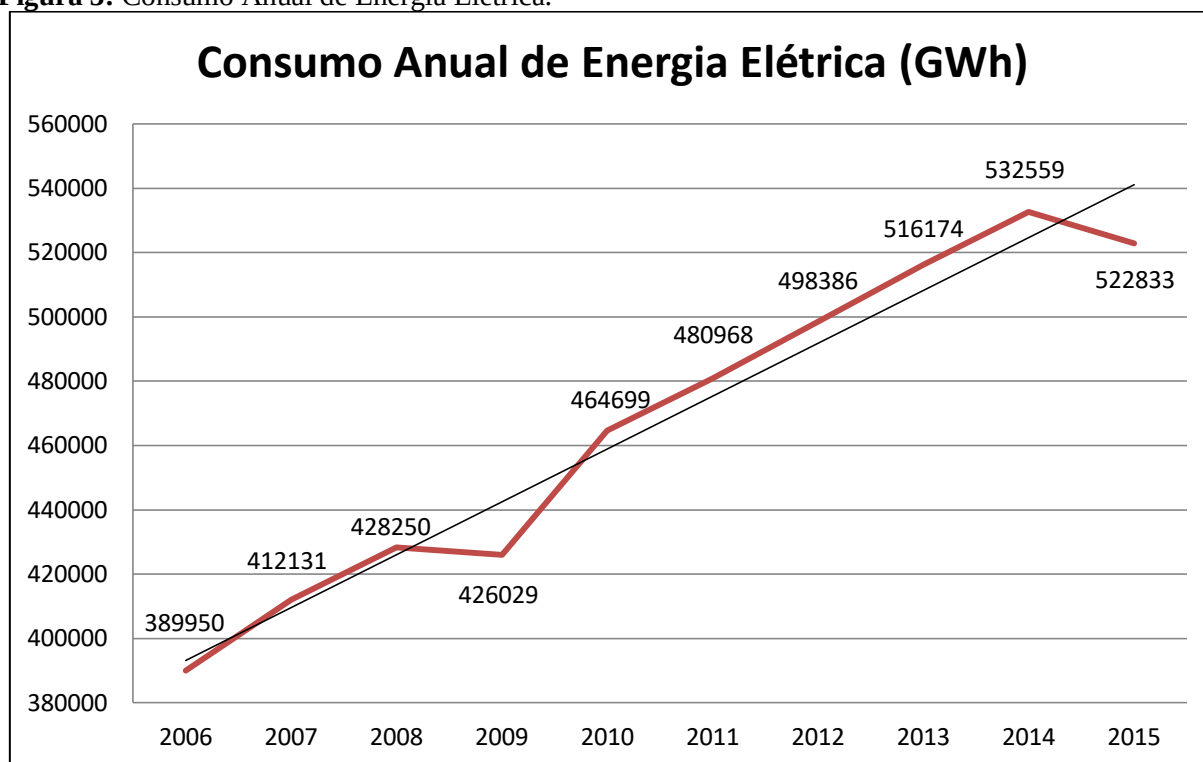
Fonte: EPE (2016).

Observando-se a Figura 2, percebe-se que a geração de energia elétrica brasileira possui forte dependência dos recursos hídricos, sendo estes responsáveis por 64% da produção do país e pelo lado do consumo, os setores industrial e residencial são os maiores consumidores, responsáveis respectivamente por cerca de 31,9% e 21,3% do consumo de toda a energia elétrica produzida (EPE 2016).

Mas este trabalho encontra-se pautado na premissa de que o consumo de energia elétrica vem gradativamente aumentando e com isso é importante que surjam novas fontes de energia a serem exploradas, pois, o crescimento de uma nação depende de energia. De acordo com os dados obtidos por meio do BEN-2016 (tabela 2.28 – p. 69), consegue-se corroborar com essa premissa observando-se que o consumo de energia elétrica vem realmente aumentando. Em raras exceções há um decréscimo.

A Figura 3 apresenta a curva de crescimento de consumo total de energia elétrica no Brasil desde 2006 a 2015.

Figura 3: Consumo Anual de Energia Elétrica.



Fonte: EPE (2016).

2.1.2 Efeitos Termoelétricos

Conforme Reynoso (2013), os efeitos termoelétricos são descritos como sendo a conversão de energia térmica em energia elétrica, ou ainda, de energia elétrica em térmica. Dentre os efeitos conhecidos, destacamos os efeitos *Joule*, *Thomson*, *Peltier* e *Seebeck*.

Este efeito ocorre quando é aplicada um gradiente de temperatura na interface de dois metais diferentes, devido à movimentação das cargas elétricas se cria uma diferença de potencial nos terminais, ocorrendo a passagem de uma corrente elétrica que foi induzida termicamente (REYNOSO, 2013).

Através dos efeitos termoelétricos, a radiação solar pode ser diretamente convertida em energia elétrica, por meio de efeitos da radiação (calor e luz) sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores (ANEEL, 2017).

2.1.2.1 Efeito *Joule*

Conforme Moraes e Teixeira (2006) pode-se dizer que o efeito *Joule* é, sem dúvidas, o efeito mais conhecido e comumente utilizado, devido à massificação deste efeito por meio de aquecedores elétricos, chuveiros e fornos residenciais.

Descrito pela primeira vez pelo físico britânico *James Prescott Joule* (1818 -1889), este efeito principia que: quando uma corrente elétrica percorre um condutor, haverá neste condutor uma variação de temperatura. Isso ocorre, conforme Moraes e Teixeira (2006), devido ao choque dos elétrons da corrente elétrica com os elétrons do material condutor. Esse choque causa dificuldade ou oposição à passagem de corrente elétrica, a que se denomina resistência. A energia elétrica absorvida por essa resistência, que varia de acordo com o tipo e espessura do material condutor, é transformada em calor, que é amplamente utilizado para aquecimento.

Conforme descrito por Santos (2010), a intensidade do calor gerado, denominado calor de *Joule*, é proporcional ao produto do quadrado da intensidade da corrente elétrica pela resistência elétrica do material condutor, assim como apresentado na Equação 1:

$$Q_J = R \cdot I^2 \tag{1}$$

Onde:

Q_J : calor de *Joule* (J)

R : resistência elétrica (Ω)

I : intensidade de corrente elétrica (A)

2.1.2.2 Efeito *Thomson*

Willian Thomson descreveu que quando um condutor elétrico uniforme é aquecido de forma não uniforme, pode emitir ou absorver calor dependendo da diferença de temperatura, da intensidade e direção da corrente elétrica nele circulante (SANTOS 2010).

Este efeito foi inspirado pela descrição dos efeitos *Seebeck* (1821) e *Peltier* (1834), inicialmente de forma teórica e posteriormente observado de maneira experimental em 1851 por *Lord Kelvin* (SANTOS 2010).

Assim sendo, segundo Santos (2010), o efeito *Thomson* é definido como a diferença entre o calor dissipado ou absorvido e o efeito descrito por *Joule*, que é definido na Equação 2:

$$Q_T = \tau \cdot I \cdot \Delta t \quad (2)$$

Onde:

Q_T : taxa de calor de *Thomson*(W)

τ : coeficiente de *Thomson* (V/°C)

Δt : diferença de temperatura entre os lados do condutor (°C)

2.1.2.3 Efeito *Peltier*

Descrito em 1834 por *Jean Charles Athanas e Peltier*, esse fenômeno ocorre quando uma corrente elétrica contínua flui através da junção de dois metais semicondutores de propriedades diferentes. O calor dissipado ou absorvido dependerá da direção da corrente aplicada (SANTOS 2010).

Conforme Santos (2010), existe uma parcela adicional de calor, o qual é denominado de efeito *Peltier*, que é linear a intensidade de corrente elétrica. Este efeito é utilizado para bombeamento de calor e refrigeração termoelétrica de elementos.

O calor de *Peltier*, apresentado na Equação 3, é dado por:

$$Q_P = \pm \pi \cdot I = \pm I \cdot \alpha \cdot T$$

(3)

Onde:

Q_P : taxa de calor de *Peltier* por unidade de área da junção (W/m^2)

α : coeficiente de *Seebeck* (V°C)

T : temperatura absoluta ($^\circ\text{C}$)

I : Corrente elétrica no circuito (A)

2.1.2.4 Efeito *Seebeck*

Em 1821, conforme descrito por Santos (2010), *Thomas Johann Seebeck* pesquisava de forma empírica na tentativa de encontrar uma relação entre a eletricidade e o calor. Ao juntar dois fios, um de cobre e outro de bismuto, de forma a criar um circuito elétrico com eles e aquecendo uma das extremidades, *Seebeck* notou a presença de um campo magnético ao redor do fio. Sem reconhecer a presença de uma corrente elétrica, *Seebeck* passou a denominar este fenômeno como termomagnetismo.

A Figura 4 reproduz o experimento de *Seebeck* em 1821.

Figura 4: Experimento de *Seebeck* de 1821.



Fonte: Elementos da Elétrica (2017).

Este fenômeno se dá, pois a energia térmica recebida provoca o deslocamento dos elétrons livres, como se fossem um fluido, deslocando-se através do condutor devido à diferença de temperatura. Como há o deslocamento destes elétrons, forma-se no condutor um terminal positivo e outro negativo, assim como em uma pilha, sendo que o fluxo de elétrons se dá do ponto maior para o de menor temperatura. No entanto, esta diferença de potencial depende do tipo dos materiais utilizados nos condutores e principalmente da diferença de temperatura (SANTOS, 2010). Matematicamente, pode-se observar que quanto maior for a diferença de temperatura, maior será a diferença de potencial que se originará nos terminais, conforme a Equação 4.

$$V = \alpha \cdot \Delta t \quad (4)$$

Onde:

Δt : diferença de temperatura entre o ponto que está recebendo a carga térmica e o ponto de referência (ponto de medição) (°C)

α : é o coeficiente de *Seebeck* (V/°C)

V: tensão nos terminais (V)

Porém é preciso lembrar que uma variação de temperatura é dada pela diferença entre a temperatura de dois pontos, conforme expressa na Equação 5.

$$\Delta t = T_1 - T_0 \quad (5)$$

Onde:

Δt : diferença de temperatura entre o ponto que está recebendo a carga térmica e o ponto de referência (ponto de medição) (°C)

T_1 : é a temperatura no lado quente (°C)

T_0 : é a temperatura no lado frio (°C)

O coeficiente de *Seebeck* é uma característica dos materiais envolvidos na formação do circuito e são as forças eletromotrizes que aparecem nestes materiais devido à diferença de temperatura de 1°C, conforme descrito na Equação 6.

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 \quad (6)$$

Onde:

α : é o coeficiente de *Seebeck* (V/°C)

Analizando a Equação 4 e substituindo suas parcelas pelas Equações 5 e 6 tem-se que a diferença de potencial nos terminais será conforme expressa na Equação 7.

$$V = (\alpha_1 + \alpha_2) \cdot (T_1 - T_0) \quad (7)$$

A equação da lei de *Ohm* relaciona o valor de tensão, corrente e resistência elétrica de um circuito, conforme apresentado na Equação 8.

$$I = \frac{V}{R} \quad (8)$$

Onde:

I: é a corrente elétrica do circuito (A)

V: é a tensão elétrica aplicada (V)

R: é a resistência elétrica da carga (Ω)

Substituindo-se na Equação 8, a tensão pelas parcelas da Equação 7, obtém-se a Equação 9, que passa a relacionar a tensão gerada pelo circuito de *Seebeck* com a corrente e a resistência do circuito.

$$I = \frac{(\alpha_1 + \alpha_2) \cdot (T_1 - T_0)}{R} \quad (9)$$

A potência gerada pelo circuito pode ser determinada aplicando-se os dados já obtidos nas equações anteriores na equação clássica da potência elétrica, apresentada na Equação 10.

$$P = V \cdot I \quad (10)$$

Onde:

P: é a potência elétrica (W)

V: é a tensão aplicada ao circuito (V)

I: é a corrente elétrica do circuito (I)

Para obter a potência elétrica de um circuito como o de *Seebeck*, aplica-se na Equação 10 as parcelas da Equação 7 e da Equação 9, conforme apresentado na Equação 11.

$$P = \frac{(\alpha_1 + \alpha_2)^2 \cdot (T_1 - T_0)^2}{R} \quad (11)$$

2.1.3 Resistividade elétrica dos materiais

Os materiais condutores de energia elétrica possuem duas características que são a resistividade e a condutividade elétrica. A condutibilidade diz respeito a capacidade que um condutor possui de conduzir uma corrente elétrica e a resistividade diz respeito a quanto este condutor opõe-se a passagem de corrente elétrica (VIANA, 2008).

A resistividade de alguns dos materiais pode ser observada, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5: Resistividade dos materiais.

Material	Resistividade $\rho = [\Omega \cdot m]$	Condutividade $\sigma = [S/m]$	Coef. Térmico $\alpha = [^{\circ}C^{-1}]$
Alumínio	$2,92 \times 10^{-8}$	$3,42 \times 10^7$	0,00390
Bronze	$6,70 \times 10^{-8}$	$1,49 \times 10^5$	0,00200
Cobre puro	$1,62 \times 10^{-8}$	$6,17 \times 10^7$	0,00382
Cobre duro	$1,78 \times 10^{-8}$	$5,61 \times 10^7$	0,00382
Cobre recozido	$1,72 \times 10^{-8}$	$5,81 \times 10^7$	0,00382
Constantan	$5,00 \times 10^{-7}$	$2,00 \times 10^6$	0,00001
Estanho	$1,15 \times 10^{-7}$	$8,60 \times 10^6$	0,00420
Grafite	$1,30 \times 10^{-5}$	$0,07 \times 10^4$	0,00050
Ferro puro	$9,60 \times 10^{-8}$	$1,02 \times 10^7$	0,00520
Latão	$6,70 \times 10^{-8}$	$1,49 \times 10^7$	0,00200
Manganina	$4,80 \times 10^{-7}$	$2,08 \times 10^6$	0
Mercúrio	$9,60 \times 10^{-7}$	$1,0044 \times 10^6$	0,00089
Nicromo	$1,10 \times 10^{-6}$	$0,91 \times 10^5$	0,00013
Níquel	$8,70 \times 10^{-8}$	$1,04 \times 10^7$	0,00470
Ouro	$2,40 \times 10^{-8}$	$4,35 \times 10^7$	0,00340
Prata	$1,58 \times 10^{-9}$	$6,25 \times 10^7$	0,00380
Platina	$1,06 \times 10^{-7}$	$9,09 \times 10^6$	0,00250
Tungstênio	$5,50 \times 10^{-8}$	$1,82 \times 10^7$	0,00410
Zinco	$5,60 \times 10^{-8}$	$1,78 \times 10^7$	0,00380

Fonte: VIANA (2008).

Com base nos dados apresentados na Figura 5, verifica-se que a resistividade do Níquel em relação à resistividade do cobre, pode ser calculada conforme Equação 12 tomando-se este último como base.

$$P_{\%} = 100x \left(\frac{\rho_{Ni}}{\rho_{Cu}} \right)^{-1} \quad (12)$$

Onde:

$P_{\%}$: Percentual de condutividade do níquel em relação ao cobre

ρ_{Ni} : Resistividade do Níquel

ρ_{Cu} : Resistividade do Cobre

A capacidade de corrente está diretamente ligada à seção transversal do condutor, assim sendo, a capacidade de condução de corrente dos termopares utilizados pode ser determinada com base na capacidade de corrente de um condutor de cobre de mesma seção transversal.

Aplicando-se a Equação 12, obtém-se que:

$$P_{\%} = 100x \left(\frac{\rho_{Ni}}{\rho_{Cu}} \right)^{-1} = 100x \left(\frac{8,7x10^{-8}}{1,72x10^{-8}} \right)^{-1} = 20$$

Ou seja, a condutividade do Níquel em relação ao Cobre é de 20%, o que significa dizer que um condutor de Níquel de mesma seção transversal que um condutor de cobre, é capaz de conduzir apenas 20% da corrente conduzida pelo condutor de Cobre.

Nos termopares utilizados, a seção transversal dos condutores é de 30AWG, cerca de 0,05 mm², o que equivale a um diâmetro de 0,25mm.

Segundo os dados obtidos na Figura 6 apresentada pelo professor Wellington Telles (2017), um condutor de cobre de seção 30AWG é capaz de conduzir até 2A, assim sendo, um condutor de Níquel de mesma seção transversal é capaz de conduzir até 0,4A, ou seja, 20% do condutor de cobre.

Figura 6: Condutividade de fios de cobre.

FIOS E CABOS PADRÃO AWG / MCM <i>American Wire Gauge e 1000 Circular Mils (1 mil = .0254 mm)</i>					FIOS E CABOS PADRÃO MÉTRICO	
Bitola	Diâmetro aproximado [mm]	Seção aproximada [mm ²]	Resistência aproximada ¹ [ohm/m]	Corrente máxima ² [A]	Seção nominal [mm ²]	Corrente máxima ² [A]
40 AWG	0,08	0,005	3,4	-	-	-
39 AWG	0,09	0,006	2,7	-	-	-
38 AWG	0,10	0,008	2,2	-	-	-
37 AWG	0,11	0,010	1,7	-	-	-
36 AWG	0,13	0,013	1,4	-	-	-
35 AWG	0,14	0,016	1,1	1	-	-
34 AWG	0,16	0,020	0,86	-	-	-
33 AWG	0,18	0,025	0,68	-	-	-
32 AWG	0,20	0,032	0,54	-	-	-
31 AWG	0,23	0,040	0,43	-	-	-
30 AWG	0,26	0,051	0,34	2	0,05	2
29 AWG	0,29	0,064	0,27	-	-	-
28 AWG	0,32	0,081	0,21	-	-	-
27 AWG	0,36	0,10	0,17	-	-	-

Fonte: Telles (2017).

2.1.4 Termopares

Segundo Benfica e Mattede (2017), define-se termopar como sensores de temperatura, formados por dois metais distintos unidos em uma das suas extremidades. No entanto, um termopar nada mais é que uma junção de dois metais, que forma um transdutor de energia térmica em elétrica, portanto ao sofrer variação de temperatura, como descrito pelo efeito *Seebeck*, passa a gerar energia elétrica (MONTEIRO, 2002).

2.1.4.1 Tipos de termopares comerciais

Os termopares são comercialmente encontrados divididos em tipos, cujos nomes são identificados por letras do alfabeto latino. Cada nome ou tipo define os materiais de sua constituição e a faixa de temperatura que eles podem trabalhar (BENFICA e MATTEDE, 2017).

Conforme dados obtidos por Benfica e Mattede (2017), a gama de temperatura na qual os termopares podem trabalhar - e isso significa dizer que eles são capazes de gerar uma tensão elétrica nestas temperaturas -, variam de -270°C até 2320°C.

A Figura 7 apresenta uma tabela elaborada por Benfica e Mattede (2017) em que é apresentado o tipo ou nome do termopar, os metais que o constituem e a faixa de temperatura que ele pode operar.

Figura 7: Tipos de termopares.

NOME	CONSTITUIÇÃO	GAMA DE TEMPERATURA
B	Platina / 30% Ródio-Platina	0 - 1800C
C	Tung-5% Rénio/Tung-26% Rénio	0 - 2320C
E	Cromel / Constantan	-270 - 1000C
G	Tugnésio / Tung - 26% Rénio	0 - 2300C
J	Ferro / constantan	-210 - 750C
K	Cromel / Alumel	-270 - 1370C
N	Nicrosil / Nisil	-270 - 1300C
R	Platina / 13% Ródio-Platina	-50 - 1750C
S	Platina / 10% Ródio-Platina	-50 - 1750C
T	Cobre / Constantan	-270 - 400C

Fonte: Benfica e Mattede (2017).

2.1.4.2 Diferença entre os tipos de termopares

O Quadro 1 apresenta o termoelemento positivo e negativo de cada termopar, bem como a faixa de utilização e tensão produzidas por eles.

Quadro 1: Composição dos termopares.

		Termoelemento Positivo	Termoelemento Negativo	Faixa de Utilização	Tensão Produzida
Termopar	Tipo E	Ni 90% e Cr10% (Cromel)	Cu 55% e Ni45% (Constantan)	-270°C a 1000°C	-9,835 mV a 76,373 mV
	Tipo J	Fe 99,5%	Cu 55% e Ni 45% (Constantan);	-210°C a 760°C	-8,096 mV a 42,919 mV
	Tipo K	Ni 90% e Cr 10% (Cromel)	Ni 95%, Mn 2%, Si1% e Al2% (Alumel)	-270°C a 1200°C	-6,458 mV a 48,838 mV
	Tipo R	Pt 87% e Rh 13% (Ródio-Platina)	Pt 100%	-50°C a 1768°C	-0,226 mV a 21,101 mV
	Tipo S	Pt 90% e Rh 10% (Ródio-Platina)	Pt 100%	-50°C a 1768°C	-0,236 mV a 18,693 mV
	Tipo T	Cu 100%	Cu 55% e Ni 45% (Constantan)	-270°C a 370°C	-6,258 mV a 20,872 mV

Fonte: Benfica e Mattede (2017).

Conforme citado por Benfica e Mattede (2017), o termopar tipo K é um dos mais utilizados e cobre temperaturas que variam entre -200°C a 1200°C, com uma sensibilidade próxima de 41 μ V/°C.

Termopar do tipo E tem um uso mais adequado para operar em baixas temperaturas por possuir uma elevada sensibilidade, cerca de 68 μ V/°C.

Termopar tipo J, aplica-se normalmente a equipamentos já obsoletos não são compatíveis com outros termopares. Uma característica do termopar do tipo J é de que acima dos 760 °C o mesmo sofre a uma transformação magnética abrupta que altera a sua calibração para uso em medição de temperatura.

Outro modelo disponível comercialmente é o termopar tipo R, porém, este tipo apresenta custo elevado em relação aos demais devido ao uso de platina em sua composição. Ele é adequado para medição de temperaturas de até 1600 °C, mas apresenta uma baixa sensibilidade, cerca de apenas 10 μ V/°C.

O termopar tipo S apresenta-se bastante adequado para medição de temperaturas até os 1600°C. Possui reduzida sensibilidade, cerca de 10 μ V/°C apresenta uma elevada estabilidade e, assim como o tipo R, apresenta um custo elevado.

O Termopar tipo T é um dos termopares mais indicados para medições na faixa de temperatura que vai dos -270°C a 400°C.

2.1.5 Classificação dos pavimentos

A partir dos anos 50, as obras de pavimentação rodoviária apresentaram um elevado crescimento no Brasil e para atender as necessidades do país, os técnicos do antigo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER, atualmente Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, obtiveram maciça transferência de tecnologia dos órgãos norte americanos, o que levou a necessidade de se criar normas e procedimentos a fim de uniformizar as especificações de serviço e as técnicas de construção das rodovias (DNIT, 2006).

Com o aprendizado destas técnicas de construção, definiu-se que após a terraplanagem do local onde deverá existir uma rodovia, é construída uma estrutura que tem por objetivo resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais originados no tráfego de veículos sobre a via; a esta estrutura dá-se o nome de pavimento (DNIT, 2006).

Os pavimentos rodoviários, segundo a visão de Bernucci *et al* (2007), são classificados tradicionalmente em dois tipos básicos, dependendo da rigidez de seu conjunto: rígidos ou pavimentos de cimento portland e flexíveis ou pavimentos asfálticos; existindo ainda estruturas consideradas intermediárias que contêm as características das duas extremidades, denominadas semiflexíveis ou semirrígidas.

A principal diferença entre um pavimento flexível e um pavimento rígido, segundo Balbo (2011), é a forma como cada qual distribui os esforços sobre si e os aplica ao subleito, ou seja, uma carga ao atuar sobre o pavimento flexível repassa as tensões impostas a esta estrutura de forma concentrada ao ponto de aplicação da mesma. Quanto ao pavimento rígido, as tensões impostas resultantes da carga, são distribuídas em toda a extensão da placa, diminuindo as pressões sobre o subleito.

2.1.5.1 Pavimento rígido

Compostos por camada superficial de concreto de cimento portland, podendo esta ser armada ou não. O pavimento rígido possui sua camada superficial apoiada sobre uma camada granular ou material estabilizado com cimento, sobre subleito ou reforço do subleito. Sua espessura é determinada em função da resistência à flexão do concreto e das camadas subjacentes (BERNUCCI *et al*, 2007).

Para Balbo (2011), é o pavimento que, em sua camada superficial, absorve grande parcela de esforços horizontais solicitantes, repassando estes esforços de forma aliviada e bem distribuída para as camadas inferiores.

2.1.5.2 Pavimento semirrígido

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2006), os pavimentos semirrígidos são constituídos de uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias, como no caso, por exemplo, de uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.

Podendo ser considerados do tipo direto, quando a camada de revestimento asfáltico é executada sobre a camada de base cimentada e do tipo indireto ou invertido, quando a camada de revestimento é executada sobre camada de base granular e sub-base cimentada (DNIT, 2006).

Para Balbo (2011), os pavimentos semirrígidos, ainda podem ser caracterizados por possuírem uma camada composta por material estabilizado com ligante hidráulico, tendo comportamento considerado intermediário aos pavimentos flexíveis e rígidos.

2.1.5.3 Pavimento flexível

Denomina-se como pavimento flexível, aquele, em que as camadas sofrem deformação elástica significativa quando submetidos a carregamento, distribuindo a carga em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas (DNIT, 2006).

Segundo Bernucci *et al.* (2007), são compostos por camada superficial asfáltica, apoiadas sobre camadas de base, sub-base e reforço do subleito. Segundo o mesmo autor, os pavimentos flexíveis são constituídos pela associação de agregados e matérias asfálticos, sem a adição de agentes cimentantes. A quantidade de camadas depende diretamente do volume de tráfego, rigidez e espessura das camadas, condições regionais e suporte do subleito, podendo ou não ser suprimidas.

2.1.6 Vias pavimentadas com revestimento asfáltico

O revestimento asfáltico de uma via é a camada superior desta, também chamada de capa de rolamento, com a função de resistir às ações do tráfego, transmitindo as cargas para as camadas inferiores, além de servir como impermeabilização do pavimento, garantir conforto e segurança na pista de rodagem (MOURA, 2014).

Os revestimentos são compostos pela combinação de ligantes asfálticos e agregados, tal combinação pode ser por mistura ou penetração. No primeiro caso, o agregado é pré-envolvido com o material asfáltico em usina antes do espalhamento e compressão da mistura. Já no segundo, o revestimento é executado através de uma ou mais aplicações do material asfáltico, pelo mesmo número de operações de espalhamento e compressão dos agregados, intercalando suas aplicações (BERNUCCI *et al.*, 2007).

2.1.7 Camadas das vias pavimentadas

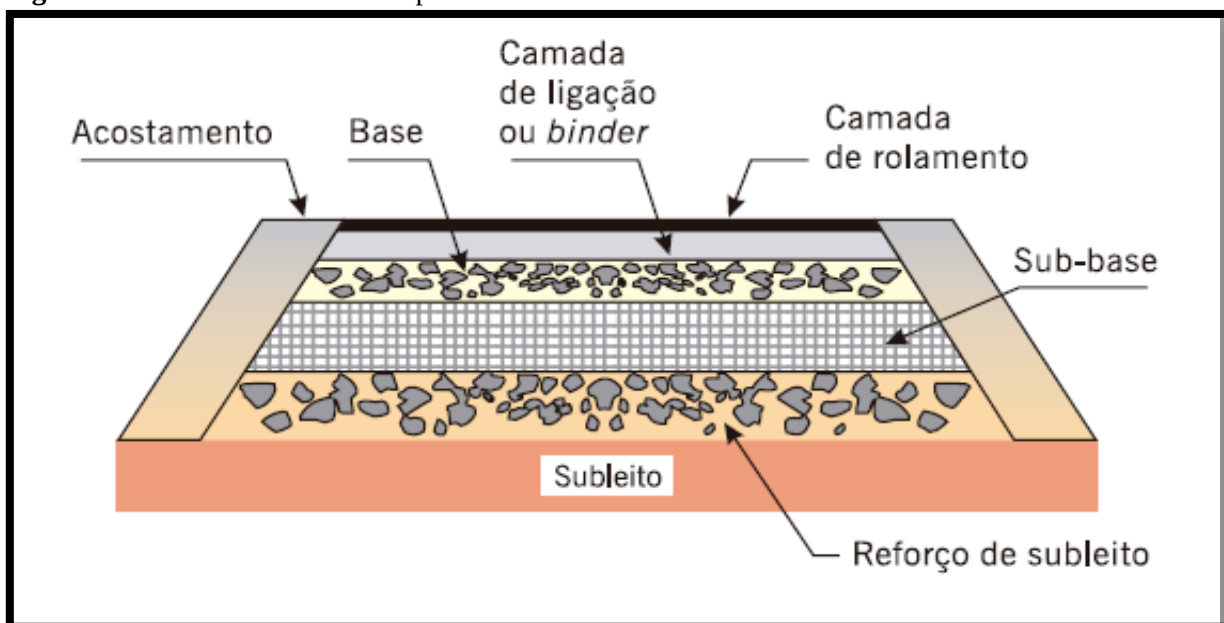
A estrutura das vias é dividida em camadas intimamente ligadas de forma que os esforços horizontais e verticais de tração e compressão sejam dissipados de forma que não se acumulem em apenas uma das camadas (MOURA, 2014).

- Subleito é a camada mais profunda do pavimento, portanto é o terreno de fundação deste.
- Leito é a superfície resultante de terraplenagem ou da obra de arte.
- Camada de regularização é aquela posta imediatamente sobre o leito, destinada a dar forma tanto transversal como longitudinalmente conforme as especificações.
- Reforço do subleito é uma camada de espessura constante que, por questões técnico-econômicas, é colocada sobre a camada de regularização.
- Camada de sub-base é a camada que complementa a base quando por razões técnico-econômicas não é aconselhável construir a base diretamente sobre a camada de regularização.
- Base é a camada constituída para resistir e distribuir os esforços originados do tráfego de veículos. É sobre esta camada que se constrói o revestimento.

- Revestimento é a camada impermeável que recebe diretamente o tráfego de veículos e tem por função garantir a comodidade, segurança e resistir ao desgaste (DNIT, 2006).

A Figura 8 apresenta um detalhe do corte transversal de uma via pavimentada (BERNUCCI, *et al.* 2006).

Figura 8: Corte transversal de um pavimento.



Fonte: BERNUCCI, *et al.*(2006).

O revestimento por sua vez, apresenta-se com espessuras variáveis e normatizadas conforme o manual de pavimentação do DNIT. As espessuras normatizadas são apresentadas na Figura 9, que reproduz a tabela 32 do manual de pavimentação emitido pelo DNIT, onde é levado em consideração o número N, que determina o número de vezes em que o eixo padrão trafega pela via em um determinado período de tempo (DNIT, 2006).

Figura 9: Espessura mínima de revestimentos betuminosos.

N	Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Fonte: DNIT (2006).

2.1.8 Concreto asfáltico

Conforme norma DNIT031/2006 ES, o concreto asfáltico é definido como sendo uma mistura composta de agregados graduados, com material de enchimento (*filler*), sendo este utilizado apenas se necessário, devidamente misturado em usina específica para este fim.

O concreto asfáltico pode ser empregado com diversas finalidades, podendo ser aplicado como revestimento (camada de rodagem), como camada de ligação que é denominada *binder*, como base, regularização ou ainda reforço do pavimento, porém, nunca deverá ser aplicado em dias de chuva ou mesmo usinado e transportado em dias cuja temperatura ambiente seja igual ou inferior a 10°C (DNIT, 2006).

2.1.8.1 Materiais constituintes do concreto asfáltico

Segundo a norma DNIT031/2006 ES, os materiais que constituem o concreto asfáltico são: o agregado graúdo, o agregado miúdo, materiais de enchimento (caso necessário) e o ligante asfáltico, também chamado de cimento asfáltico.

O cimento asfáltico de petróleo – CAP que pode ser empregado na pavimentação de vias são o CAP-50/70, CAP-60/85 e o CAP Borracha, entre outros. Estes valores determinam a classificação do tipo de CAP e são referentes ao índice de penetração dos mesmos quando submetidos a este ensaio, segundo consta na norma DNIT 095/2006 EM.

2.1.8.2 Agregados

Agregado é um termo genérico utilizado para areias, pedregulhos e rochas minerais, utilizados amplamente na pavimentação e na construção civil. Devido a esse fato, deve-se ter claro conhecimento de comportamento e desempenho potencial dos agregados, pois os mesmos devem suportar as tensões impostas. Seu desempenho depende da maneira com que são produzidos, mantidos unidos e das condições das quais irão atuar (BERNUCCI *et al.* 2007).

Segundo o mesmo autor, a escolha dos agregados para utilização em revestimentos asfálticos depende de propriedades químicas como: umidade e adesividade, características físico-mecânicas como: porosidade, resistência, densidade e também geológicas.

2.1.8.3 Ligantes asfálticos

O ligante asfáltico, conhecido também como asfalto ou betume, origina-se do petróleo, quando obtido pela evaporação natural de depósitos localizados na superfície terrestre são considerados ligantes asfálticos naturais, porém os ligantes também podem ser produzidos em unidades industriais, denominadas refinarias de petróleo (ABEDA, 2010).

O ligante asfáltico recebe uma classificação particular em suas propriedades físicas, visando assegurar o bom desempenho do material numa obra, passando a ser denominado CAP, seguido de um identificador numérico associado à faixa de penetração desse material. As principais razões para a utilização do asfalto na pavimentação são devido às características que proporcionam: forte união dos agregados, impermeabilização, durabilidade, resistência e de flexibilidade controlável (BERNUCCI *et al.* 2007).

Para a maioria das aplicações rodoviárias, os ligantes asfálticos convencionais têm bom comportamento, satisfazendo plenamente os requisitos necessários para o desempenho adequado das misturas asfálticas sob o tráfego e sob as condições climáticas. No entanto, para condições de volume de veículos comerciais e peso por eixo crescente, em rodovias especiais ou nos aeroportos, em corredores de tráfego pesado canalizado e para condições adversas de clima - com grandes diferenças térmicas entre inverno e verão -, tem sido cada vez mais necessário o uso de modificadores das propriedades dos asfaltos (BERNUCCI *et al.* 2007).

2.1.8.4 Ligante convencional (CAP 50/70)

Ligante proveniente da destilação do petróleo, o CAP 50/70 possui a propriedade de ser um adesivo termoviscoelástico, impermeável a água e pouco reativo. Apresenta-se como um ligante semissólido a baixas temperaturas, viscoelástico em temperatura ambiente e líquido em alta temperatura. Sua composição química varia de acordo com a origem do petróleo e do processo empregado no seu refino (CBB ASFALTOS, 2017).

2.1.8.5 Ligante modificado por polímero (*Poliflex* 60/85)

São ligantes asfálticos modificados por polímeros elastoméricos que visa reduzir as variações de suas propriedades em relação às temperaturas de serviço, a fim de evitar grandes alterações no comportamento mecânico dos pavimentos em função das ações do tráfego (CBB ASFALTOS, 2017).

Os principais benefícios são aumento do ponto de amolecimento, maior elasticidade, melhoria das características adesivas e coesivas, maior resistência ao envelhecimento, à deformação permanente e às trincas de fadiga e térmicas. São recomendados para camadas de rolamento e *binder* podendo ser aplicado em rodovias ou vias urbanas de tráfego moderado, alto ou muito pesado (CBB ASFALTOS, 2017).

2.1.8.6 Ligante modificado por borracha (*Tyreflex* AB8 WM)

Uma solução em conjunto: introduzir os benefícios de um modificador ao ligante e solucionar em parte problemas ambientais, o *Tyreflex* é um ligante modificado via úmida (terminal *blending*) pela adição de pneus inservíveis na ordem de 15% a 20% que são incorporados ao ligante por alto cisalhamento (CBB ASFALTOS, 2017).

As características do *Tyreflex* se destinam a aumentar a vida dos pavimentos, diminuindo os efeitos nocivos do tráfego e das intempéries. Estudos realizados mostram que a temperatura de usinagem pode ser reduzida em até 40°C, promovendo economia de energia, redução das emissões de CO₂ e do envelhecimento precoce do ligante asfáltico.

2.1.9 Aspectos térmicos do concreto asfáltico

As propriedades térmicas dos materiais que compõem o pavimento têm influência no ganho ou perda de temperatura a um dado nível da estrutura. Assim, as características de absorção, calor específico, condutividade térmica e difusividade são fatores importantes no perfil de temperatura do pavimento (MOTTA, 1979).

Albedo, é a propriedade térmica dos materiais que caracteriza sua capacidade de refletir a radiação solar sobre ele incidente (ALVES e VECHIA, 2012). A Tabela 1, adaptada de Alves e Vechia (2012), apresenta os índices de albedo de alguns tipos de superfícies conhecidas.

Observa-se que o asfalto apresenta um valor entre 0,05 e 0,20, o que significa dizer que o material é capaz de absorver 80 a 95% da radiação solar incidente sobre ele (ALVES e VECHIA, 2012).

Tabela 1: Albedo de alguns elementos.

Superfície	Albedo
Solos	0,05 – 0,40
Grama	0,16 – 0,26
Floresta	0,13 – 0,23
Água	0,08 – 0,10
Concreto	0,10 – 0,35
Asfalto	0,05 – 0,20
Tijolo	0,20 – 0,40
Rocha	0,20 – 0,35
Cascalho	0,08 – 0,18
Cerâmica	0,10 – 0,35

Fonte: ALVES e VECHIA (2012).

Difusividade térmica é a propriedade que um material tem e expressa a facilidade de penetração e duração da energia térmica absorvida (ALVES e VECHIA, 2012). Quanto menor for este índice, menor é a capacidade do material permitir a passagem deste fluxo de calor (PEREIRA, 2010).

Os materiais mais comuns utilizados na construção civil, normalmente apresentam um baixo índice de difusividade térmica, o que lhes confere a propriedade, que dependendo do caso pode ser ou não benéfica, de não transmitir com certa facilidade as altas temperaturas neles incidentes (PEREIRA, 2010).

A Tabela 2 apresenta os coeficientes de difusividade térmica de alguns materiais utilizados na construção civil.

Tabela 2: Coeficientes de difusividade térmica.

Material	α_d
Alvenaria de tijolo com espessura de 30 cm	$4,33 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$
Pedra com espessura de 45 cm	$1,37 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
Betume com espessura de 15 cm	$6,47 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$
Madeira com espessura de 15 cm	$1,71 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$

Fonte: PEREIRA (2010).

Efusividade térmica, admitância térmica, emissividade térmica ou ainda inércia térmica, é a propriedade que um material possui e caracteriza a facilidade com que ele consegue absorver ou liberar calor (PEREIRA, 2010; ALVES e VECCHIA, 2012).

Esta escala de emissividade pode apresentar valores próximos de zero para espelhos ou próximos de um para o “corpo negro teórico” (VORTEX, 2017).

A Tabela 3, extraída de Alves e Vechia (2012), apresenta os dados de emissividade para algumas superfícies conhecidas.

Tabela 3: Emissividade de alguns elementos.

Superfície	Emissividade (μm)
Solos	0,90 – 0,94
Grama	0,90 – 0,95
Floresta	0,97 – 0,99
Água	0,85 – 0,95
Concreto	0,90 – 0,96
Asfalto	0,95
Tijolo	0,90 – 0,92
Rocha	0,85 – 0,95
Cascalho	0,92
Cerâmica	0,90

Fonte: ALVES e VECCHIA (2012).

2.1.10 Transmissão de calor

A transmissão de calor pode ser caracterizada de forma simples e geral. Calor consiste na energia térmica em trânsito devido a uma diferença de temperatura, geralmente acontece entre uma superfície mais quente para outra de menor temperatura (INCROPERA e WITT, 2003).

A transferência de calor para um corpo acarreta um aumento na energia de agitação de seus átomos e moléculas, um aumento da energia interna do corpo que provoca uma elevação de sua temperatura. Naturalmente, se um corpo está a uma temperatura mais elevada do que outro, ele pode transferir parte de sua energia interna para esse outro. A energia transferida é o calor que está passando de um corpo a outro, assim percebe-se que calor é energia e temperatura não (BLASS, 2011).

Segundo Balbo (2007) os gradientes térmicos trazem grande influência no compute das tensões em pavimentos, a ação dos gradientes podem fazer as tensões atingirem magnitudes duas vezes maiores do que aquelas encontradas na ação isolada de cargas rodoviárias. A transmissão acontece em três processos distintos como: condução, convecção e radiação.

2.1.10.1 Condução

A condução ocorre entre dois corpos que estejam em contato devendo existir a diferença de temperatura entre eles, isso faz com que o corpo mais quente ceda calor, e o outro corpo receba calor, até que ambos se mantenham em equilíbrio de temperatura (BLASS, 2011).

Trata-se da transmissão de calor molécula a molécula, conseqüentemente havendo necessidade de um meio material, ocorrendo sempre de um ponto de maior potencial energético (maior temperatura) para um corpo de menor potencial (menor temperatura) (RODRIGUES, 2007).

Segundo Incropera e Witt (2003) a condução pode ser vista como a transferência de energia das partículas mais energéticas para as partículas de menor energia em um meio, devido às interações entre elas, ou seja, quando um campo térmico dá origem a gradientes no interior de um material.

A condução pode ser explicada considerando o choque entre as moléculas de um corpo mais quente com maior energia cinética, essa energia se transfere para as moléculas mais frias. Um gradiente de temperatura, dentro de uma substância homogênea, produz movimento da energia de um ponto para outro (BLASS, 2011).

2.1.10.2 Convecção

Descreve-se transferência de calor por convecção como sendo a transferência de energia que ocorre no interior de um fluído devido à combinação dos efeitos de condução e do movimento global do fluído. Suas características principais ocorrem em meio a fluido, provocando variações na densidade; também existe uma diferença da temperatura do fluido e a temperatura do sólido (BLASS, 2011).

O modo de transferência de calor por convecção é composto por dois mecanismos: a transferência de calor devido ao movimento aleatório molecular e pelo movimento global do fluido. Assim, a transferência de calor por convecção ocorre entre fluidos em movimento e uma superfície quando os dois se encontram a diferentes temperaturas (INCROPERA e WITT, 2003).

Trata-se da transmissão de calor que ocorre entre um corpo sólido e um fluido em movimento, podendo o corpo fluido ser líquido ou gasoso. A convecção pode ser natural ou forçada. Diz-se que a convecção é natural quando o movimento do fluido ocorre unicamente devido a variações de seu peso específico (densidade). Na convecção forçada o movimento do fluido é provocado por uma bomba, no caso de um líquido, ou por um ventilador, no caso de um fluido gasoso (RODRIGUES, 1999).

Segundo Blass (2011), as trocas de calor por convecção podem ser aplicadas nos pavimentos, na situação e trocas de calor entre o ar e a superfície do pavimento. Tramontini (2007) mostra que a influência do coeficiente de convecção do ar é bem maior do que o calor específico e a condutividade térmica na determinação da temperatura nos pavimentos e a influência do calor específico é quase a mesma da condutividade térmica.

2.1.10.3 Irradiação

Neste processo não é necessário o contato entre os corpos, a forma de troca de energia é feita por ondas eletromagnéticas, que é chamada de radiação térmica. Também é característica do fenômeno, que um corpo acima de zero absoluto emite radiação térmica e abaixo absorve radiação (BLASS, 2011).

Todos os corpos estando à determinada temperatura acima de 0 K (-273°C), consequentemente, possuindo movimento molecular e atômico, emitem radiação eletromagnética. Esta radiação deve ser analisada sob o ponto de vista de qualidade e de quantidade porque suas características, comportamento e interação com os elementos construtivos dependem intensamente dessas propriedades da radiação eletromagnética (RODRIGUES, 2010).

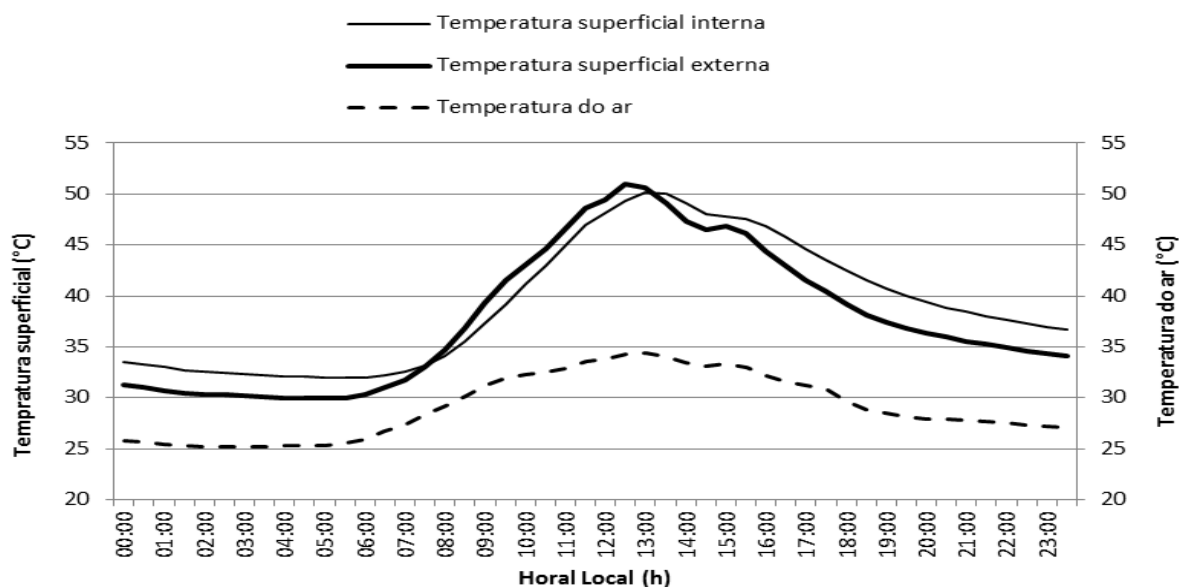
Segundo Blass (2011), a radiação térmica é emitida por todos os corpos que possuem temperatura maior que zero absoluto, isso não significa, entretanto, que a quantidade de radiação térmica emitida seja sempre significativa. Nos processos de transporte de calor, depende da quantidade de calor a ser transportada simultaneamente pelos outros mecanismos.

Nem toda a radiação que atua sobre uma superfície é absorvida, parte dela é refletida. O fator de absorção é usado para caracterizar absorção de energia, assim, se a absorção de uma superfície for 0,85 serão absorvidos 85% da energia incidente (BLASS, 2011).

2.1.11 Curva de temperatura durante um dia típico

Trabalhos científicos vêm sendo efetuados visando à influência do material asfáltico na formação das ilhas de calor e conforto térmico nas áreas urbanizadas, tal como o trabalho desenvolvido por Callejas, Durante e Rosseti, (2015), desenvolvido junto a Universidade Federal do Mato Grosso, intitulado como “Pavimentação Asfáltica: Contribuição no Aquecimento de Áreas Urbanas”, onde o material asfáltico presente em uma via teve seu comportamento térmico registrado ao longo dos dias, traçando-se uma curva de temperatura que correlaciona a temperatura do ar, a temperatura superficial interna e temperatura superficial externa da massa asfáltica, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10: Temperatura média do ar, temperatura superficial interna e externa.



Fonte: E&S – Engineering and Science (2015).

Através dos dados apresentados, percebe-se que existe um “retardo térmico” que ocorre entre a energia térmica absorvida pelo asfalto e a transmitida por condução no interior da massa asfáltica, caracterizada pela demora da elevação da temperatura interna dessa massa, que é causada pela propriedade física definida como difusividade térmica, já descrita anteriormente neste trabalho.

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de estudo e local de pesquisa

A execução desta pesquisa encontra-se restrita ao meio laboratorial. O estudo está concentrado na análise da utilização das vias pavimentadas como fonte de energia através do efeito *Seebeck*. Tal análise efetuou-se através de corpos de prova, confeccionados no laboratório de pavimentação da empresa Rodovia das Cataratas S.A., com a intenção de representar o revestimento do pavimento em estudo.

Após confecção e caracterização dos corpos de prova, estes foram analisados no laboratório de energias renováveis do Centro Universitário Assis Gurgacz, através da simulação da elevação de temperatura provocada pela incidência solar em uma via pavimentada com este tipo de material.

O presente trabalho, analisado do ponto de vista de sua natureza, classifica-se como aplicado, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigida à solução de problemas específicos, de abordagem qualitativa e desenvolvimento baseado em estudo de caso, por observar e considerar aspectos peculiares, enquadrando-se como pesquisa exploratória, onde se considera buscar maior aprofundamento sobre o tema em questão.

Devido ao fato de o concreto asfáltico fazer parte do ramo da Engenharia Civil para a construção de vias, este estudo é relevante pela proposta da utilização destas vias como fonte geradora de energia, sendo esta uma contribuição para uma produção mais sustentável.

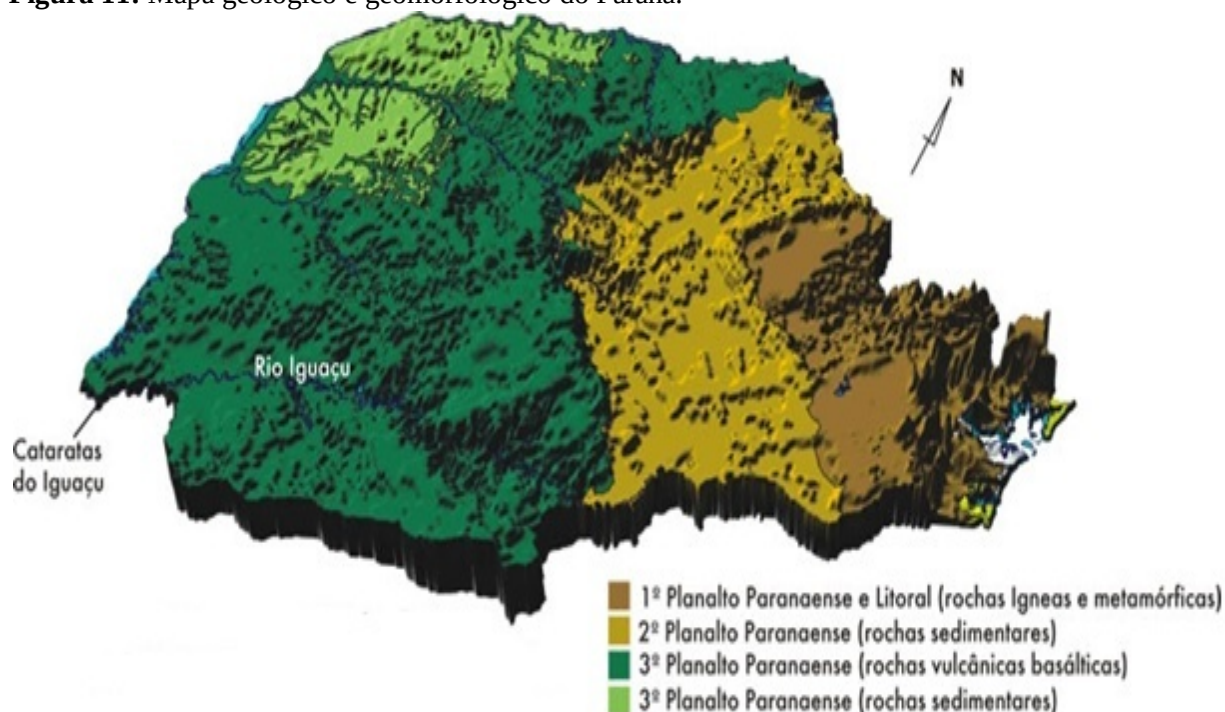
3.1.2 Caracterização da amostra

As amostras utilizadas para obtenção de dados, neste estudo, são compostas por corpos de prova de concreto asfáltico, constituídos por materiais pétreos e betuminosos, dotados em seu interior por termopares.

Os materiais pétreos utilizados na confecção dos corpos de prova, cedidos pelo grupo ITAX, são de origem basáltica, provenientes da Formação da Serra Geral. Os mesmos são

procedentes da Pedreira Itatiba, localizada na cidade de Matelândia no 3º Planalto Paranaense, como se pode verificar na Figura 11.

Figura 11: Mapa geológico e geomorfológico do Paraná.



Fonte: MINEROPAR, Construído por Otávio A. B. Licht. (2013).

O ligante asfáltico convencional CAP 50/70, o ligante asfáltico modificado com polímero elastomérico do tipo estireno-butadieno-estireno (SBS) CAP *Poliflex* 60/85 e o ligante asfáltico modificado com adição de 15% a 20% de borracha proveniente de pneus inservíveis CAP *Tyreflex* AB8 WM, juntamente com a ficha técnica do produto e certificado de análise com os controles de qualidade do ligante, foram cedidos pela empresa CBB Asfaltos.

Nas Figuras 12, 13 e 14, são apresentadas algumas características dos ligantes utilizados.

Figura 12: Características do CAP 50/70.

<i>Propriedade</i>	<i>Método</i>	<i>CAP 50/70</i>	
		<i>Especificação</i>	<i>Resultado</i>
Ponto de amolecimento (°C)	NBR 6560	46 min.	48,6 °C
Penetração (0,1 mm)	NBR 6576	50 - 70	60 mm
Visc. Brookfield 135 °C	NBR 15184	274 min.	299 cp
Visc. Brookfield 150 °C	NBR 15184	112 min.	151 cp
Visc. Brookfield 177°C	NBR 15184	57 a 285	57 cp
Ductibilidade 25 °C	NBR 6293	60 min	>100 cm
Ponto de Fulgor (°C)	NBR 11341	235 min.	270 °C

Fonte: CBB Asfaltos (2017).

Figura 13: Características do CAP 60/85.

<i>Propriedade</i>	<i>Método</i>	<i>CAP 60/85</i>	
		<i>Especificação</i>	<i>Resultado</i>
Ponto de amolecimento (°C)	NBR 6560	60 - 85	61,6 °C
Penetração (0,1 mm)	NBR 6576	40 - 70	61 mm
Visc. Brookfield 135 °C	NBR 15184	3000 máx	1045 cp
Visc. Brookfield 150 °C	NBR 15184	2000 máx	521 cp
Visc. Brookfield 177°C	NBR 15184	1000 máx	201 cp
Massa específica (kg/m³)	NBR 6296	---	1,003
Ponto de Fulgor (°C)	NBR 11341	235 min.	298 °C

Fonte: CBB Asfaltos (2017).

Figura 14: Características do CAP Borracha.

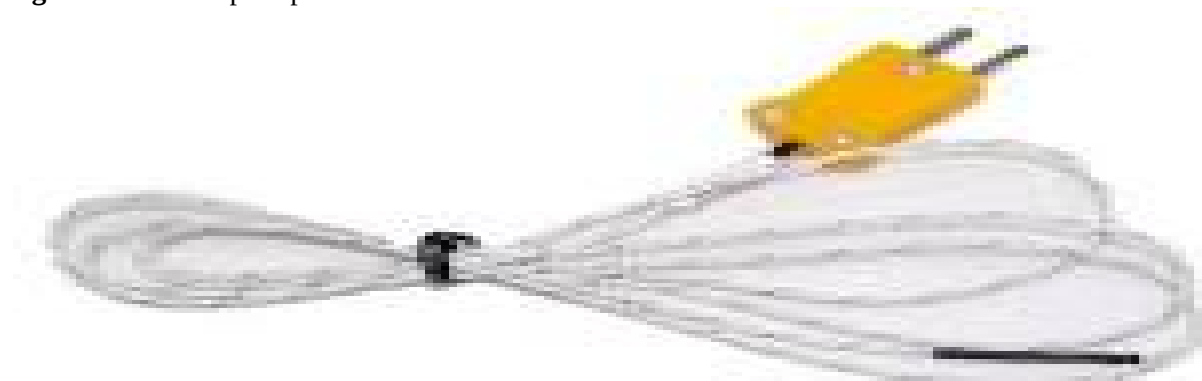
<i>Propriedade</i>	<i>Método</i>	<i>CAP Borracha</i>	
		<i>Especificação</i>	<i>Resultado</i>
Ponto de amolecimento (°C)	NBR 6560	55 min.	63,1 °C
Penetração (0,1 mm)	NBR 6576	30 - 70	52 mm
Visc. Brookfield @175 °C (s)	NBR 15529	800 - 2000	1550 cp
Recuperação Elástica	NBR 15086	50 min.	68%
Massa específica (kg/m³)	NBR 6293	---	1,02
Ponto de Fulgor (°C)	NBR 11341	235 min.	255 °C

Fonte: CBB Asfaltos (2017).

Entre a mistura de agregado e ligante, origina-se o concreto asfáltico, o qual se utilizou com base na norma DNER-ME 043/95, para a confecção dos corpos de prova. Foram confeccionados três corpos de prova para cada tipo de ligante, sendo estes utilizados como amostras para o estudo.

Termopares do tipo k (ilustrado na Figura 15) foram distribuídos no interior de cada amostra, localizando-se em pontos distintos, estando um na superfície e os demais respectivamente a 7,5; 10, 12,5 e 15 centímetros de profundidade.

Figura 15: Termopar tipo K



Fonte: Autor (2017)

3.1.3 Confecção dos corpos de prova

A confecção dos corpos de prova foi efetuada no laboratório da empresa Rodovia das Cataratas S.A, gentilmente cedido para este trabalho.

Primeiramente, coletaram-se na usina, localizada juntamente com a pedreira Itatiba em Matelândia – PR, os agregados para moldagem de nove corpos de prova. Após coleta, os agregados foram inseridos em estufa a 110°C por 24 horas e após secagem foram separados por peneiramento, nas seguintes frações:

- 25 a 19 mm.
- 19 a 9,5 mm.
- 9,5 a 4,8 mm.
- 4,8 a 2,0 mm.
- Passando na peneira de 2,0 mm.

Depois de separados, os agregados foram pesados e dispostos em recipientes (formas metálicas), de forma que depois de misturados com o ligante fossem obtidos corpos de prova com aproximadamente 2700g e 63,5±1,3mm de altura, seguindo os projetos respectivos para cada ligante conforme Anexo I. Repetiu-se o procedimento para os demais corpos de prova.

Antes de promover a mistura, os recipientes com os agregados e o ligante foram aquecidos a uma temperatura de 170°C, conforme ilustra Figura 16.

Figura 16: Agregado em estufa para secagem.



Fonte: Autor (2017).

Após atingir a temperatura desejada, o material pétreo foi dosado juntamente com o material betuminoso, conforme projeto no ANEXO 1, sobre uma balança para garantir a correta proporção da mistura, conforme Figura 17.

Figura 17: Dosagem do concreto asfáltico.



Fonte: Autor (2017).

Após a correta dosagem do material que compõem o concreto asfáltico, o mesmo é levado ao fogo, conforme Figura 18, para que o agregado e o CAP sejam devidamente misturados de forma a garantir homogeneidade na mistura e então colocados no molde de compactação.

Figura 18: Mistura do material pétreo com o material betuminoso.



Fonte: Autor (2017).

O molde foi introduzido no suporte de compactação e após a inserção de papel filtro no fundo do molde, a mistura quente foi disposta em seu interior, recebendo 15 golpes no interior e em volta do molde e 10 no centro. Após este processo, o anel superior foi removido e a mistura foi alisada.

Recolocado o anel, aplicou-se com o soquete 164 golpes sobre a mistura a uma altura de 45,72cm, como pode ser observado na Figura 19. Após, removeu-se o anel novamente e o suporte foi invertido e mais 164 golpes foram aplicados na outra face.

Figura 19: Compactação do corpo de prova.



Fonte: Autor (2017).

Depois de compactado, retirou-se cuidadosamente o corpo de prova do molde e disposto em superfície lisa para repouso de 24 horas à temperatura ambiente. Após o repouso, foram unidos os corpos de prova do mesmo material, com emulsão, a fim de simular o real aspecto de uma via pavimentada, ilustrado na Figura 20.

Figura 20: Aplicação de emulsão para a união das camadas.



Fonte: Autor (2017).

E por fim, com auxílio de uma furadeira e brocas diamantadas de 1 mm, os termopares foram inseridos no corpos de prova, finalizando a confecção da amostras para a coleta dos dados necessários para a análise da geração de energia em vias pavimentadas através do efeito *Seebeck*.

3.1.4 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados

Para se determinar uma relação entre a temperatura ambiente e a temperatura do concreto asfáltico, foram levantados os dados de temperatura ambiente e temperatura superficial do concreto asfáltico, através dos termopares instalados nos corpos de prova.

Para a medição de temperatura ambiente, foi utilizado um termo-higrômetro, marca Minipa, modelo MT240, cujas especificações técnicas são apresentadas no Quadro2.

Quadro 2: Especificações técnicas do Termo-higrômetro.

Temperatura em ambiente interno	Faixa de operação	0°C ~ +60°C (+32°F ~ +140°F)
	Precisão	±1,0°C (0°C ~ +40°C) ±2,0°C (+40°C ~ +60°C)
	Resolução	0,1°C / 0,1°F
Temperatura em ambiente externo	Faixa de operação	-50°C ~ +70°C (-58°F ~ +158°F)
	Precisão	±1,0°C (-14°C ~ +40°C) ±2,0°C (-50°C ~ 0°C ou +40°C ~ +70°C)
	Resolução	0,1°C / 0,1°F
Umidade	Faixa de operação	20% ~ 90%
	Precisão	±5,0% (40% ~ 70%, 20°C ~ 30°C) ±10% (20% ~ 40% ou 70% ~ 90%)
	Resolução	1%

Fonte: Minipa (2017).

A Figura 21 apresenta o termo-higrômetro que foi utilizado.

Figura 21: Termo-higrômetro Minipa modelo MT-240.



Fonte: Autor (2017).

Foram efetuadas as medições de temperatura superficial do revestimento asfáltico, e para tal, utilizou-se um termômetro digital infravermelho, modelo MT 320 da marca Minipa, cujas especificações técnicas são apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3: Especificações técnicas do termômetro infravermelho.

Faixa de temperatura	-20°C ~+400°C (-4°F ~+752°F)
Resolução	0,1°C / 0,1 °F
Precisão	± 2% leitura ou ±2°C
Emissividade	0,1 a 1

Fonte: Minipa (2017).

A Figura 22 apresenta o termômetro infravermelho utilizado nas medições superficiais do revestimento asfáltico.

Figura 22: Termômetro infravermelho Minipa modelo MT320.



Fonte: Autor (2017).

Os corpos de prova, dotados de termopares em seu interior, receberam uma carga térmica oriunda de um soprador, modelo HG2000 do fabricante *Black & Decker* que simula a incidência de carga térmica advinda da radiação solar. A Figura 23 apresenta o soprador térmico.

Figura 23: Soprador Térmico.



Fonte: Autor (2017).

A temperatura da superfície destes corpos de prova foi monitorada para que a carga térmica aplicada não seja superior 70°C.

Através da utilização de um *datalogger* apresentado na Figura 24, disponível no Centro Universitário Assis Gurgacz, foram coletadas as informações de tensão e temperatura nas camadas internas dos corpos de prova, obtendo-se assim uma relação entre a temperatura superficial do pavimento e as temperaturas das camadas internas do revestimento. Além destes dados, registrou-se o tempo em que foram efetuadas as medições para obtenção de uma caracterização do tempo de propagação da energia térmica no interior deste tipo de revestimento.

Figura 24: *FieldLogger* Novus.



Fonte: Autor (2017).

3.1.4.1 Determinação da temperatura e tempo de exposição do corpo de prova

Para a determinação da temperatura foram utilizados dados de Silva (2012) que mostram que a maior temperatura registrada em um asfalto é de 70°C. Assim sendo, optou-se por elevar a temperatura superficial dos corpos de prova até 65°C.

No entanto, é sabido que a tendência natural dos corpos é de chegar a um equilíbrio térmico, o que se traduziria em uma simples questão que precisava ser respondida: Por quanto tempo deveria ser fornecida a energia térmica ao corpo de prova? Pois, caso fosse fornecida

por tempo demais, as camadas mais inferiores dos corpos tenderiam a equilibrar termicamente com a camada superficial.

Em condições naturais (fora do laboratório) o fornecimento durante o dia é constantemente alterado até atingir o seu máximo e após é alterado gradativamente até cessar este fornecimento com o cair da noite.

Para que fosse determinado este tempo, buscou-se um ajuste na distância e no fornecimento térmico do soprador de forma que a temperatura superficial do corpo de prova se mantivesse a 65°C, admitindo-se uma variação de no máximo 10%.

Ao obter este ajuste, foi medido o tempo necessário para que a energia fornecida à superfície atingisse a camada mais inferior do corpo de prova. Para tal, utilizou-se a técnica que consistiu em medir quanto tempo a temperatura da camada localizada a 5 cm de profundidade variaria em 1°C após a superfície ter variado estes mesmos 1°C. Obteve-se uma média de tempo de 22min e 35seg, tomando o corpo de prova de CAP 50/70 como referência, por ser o mais comumente encontrado em nossa região. Esse tempo de fornecimento de energia térmica deveria ser o mesmo para todos os demais corpos, a fim de se verificar igualmente o comportamento de todos os tipos de CAP estudados neste trabalho.

Para a determinação deste tempo foram efetuadas três medições conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Medições para determinar o tempo de propagação térmica

Medição	Tempo
1	23 min 55seg
2	22 min 50 seg
3	21min 00 seg

Fonte: Autor (2017).

Determinado o tempo médio para que a temperatura da camada 1 variasse em 1°C a partir do momento em que a superfície registrasse esta mesma variação, multiplicou-se por 4 o valor obtido, para que a energia térmica fornecida na superfície se propagasse até a camada mais inferior, em razão das 4 camadas, 7.5, 10, 12.5 e 15cm de profundidade.

3.1.5 Execução dos ensaios

Os corpos de prova foram analisados no laboratório de energias renováveis do Centro Universitário Assis Gurgacz, através da simulação da elevação de temperatura provocada pela incidência solar.

Para a execução dos ensaios foi elaborado um tripé para suporte do soprador térmico de forma que o mesmo se mantivesse sempre a uma distância constante da superfície dos corpos de prova, conforme apresentado na Figura 25.

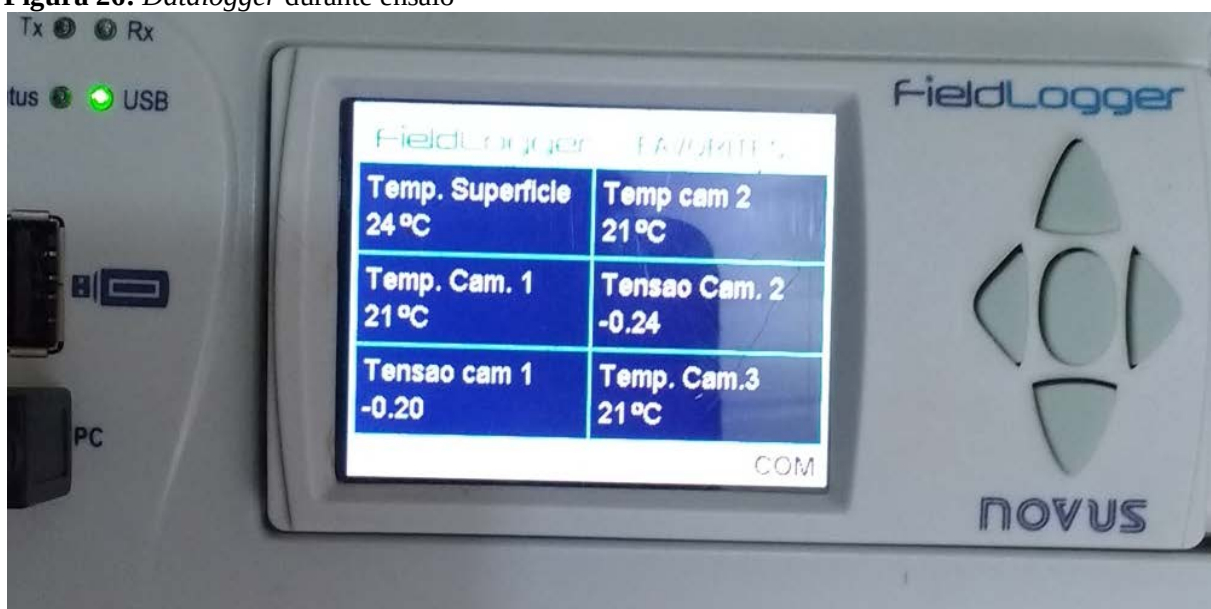
Figura 25: Tripé e soprador térmico



Fonte: Autor (2017).

Com o auxílio do equipamento *datalogger*, foram coletadas as informações de tensão e temperatura nas camadas internas dos corpos de prova, conforme ilustra a Figura 26, obtendo-se assim uma relação entre a temperatura superficial do pavimento e as temperaturas das camadas internas do revestimento.

Figura 26: Datalogger durante ensaio



Fonte: Autor (2017).

Durante os ensaios a temperatura ambiente variava em torno de 22°C e 53% de umidade relativa do ar.

A Figura 27 ilustra as condições de temperatura e umidade durante um dos ensaios.

Figura 27: Registro de temperatura e tensão durante os ensaios



Fonte: Autor (2017).

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS

Com a realização deste trabalho determinou-se que é possível, aplicando-se os conceitos do efeito *Seebeck*, produzir energia elétrica através da radiação solar que incide sobre as vias pavimentadas com concreto asfáltico e determinar até que espessura de revestimento, dentro daquelas padronizadas pelo DNIT, é possível obter a geração de energia. Além do tamanho das células geradoras necessárias para cada profundidade de instalação dos termogeradores visando um valor fixo de tensão a ser gerada, determinando a potência gerada por estas células e a potência gerada por metro quadrado de via.

Com base nesta expectativa foram levantados os dados que seguem nos demais subitens.

4.1.1 Ensaio CAP 50/70

Com o corpo de prova de CAP 50/70 deu-se início a uma bateria de ensaios, com medições de temperaturas na superfície do corpo de prova e em quatro outras camadas, além de medições de tensão gerada nestas camadas.

Devida a baixa variação de tensão obtida na camada 4, a mais profunda e por não possuir mais portas de aquisição de dados suficientes no *datalogger* utilizado, além de disponibilidade para realizar todos os ensaios dentro do prazo de empréstimo disponível do *datalogger*, optou-se por eliminar a quarta camada pela pouca relevância dos dados dela obtidos.

4.1.1.1 Curva de temperatura

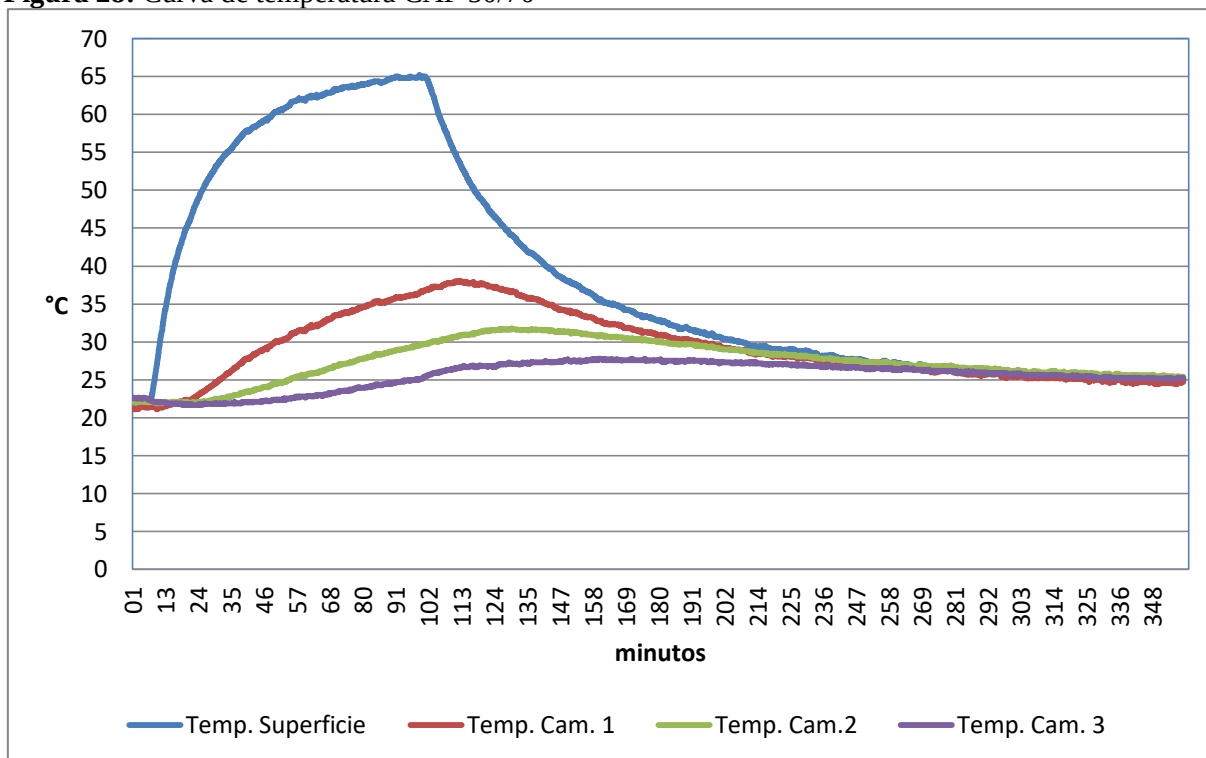
De acordo com as medições realizadas, a temperatura da camada um, localizada a 7,5cm de profundidade, variou de 21,6°C até 38°C.

Importante observar que existe um retardo na propagação do calor dentro do corpo de material asfáltico e um aspecto que pode claramente ser observado é que, mesmo com a redução da temperatura superficial do corpo de prova, após este atingir os 65°C em 90min de fornecimento de calor, as camadas mais internas permaneceram elevando sua temperatura enquanto a superfície era resfriada. Este comportamento leva a crer que mesmo com o cair da noite, onde não se fornece mais energia ao asfalto, este ainda é capaz de manter uma temperatura elevada em relação a temperatura do ar ambiente.

As demais camadas apresentaram variações de temperatura que reproduziram a curva de temperatura da camada um, mas, com um deslocamento no acréscimo de temperatura devido ao retardo térmico que este tipo de material apresenta para conduzir o calor em seu interior. A camada dois conseguiu elevar a temperatura acima dos 30°C, mas a camada três não chegou a 28 °C.

Interessante observar que o tempo de retorno do corpo de prova para a temperatura ambiente é bastante longo, chegando a manter a temperatura acima da temperatura ambiente por um período de até quase 5h até atingir o equilíbrio térmico com o meio ambiente. A Figura 28 apresenta a curva de temperatura obtida durante os ensaios.

Figura 28: Curva de temperatura CAP 50/70



Fonte: Autor (2017).

4.1.1.2 Curva de tensão

No mesmo ensaio onde foi efetuada a coleta de dados de temperatura, foram coletados os dados de tensão gerada nas mesmas camadas.

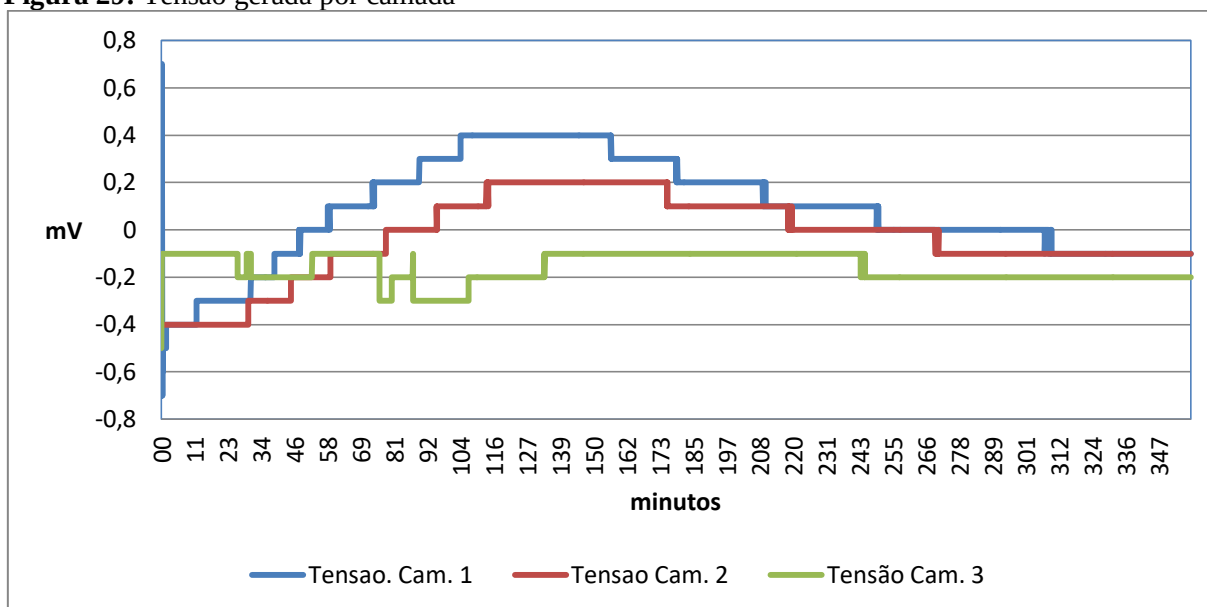
Um ponto observado é que dependendo do tipo de termopares escolhidos, a geração de energia em menores temperaturas também é possível, porém possui polaridade invertida em relação àquelas cuja temperatura é mais elevada, favorecendo em muito a geração de energia em dias de temperaturas mais baixas.

A faixa de temperatura onde foi possível obter uma geração de tensão foi para valores abaixo de 24°C com polaridade inversa e, acima de 31°C para polaridade direta. A faixa de temperatura entre 24°C e 31°C é o que se chama neste trabalho de “faixa de sombra”, ou de “vazio energético”, onde nenhuma energia é gerada.

Observou-se também que os termopares atingiram uma tensão máxima gerada para a alta temperatura, quando esta atingiu valores acima de 36°C (cada termopar pode gerar uma tensão máxima de 0,4mV). Valores superiores não foram atingidos, embora possíveis, devido à temperatura da massa do corpo de prova não ter atingido valores maiores.

Para temperaturas abaixo de 24°C, foi possível obter uma tensão inversa de até 0,7mV por elemento termopar. A Figura 29 apresenta a curva de tensão gerada em cada camada.

Figura 29: Tensão gerada por camada



Fonte: Autor (2017).

4.1.2 Ensaio CAP 60/85

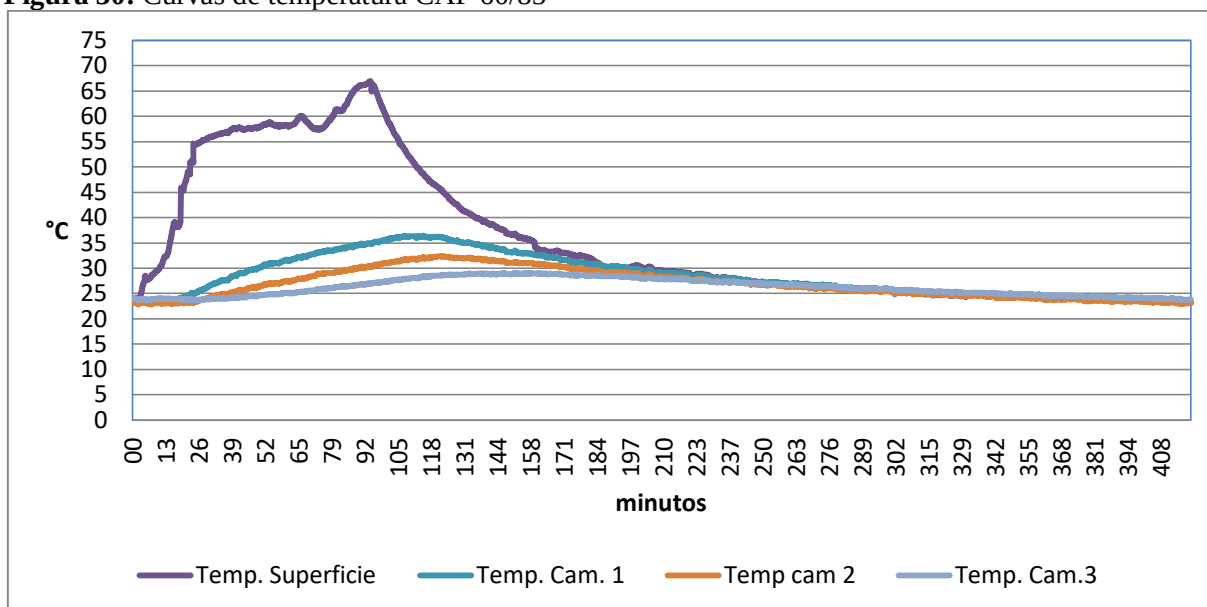
Os procedimentos de ensaio executados para o corpo de prova construído em CAP 60/85 foram os mesmos para o CAP 50/70. No entanto, como o objetivo era submeter os corpos de prova a iguais condições, manteve-se o ajuste de temperatura no soprador térmico que já havia sido efetuado no ensaio do CAP 50/70, assim como a distância do soprador ao corpo de prova e o tempo ao qual o mesmo foi submetido ao soprador. Desta forma, pode ser verificado o comportamento do CAP 60/85 frente ao CAP 50/70.

4.1.2.1 Curva de temperatura

As leituras obtidas através do ensaio do CAP 60/85, apresentaram valores de temperatura para as camadas mais inferiores ligeiramente mais elevados que os obtidos com o ensaio do CAP 50/70, apesar de ter sido submetido à mesma carga térmica pelo mesmo período de tempo. Esse comportamento revela uma melhor capacidade de condução de calor deste tipo de CAP, capaz assim de gerar maior quantidade de energia mesmo em camadas mais profundas.

A Figura 30 apresenta as curvas de temperatura obtida durante os ensaios do CAP 60/85.

Figura 30: Curvas de temperatura CAP 60/85



Fonte: Autor (2017).

4.1.2.2 Curva de tensão

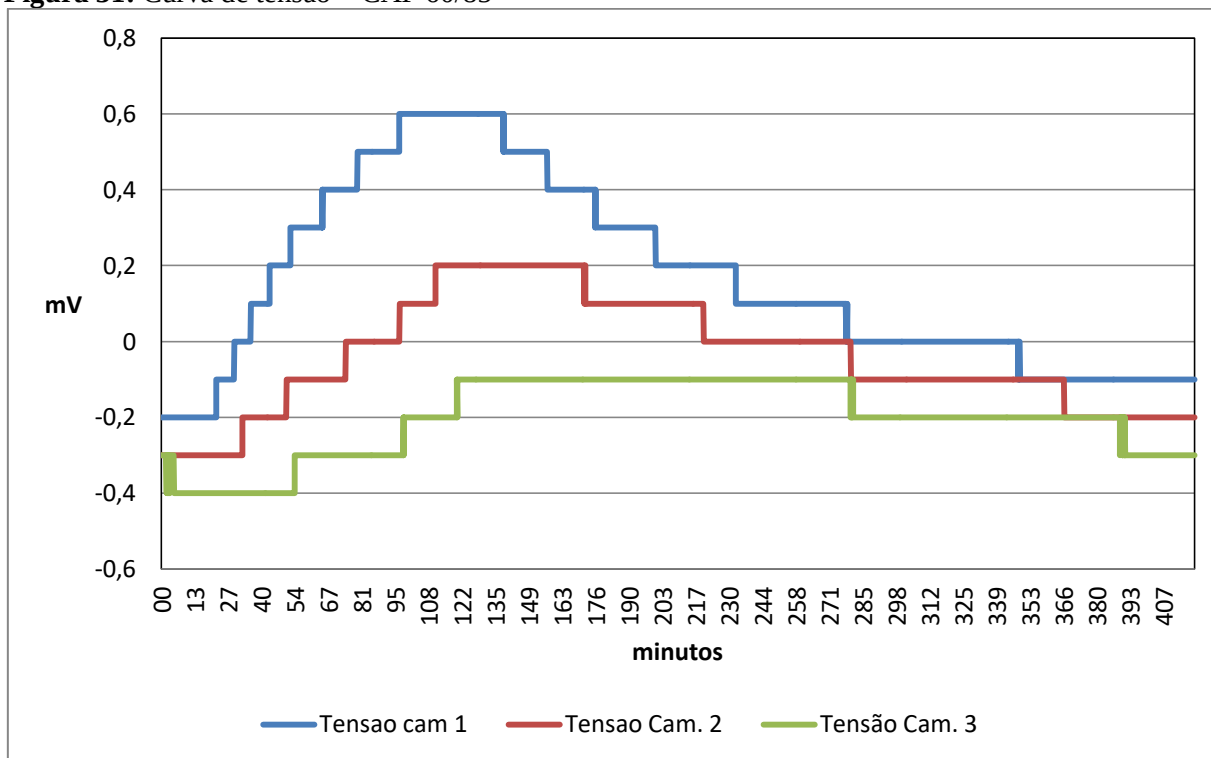
Assim como para o CAP 50/70, foi efetuada simultaneamente a coleta de dados das variações de temperatura no corpo de prova e a coleta das tensões geradas nas camadas internas do CAP 60/85.

Apesar de obter uma elevação de temperatura maior nas camadas mais profundas em relação ao CAP 50/70, as tensões geradas na camada três do CAP 60/85 ainda são baixas frente ao obtido nas camadas um e dois.

Assim como no CAP 50/70, as temperaturas na camada um não se elevaram muito acima dos 36°C gerando uma tensão máxima de 0,6mV por termopar. Esta diferença de 0,2mV obtida, diz respeito apenas a diferenças construtivas existentes entre os termopares utilizados.

A Figura 31 ilustra a curva de tensão obtida durante os ensaios com o CAP 60/85.

Figura 31: Curva de tensão – CAP 60/85



Fonte: Autor (2017).

4.1.3 Ensaio CAP *Tyreflex*

Um CAP que pode ser considerado até certo ponto desconhecido e também uma novidade, devido ao seu uso em menor quantidade se comparado ao 50/70, é o CAP *Tyreflex*, mais comumente conhecido como CAP borracha.

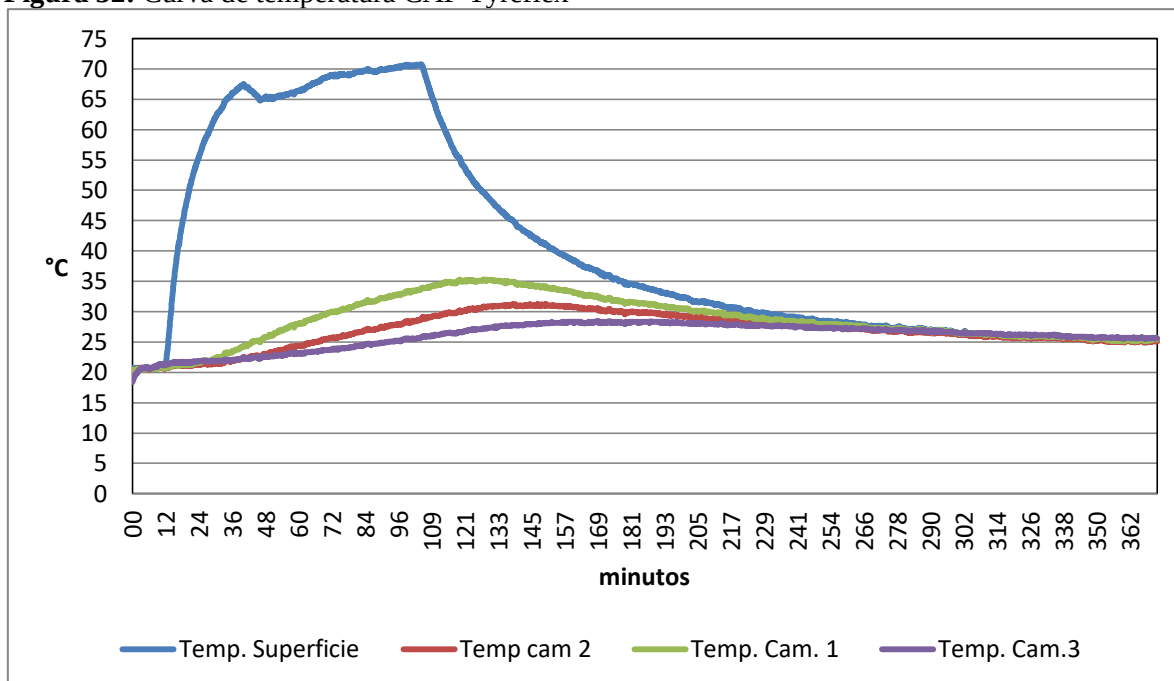
Também foi submetido à mesma bateria de ensaios, que os demais CAPs anteriormente citados, sendo aplicada sobre ele a mesma carga térmica que os demais e durante o mesmo período de tempo, para que fosse possível analisar o seu comportamento e desempenho frente aos demais tipos.

4.1.3.1 Curva de temperatura

O CAP *Tyreflex* apresentou uma curva de temperatura muito semelhante aos demais CAPs, no entanto com valores mais elevados nas camadas internas que as obtidas com o CAP 50/70 e bastante próximas daquelas obtidas com o CAP 60/85.

A Figura 32 apresenta as curvas de temperatura obtidas durante os ensaios.

Figura 32: Curva de temperatura CAP *Tyreflex*

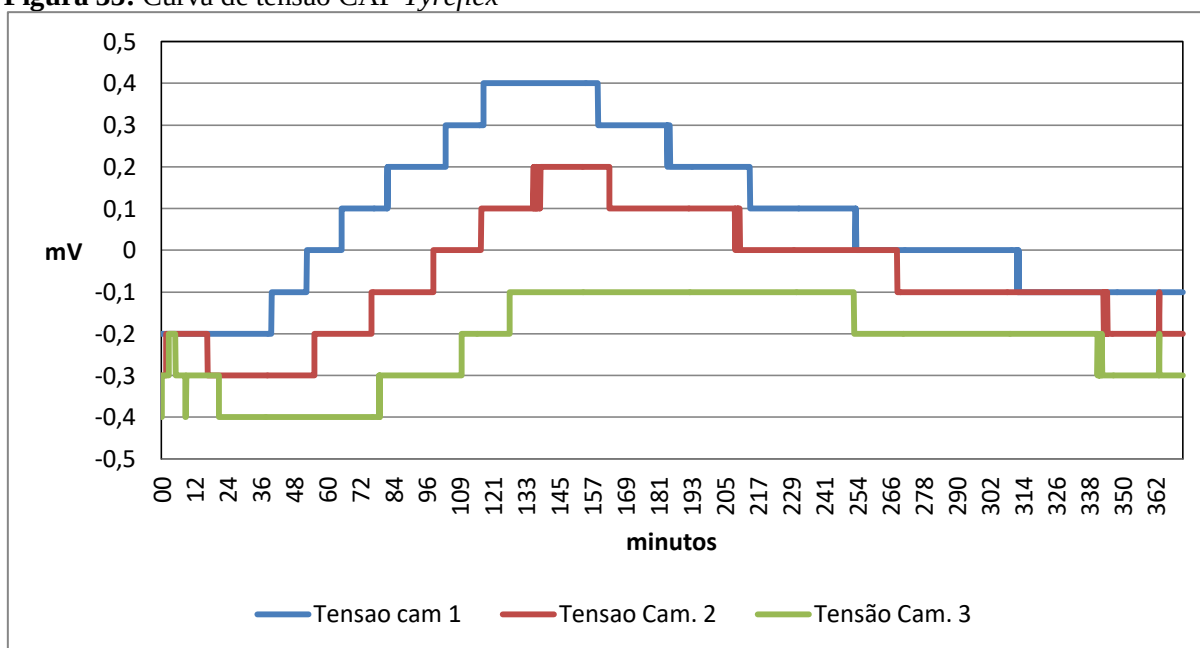


Fonte: Autor (2017).

4.1.3.2 Curva de tensão

Da mesma maneira que os demais tipos de CAP, para o CAP *Tyreflex* também foi obtida uma curva de tensão gerada nas camadas 1, 2 e 3, muito semelhante às curvas de tensão obtidas nas leituras dos demais tipos de CAP estudados, conforme apresentado na Figura 33.

Figura 33: Curva de tensão CAP *Tyreflex*



Fonte: Autor (2017).

4.1.4 Análise dos dados

Diante dos dados obtidos durante os ensaios fica claro que é possível utilizar esta técnica para a geração de energia elétrica, mas, para que esta energia torne-se passível de utilização para a alimentação de cargas elétricas, é necessário que alguns arranjos sejam criados a fim de obter valores de tensão e corrente adequados ao consumo.

Levando-se em consideração que os valores de tensão obtidos em cada termopar são da ordem de 0,4mV e que os inversores de frequência disponíveis atualmente no mercado trabalham com tensões da ordem de 12 a 48V, seriam necessários arranjos que permitissem a obtenção deste nível de tensão.

Uma forma de se obter maiores níveis de tensão é fazendo-se uso das chamadas termopilhas, que nada mais são de arranjos de termopares em série, semelhante ao que se faz com pilhas eletroquímicas utilizadas em lanternas.

Tendo-se como base uma tensão de 12V e geração de 0,4mV por unidade de termopar, seriam necessárias 30.000 unidades de termopares ligados em série para a obtenção de 12V.

Considerando estes valores, podemos afirmar que a potência disponibilizada por um arranjo em série de 30.000 unidades de termopar tipo K, fabricados com condutores de 30AWG é de 4,8W, conforme calculado na Equação 13, aplicando-se a Equação 10.

$$P = V \cdot I = 12 \cdot 0,4 = 4,8W \quad (13)$$

A espessura de cada termopar contando os dois condutores e isolamento é de 2mm, sendo assim, é possível agrupar lado a lado, 500 unidades em 1m, o que permite instalar aproximadamente 250.000 termopares em 1m², cerca de 8,33 vezes mais que o necessário para produzir 4,8W.

Desta forma obtém-se um valor de 40W por metro quadrado de área, claro que esse é um valor teórico, visto que se todos os 250.000 termopares forem dispostos lado a lado, em 1m², não haveria asfalto.

Fazendo uso desta metodologia de cálculo podem-se determinar os valores teóricos de potência gerada em cada uma das camadas estudadas, conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4: Potência gerada por camada em 1m².

Camada	Tensão unitária (mV)	Potência/conjunto (W)	Área considerada (m ²)
1	0,4 (0,6)	40(60)	1
2	0,2	20	1
3	0,1	10	1

Fonte: Autor (2017).

O valor entre parênteses apresentado no Quadro 4 refere-se exclusivamente quando utilizado o CAP 60/85.

CAPÍTULO 5

5.1 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou avaliar a aplicação do efeito *Seebeck*, para a utilização de vias pavimentadas com concreto asfáltico como fontes geradoras de energia elétrica, fazendo o aproveitamento da energia térmica incidente sobre estas vias pela exposição solar. Além disso, possibilitou analisar o comportamento térmico dos três tipos de CAP envolvidos avaliando os valores de temperatura e tensão geradas nas camadas internas estudadas.

De maneira geral, observa-se que é plenamente possível a obtenção de energia elétrica através da aplicação dos conceitos preconizados pelo efeito *Seebeck*, fazendo uso de termopares inseridos no revestimento asfáltico, o que poderá contribuir para a expansão da matriz energética brasileira que hoje se baseia principalmente na utilização dos recursos hídricos e, embora tenham ocorrido investimentos na tentativa de diversificar e reduzir tal dependência, estes recursos ainda apresentam-se como principal fonte geradora.

A geração de energia térmica através da aplicação dos termopares nos corpos de prova apresentou resultados bastante satisfatórios, permitindo avaliar diante dos resultados obtidos, não apenas que existe um potencial de produção de energia como também avaliar o comportamento nas diversas variações de temperatura e tensão gerada nas camadas estudadas dos corpos de prova e por quanto tempo foi necessário aquecer os corpos de prova para que o estudo pudesse ser realizado. Desta forma, consideram-se atingidos todos os objetivos propostos para este trabalho.

Dos recursos utilizados podemos citar que o *datalogger* possibilitou efetuar a leitura dos valores de tensão e temperatura de forma instantânea na medida em que as mudanças estavam ocorrendo, visto que o soprador térmico (que tinha como função substituir o sol) favoreceu a carga térmica necessária para variação das temperaturas superficiais e internas dos corpos de prova.

Os corpos de prova utilizados para este trabalho foram confeccionados com CAP 50/70, 60/85 e *Tyreflex* conhecido como CAP borracha, todos dotados de termopares tipo K inicialmente confeccionados para a utilização em equipamentos de medição. Para o acompanhamento e registro das condições ambientes, fez-se uso de um termo-higrômetro que

possibilitou constatar quando o ensaio de cada corpo poderia ser encerrado, através da leitura de temperatura ambiente e do próprio corpo de prova que deveriam estar em equilíbrio térmico.

Entende-se este trabalho como inovador, visto que as buscas por trabalhos deste tipo sempre resultaram na aplicação de técnicas diferenciadas das aqui apresentadas. Contudo por tratar-se de um trabalho acadêmico de graduação tem-se a convicção de que o tempo disponível e a delimitação muito bem definida, não esgotam este tema, sendo este um assunto que ainda poderá ser muito explorado, assim a título de contribuições futuras e sugestão de novas pesquisas e trabalhos, pode-se citar:

- O estudo dos aspectos econômicos da implantação deste sistema.
- As patologias que poderão surgir nas vias com a aplicação desta técnica.
- A geração de energia com o uso de termopares conectados em malha.
- A aplicação dos semicondutores denominados comercialmente como pastilhas *Peltier*, para a geração de energia.
- O estudo da aplicação prática desta técnica.
- O estudo para a determinação das formas de manutenção que deverão ser implementadas a partir do uso de termopares nas vias asfaltadas.
- O projeto e dimensionamento de termopares específicos para este uso.

Desta maneira, considera-se atingido o objetivo geral deste trabalho, visto conseguir determinar que é plenamente possível a geração de energia elétrica através da aplicação da técnica aqui apresentada, tornando-se este um trabalho de relevância, sendo mais uma forma de engrandecer a Engenharia Civil através das contribuições para a sociedade.

REFERÊNCIAS

ALVES, E.D.L.; VECCHIA, F.A.S. **INFLUÊNCIA DE DIFERENTES SUPERFÍCIES NA TEMPERATURA E NO FLUXO DE ENERGIA: UM ENSAIO EXPERIMENTAL**. Guarapuava:Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO. Revista Ambiente, 2012. Disponível em <<http://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/2509>>. Acesso em 04/05/2017.

ANEEL – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **ATLAS DE ENERGIA SOLAR**. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia_solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia_solar(3).pdf)> Acesso em 07/06/2017.

BALBO, J. T. **PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA: MATERIAIS, PROJETO E RESTAURAÇÃO**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.558p.

BENFICA, A, MATTEDE, H. **O QUE É UM TERMOPAR?**. Disponível em <<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-termopar/>> Acesso em 30/04/2017.

BERNUCCI, L.B; [et al.] **PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA – FORMAÇÃO BÁSICA PARA ENGENHEIROS**. Rio de Janeiro, PETROBRAS: ABEDA 2006.

BLASS, L. **MODELAGEM MATEMÁTICA DE RESPOSTAS ESTRUTURAIS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS CONSIDERANDO A VARIAÇÃO SAZONAL DE TEMPERATURA**.Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2011.

CBB ASFALTOS. **PRODUTOS**. Disponível em: <<http://cbbasfaltos.com.br/produtos/>> Acesso em 20/05/2017.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **CIMENTOS ASFÁLTICOS DE PETRÓLEO DNIT 095/2006 EM**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-material-em/dnit095_2006_em.pdf> Acesso em 05/05/2017.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO IPR-719**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em <https://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf> Acesso em 01/05/2017.

_____. **PAVIMENTOS FLEXÍVEIS –CONCRETO ASFÁLTICO – ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇOS NORMA DNIT 031/2006 ES**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em<http://www.dtt.ufpr.br/Pavimentacao/Notas/DNIT031_2006_ES.pdf> Acesso em 07/05/2017.

DUPONT, F. H.; GRASSI, F.; ROMITTI, L. **ENERGIAS RENOVÁVEIS: BUSCANDO POR UMA MATRIZ ENERGÉTICA SUSTENTÁVEL**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 19, n. 1, p. 70-81, 2015.

ELEMENTOS DA ELÉTRICA.**EFEITO SEEBECK**. Universidade São Francisco, 2015. Disponível em <<http://elementosdaeletrica.blogspot.com.br/2015/03/surgimento-do-termopar.html>> Acesso em 20/03/2017.

HELLMANN, L. **DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES TÉRMICAS DE MATERIAIS DE PAVIMENTAÇÃO**. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2008.

INCROPERA, Frank P; De WITT, David P. **FUNDAMENTOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR E DE MASSA**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003. Traduzido por: Carlos Alberto Biolchini da Silva. Departamento de Engenharia Mecânica, UERJ. Tradução de: Fundamentals of heat and mass transfer. 698 p.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME, EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS - EPE. **BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2016 – ANO BASE 2015**. Rio de Janeiro, 2016.

MONTEIRO, M.S. **AValiação METROLÓGICA DA ESTABILIDADE TERMOELÉTRICA DE UM TERMOPAR AuPt**. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2002. Disponível em <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/3668/3668_5.PDF> Acesso em 19/03/2017.

MORAES, M. B. S.; TEIXEIRA, R. M. R. **CIRCUITOS ELÉTRICOS: NOVAS E VELHAS TECNOLOGIAS COMO FACILITADORES DE UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO NÍVEL MÉDIO**. Textos de Apoio ao Professor de Física. Porto Alegre: UFRGS, 2006. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/tapf/v17n1_Moraes_Teixeira.pdf> Acesso em 19/03/2017.

MOURA, E. **APOSTILA DE PROJETO DE PAVIMENTO**. São Paulo: FATEC, 2014. Disponível em <http://www.professoredmoura.com.br/download/Apost_Dimens_Pav_2_2014-Parte_A.pdf> Acesso em 01/05/2017.

PEREIRA, A.C. **A DIFUSIVIDADE TÉRMICA, A EFUSIVIDADE TÉRMICA E A INÉRCIA TÉRMICA DA ENVOLVENTE DOS EDIFÍCIOS**. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2013. Disponível em <http://www.get.pt/site_files/publicaes/a_difusividade_trmica1301121906.pdf> Acesso em 01/03/2017.

QUEIROZ, R; BOTELHO, F. **A COMPLEXIDADE DA POLÍTICA ENERGÉTICA NACIONAL: OS DESAFIOS DE SE TORNAR UM PLAYER INTERNACIONAL**. Blog Infopetro. Rio de Janeiro, 19 Setembro 2010.

REYNOSO, V.C.S. **MEDIDA DO COEFICIENTE TERMOELÉTRICO**. São Paulo: Universidade Estadual de São Paulo, 2013. Disponível em <<https://goo.gl/hm6VvJ>> Acesso em 30/04/2017.

RODRIGUES, R. L. **AValiação ESTRUTURAL DE SEGMENTO DA AV. FLONIANO PEIXOTO ZONA URBANA DE CAMPINA GRANDE – PB**. Dissertação

(Mestre em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – Paraíba, julho 2007.

RODRIGUES, E. **CONFORTO TÉRMICO DAS CONSTRUÇÕES**. Disponível em: <http://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/c/c6/Transmissao_de_Calor_em_Edificacoes.pdf> Acesso em: 27/08/2017.

SANTOS, L. P. **ANÁLISE DE DESEMPENHO DE UM GERADOR TERMELÉTRICO BASEADO NO EFEITO SEEBECK**. Taubaté: Universidade de Taubaté, 2010. Disponível em <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp131018.pdf>> Acesso em 01/03/2017.

SCHEIDT, P. BRAUN, A. **POTENCIAL SOLAR NO BRASIL**. Disponível em <<http://americadosol.org/potencial-solar-no-brasil/#toggle-id-1>> Acesso em 04/05/2017.

SILVA, E.P; CAMARGO, J.C.; SORDI, A.;SANTOS, A.M.R. **RECURSOS ENERGÉTICOS, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO**. Campinas: UNICAMP, 2017. Disponível em <<http://www.multiciencia.unicamp.br/art04.htm>> Acesso em 01/03/2017.

SILVA, I. M. **EFEITOS DO USO E COBERTURA DO SOLO SOBRE O CONFORTO HIGROTÉRMICO**. Piracicaba: Universidade de São Paulo – USP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-30102012-171253/pt-br.php>> Acesso em 11/03/2017.

TAGLIANI, S. **MATRIZ ENERGÉTICA MUNDIAL E BRASILEIRA**. Disponível em <<http://www.pensamentoverde.com.br/economia-verde/matriz-energetica-mundial-brasileira/>>. Acesso em 19/03/2017.

TRAMONTINI, R. **MOFELAGEM MATEMÁTICA DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM PAVIMENTOS RÍGIDOS E FLEXÍVEIS**. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2007.

VORTEX EQUIPAMENTOS. **EMISSIVIDADE**. Belo Horizonte, 2017. Disponível em <<http://www.vortex.com.br/raytek/emissividade.html>> Acesso em 06/05/2017.

VIANA, C. **RESISTIVIDADE, CONDUTIVIDADE E COEFICIENTE TÉRMICO DOS PRINCIPAIS CONDUTORES - ELETRICIDADE**. Campo Grande: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS, Faculdade de Engenharia - FAENG, 2008. Disponível em <http://www3.fsa.br/eletronica/carlos.viana/eletricidade/listas/formularios/resistividade_condutividade_cb_10032008.pdf> Acesso em 01/10/2017.

6 **ANEXO 01:** Projeto de mistura asfáltica CBUQ Faixa C CAP 50/70.



**PROJETO DE MISTURA BETUMINOSA CBUQ
FAIXA "C" DNIT ES - 031/2006**

1- Generalidades

Rodovia: BR 277

Trecho: Guarapuava - Foz do Iguaçu

Empresa: Pedreira Itatiba

2- Materiais Agregado Mineral

2.1 Brita 3/4" (do Tornado)

2.2 Pedrisco 3/8" (do Tornado)

2.3 Pó de Pedra 3/16" (do Tornado)

2.4 Filler Cal Hidratada CH I

3- Material Cimento Asfalto de Petróleo

3.1 CAP 50 - 70

2017



Análise Granulométrica

Rodovia: BR 277

Trecho: Guarapuava - Foz do Iguaçu

Obra :

Estudo: Projeto de Massa Asfáltica

Material: Brita 3/4" Silo 1

Pedreira: Pedreira Itatiba

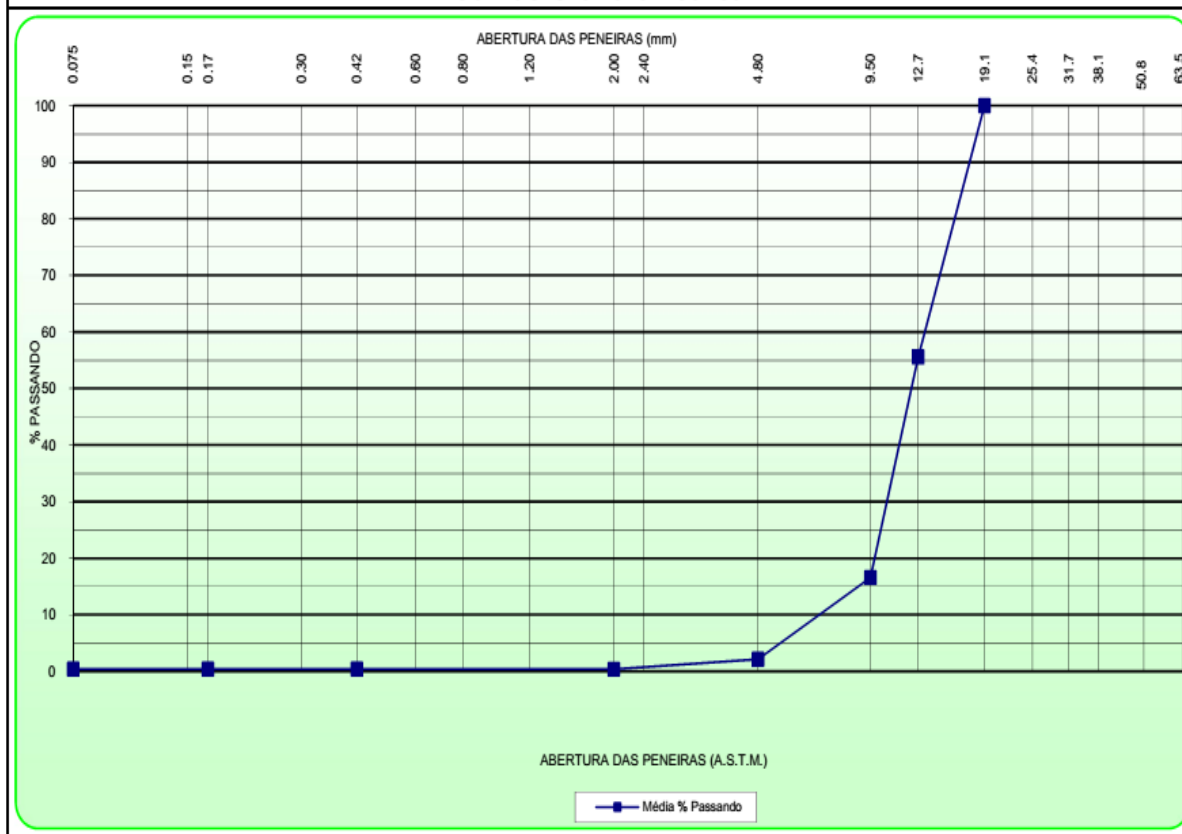
AMOSTRAGEM SILO QUENTE - ESTUDO CONCRETO ASFALTICO, CBUQ FAIXA "C" ESPECIFICAÇÃO DNIT

ES 031/2006

Distribuição Granulométrica DNIT 083/89

Peneira		Amostra - 01			Amostra - 02			Média % Passando
		Peso da Amostra		3300,0	Peso da Amostra		3255,0	
ASTM	mm	Retido	Passando	% Passando	Retido	Passando	% Passando	
3/4"	19,100	0,0	3300,0	100,0	0,0	3255,0	100,0	100,0
1/2"	12,700	1428,9	1871,1	56,7	1481,0	1774,0	54,5	55,6
3/8"	9,500	1316,7	554,4	16,8	1240,2	533,8	16,4	16,6
N.º 4	4,800	485,1	69,3	2,1	462,2	71,6	2,2	2,1
N.º 10	2,000	56,2	13,1	0,4	55,7	15,9	0,5	0,4
N.º 40	0,420	0,6	12,5	0,4	0,6	15,3	0,5	0,4
N.º 80	0,177	0,6	11,9	0,4	0,3	15,0	0,5	0,4
N.º 200	0,074	0,3	11,6	0,4	0,3	14,7	0,5	0,4

Curvas Granulométrica





AGREGADO GRAÚDO - Determinação do Índice Forma Método do Paquímetro NBR 7809

Determinação da Composição Granulométrica dos Agregados NBR 7217

PESO TOTAL DA AMOSTRA				8000
Peneira		Material	%Peso	
Polegadas	mm	Ret. (g)	Parcial	Acumulada
1"	25,4	0	0,0	0,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0
1/2"	12,7	784	9,8	9,8
3/8"	9,5	808	10,1	19,9
Passando		6408	80,1	100,0

Obtenção do n.º de Grãos para Medição

$$n1 = \frac{200}{9,8} \times \frac{9,8}{10,1} = 98,5$$

C: n.º de Grãos para Medição da Fração Ret.# 1/2" = 98

$$n2 = \frac{200}{9,8} \times \frac{10,1}{10,1} = 101,5$$

e: n.º de Grãos para Medição da Fração Ret.# 3/8" = 102

Fração 1/2"

Média C: 2,40 cm
Média e: 1,28 cm
Índice de Forma: 1,88 %

Fração 3/8"

Média C: 1,65 cm
Média e: 0,87 cm
Índice de Forma: 1,90

Média Índ. Forma: 1,89



Determinação do Equivalente de Areia

DNIT - ME 54/67

Rodovia: BR 277
Material Tipo: Passante # 4
Operador: Equipe
Estudo: CBUQ - Fx "C" (DNIT)

Trecho: Guarapuava - Foz do Iguaçu
Pedreira: Pedreira Itatiba

Proveta n.º:	1	2	3
Leitura no topo da argila:	10,0	9,8	9,5
Leitura no topo da areia:	6,4	6,2	5,9

$$\text{E.A.} = \frac{\text{Leitura no topo da Areia}}{\text{Leitura no topo da Argila}} \times 100$$

$$\text{E.A.} = \frac{6,4}{10} \times 100 = 64,0$$

$$\text{E.A.} = \frac{6,2}{9,8} \times 100 = 63,3$$

$$\text{E.A.} = \frac{5,9}{9,5} \times 100 = 62,1$$

E.A. Médio

63,1



Análise Granulométrica

Rodovia: BR 277

Trecho: Guarapuava - Foz do Iguaçu

Obra :

Estudo: Projeto de Massa Asfáltica

Material: Pedrisco 3/8"

Silo 2

Pedreira: Pedreira Itatiba

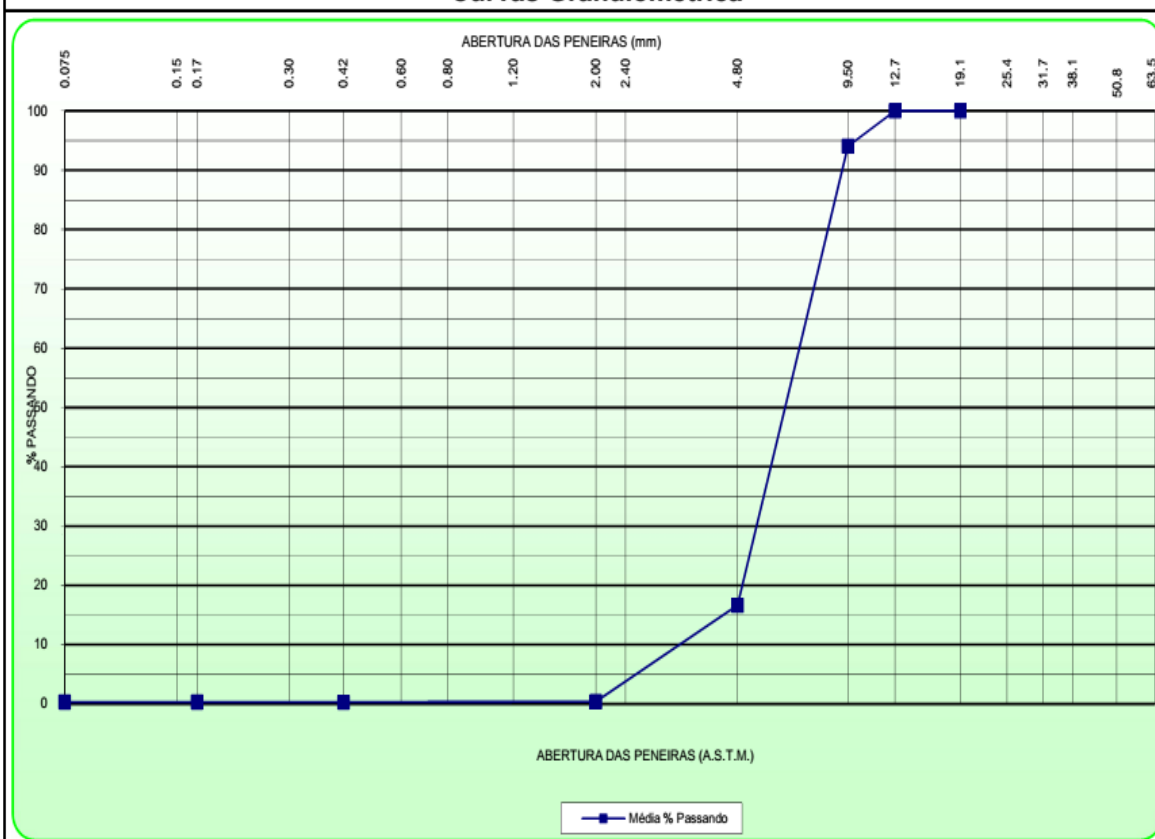
AMOSTRAGEM SILO QUENTE - ESTUDO CONCRETO ASFALTICO, CBUQ FAIXA "C" ESPECIFICAÇÃO DNIT

ES 031/2006

Distribuição Granulométrica DNIT ME 083/89

Peneira		Amostra - 01			Amostra - 02			Média % Passando
		Peso da Amostra		1733,0	Peso da Amostra		1830,0	
ASTM	mm	Retido	Passando	% Passando	Retido	Passando	% Passando	
3/4"	19,100	0,0	1733,0	100,0	0,0	1830,0	100,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	1733,0	100,0	0,0	1830,0	100,0	100,0
3/8"	9,500	86,7	1646,3	95,0	126,3	1703,7	93,1	94,0
N.º 4	4,800	1351,7	294,6	17,0	1407,3	296,4	16,2	16,6
N.º 10	2,000	288,8	5,8	0,3	290,3	6,1	0,3	0,3
N.º 40	0,420	0,3	5,5	0,3	0,3	5,8	0,3	0,3
N.º 80	0,177	0,3	5,2	0,3	0,4	5,4	0,3	0,3
N.º 200	0,074	0,3	4,9	0,3	0,4	5,0	0,3	0,3

Curvas Granulométrica





Análise Granulométrica

Rodovia: BR 277

Trecho: Guarapuava - Foz do Iguaçu

Obra :

Estudo: Projeto de Massa Asfáltica

Material: Pó Silo 3

Pedreira: Pedreira Itatiba

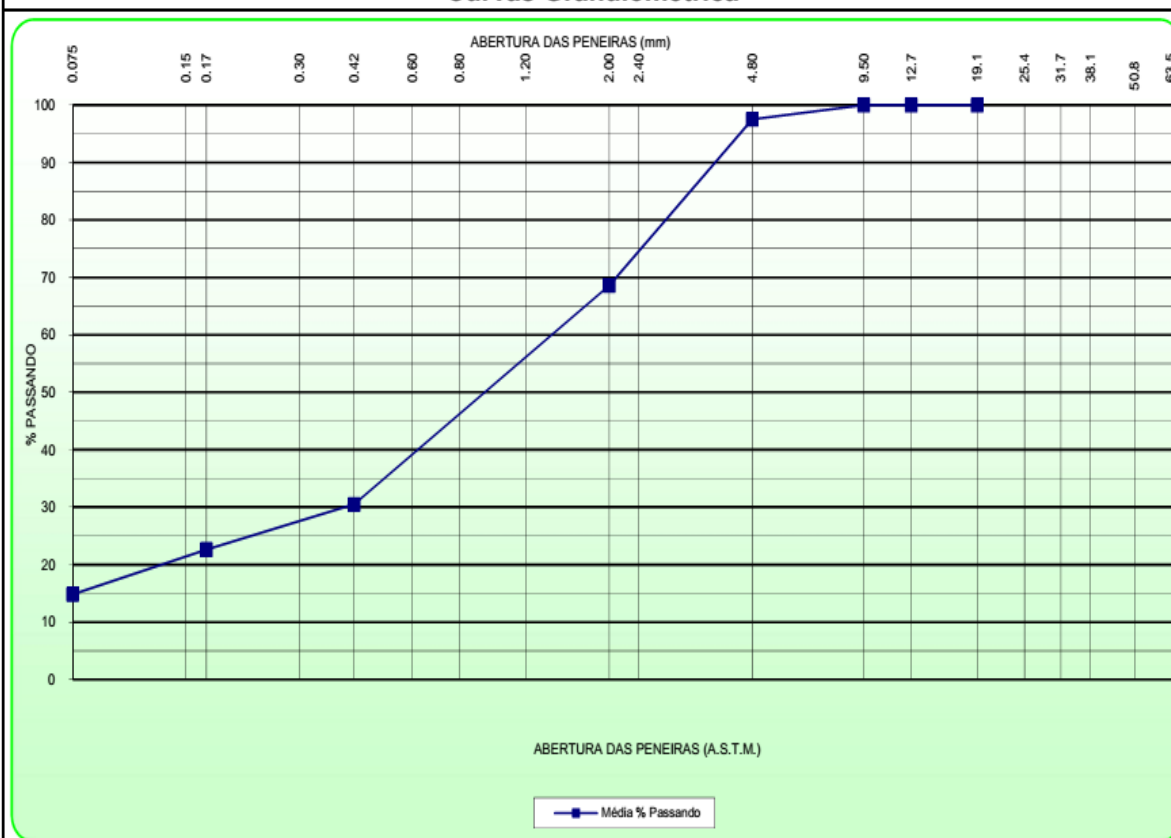
AMOSTRAGEM SILO QUENTE - ESTUDO CONCRETO ASFALTICO, CBUQ FAIXA "C" ESPECIFICAÇÃO DNIT

ES 031/2006

Distribuição Granulométrica DNIT ME 083/89

Peneira		Amostra - 01			Amostra - 02			Média % Passando
		Peso da Amostra			Peso da Amostra			
ASTM	mm	Retido	Passando	% Passando	Retido	Passando	% Passando	
3/4"	19,100	0,0	1178,0	100,0	0,0	1235,0	100,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	1178,0	100,0	0,0	1235,0	100,0	100,0
3/8"	9,500	0,0	1178,0	100,0	0,0	1235,0	100,0	100,0
N.º 4	4,800	41,2	1136,8	96,5	17,3	1217,7	98,6	97,6
N.º 10	2,000	338,1	798,7	67,8	360,6	857,1	69,4	68,6
N.º 40	0,420	450,0	348,7	29,6	468,1	389,0	31,5	30,5
N.º 80	0,177	94,3	254,4	21,6	97,5	291,5	23,6	22,6
N.º 200	0,074	84,8	169,6	14,4	103,8	187,7	15,2	14,8

Curvas Granulométrica





Análise Granulométrica

Rodovia: BR 277

Trecho: Guarapuava - Foz do Iguaçu

Obra :

Estudo: Projeto de Massa Asfáltica

Material: cal CHI

Pedreira: Pedreira Itatiba

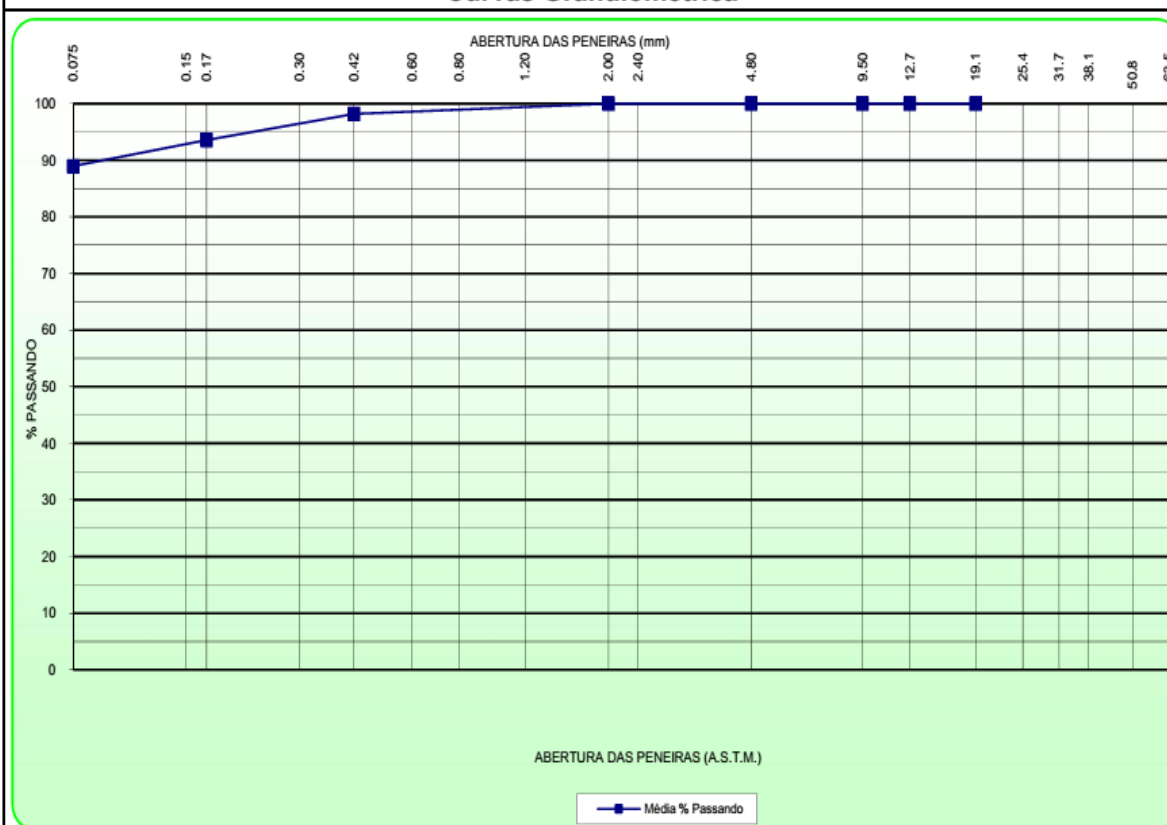
AMOSTRAGEM SILO QUENTE - ESTUDO CONCRETO ASFALTICO, CBUQ FAIXA "C" ESPECIFICAÇÃO DNIT

ES 031/2006

Distribuição Granulométrica DNIT 083/98

Peneira		Amostra - 01			Amostra - 02			Média % Passando
		Peso da Amostra		104,5	Peso da Amostra		97,3	
ASTM	mm	Retido	Passando	% Passando	Retido	Passando	% Passando	
3/4"	19,100	0,0	104,5	100,0	0,0	97,3	100,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	104,5	100,0	0,0	97,3	100,0	100,0
3/8"	9,500	0,0	104,5	100,0	0,0	97,3	100,0	100,0
N.º 4	4,800	0,0	104,5	100,0	0,0	97,3	100,0	100,0
N.º 10	2,000	0,0	104,5	100,0	0,0	97,3	100,0	100,0
N.º 40	0,420	1,5	103,0	98,6	2,1	95,2	97,8	98,2
N.º 80	0,177	5,8	97,3	93,1	3,6	91,6	94,1	93,6
N.º 200	0,074	3,4	93,9	89,9	5,8	85,7	88,1	89,0

Curvas Granulométrica



Cálculo para Mistura de Agregados - Silo Quente - Dosagem final Comp. Gran.
Projeto de Mist. Betuminosa CBUQ - Faixa "C" DNIT ES- 031/2006

Rodovia : BR 277

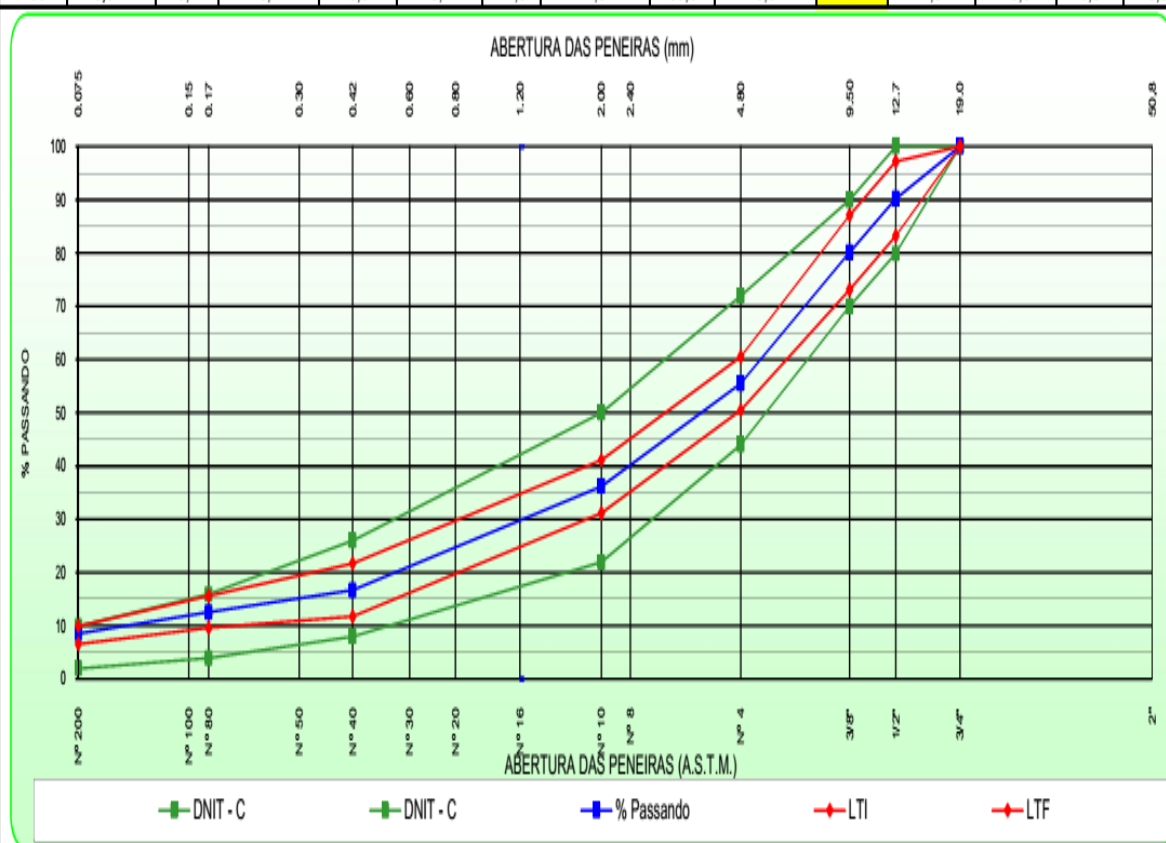
Trecho : Guarapuava - Foz do Iguaçu

Estudo: Projeto de Massa Asfáltica

Pedreira : Pedreira Itatiba

Obs.:

PENEIRAS		S.Q 01		S.Q 02		S.Q 03		S.Q 04		Projeto	Especificação		Faixa de	
		Passando na peneira		Passando na peneira		Passando na peneira		Passando na peneira			DNIT F - "C"		trabalho	
ASTM	mm	Gran.	Fração	Gran.	Fração	Gran.	Fração	Gran.	Fração		min.	máx.	min.	máx.
3/4"	19,100	100,0	22,0	100,0	26,0	100,0	51,0	100,0	1,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1/2"	12,700	55,6	12,2	100,0	26,0	100,0	51,0	100,0	1,0	90,2	80,0	100,0	83,2	97,2
3/8"	9,520	16,6	3,7	94,0	24,5	100,0	51,0	100,0	1,0	80,1	70,0	90,0	73,1	87,1
4	4,800	2,15	0,5	16,6	4,3	97,6	49,8	100,0	1,0	55,5	44,0	72,0	50,5	60,5
10	2,000	0,4	0,1	0,3	0,1	68,6	35,0	100,0	1,0	36,2	22,0	50,0	31,2	41,2
40	0,420	0,4	0,1	0,3	0,1	30,5	15,6	98,2	1,0	16,7	8,0	26,0	11,7	21,7
80	0,180	0,4	0,1	0,3	0,1	22,6	11,5	93,6	0,9	12,6	4,0	16,0	9,6	15,6
200	0,074	0,4	0,1	0,3	0,1	14,8	7,5	89,0	0,9	8,6	2,0	10,0	6,6	10,0



FRAÇÕES DA MISTURA ASFÁLTICA PARA ENSAIOS DE CORPOS DE PROVA E CARACTERÍSTICA MARSHALL

GRANULOMETRIA	
PENEIRA	% PASS.
3/4"	100,0
1/2"	90,2
3/8"	80,1
N.º 4	55,5
N.º 10	36,2
N.º 40	16,7
N.º 80	12,6
N.º 200	8,6

DOSAGEM		
PASS.	RET.	% RETIDO
3/4"	1/2"	9,8
1/2"	3/8"	10,1
3/8"	N.º 4	24,6
N.º 4	N.º 10	19,4
Passando N.º 10		35,2
Cal CH I		1,0
TOTAL		100,0

PREPARAÇÃO PARA OS CORPOS DE PROVA - Peso (g)

CAP		4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Passa	Retido					
3/4"	1/2"	124,72	124,07	123,42	122,77	122,12
1/2"	3/8"	129,32	128,64	127,97	127,30	126,62
3/8"	N.º 4	313,65	312,02	310,39	308,76	307,13
N.º 4	N.º 10	247,31	246,02	244,73	243,45	242,16
Passando na N.º 10		449,07	446,74	444,40	442,06	439,73
Cal CH I		12,77	12,70	12,64	12,57	12,50
TOTAL		1276,8	1270,2	1263,6	1256,9	1250,3
Betume		53,2	59,8	66,5	73,1	79,7

Peso Total	1330,0	1330,0	1330,0	1330,0	1330,0
-------------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

TEMPERATURAS PARA OS CORPOS DE PROVA (°C)

Betume	152 ± 3 °C
Agregados	162 ± 5 °C
Mistura	152 ± 3 °C
Compactação	140 ± 3 °C



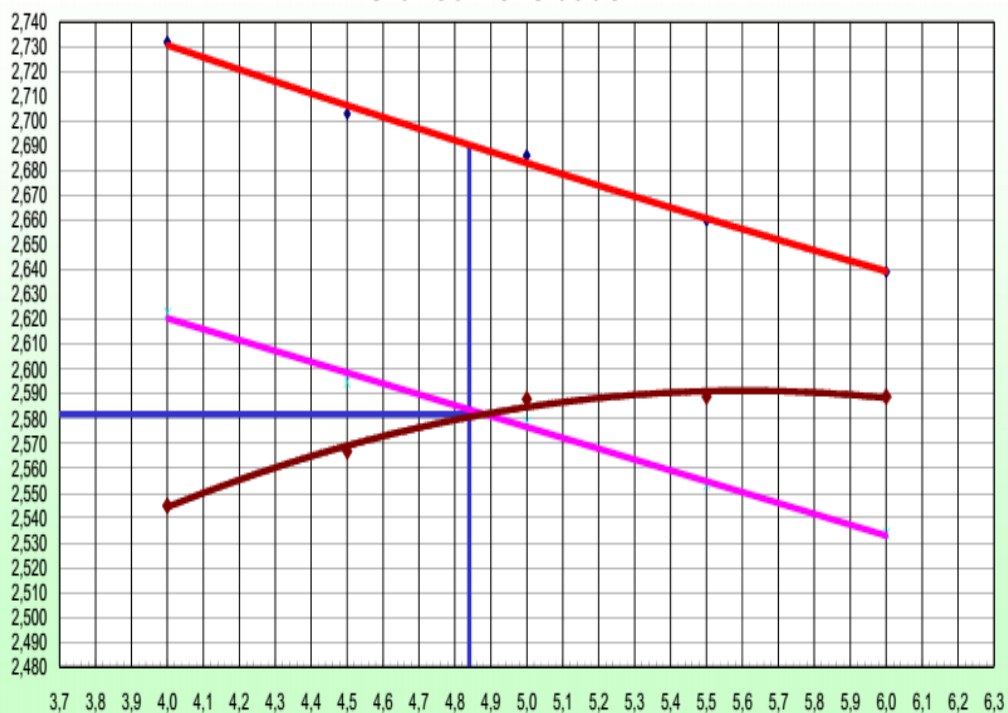
Controle de Densidade Máxima Teórica das Misturas Betuminosas MÉTODO RICE AASHTO T 209-99

Rodovia: BR 277
Trecho: Guarapuava - Foz do Iguaçu
Serviço:

Pedreira: Itatiba
Estudo: CBUQ Faixa "C"
Fração: Massa Asfáltica

Teor da Mistura	4,0		4,5		5,0		5,5		6,0	
Amostra n.º	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Peso do Frasco Vazio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Peso do Frasco + Água	6113,9	6113,9	6113,9	6113,9	6113,9	6113,9	6113,9	6113,9	6113,9	6113,9
Peso da Amostra	1992,0	1992,0	1977,6	1977,6	1981,6	1981,6	1969,0	1969,0	1977,8	1977,8
Frasco + Água + Amostra	7376,2	7377,3	7359,1	7360,7	7358,8	7356,8	7342,7	7342,7	7342,2	7342,5
Volume da Amostra	729,7	728,6	732,4	730,8	736,7	738,7	740,2	740,2	749,5	749,2
Densidade Real da Mistura	2,730	2,734	2,700	2,706	2,690	2,683	2,660	2,660	2,639	2,640
Média da Densidade Real	2,732		2,703		2,686		2,660		2,639	
Dens. Teórica c/ 4,0% Vazio	2,623		2,595		2,579		2,554		2,534	
Dens. Corpo de Prova	2,545		2,567		2,588		2,589		2,589	

Gráfico Densidade





PROJETO MASSA ASFÁLTICA

Granulometria % que passa

	3/4"	1/2"		3/8"		N.º 4		N.º 10		N.º 40		N.º 80		N.º 200	
ESP. DNIT FAIXA "C"	100	80	100	70	90	44	72	22	50	8	26	4	16	2	10
FAIXA DE TRAB.	100,0	83,2	97,2	73,1	87,1	50,5	60,5	31,2	41,2	11,7	21,7	9,6	15,6	6,6	10,0
CURVA GRANULOM	100	90,2		80,1		55,5		36,2		16,7		12,6		8,6	

CARACTERÍSTICA MARSHALL DNIT ME 043/95

	ENSAIO N.º:	1	2	3	MÉDIA
% Material	1 (%) Ligante	4,0	4,0	4,0	4,0
	2 (%) > n.º 4	44,46	44,46	44,46	44,5
	3 (%) < n.º 4 > n.º 200	46,94	46,94	46,94	46,9
	4 (%) passante n.º 200	8,60	8,60	8,60	8,6
	5 (%) Agregados Totais	100,0	100,0	100,0	100,0
	6 Densidade Cap Kg/dm³	1,03	1,03	1,03	1,03
Peso e Densidades DP 0,89	7 Peso do CP ao ar (g)	1.302,2	1.316,3	1.309,3	1.309,3
	8 Peso do CP + Parafina (g)	1.308,0	1.321,3	1.314,7	1.314,7
	9 Peso da Parafina (g)	5,8	5,0	5,4	5,4
	10 Volume da Parafina (cm³)	6,5	5,6	6,1	6,1
	11 Peso imerso CP+ Par. (g)	790,2	798,7	793,8	794,2
	12 Volume do CP (cm³)	511,3	517,0	514,8	514,4
	13 Densidade do CP Kg/dm³	2,547	2,546	2,543	2,545
	14 Dens. Real do CP Kg/dm³	2,732	2,732	2,732	2,732
Rel. Vazios	15 (%) Vazios	6,8	6,8	6,9	6,8
	16 (%) V.C.B	9,9	9,9	9,8	9,9
	17 (%) V.A.M	16,6	16,7	16,8	16,7
	18 (%) R.B.V	59,3	59,2	58,8	59,1
Estabilidade	19 Leitura Prensa Deflect.1/1000mm	500,0	495,0	515,0	503,3
	20 Fator Prensa Const.	1,941	1,941	1,941	2,912
	21 Estabilidade encontrada	970,5	960,8	999,6	977,0
	22 Fator Espessura CP	1,01	0,99	1,00	1,500
	23 Estabilidade Corrig.(Kgf)	980	951	1.000	977,0
Resistência Tracção	24 Leitura Prensa Deflect.1/1000mm	485	475	485	481,7
	25 Fator Prensa Const.	1,941	1,941	1,941	1,941
	26 Leitura Corrigida (Kgf)	941	922	941	934,9
	27 Altura do CP (cm)	6,31	6,38	6,35	6,35
	28 Diâmetro do CP (cm)	10,16	10,16	10,16	10,16
	29 Res. T. Via Seca 25°C (Mpa)	0,92	0,89	0,91	0,91
FL	30 Fluência 60° (mm)	260	250	250	2,53

Resultado		Especificação
Vazios (%)	2,7	3,0 - 5,0
V.A.M (%)	16,7	>15
R.B.V. (%)	59,1	75,0 - 82,0
Estab. (Kgf)	977	> 500
Res. T. Via Seca 25°C	0,91	> 0,65 MPa
Fluência 60° (mm)	2,53	2,00 - 4,00



PROJETO MASSA ASFÁLTICA

Granulometria % que passa

	3/4"		1/2"		3/8"		N.º 4		N.º 10		N.º 40		N.º 80		N.º 200	
ESP. DNIT FAIXA "C"	100	80	100	70	90	44	72	22	50	8	26	4	16	2	10	
FAIXA DE TRAB.	100,0	83,2	97,2	73,1	87,1	50,5	60,5	31,2	41,2	11,7	21,7	9,6	15,6	6,6	10,0	
CURVA GRANULOM	100	90,2		80,1		55,5		36,2		16,7		12,6		8,6		

CARACTERISTICA MARSHALLDNIT ME 043/95

	ENSAIO N.º:	1	2	3	MÉDIA
% Material	1 (%) Ligante	4,5	4,5	4,5	4,5
	2 (%) > n.º 4	44,5	44,5	44,5	44,5
	3 (%) < n.º 4 > n.º 200	46,9	46,9	46,9	46,9
	4 (%) passante n.º 200	8,6	8,6	8,6	8,6
	5 (%) Agregados Totais	100,0	100,0	100,0	100,0
	6 Densidade Cap Kg/dm³	1,03	1,03	1,03	1,03
Peso e Densidades DP 0,89	7 Peso do CP ao ar (g)	1.312,1	1.314,2	1.313,2	1.313,2
	8 Peso do CP + Parafina (g)	1.317,2	1.320,4	1.318,8	1.318,8
	9 Peso da Parafina (g)	5,1	6,2	5,6	5,6
	10 Volume da Parafina (cm³)	5,7	7,0	6,3	6,3
	11 Peso imerso CP+Par. (g)	800,2	801,6	800,4	800,7
	12 Volume do CP (cm³)	511,3	511,8	512,1	511,7
	13 Densidade do CP (Kg/d³m)	2,566	2,568	2,564	2,566
	14 Dens. R. Teor. do CP (Kg/dm³)	2,703	2,703	2,703	2,703
Rel. Vazios	15 (%) Vazios	5,1	5,0	5,1	5,1
	16 (%) V.C.B	11,2	11,2	11,2	11,2
	17 (%) V.A.M	16,2	16,2	16,3	16,2
	18 (%) R.B.V	68,8	69,1	68,5	68,8
Estabilidade	19 Leitura Prensa Deflect.1/1000mm	560,0	555,0	565,0	560,0
	20 Fator Prensa Const.	1,941	1,941	1,941	1,941
	21 Estabilidade encontrada	1.087,0	1.077,3	1.096,7	1.087,0
	22 Fator Espessura CP	1,01	1,01	1,01	1,01
	23 Estabilidade Corrig.(Kgf)	1.098	1.088	1.108	1.097,8
Resistência Tração	24 Leitura Prensa Deflect.1/1000mm	520	515	500	511,7
	25 Fator Prensa Const.	1,941	1,941	1,941	1,941
	26 Leitura Corrigida (Kgf)	1.009	1.000	971	993,1
	27 Altura do CP (cm)	6,31	6,31	6,31	6,31
	28 Diâmetro do CP (cm)	10,16	10,16	10,16	10,16
	29 Res. T. Via Seca 25°C (Mpa)	0,98	0,97	0,95	0,97
FL.	30 Fluência 60° (mm)	275	280	280	2,78

Resultado	Especificação
Vazios (%)	3,0 - 5,0
V.A.M (%)	> 15
R.B.V (%)	75,0 - 82,0
Estab. (Kgf)	> 500
Res. T. Via Seca 25°C	> 0,65 Mpa
Fluência 60° (mm)	2,00 - 4,00

PROJETO MASSA ASFÁLTICA

Granulometria % que passa

	Granulometria % que passa														
	3/4"	1/2"		3/8"		N.º 4		N.º 10		N.º 40		N.º 80		N.º 200	
ESP. DNIT FAIXA "C"	100	80	100	70	90	44	72	22	50	8	26	4	16	2	10
FAIXA DE TRAB.	100	83,2	97,2	73,1	87,1	50,5	60,5	31,2	41,2	11,7	21,7	9,6	15,6	6,6	10,0
CURVA GRANULOM	100	90,2		80,1		55,5		36,2		16,7		12,6		8,6	

CARACTERÍSTICA MARSHALL DNIT ME 043/95

	ENSAIO N.º:	1	2	3	MÉDIA
% Material	1 (%) Ligante	5,0	5,0	5,0	5,0
	2 (%) > n.º 4	44,5	44,5	44,5	44,5
	3 (%) < n.º 4 > n.º 200	46,9	46,9	46,9	46,9
	4 (%) passante n.º 200	8,6	8,6	8,6	8,6
	5 (%) Agregados Totais	100,0	100,0	100,0	100,0
	6 Densidade Cap Kg/dm³	1,03	1,03	1,03	1,03
Peso e Densidades DF 0,84 DP 0,89	7 Peso do CP ao ar (g)	1.297,0	1.301,9	1.303,9	1.300,9
	8 Peso do CP + Par. (g)	1.303,2	1.316,0	1.309,6	1.309,6
	9 Peso da Parafina (g)	6,2	14,1	5,7	8,7
	10 Volume da Parafina (cm³)	7,0	15,8	6,4	9,7
	11 Peso imerso CP+Par. (g)	794,5	804,4	799,5	799,5
	12 Volume do CP (cm³)	501,7	495,8	503,7	500,4
	13 Densidade do CP Kg/dm³	2,585	2,626	2,589	2,600
	14 Dens. R. Teor. do CP kg/dm³	2,686	2,686	2,686	2,686
Rel. Vazios	15 (%) Vazios	3,8	2,2	3,6	3,2
	16 (%) V.C.B	12,5	12,7	12,5	12,6
	17 (%) V.A.M	16,3	14,9	16,2	15,8
	18 (%) R.B.V	76,9	85,0	77,5	79,8
Estabilidade	19 Leitura Prensa Deflect. 1/1000mm	515,0	520,0	500,0	511,7
	20 Fator Prensa Const.	1,941	1,941	1,941	1,941
	21 Estabilidade encontrada	999,6	1.009,3	970,5	993,1
	22 Fator Espessura CP	1,04	1,03	1,06	1,04
	23 Estabilidade Corrig.(Kgf)	1.040	1.040	1.029	1.036,0
Resistência Tração	24 Leitura Prensa Deflect. 1/1000mm	505	495	480	493,3
	25 Fator Prensa Const.	1,941	1,941	1,941	1,941
	26 Leitura Corrigida (Kgf)	980	961	932	957,6
	27 Altura do CP (cm)	6,19	6,25	6,21	6,22
	28 Diâmetro do CP (cm)	10,16	10,16	10,16	10,2
	29 Res. T. Via Seca 25°C (Mpa)	0,97	0,94	0,92	0,95
	FL 30 Fluência 60° (mm)	320	300	310	3,10

Resultado		Especificação
Vazios (%)	3,2	3,0 - 5,0
V.A.M (%)	15,8	> 15
R.B.V (%)	79,8	75,0 - 82,0
Estab. (Kgf)	1.036	> 500
Res. T. Via Seca 25°C	0,95	> 0,65 Mpa
Fluencia 60° (mm)	3,10	2,00 - 4,00

PROJETO MASSA ASFÁLTICA

Granulometria % que passa

	3/4"	1/2"		3/8"		N.º 4		N.º 10		N.º 40		N.º 80		N.º 200	
ESP. DNIT FAIXA "C"	100	80	100	70	90	44	72	22	50	8	26	4	16	2	10
FAIXA DE TRAB.	100	83,2	97,2	73,1	87,1	50,5	60,5	31,2	41,2	11,7	21,7	9,6	15,6	6,6	10,0
CURVA GRANULOM	100	90,2		80,1		55,5		36,2		16,7		12,6		8,6	

CARACTERÍSTICA MARSHALL DNIT ME 043/95

ENSAIO N.º:		1	2	3	MÉDIA
% Material	1 (%) Ligante	5,5	5,5	5,5	5,5
	2 (%) > n.º 4	44,5	44,5	44,5	44,5
	3 (%) < n.º 4 > n.º 200	46,9	46,9	46,9	46,9
	4 (%) passante n.º 200	8,6	8,6	8,6	8,6
	5 (%) Agregados Totais	100,0	100,0	100,0	100,0
	6 Densidade Cap Kg/dm³	1,03	1,03	1,03	1,03
Peso e Densidades DF 0,84 DP 0,89	7 Peso do CP ao ar (g)	1.306,0	1.301,0	1.300,2	1.302,4
	8 Peso do CP + Par. (g)	1.310,1	1.306,7	1.305,9	1.307,6
	9 Peso da Parafina (g)	4,1	5,7	5,7	5,2
	10 Volume da Parafina (cm³)	4,6	6,4	6,4	5,8
	11 Peso imerso CP+Par. (g)	800,7	799,0	796,5	798,7
	12 Volume do CP (cm³)	504,8	501,3	503,0	503,0
	13 Densidade do CP Kg/dm³	2,587	2,595	2,585	2,589
	14 Dens. R. Teor. do CP Kg/dm³	2,660	2,660	2,660	2,660
Rel. Vazios	15 (%) Vazios	2,74	2,44	2,83	2,67
	16 (%) V.C.B	13,8	13,8	13,8	13,8
	17 (%) V.A.M	16,5	16,3	16,6	16,5
	18 (%) R.B.V	83,4	85,0	83,0	83,8
Estabilidade	19 Leitura Prensa Deflect. 1/1000mm	510,0	485,0	510,0	501,7
	20 Fator Prensa Const.	1,941	1,941	1,941	1,941
	21 Estabilidade encontrada	990	941	990	973,7
	22 Fator Espessura CP	1,03	1,04	1,03	1,03
	23 Estabilidade Corrig.(Kgf)	1.020	979	1.020	1.006,1
Resistência Tração	24 Leitura Prensa Deflect. 1/1000mm	480	475	490	481,7
	25 Fator Prensa Const.	1,941	1,941	1,941	1,941
	26 Leitura Corrigida (Kgf)	932	922	951	934,9
	27 Altura do CP (cm)	6,23	6,18	6,20	6,20
	28 Diâmetro do CP (cm)	10,16	10,16	10,16	10,2
	29 Res. T. Via Seca 25°C (Mpa)	0,92	0,92	0,94	0,93
FL.	30 Fluência 60º (mm)	340	350	360	3,50

Resultado		Especificação	
Vazios (%)	2,7	3,0 - 5,0	
V.A.M (%)	16,5	> 15	
R.B.V (%)	83,8	75,0 - 82,0	
Estab. (Kgf)	1.006	> 500	
Res. T. Via Seca 25°C	0,93	> 0,65 Mpa	
Fluência 60º (mm)	3,50	2,00 - 4,00	



PROJETO MASSA ASFÁLTICA

Granulometria % que passa

	3/4"	1/2"		3/8"		N.º 4		N.º 10		N.º 40		N.º 80		N.º 200	
ESP. DNIT FAIXA"C"	100	80	100	70	90	44	72	22	50	8	26	4	16	2	10
FAIXA DE TRAB.	100	83,2	97,2	73,1	87,1	50,5	60,5	31,2	41,2	11,7	21,7	9,6	15,6	6,6	10,0
CURVA GRANULOM.	100	90,2		80,1		55,5		36,2		16,7		12,6		8,6	

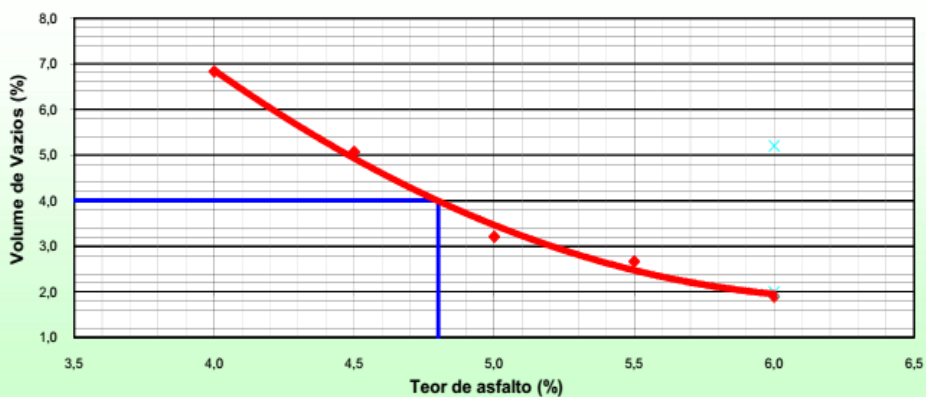
CARACTERÍSTICA MARSHALL DNIT ME 043/95

ENSAIO N.º:		1	2	3	MÉDIA
% Material	1 (%) Ligante	6,0	6,0	6,0	6,0
	2 (%) > n.º 4	44,5	44,5	44,5	44,5
	3 (%) < n.º 4 > n.º 200	46,9	46,9	46,9	46,9
	4 (%) passante n.º 200	8,6	8,6	8,6	8,6
	5 (%) Agregados Totais	100,0	100,0	100,0	100,0
	6 Densidade Cap Kg/dm³	1,033	1,033	1,033	1,03
Peso e Densidades DF 0,84 DP 0,89	7 Peso do CP ao ar (g)	1.295,7	1.320,7	1.321,2	1.312,5
	8 Peso do CP + Par. (g)	1.301,3	1.325,9	1.326,8	1.318,0
	9 Peso da Parafina	5,6	5,2	5,6	5,5
	10 Volume da Parafina (cm³)	6,3	5,8	6,3	6,1
	11 Peso imerso CP+Par. (g)	795,2	810,0	809,6	804,9
	12 Volume do CP (cm³)	499,8	510,1	510,9	506,9
	13 Densidade do CP (Kg/dm³)	2,592	2,589	2,586	2,589
	14 Dens. R. Teor. do CP (Kg/dm³)	2,639	2,639	2,639	2,639
Rel. Vazios	15 (%) Vazios	1,8	1,9	2,0	1,9
	16 (%) V.C.B	15,1	15,0	15,0	15,0
	17 (%) V.A.M	16,8	16,9	17,0	16,9
	18 (%) R.B.V	89,4	88,8	88,1	88,8
Estabilidade	19 Leitura Prensa Deflect. 1/1000mm	470,0	465,0	470,0	468,3
	20 Fator Prensa Const.	1,941	1,941	1,941	1,941
	21 Estabilidade encontrada	971	961	1.000	977
	22 Fator Espessura CP	1,04	1,02	1,02	1,03
	23 Estabilidade Corrig.(Kgf)	1.010	980	1.020	1.003,4
Resistência Tração	24 Leitura Prensa Deflect.1/1000mm	430	400	410	413,3
	25 Fator Prensa Const.	1,941	1,941	1,941	1,941
	26 Leitura Corrigida (Kgf)	835	776	796	802,3
	27 Altura do CP (cm)	6,17	6,29	6,30	6,25
	28 Diâmetro do CP (cm)	10,16	10,16	10,16	10,16
	29 Res. T. Via Seca 25°C (Mpa)	0,83	0,76	0,78	0,79
FL.	30 Fluência 60° (mm)	400	390	410	4,00

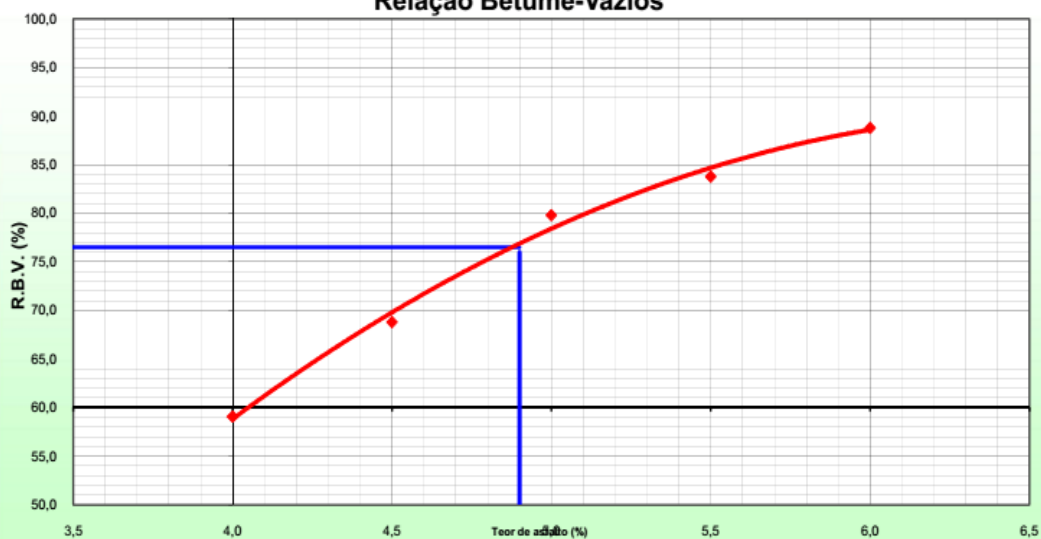
Resultado		Especificação	
Vazios (%)	1,9	3,0 - 5,0	
V.A.M (%)	16,9	> 15	
R.B.V (%)	88,8	75,0 - 82,0	
Estab. (Kgf)	1.003	> 500	
Res. T. Via Seca 25°C (Mpa)	0,79	> 0,65 Mpa	
Fluência 60° (mm)	4,00	2,00 - 4,00	

GRÁFICOS DOS VALORES OBTIDOS

Gráfico de volume de vazios

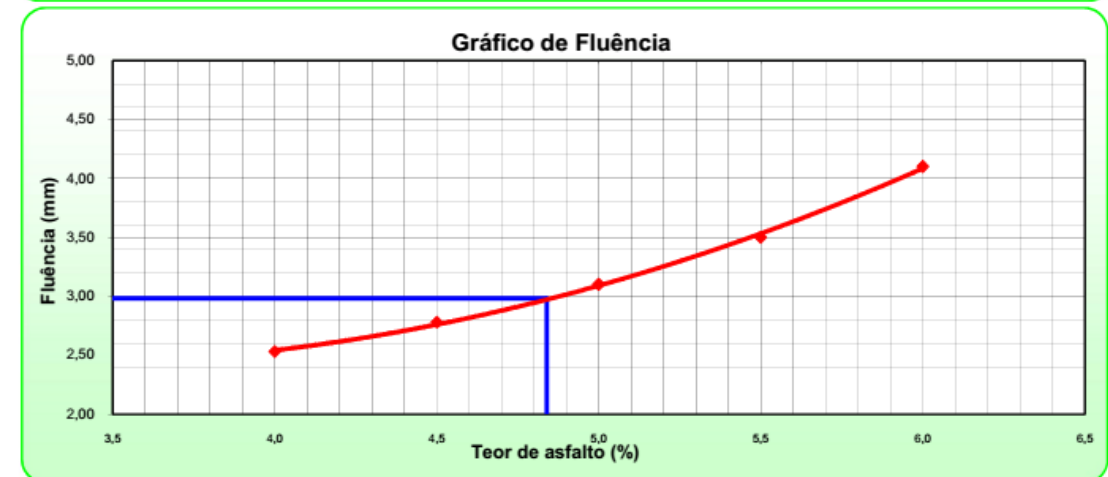
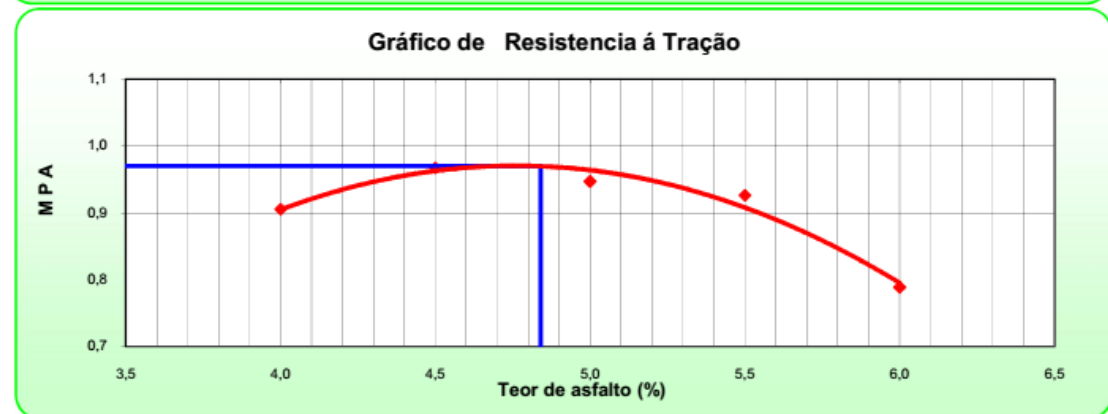
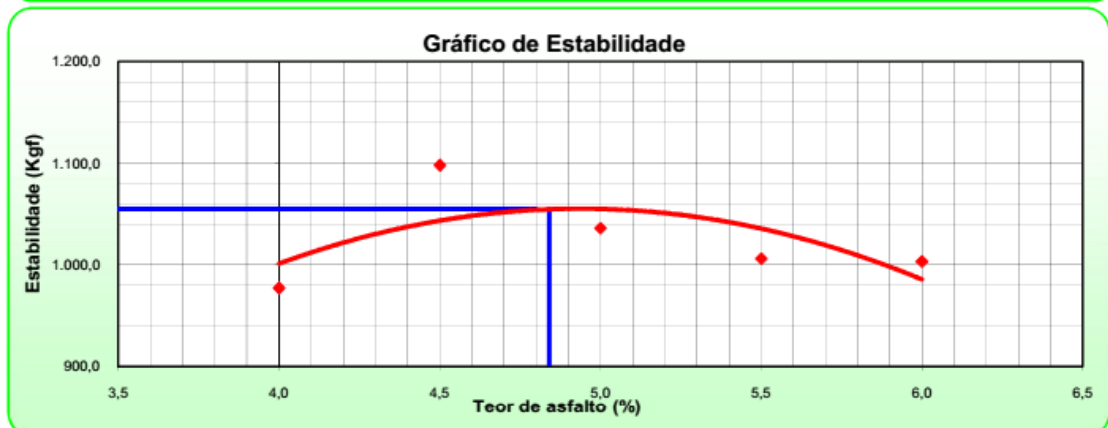
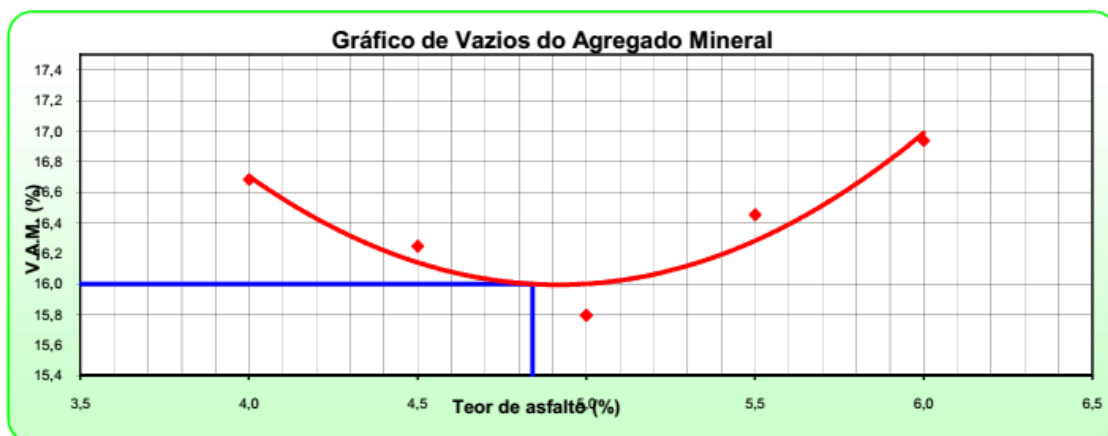


Relação Betume-Vazios



Cálculo do teor ótimo de betume

Cálculo do teor ótimo de betume				
Valores limites		Teor Ótimo	Valores limites	
Vazios %	Teor %		RBV %	Teor %
3,00	5,20		75,00	4,80
5,00	4,50		82,00	5,20
		4,93		



RESULTADO FINAL		
	Especificação DNIT	Resultado
Índice de Lamerlidade BS-B12	< 25	14,88
Adesividade R.R.L	Recobrimento > 90%	Satisfatório
Eq. de Areia DNT ME 054/97	> 55%	63,1
Característcas Marshall		
Porcentagem de vazios (%)	3,0 à 5,0	4,00
Relação Betume-Vazios(%)	75 à 82	76,5
Estabilidade (kgf)	> 500	1.055
Fluência (mm)	2,0 - 4,0	2,98
Massa espec. Real Rice (Kg/dm3)	----	2,690
Massa espec. aparente (Kg/dm3)	----	2,582
Vazios do agregado mineral (%)	> 15	16,00
Teor de betume (%)	----	4,80
Res. a Tração p/ Comp. Diametral		
Estatica a 25°C min. Mpa	> 0,65	0,98

CONTROLE DE TEMPERATURA PARA PRODUÇÃO DE MASSA NA USINA CONFORME INDICADO NO PROJETO.

AGREGADOS	162 ± 5 °C
LIGANTE	152 ± 5 °C
MISTURA PARA SAIDA DO CAMINHAO	150 +5 °C

A TEMPERATURA DE COMPACTAÇÃO DEVERA SER A MÁXIMA QUE A MASSA SUPORTAR SEM ESCORRER, TOLERA-SE A TEMPERATURA MÍNIMA DE 125° C DESDE QUE O GRAU DE COMPACTAÇÃO MÍNIMO SEJA 97%.

7 **ANEXO 02:** Projeto de mistura asfáltica CBUQ Faixa C CAP 60/85.



**PROJETO DE MISTURA BETUMINOSA CBUQ
FAIXA "C" DNIT ES - 031/2006**

1- Generalidades

Rodovia: BR 277

Trecho: Guarapuava - Foz do Iguaçu

Empresa: Pedreira Itatiba

2- Materiais Agregado Mineral

2.1 Brita 3/4" (do Tornado)

2.2 Pedrisco 3/8" (do Tornado)

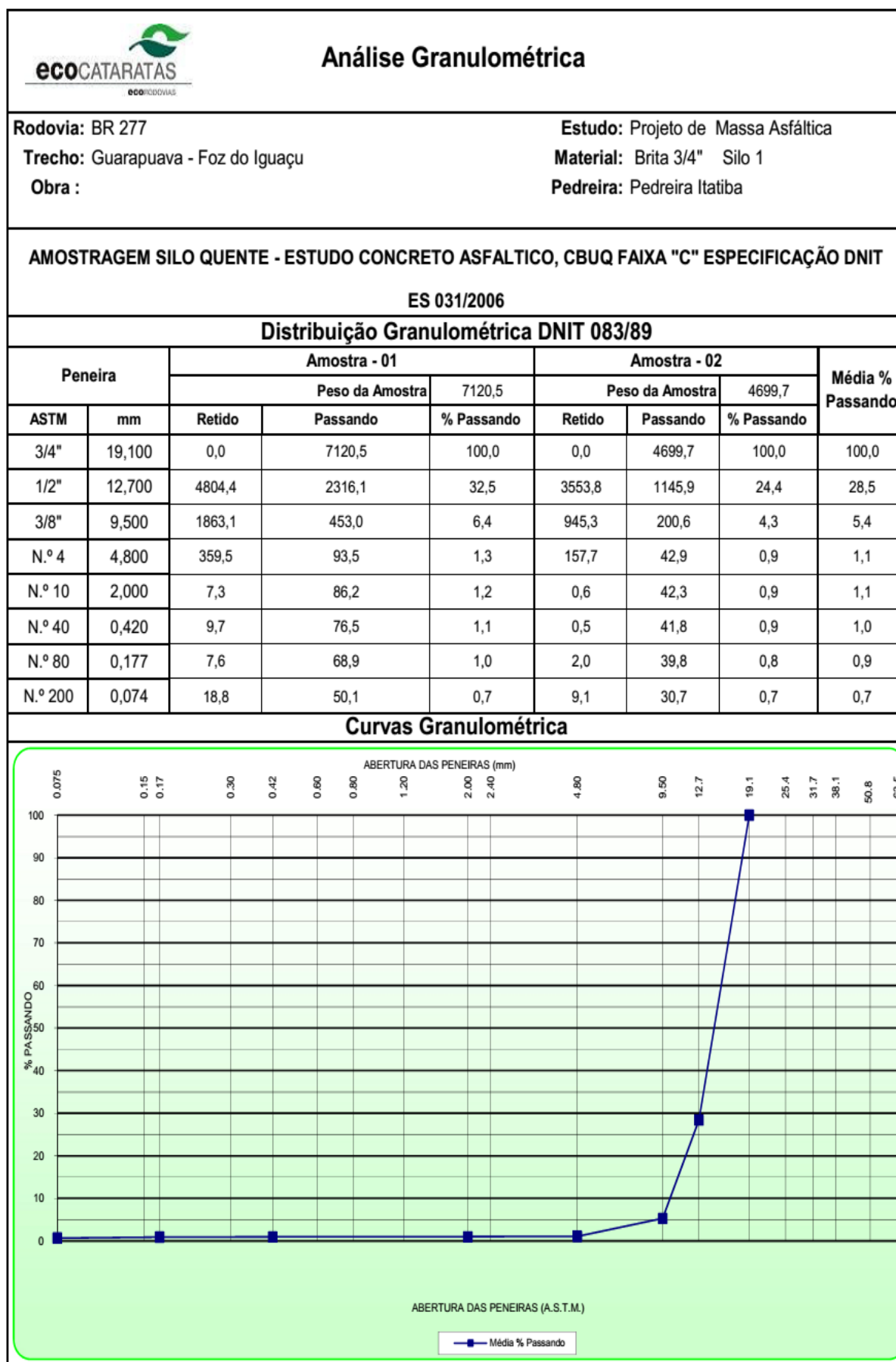
2.3 Pó de Pedra 3/16" (do Tornado)

2.4 Filler Cal Hidratada CH I

3- Material Cimento Asfalto de Petróleo

3.1 CAP Poliflex 60 - 85

2017





AGREGADO GRAÚDO - Determinação do Índice Forma Método do Paquímetro NBR 7809

Determinação da Composição Granulométrica dos Agregados NBR 7217

PESO TOTAL DA AMOSTRA				8000
Peneira		Material	%Peso	
Polegadas	mm	Ret. (g)	Parcial	Acumulada
1"	25,4	0	0,0	0,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0
1/2"	12,7	3328	41,6	41,6
3/8"	9,5	2263	28,3	69,9
Passando		2409	30,1	100,0

Obtenção do n.º de Grãos para Medição

$$n1 = \frac{200}{41,6} \times \frac{41,6}{28,3} = 119,0$$

C: n.º de Grãos para Medição da Fração Ret.# 1/2" = 119

$$n2 = \frac{200}{41,6} \times \frac{28,3}{28,3} = 81,0$$

e: n.º de Grãos para Medição da Fração Ret.# 3/8" = 81

Fração 1/2"

Média	C:	2,38	cm
Média	e:	1,26	cm
Índice de Forma:		1,89	%

Fração 3/8"

Média	C:	1,63	cm
Média	e:	0,86	cm
Índice de Forma:		1,90	

Média Índ. Forma:	1,89
-------------------	------



Determinação do Equivalente de Areia

DNIT - ME 54/67

Rodovia: BR 277
Material Tipo: Passante # 4
Operador: Equipe
Estudo: CBUQ - Fx "C" (DNIT)

Trecho: Guarapuava - Foz do Iguaçu
Pedreira: Pedreira Itatiba

Proveta n.º:	1	2	3
Leitura no topo da argila:	10,1	10,3	10,3
Leitura no topo da areia:	6,3	6,2	6,3

$$\text{E.A.} = \frac{\text{Leitura no topo da Areia}}{\text{Leitura no topo da Argila}} \times 100$$

$$\text{E.A.} = \frac{6,3}{10,1} \times 100 = 62,4$$

$$\text{E.A.} = \frac{6,2}{10,3} \times 100 = 60,2$$

$$\text{E.A.} = \frac{6,3}{10,3} \times 100 = 61,2$$

E.A. Médio

61,2



Análise Granulométrica

Rodovia: BR 277

Trecho: Guarapuava - Foz do Iguaçu

Obra :

Estudo: Projeto de Massa Asfáltica

Material: Pedrisco 3/8"

Silo 2

Pedreira: Pedreira Itatiba

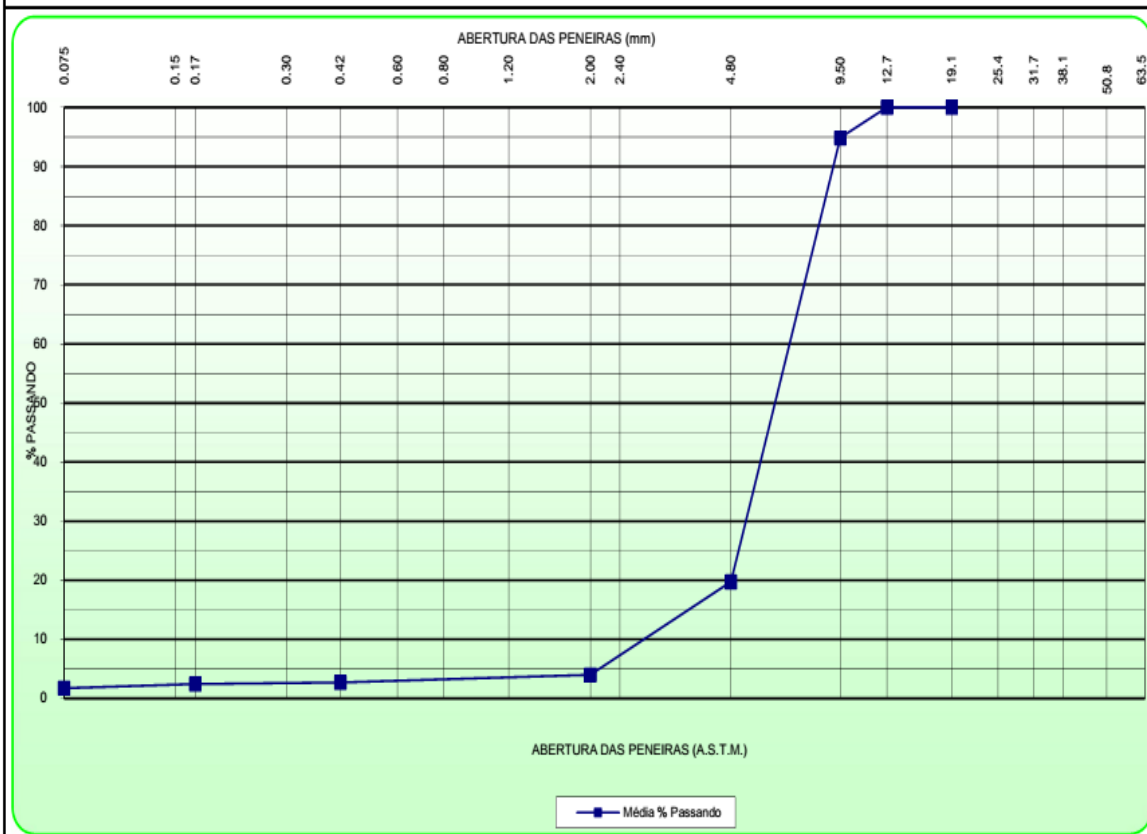
AMOSTRAGEM SILO QUENTE - ESTUDO CONCRETO ASFALTICO, CBUQ FAIXA "C" ESPECIFICAÇÃO DNIT

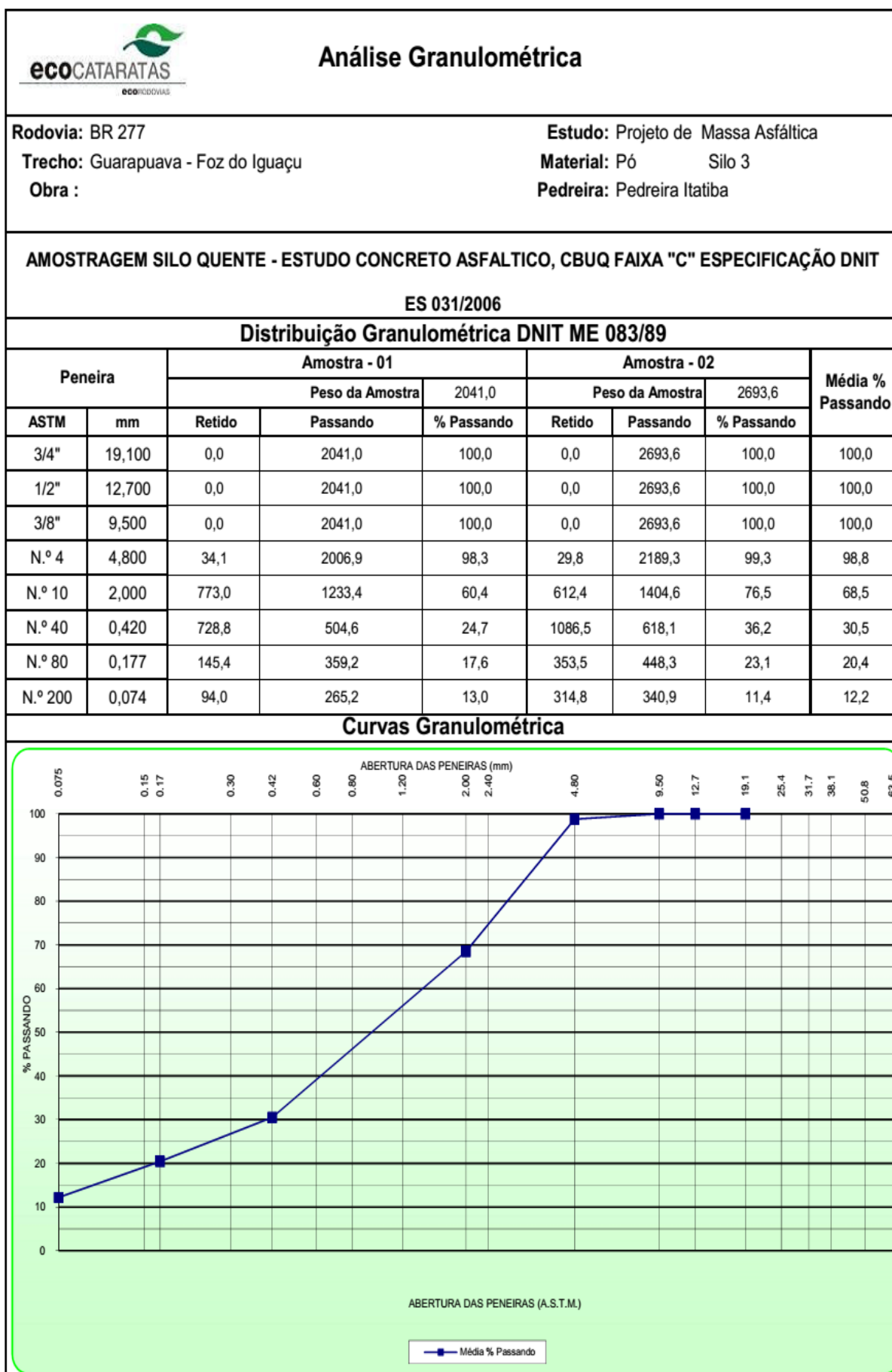
ES 031/2006

Distribuição Granulométrica DNIT ME 083/89

Peneira		Amostra - 01			Amostra - 02			Média % Passando
		Peso da Amostra			Peso da Amostra			
ASTM	mm	Retido	Passando	% Passando	Retido	Passando	% Passando	
3/4"	19,100	0,0	4022,9	100,0	0,0	2629,7	100,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	4022,9	100,0	0,0	2629,7	100,0	100,0
3/8"	9,500	233,3	3789,6	94,2	118,6	2511,1	95,5	94,9
N.º 4	4,800	2698,4	1091,2	27,1	2159,1	352,0	12,2	19,7
N.º 10	2,000	889,9	201,3	5,0	273,7	78,3	3,0	4,0
N.º 40	0,420	98,0	103,3	2,6	3,2	75,1	2,8	2,7
N.º 80	0,177	15,2	88,1	2,2	7,9	67,2	2,5	2,4
N.º 200	0,074	21,5	66,6	1,6	20,2	47,0	1,8	1,7

Curvas Granulométrica







Análise Granulométrica

Rodovia: BR 277

Estudo: Projeto de Massa Asfáltica

Trecho: Guarapuava - Foz do Iguaçu

Material: cal CHI

Obra :

Pedreira: Pedreira Itatiba

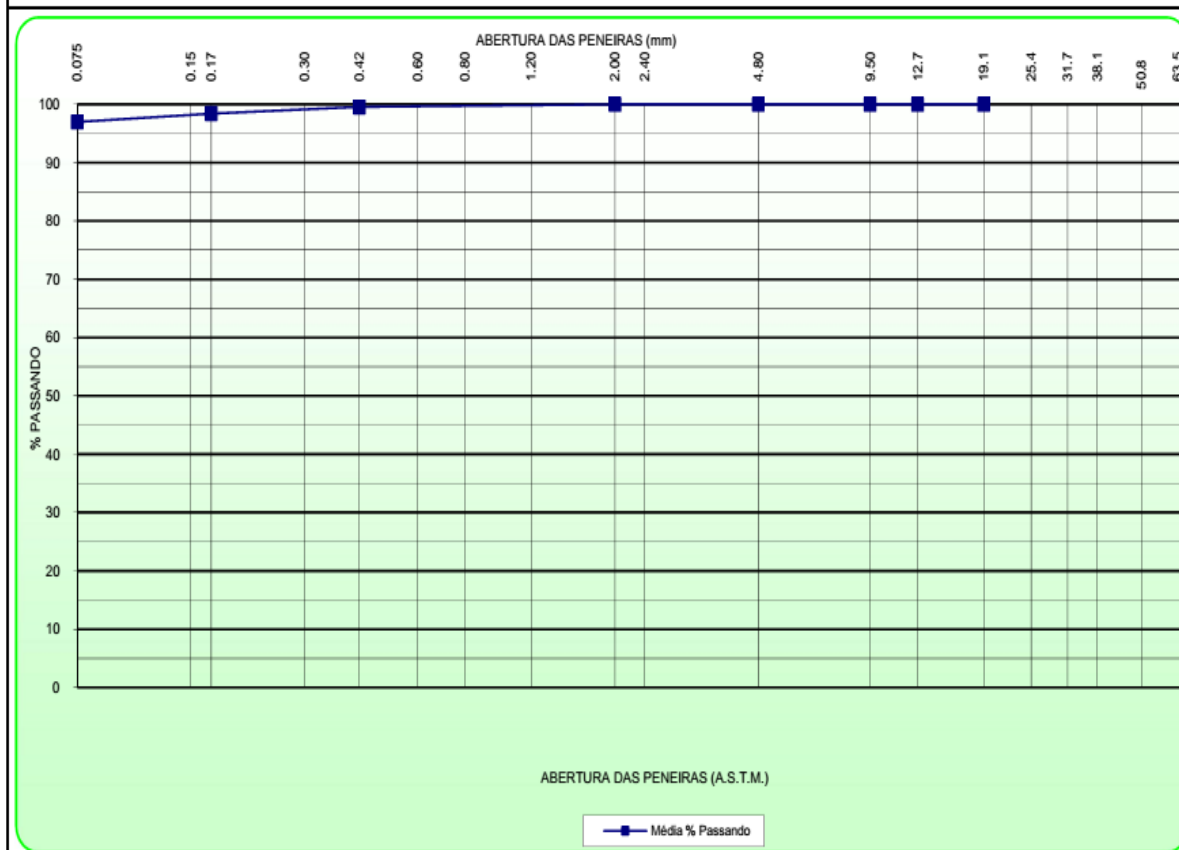
AMOSTRAGEM SILO QUENTE - ESTUDO CONCRETO ASFALTICO, CBUQ FAIXA "C" ESPECIFICAÇÃO DNIT

ES 031/2006

Distribuição Granulométrica DNIT 083/98

Peneira		Amostra - 01			Amostra - 02			Média % Passando
		Peso da Amostra		104,5	Peso da Amostra		97,3	
ASTM	mm	Retido	Passando	% Passando	Retido	Passando	% Passando	
3/4"	19,100	0,0	104,5	100,0	0,0	97,3	100,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	104,5	100,0	0,0	97,3	100,0	100,0
3/8"	9,500	0,0	104,5	100,0	0,0	97,3	100,0	100,0
N.º 4	4,800	0,0	104,5	100,0	0,0	97,3	100,0	100,0
N.º 10	2,000	0,0	104,5	100,0	0,0	97,3	100,0	100,0
N.º 40	0,420	0,4	104,1	99,6	0,5	96,8	99,5	99,6
N.º 80	0,177	1,2	102,9	98,5	1,2	95,6	98,3	98,4
N.º 200	0,074	1,3	101,6	97,2	1,4	94,2	96,8	97,0

Curvas Granulométrica





Cálculo para Mistura de Agregados - Silo Quente - Dosagem final Comp. Gran.

Projeto de Mist. Betuminosa CBUQ - Faixa "C" DNIT ES- 031/2006

Rodovia : BR 277

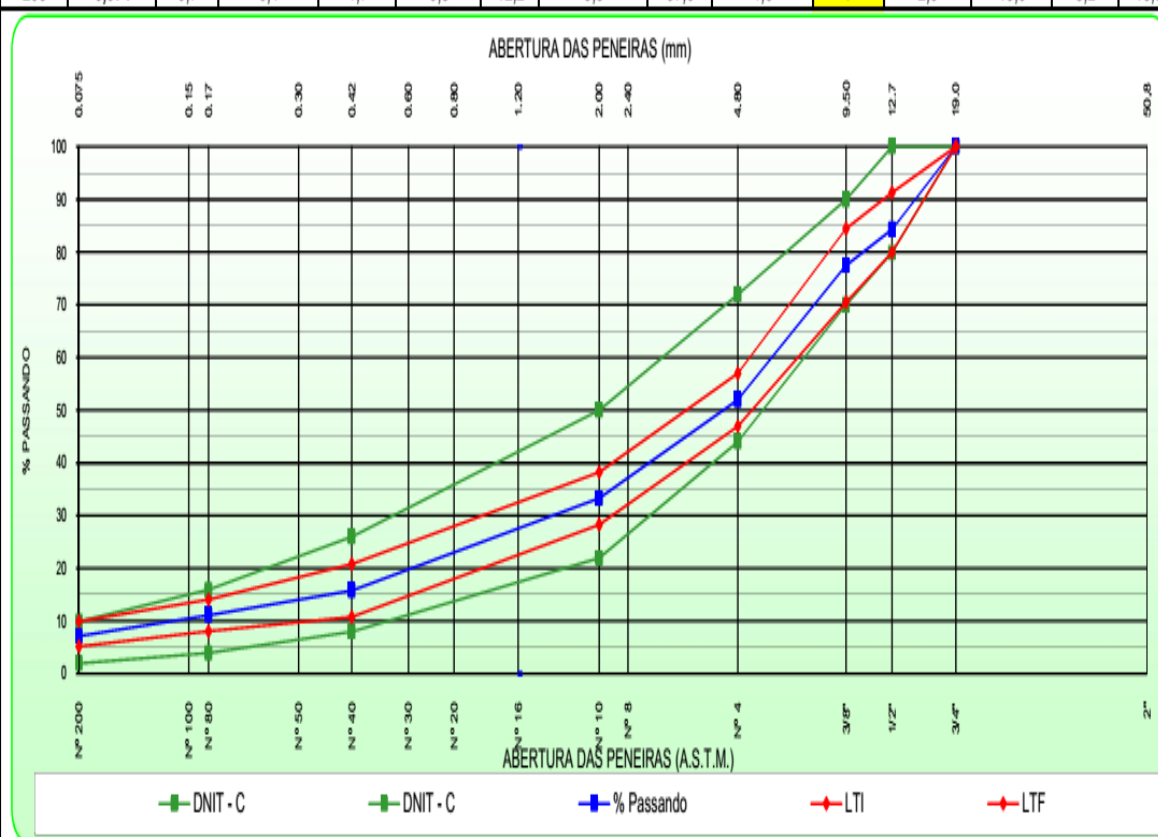
Trecho : Guarapuava - Foz do Iguaçu

Estudo: Projeto de Massa Asfáltica

Pedreira : Pedreira Itatiba

Obs.:

PENEIRAS		S.Q 01		S.Q 02		S.Q 03		S.Q 04		Projeto	Especificação		Faixa de	
		Passando na peneira		Passando na peneira		Passando na peneira		Passando na peneira			DNIT F - "C"		trabalho	
ASTM	mm	Gran.	Fração	Gran.	Fração	Gran.	Fração	Gran.	Fração		min.	máx.	min.	máx.
3/4"	19,100	100,0	22,0	100,0	32,0	100,0	45,0	100,0	1,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1/2"	12,700	28,5	6,3	100,0	32,0	100,0	45,0	100,0	1,0	84,3	80,0	100,0	80,0	91,3
3/8"	9,520	5,4	1,2	94,9	30,4	100,0	45,0	100,0	1,0	77,5	70,0	90,0	70,5	84,5
4	4,800	1,11	0,2	19,7	6,3	98,8	4,5	100,0	1,0	52,0	44,0	72,0	47,0	57,0
10	2,000	1,1	0,2	4,0	1,3	68,5	30,8	100,0	1,0	33,3	22,0	50,0	28,3	38,3
40	0,420	1,0	0,2	2,7	0,9	30,5	13,7	99,6	1,0	15,8	8,0	26,0	10,8	20,8
80	0,180	0,9	0,2	2,4	0,8	20,4	9,2	98,4	1,0	11,1	4,0	16,0	8,1	14,1
200	0,074	0,7	0,1	1,7	0,5	12,2	5,5	97,0	1,0	7,2	2,0	10,0	5,2	10,0



FRAÇÕES DA MISTURA ASFÁLTICA PARA ENSAIOS DE CORPOS DE PROVA E CARACTERÍSTICA MARSHALL

GRANULOMETRIA	
PENEIRA	% PASS.
3/4"	100,0
1/2"	84,3
3/8"	77,5
N.º 4	52,0
N.º 10	33,3
N.º 40	15,8
N.º 80	11,1
N.º 200	7,2

DOSAGEM		
PASS.	RET.	% RETIDO
3/4"	1/2"	15,7
1/2"	3/8"	6,7
3/8"	N.º 4	25,5
N.º 4	N.º 10	18,7
Passando N.º 10		32,3
Cal CH I		1,0
TOTAL		100,0

PREPARAÇÃO PARA OS CORPOS DE PROVA - Peso (g)

CAP		4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Passa	Retido					
3/4"	1/2"	200,99	199,94	198,90	197,85	196,80
1/2"	3/8"	85,93	85,48	85,04	84,59	84,14
3/8"	N.º 4	326,07	324,38	322,68	320,98	319,29
N.º 4	N.º 10	238,49	237,25	236,00	234,76	233,52
Passando na N.º 10		412,59	410,44	408,30	406,15	404,00
Cal CH I		12,77	12,70	12,64	12,57	12,50
TOTAL		1276,8	1270,2	1263,6	1256,9	1250,3
Betume		53,2	59,8	66,5	73,1	79,7

Peso Total	1330,0	1330,0	1330,0	1330,0	1330,0
-------------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

TEMPERATURAS PARA OS CORPOS DE PROVA (°C)

Betume	170 ± 5 °C
Agregados	175 ± 5 °C
Mistura	165 ± 5 °C
Compactação	165 ± 3 °C



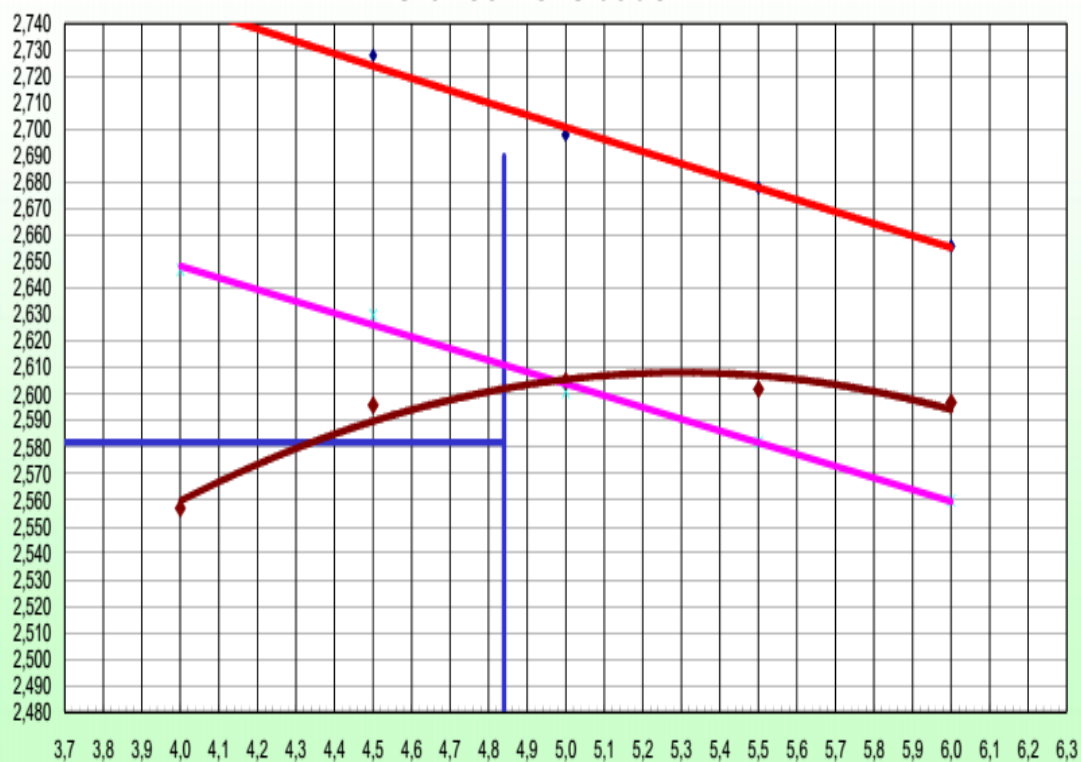
Controle de Densidade Máxima Teórica das Misturas Betuminosas MÉTODO RICE AASHTO T 209-99

Rodovia: BR 277
Trecho: Guarapuava - Foz do Iguaçu
Serviço:

Pedreira: Itatiba
Estudo: CBUQ Faixa "C"
Fração: Massa Asfáltica

Teor da Mistura	4,0		4,5		5,0		5,5		6,0	
Amostra n.º	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Peso do Frasco Vazio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Peso do Frasco + Água	6104	6104	6104	6104	6104	6104	6104	6104	6104	6104
Peso da Amostra	1756,4	1761,7	1768,6	1771,2	1765,8	1774,1	1788,2	1792,3	1796,7	1802,5
Frasco + Água + Amostra	7221,7	7223,2	7222,4	7222,4	7217,8	7220,1	7223,5	7228	7225,3	7226,8
Volume da Amostra	638,7	642,5	650,2	649,7	654	658	668,7	668,3	675,4	679,7
Densidade Real da Mistura	2,750	2,742	2,720	2,736	2,700	2,696	2,674	2,682	2,660	2,652
Média da Densidade Real	2,746		2,728		2,698		2,678		2,656	
Dens. Teórica c/ 4,0% Vazio	2,647		2,630		2,601		2,582		2,560	
Dens. Corpo de Prova	2,557		2,596		2,605		2,602		2,597	

Gráfico Densidade





ESTUDO PROJETO MASSA ASFÁLTICA

Granulometria % que passa

	3/4"	1/2"		3/8"		N.º 4		N.º 10		N.º 40		N.º 80		N.º 200	
ESP. DNIT FAIXA "C"	100	80	100	70	90	44	72	22	50	8	26	4	16	2	10
FAIXA DE TRAB.	100,0	80,0	91,3	70,5	84,5	47,0	57,0	28,3	38,3	10,8	20,8	8,1	14,1	5,2	10,0
AMOSTRAG EM SILO	100	84,3		77,5		52,0		33,3		15,8		11,1		7,2	

CARACTERÍSTICA MARSHALL DNIT ME 043/95

ENSAIO N.º:			1	2	3	MÉDIA
% Material	1 (%) Ligante		4,0	4,0	4,0	4,0
	2 (%) > n.º 4		48,01	48,01	48,01	48,0
	3 (%) < n.º 4 > n.º 200		44,84	44,84	44,84	44,8
	4 (%) passante n.º 200		7,15	7,15	7,15	7,2
	5 (%) Agregados Totais		100,0	100,0	100,0	100,0
	6 Densidade Cap Kg/dm³		1,02	1,02	1,02	1,02
Peso e Densidades DP 0,89	7 Peso do CP ao ar (g)	7-8 9/DP	1.305,3	1.302,7	1.298,6	1.302,2
	8 Peso do CP + Parafina (g)		1.305,3	1.302,7	1.298,6	1.302,2
	9 Peso da Parafina (g)		0,0	0,0	0,0	0,0
	10 Volume da Parafina (cm3)		0,0	0,0	0,0	0,0
	11 Peso imerso CP+ Par. (g)	8-10-11 7-12	794,2	793,8	790,7	792,9
	12 Volume do CP (cm3)		511,1	508,9	507,9	509,3
	13 Densidade do CP Kg/dm³		2,554	2,560	2,557	2,557
	14 Dens. Real do CP Kg/dm³		2,746	2,746	2,746	2,746
Rel. Vazios	15 (%) Vazios	(14-13)/14*100 13*1/6 15+16 16/17*100	7,0	6,8	6,9	6,9
	16 (%) V.C.B		10,1	10,1	10,1	10,1
	17 (%) V.A.M		17,1	16,9	17,0	17,0
	18 (%) R.B.V		59,0	59,8	59,4	59,4
Estabilidade	19 Leitura Prensa Deflect.1/1000mm	19*20 21*22	1.395,0	1.425,0	1.434,0	1.418,0
	20 Fator Prensa Const.		1,000	1,000	1,000	1,000
	21 Estabilidade encontrada		1.395,0	1.425,0	1.434,0	1.418,0
	22 Fator Espessura CP		1,04	1,04	1,00	1,027
	23 Estabilidade Corrig.(Kgf)		1.451	1.482	1.434	1.455,6
Resistência Tração	24 Leitura Prensa Deflect.1/1000mm	24*25 26*2/(28*3,1416*27)	1.085	1.045	1.045	1.058,3
	25 Fator Prensa Const.		1,000	1,000	1,000	1,000
	26 Leitura Corrigida (Kgf)		1.085	1.045	1.045	1.058,3
	27 Altura do CP (cm)		6,57	6,56	6,56	6,56
	28 Diâmetro do CP (cm)		10,16	10,16	10,16	10,16
	29 Res. T. Via Seca 25°C (Mpa)		1,01	0,98	0,98	0,99
Fl.	30 Fluência 60º (mm)	m/100	195	205	185	1,95
Resultado		Especificação				
Vazios (%)	2,7	3,0 - 5,0				
V.A.M (%)	17,0	>15				
R.B.V. (%)	59,4	75,0 - 82,0				
Estab. (Kgf)	1.418	> 500				
Res. T. Via Seca 25°C	0,99	> 0,65 MPa				
Fluência 60º (mm)	1,95	2,00 - 4,00				



ESTUDO PROJETO MASSA ASFÁLTICA

Granulometria % que passa

	3/4"	1/2"		3/8"		N.º 4		N.º 10		N.º 40		N.º 80		N.º 200	
ESP. DNIT FAIXA "C"	100	80	100	70	90	44	72	22	50	8	26	4	16	2	10
FAIXA DE TRAB.	100,0	80,0	91,3	70,5	84,5	47,0	57,0	28,3	38,3	10,8	20,8	8,1	14,1	5,2	10,0
AMOSTRAG EM SILO	100	84,3		77,5		52,0		33,3		15,8		11,1		7,2	

CARACTERISTICA MARSHALLDNIT ME 043/95

	ENSAIO N.º:		1	2	3	MÉDIA
% Material	1 (%) Ligante		4,5	4,5	4,5	4,5
	2 (%) > n.º 4		48,0	48,0	48,0	48,0
	3 (%) < n.º 4 > n.º 200		44,8	44,8	44,8	44,8
	4 (%) passante n.º 200		7,2	7,2	7,2	7,2
	5 (%) Agregados Totais		100,0	100,0	100,0	100,0
	6 Densidade Cap Kg/dm³		1,02	1,02	1,02	1,02
Peso e Densidades DP 0,89	7 Peso do CP ao ar (g)		1.313,2	1.318,6	1.308,4	1.313,4
	8 Peso do CP + Parafina (g)		1.313,2	1.318,6	1.308,4	1.313,4
	9 Peso da Parafina (g)	7-8	0,0	0,0	0,0	0,0
	10 Volume da Parafina (cm³)	9/DP	0,0	0,0	0,0	0,0
	11 Peso imerso CP+Par. (g)		806,6	811,4	804,4	807,5
	12 Volume do CP (cm³)	8-10-11	506,6	507,2	504,0	505,9
	13 Densidade do CP (Kg/d³m)	7-12	2,592	2,600	2,596	2,596
	14 Dens. R. Teor. do CP (Kg/dm³)		2,728	2,728	2,728	2,728
Rel. Vazios	15 (%) Vazios	(14-13)/14*100	5,0	4,7	4,8	4,8
	16 (%) V.C.B	13*1/6	11,5	11,5	11,5	11,5
	17 (%) V.A.M	15+16	16,5	16,2	16,3	16,3
	18 (%) R.B.V	16/17*100	69,8	71,0	70,4	70,4
Estabilidade	19 Leitura Prensa Deflect.1/1000mm		1.585,0	1.612,0	1.596,0	1.597,7
	20 Fator Prensa Const.		1,000	1,000	1,000	1,000
	21 Estabilidade encontrada	19*20	1.585,0	1.612,0	1.596,0	1.597,7
	22 Fator Espessura CP		1,04	1,04	1,04	1,04
	23 Estabilidade Corrig.(Kgf)	21*22	1.648	1.676	1.660	1.661,6
Resistência Tração	24 Leitura Prensa Deflect.1/1000mm		1.285	1.245	1.245	1.258,3
	25 Fator Prensa Const.		1,000	1,000	1,000	1,000
	26 Leitura Corrigida (Kgf)	24*25	1.285	1.245	1.245	1.258,3
	27 Altura do CP (cm)		6,48	6,45	6,46	6,46
	28 Diâmetro do CP (cm)		10,16	10,16	10,16	10,16
	29 Res. T. Via Seca 25°C (Mpa)	26*2/(28*3,1416*27)	1,22	1,19	1,18	1,20
FL.	30 Fluência 60° (mm)	m/100	265	225	245	2,45

Resultado		Especificação	
Vazios (%)	4,8	3,0 - 5,0	
V.A.M (%)	16,3	> 15	
R.B.V (%)	70,4	75,0 - 82,0	
Estab. (Kgf)	1.662	> 500	
Res. T. Via Seca 25°C	1,20	> 0,65 Mpa	
Fluência 60° (mm)	2,45	2,00 - 4,00	



ESTUDO PROJETO MASSA ASFÁLTICA

Granulometria % que passa

	Granulometria % que passa														
	3/4"	1/2"		3/8"		N.º 4		N.º 10		N.º 40		N.º 80		N.º 200	
ESP. DNIT FAIXA "C"	100	80	100	70	90	44	72	22	50	8	26	4	16	2	10
FAIXA DE TRAB.	100	80,0	91,3	70,5	84,5	47,0	57,0	28,3	38,3	10,8	20,8	8,1	14,1	5,2	10,0
AMOSTRAG EM SILO	100	84,3		77,5		52,0		33,3		15,8		11,1		7,2	

CARACTERISTICA MARSHALL DNIT ME 043/95

	ENSAIO N.º:		1	2	3	MÉDIA
% Material	1 (%) Ligante		5,0	5,0	5,0	5,0
	2 (%) > n.º 4		48,0	48,0	48,0	48,0
	3 (%) < n.º 4 > n.º 200		44,8	44,8	44,8	44,8
	4 (%) passante n.º 200		7,2	7,2	7,2	7,2
	5 (%) Agregados Totais		100,0	100,0	100,0	100,0
	6 Densidade Cap Kg/dm³		1,02	1,02	1,02	1,02
Peso e Densidades DF 0,84 DP 0,89	7 Peso do CP ao ar (g)		1.322,4	1.325,6	1.319,8	1.322,6
	8 Peso do CP + Par. (g)		1.322,4	1.325,6	1.319,8	1.322,6
	9 Peso da Parafina (g)	7-8	0,0	0,0	0,0	0,0
	10 Volume da Parafina (cm³)	9/DP	0,0	0,0	0,0	0,0
	11 Peso imerso CP+Par. (g)		813,4	817,7	813,6	814,9
	12 Volume do CP (cm³)	8-10-11	509,0	507,9	506,2	507,7
Rel. Vazios	13 Densidade do CP Kg/dm³	7-12	2,598	2,610	2,607	2,605
	14 Dens. R. Teor. do CP kg/dm³		2,698	2,698	2,698	2,698
	15 (%) Vazios	(14-13)/14*100	3,7	3,3	3,4	3,4
	16 (%) V.C.B	13*1/6	12,8	12,9	12,8	12,8
	17 (%) V.A.M	15+16	16,5	16,1	16,2	16,3
	18 (%) R.B.V	16/17*100	77,5	79,8	79,2	78,9
Estabilidade	19 Leitura Prensa Deflect. 1/1000mm		1.675,0	1.695,0	1.668,0	1.679,3
	20 Fator Prensa Const.		1,000	1,000	1,000	1,000
	21 Estabilidade encontrada	19*20	1.675,0	1.695,0	1.668,0	1.679,3
	22 Fator Espessura CP		1,00	1,04	1,04	1,03
	23 Estabilidade Corrig.(Kgf)	21*22	1.675	1.763	1.735	1.724,2
	24 Leitura Prensa Deflect. 1/1000mm		1.477	1.493	1.493	1.487,7
Resistência Tracção	25 Fator Prensa Const.		1,000	1,000	1,000	1,000
	26 Leitura Corrigida (Kgf)	24*25	1.477	1.493	1.493	1.487,7
	27 Altura do CP (cm)		6,55	6,40	6,40	6,45
	28 Diâmetro do CP (cm)		10,16	10,16	10,16	10,2
	29 Res. T. Via Seca 25°C (Mpa)	26*27/(28*3,1416*27)	1,39	1,43	1,43	1,42
	30 Fluência 60° (mm)	m/100	322	305	312	3,13

Resultado		Especificação	
Vazios (%)	3,4	3,0 - 5,0	
V.A.M (%)	16,3	> 15	
R.B.V (%)	78,9	75,0 - 82,0	
Estab. (Kgf)	1.724	> 500	
Res. T. Via Seca 25°C	1,42	> 0,65 Mpa	
Fluência 60° (mm)	3,13	2,00 - 4,00	



ESTUDO PROJETO MASSA ASFÁLTICA

Granulometria % que passa

Grandes dimensões - % que passa																	
	3/4"			1/2"		3/8"		N.º 4		N.º 10		N.º 40		N.º 80		N.º 200	
ESP. DNIT FAIXA "C"	100	80	100	70	90	44	72	22	50	8	26	4	16	2	10		
FAIXA DE TRAB.	100	80,0	91,3	70,5	84,5	47,0	57,0	28,3	38,3	10,8	20,8	8,1	14,1	5,2	10,0		
AMOSTRAG EM SILO	100	84,3		77,5		52,0		33,3		15,8		11,1		7,2			

CARACTERÍSTICA MARSHALL DNIT ME 043/95

ENSAIO N.º:				1	2	3	MÉDIA
% Material	1 (%) Ligante			5,5	5,5	5,5	5,5
	2 (%) > n.º 4			48,0	48,0	48,0	48,0
	3 (%) < n.º 4 > n.º 200			44,8	44,8	44,8	44,8
	4 (%) passante n.º 200			7,2	7,2	7,2	7,2
	5 (%) Agregados Totais			100,0	100,0	100,0	100,0
	6 Densidade Cap Kg/dm³			1,02	1,02	1,02	1,02
Peso e Densidades DF 0,84 DP 0,89	7 Peso do CP ao ar (g)			1.319,6	1.321,5	1.326,4	1.322,5
	8 Peso do CP + Par. (g)			1.319,6	1.321,5	1.326,4	1.322,5
	9 Peso da Parafina (g)	7-8		0,0	0,0	0,0	0,0
	10 Volume da Parafina (cm³)	9/DP		0,0	0,0	0,0	0,0
	11 Peso imerso CP+Par. (g)			813,2	812,8	816,6	814,2
	12 Volume do CP (cm³)	8-10-11		506,4	508,7	509,8	508,3
	13 Densidade do CP Kg/dm³	7-12		2,606	2,598	2,602	2,602
	14 Dens. R. Teor. do CP Kg/dm³			2,678	2,678	2,678	2,678
Rel. Vazios	15 (%) Vazios	(14-13)/14*100		2,69	2,99	2,85	2,84
	16 (%) V.C.B	13*1/6		14,1	14,1	14,1	14,1
	17 (%) V.A.M	15+16		16,8	17,1	16,9	16,9
	18 (%) R.B.V	16/17*100		84,0	82,5	83,2	83,2
Estabilidade	19 Leitura Prensa Deflect.1/1000mm			1.586,0	1.605,0	1.593,0	1.594,7
	20 Fator Prensa Const.			1,000	1,000	1,000	1,000
	21 Estabilidade encontrada	19*20		1.586	1.605	1.593	1.594,7
	22 Fator Espessura CP			1,04	1,00	1,00	1,01
	23 Estabilidade Corrig.(Kgf)	21*22		1.649	1.605	1.593	1.615,8
Resistência Tracção	24 Leitura Prensa Deflect.1/1000mm			1.255	1.275	1.300	1.276,7
	25 Fator Prensa Const.			1,000	1,000	1,000	1,000
	26 Leitura Corrigida (Kgf)	24*25		1.255	1.275	1.275	1.268,3
	27 Altura do CP (cm)			6,53	6,60	6,60	6,58
	28 Diâmetro do CP (cm)			10,16	10,16	10,16	10,2
	29 Res. T. Via Seca 25°C (Mpa)	26*2/(28*3,1416*27)		1,18	1,19	1,19	1,19
FL	30 Fluência 60° (mm)	m/100		340	350	360	3,50

Resultado		Especificação	
Vazios (%)	2,8	3,0 - 5,0	
V.A.M (%)	16,9	> 15	
R.B.V (%)	83,2	75,0 - 82,0	
Estab. (Kgf)	1.616	> 500	
Res. T. Via Seca 25°C	1,19	> 0,65 Mpa	
Fluência 60° (mm)	3,50	2,00 - 4,00	



ESTUDO PROJETO MASSA ASFÁLTICA

Granulometria % que passa

	3/4"	1/2"	3/8"	N.º 4	N.º 10	N.º 40	N.º 80	N.º 200
ESP. DNIT FAIXA "C"	100	80 100	70 90	44 72	22 50	8 26	4 16	2 10
FAIXA DE TRAB.	100	80,0 91,3	70,5 84,5	47,0 57,0	28,3 38,3	10,8 20,8	8,1 14,1	5,2 10,0
AMOSTRAG EM SILO	100	84,3	77,5	52,0	33,3	15,8	11,1	7,2

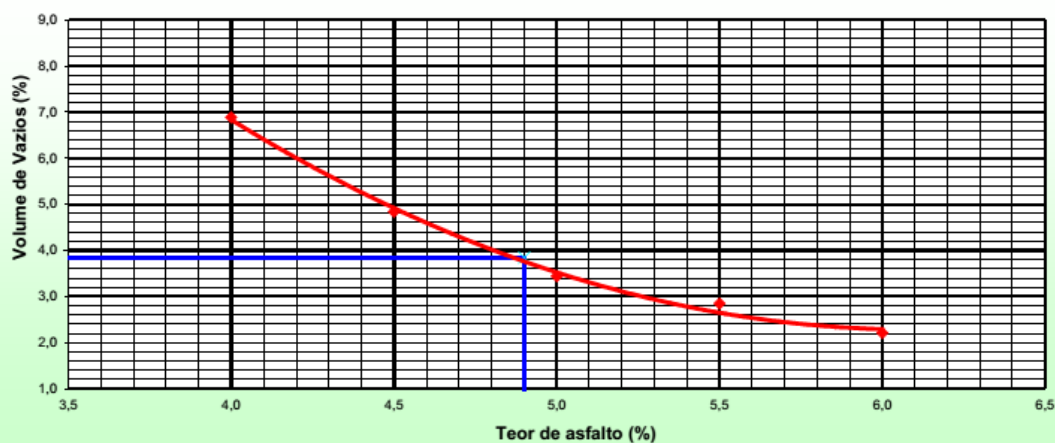
CARACTERÍSTICA MARSHALL DNIT ME 043/95

	ENSAIO N.º:		1	2	3	MÉDIA
% Material	1 (%) Ligante		6,0	6,0	6,0	6,0
	2 (%) > n.º 4		48,0	48,0	48,0	48,0
	3 (%) < n.º 4 > n.º 200		44,8	44,8	44,8	44,8
	4 (%) passante n.º 200		7,2	7,2	7,2	7,2
	5 (%) Agregados Totais		100,0	100,0	100,0	100,0
	6 Densidade Cap Kg/dm³		1,015	1,015	1,015	1,02
Peso e Densidades DF 0,84 DP 0,89	7 Peso do CP ao ar (g)		1.322,7	1.331,8	1.333,2	1.329,2
	8 Peso do CP + Par. (g)		1.322,7	1.331,8	1.333,2	1.329,2
	9 Peso da Parafina	7-8	0,0	0,0	0,0	0,0
	10 Volume da Parafina (cm³)	9/DP	0,0	0,0	0,0	0,0
	11 Peso imerso CP+Par. (g)		813,0	820,0	819,3	817,4
	12 Volume do CP (cm³)	8-10-11	509,7	511,8	513,9	511,8
	13 Densidade do CP (Kg/dm³)	7-12	2,595	2,602	2,594	2,597
	14 Dens. R. Teor. do CP (Kg/dm³)		2,656	2,656	2,656	2,656
Rel. Vazios	15 (%) Vazios	(14-13)/14*100	2,3	2,0	2,3	2,2
	16 (%) V.C.B	13*1/6	15,3	15,4	15,3	15,4
	17 (%) V.A.M	15+16	17,6	17,4	17,7	17,6
	18 (%) R.B.V	16/17*100	87,0	88,4	86,8	87,4
Estabilidade	19 Leitura Prensa Deflect. 1/1000mm		1.486,0	1.528,0	1.475,0	1.496,3
	20 Fator Prensa Const.		1,000	1,000	1,000	1,000
	21 Estabilidade encontrada	19*20	1.486	1.528	1.475	1.496
	22 Fator Espessura CP		1,04	1,04	1,04	1,04
	23 Estabilidade Corrig.(Kgf)	21*22	1.545	1.589	1.534	1.556,2
Resistência Tração	24 Leitura Prensa Deflect. 1/1000mm		1.190	1.143	1.143	1.158,7
	25 Fator Prensa Const.		1,000	1,000	1,000	1,000
	26 Leitura Corrigida (Kgf)	24*25	1.190	1.143	1.143	1.158,7
	27 Altura do CP (cm)		6,26	6,30	6,30	6,29
	28 Diâmetro do CP (cm)		10,16	10,16	10,16	10,16
	29 Res. T. Via Seca 25°C (Mpa)	26*2/(28*3,1416*27)	1,17	1,11	1,11	1,13
FL	30 Fluência 60° (mm)	m/100	475	493	468	4,79

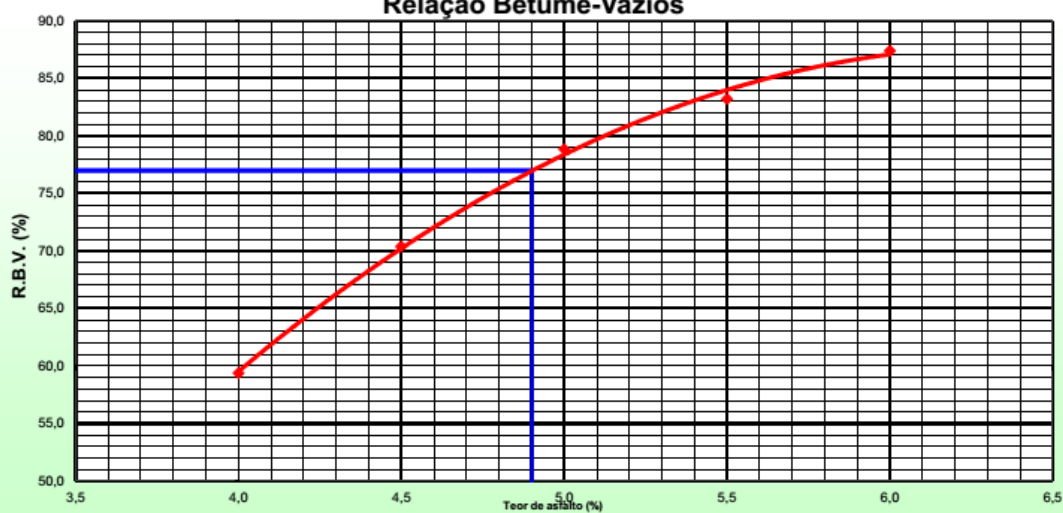
Resultado	Especificação
Vazios (%)	2,2
V.A.M (%)	17,6
R.B.V (%)	87,4
Estab. (Kgf)	1.556
Res. T. Via Seca 25°C (Mpa)	1,13
Fluência 60° (mm)	4,79

GRÁFICOS DOS VALORES OBTIDOS

Gráfico de volume de vazios

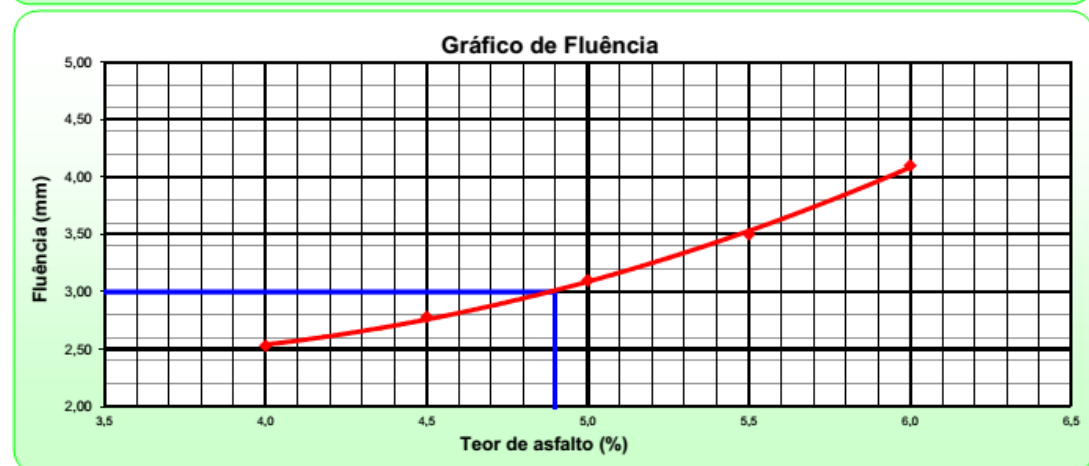
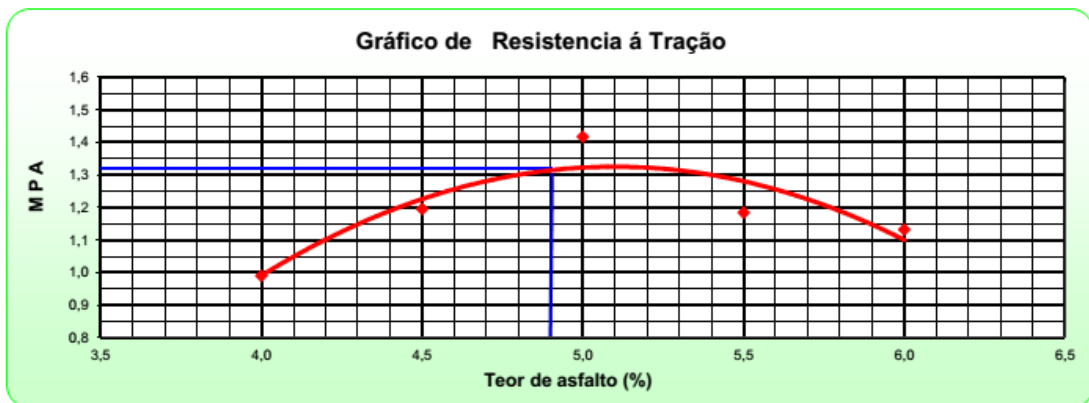
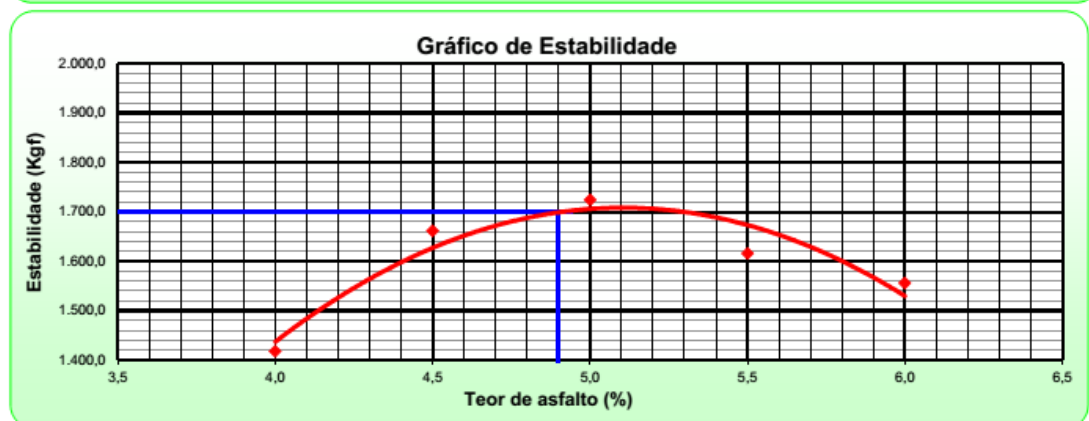
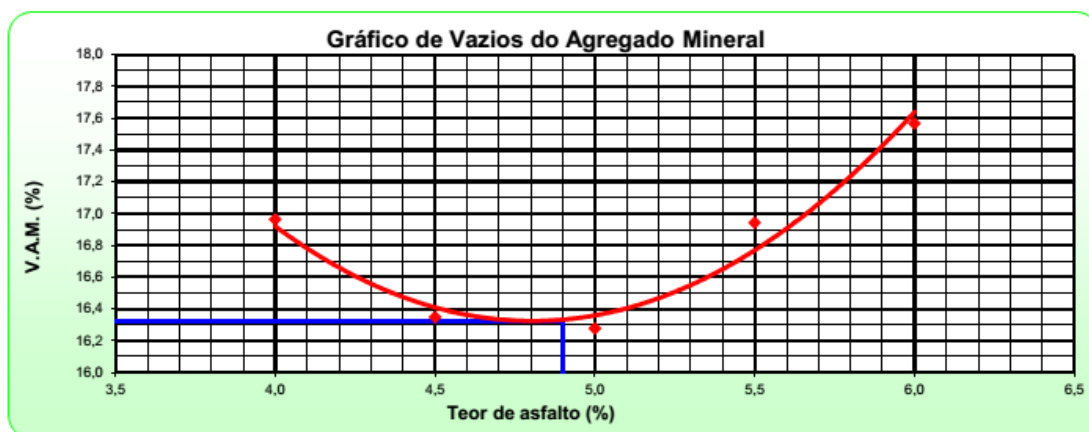


Relação Betume-Vazios



Cálculo do teor ótimo de betume

Valores limites		Teor Ótimo	Valores limites	
Vazios %	Teor %		RBV %	Teor %
3,00	5,28		75,00	4,38
5,00	4,48	4,86	82,00	5,30



RESULTADO FINAL		
	Especificação DNIT	Resultado
Índice de Lameridade BS-B12	< 25	14,88
Adesividade R.R.L	Recobrimento > 90%	Satisfatório
Eq. de Areia DNT ME 054/97	> 55%	61,2
Características Marshall		
AMOSTRAGEM SILO FRIOS - ESTU	3,0 à 5,0	3,85
Relação Betume-Vazios(%)	75 à 82	77,0
Estabilidade (kgf)	> 500	1.700
Fluência (mm)	2,0 - 4,0	3,00
Massa espec. Real Rice (Kg/dm ³)	----	2,703
Massa espec. aparente (Kg/dm ³)	----	2,605
Vazios do agregado mineral (%)	> 15	16,32
Teor de betume (%)	----	4,90
Res. a Tração p/ Comp. Diametral		
Estatica a 25°C min. Mpa	> 0,65	1,38

CONTROLE DE TEMPERATURA PARA PRODUÇÃO DE MASSA NA USINA CONFORME INDICADO NO PROJETO.

AGREGADOS	175 ± 5 °C
LIGANTE	170 ± 5 °C
MISTURA PARA SAÍDA DO CAMINHAO	165 ± 5 °C

A TEMPERATURA DE COMPACTAÇÃO DEVERA SER A MÁXIMA QUE A MASSA SUPORTAR SEM ESCORRER, TOLERA-SE A TEMPERATURA MÍNIMA DE 125° C DESDE QUE O GRAU DE COMPACTAÇÃO MÍNIMO SEJA 97%.

8 **ANEXO 03:** Projeto de mistura asfáltica CBUQ Faixa C CAP Borracha.

	
nº: 1886/2017	DATA: 21/02/2017
DOSAGEM DE: CONCRETO ASFALTICO USINADO A QUENTE CAUQ	FAIXA: C ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES
Cliente: ECOCATARATAS Utilização: CAMADA DE ROLAMENTO Local: Diversos	
1 - Materiais Utilizados	
1.1 - CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO MODIFICADO POR BORRACHA DE PNEU	
Origem:	CBB ASFALTOS
Local:	CURITIBA - PR
TIPO	TYREFLEX AB-08 WM
1.2 - Agregados Minerais	
1.2.1 - Origem:	PEDREIRA ITATIBA
Local:	MATELÂNDIA
Classificação:	BRITA 3/4"
1.2.2 - Origem:	PEDREIRA ITATIBA
Local:	MATELÂNDIA
Classificação:	PEDRISCO
1.2.3 - Origem:	PEDREIRA ITATIBA
Local:	MATELÂNDIA
Classificação:	PÓ DE PEDRA
1.2.4 - Origem:	COMERCIAL
Local:	--
Classificação:	CAL (CH-01) NBR-7175
1.2.5 - Origem:	--
Local:	--
Classificação:	--
CONDIÇÕES ESPECÍFICAS DOS AGREGADOS	
Desgaste Los Angeles - DNER-ME 035	≤ 40%



DOSAGEN: CAUQ	nº: 1886/2017	DATA: 21/02/2017
CLIENTE : ECOCATARATAS	ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES	
LABORATORISTA : Ademar Teixeira de Moura	FAIXA: C	

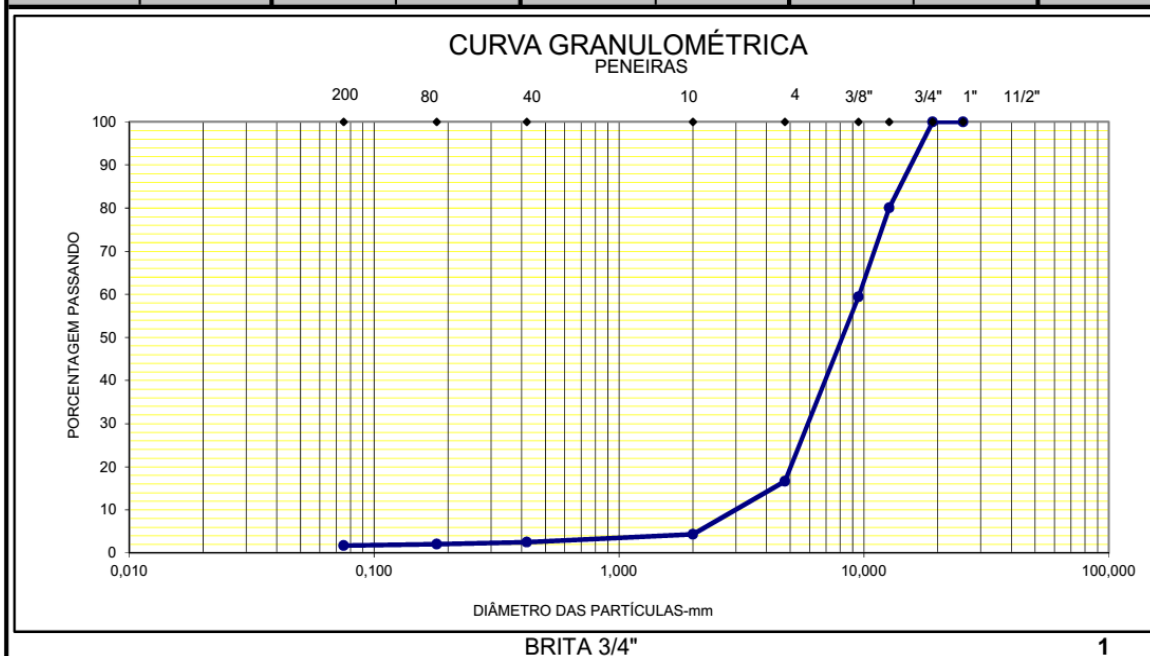
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (SIMPLES)



MÉTODO DE ENSAIO: DNER-ME 083/98

MATERIAL: BRITA 3/4"

		Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		
Peso Seco (g):		6595,5		6479,1		6502,7		
PENEIRAS	mm	Material Retido P. Acumulado	% que passa da amostra total	Material Retido P. Acumulado	% que passa da amostra total	Material Retido P. Acumulado	% que passa da amostra total	Média Passando
1"	25,400	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
3/4"	19,100	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
1/2"	12,700	1319,4	80,0	1284,7	80,2	1301,5	80,0	80,1
3/8"	9,500	2667,6	59,6	2620,9	59,5	2649,4	59,3	59,5
nº 4	4,750	5499,4	16,6	5400,0	16,7	5420,0	16,7	16,6
nº 10	2,000	6285,5	4,7	6194,2	4,4	6241,8	4,0	4,4
nº 40	0,420	6421,2	2,6	6321,5	2,4	6347,4	2,4	2,5
nº 80	0,180	6447,4	2,2	6341,2	2,1	6378,9	1,9	2,1
nº 200	0,075	6470,3	1,9	6367,9	1,7	6397,2	1,6	1,7
FUNDO		6595,5	100,0	6479,1	100,0	6502,7	100,0	0,0





DOSAGEN: CAUQ	nº: 1886/2017	DATA: 21/02/2017
CLIENTE : ECOCATARATAS	ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES	
LABORATORISTA : Ademar Teixeira de Moura	FAIXA: C	

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (SIMPLES)

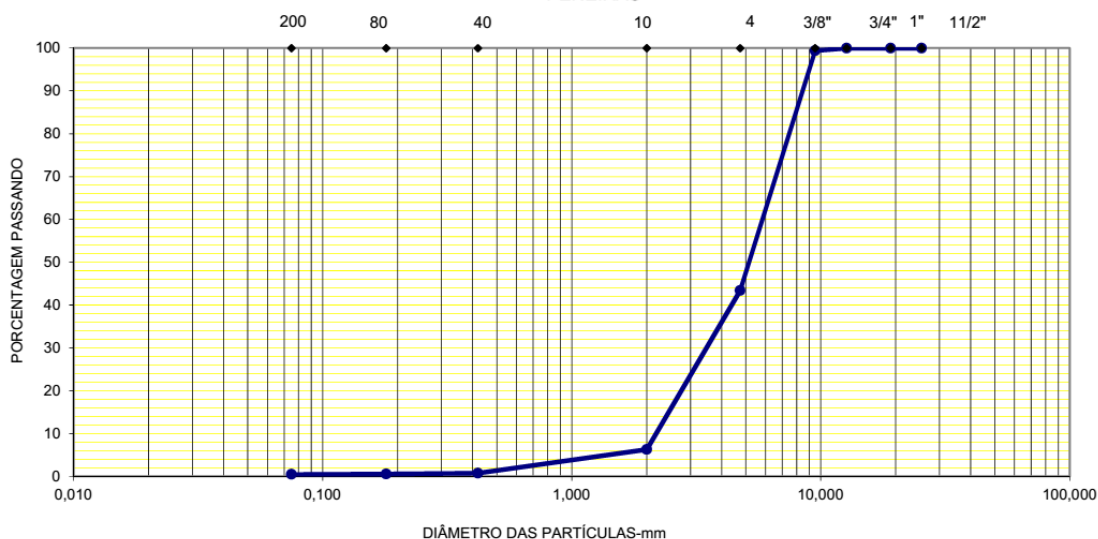


MÉTODO DE ENSAIO: DNER-ME 083/98

MATERIAL: PEDRISCO

		Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		
Peso Seco (g):		3567,2		3655,2		3615,9		
PENEIRAS	mm	Material Retido P. Acumulado	% que passa da amostra total	Material Retido P. Acumulado	% que passa da amostra total	Material Retido P. Acumulado	% que passa da amostra total	Média Passando
1"	25,400	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
3/4"	19,100	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
3/8"	9,500	14,4	99,6	22,3	99,4	27,9	99,2	99,4
n° 4	4,750	2028,5	43,1	2065,6	43,5	2041,5	43,5	43,4
n° 10	2,000	3350,8	6,1	3414,3	6,6	3388,9	6,3	6,3
n° 40	0,420	3541,3	0,7	3625,0	0,8	3586,2	0,8	0,8
n° 80	0,180	3545,9	0,6	3634,1	0,6	3595,7	0,6	0,6
n° 200	0,075	3548,2	0,5	3637,6	0,5	3601,7	0,4	0,5
FUNDO		3567,2	100,0	3655,2	100,0	3615,9	100,0	0,0

CURVA GRANULOMÉTRICA PENEIRAS



— PEDRISCO

2



DOSAGEN: CAUQ	nº: 1886/2017	DATA: 21/02/2017
CLIENTE : ECOCATARATAS	ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES	
LABORATORISTA : Ademar Teixeira de Moura	FAIXA: C	

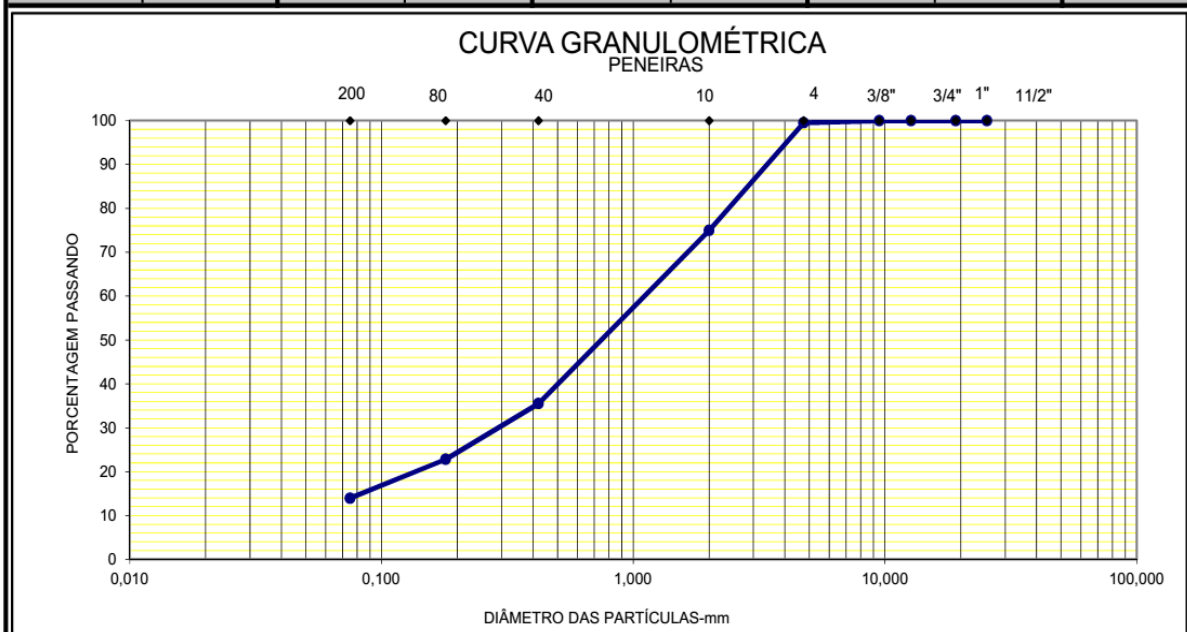
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (SIMPLES)



MÉTODO DE ENSAIO: DNER-ME 083/98

MATERIAL: PÓ DE PEDRA

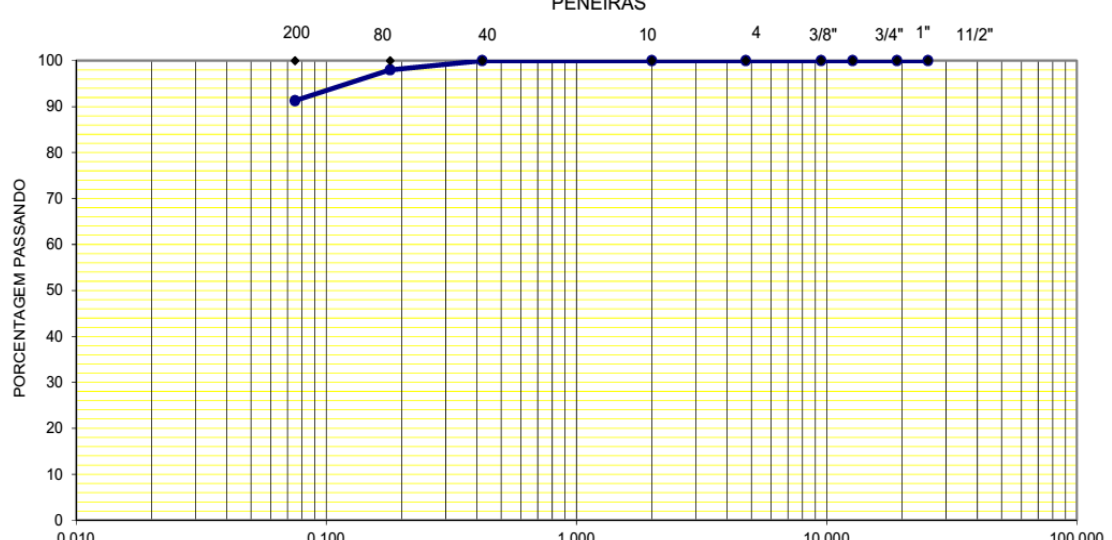
		Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		
Peso Seco (g):		1394,4		1260,2		1429,7		
PENEIRAS	mm	Material Retido P. Acumulado	% que passa da amostra total	Material Retido P. Acumulado	% que passa da amostra total	Material Retido P. Acumulado	% que passa da amostra total	Média Passando
1"	25,400	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
3/4"	19,100	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
3/8"	9,500	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
nº 4	4,750	6,6	99,5	3,7	99,7	8,9	99,4	99,5
nº 10	2,000	340,9	75,6	325,7	74,2	354,1	75,2	75,0
nº 40	0,420	899,5	35,5	812,1	35,6	922,6	35,5	35,5
nº 80	0,180	1069,8	23,3	978,4	22,4	1105,1	22,7	22,8
nº 200	0,075	1196,5	14,2	1086,9	13,8	1230,7	13,9	14,0
FUNDO		1394,4	100,0	1260,2	100,0	1429,7	100,0	0,0



— PÓ DE PEDRA

									
DOSAGEN: CAUQ			nº: 1886/2017			DATA: 21/02/2017			
CLIENTE : ECOCATARATAS			ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES						
LABORATORISTA : Ademar Teixeira de Moura					FAIXA: C				
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (SIMPLES)									
MÉTODO DE ENSAIO: DNER-ME 083/98									
MATERIAL: CAL (CH-01) NBR-7175									
		Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3			
Peso Seco (g):		123,4		95,6		125,4			
PENEIRAS	mm	Material Retido P. Acumulado	% que passa da amostra total	Material Retido P. Acumulado	% que passa da amostra total	Material Retido P. Acumulado	% que passa da amostra total	Média Passando	
1"	25,400	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
3/4"	19,100	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
1/2"	12,700	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
3/8"	9,500	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
nº 4	4,750	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
nº 10	2,000	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
nº 40	0,420	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
nº 80	0,180	2,5	98,0	2,1	97,8	2,2	98,2	98,0	
nº 200	0,075	10,1	91,8	9,6	90,0	9,9	92,1	91,3	
FUNDO		123,4	100,0	95,6	100	125,4	100,0	0,0	

CURVA GRANULOMÉTRICA
PENEIRAS



DIÂMETRO DAS PARTÍCULAS-mm

— CAL (CH-01) NBR-7175



DOSAGEN: CAUQ	nº: 1886/2017	DATA: 21/02/2017
CLIENTE: ECOCATARATAS		ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES
LABORATORISTA: Ademar Teixeira de Moura		FAIXA: C

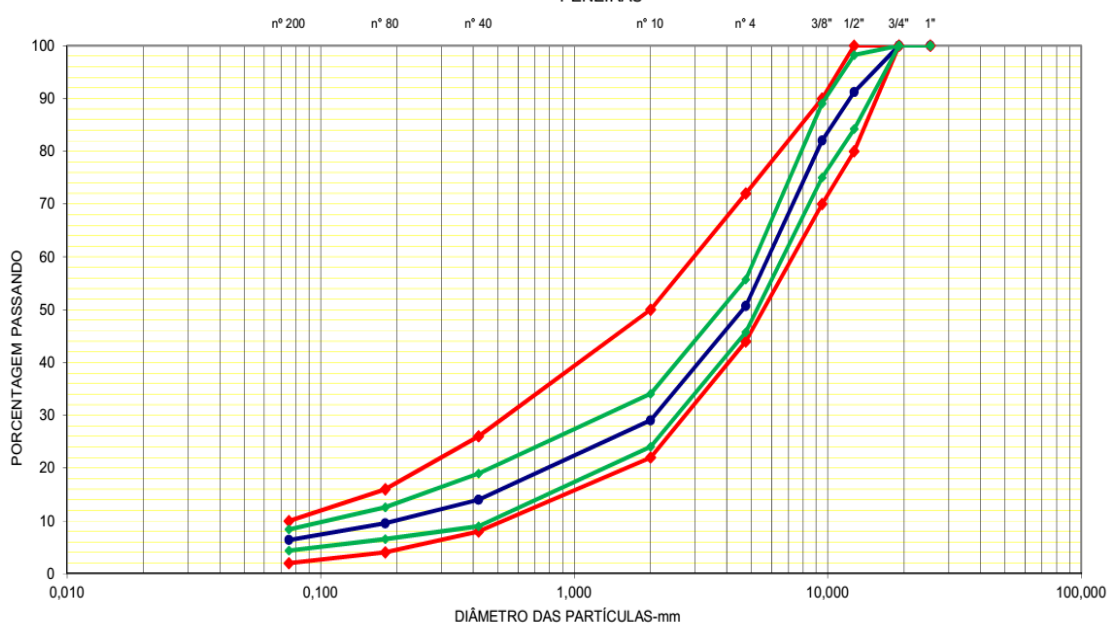
ESTUDO PARA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA



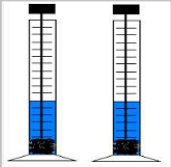
Peneira	mm	BRITA 3/4"		PEDRISCO		PÓ DE PEDRA		CAL (CH-01) NBR-7175		--		MISTURA	FAIXA DE TRABALHO		FAIXA	
		44,0%		22,0%		33,0%		1,0%		0,0%			C			
1"	25,400	100,0	44,0	100,0	22,0	100,0	33,0	100,0	1,0	100,0	0,0	100,0	100	100	100	100
3/4"	19,100	100,0	44,0	100,0	22,0	100,0	33,0	100,0	1,0	100,0	0,0	100,0	100	100	100	100
1/2"	12,700	80,1	35,2	100,0	22,0	100,0	33,0	100,0	1,0	100,0	0,0	91,2	84	98	80	100
3/8"	9,500	59,5	26,2	99,4	21,9	100,0	33,0	100,0	1,0	100,0	0,0	82,0	75	89	70	90
n° 4	4,750	16,6	7,3	43,4	9,5	99,5	32,8	100,0	1,0	100,0	0,0	50,7	46	56	44	72
n° 10	2,000	4,4	1,9	6,3	1,4	75,0	24,7	100,0	1,0	100,0	0,0	29,1	24	34	22	50
n° 40	0,420	2,5	1,1	0,8	0,2	35,5	11,7	100,0	1,0	100,0	0,0	14,0	9	19	8	26
n° 80	0,180	2,1	0,9	0,6	0,1	22,8	7,5	98,0	1,0	97,8	0,0	9,5	7	13	4	16
n° 200	0,075	1,7	0,8	0,5	0,1	14,0	4,6	91,3	0,9	-0,4	0,0	6,4	4	8	2	10

CURVA GRANULOMÉTRICA

PENEIRAS



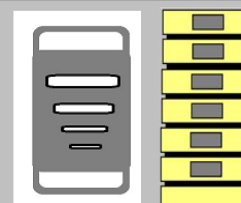
					
DOSAGEN: CAUQ		nº: 1886/2017		DATA: 21/02/2017	
CLIENTE : ECOCATARATAS			ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES		
LABORATORISTA : Ademar Teixeira de Moura				FAIXA: C	
TEOR DE LIGANTE TEÓRICO					
Granulometria					
Peso da Amostra (g)= 1200,00					
PENEIRAS	Material Retido Peso Acumulado	% PASSANDO ACUMULADO	RETIDO	RETIDO CADA PENEIRA	
2"	0,00	100,00	0,00	0,00	
1"	0,00	100,00	0,00	0,00	
3/4"	0,00	100,00	0,00	0,00	
1/2"	100,80	91,60	8,40	8,40	
nº 4	588,00	51,00	49,00	40,60	
nº 10	847,20	29,40	70,60	21,60	
nº 40	1026,00	14,50	85,50	14,90	
nº 80	1082,40	9,80	90,20	4,70	
nº 200	1124,40	6,30	93,70	3,50	
Fundo	1200,00	0,00	100,00	6,30	
Σ =				100,00	
Método da Superfície Específica					
P4	% material retido entre as peneiras 2" - 1"			0,00	
P3	% material retido entre as peneiras 1" - 1/2"			8,40	
P2	% material retido entre as peneiras 1/2" - nº4			40,60	
P1	% material retido entre as peneiras nº4 - nº10			21,60	
S3	% material retido entre as peneiras nº10 - nº40			14,90	
S2	% material retido entre as peneiras nº40 - nº80			4,70	
S1	% material retido entre as peneiras nº80 - nº200			3,50	
F	% material passante na peneira nº 200			6,30	
$S = \frac{0,07 \times P4 + 0,14 \times P3 + 0,33 \times P2 + 0,81 \times P1 + 2,7 \times S3 + 9,15 \times S2 + 21,9 \times S1 + 135 \times F}{100}$					
$S = 10,42 \quad m^2/Kg$					
$K = 3,75$					
$Tca = K \sqrt[5]{S} = 5,99$					
$Dam = 3,003$					
$T'ca = \frac{2,650 \times Tca}{Dam} = 5,29$					
Fator de Correção da Extração pelo Negro de fumo = 1,047					
Teor Teórico de Ligante Asfáltico (%) = 5,26					
Método do Instituto do Asfalto					
% material retido entre as peneiras 3/4" - nº10				70,60	
% material retido entre as peneiras nº10 - nº200				23,10	
% material passante na peneira nº 200				6,30	
Fator de Correção da Extração pelo Negro de fumo = 1,047					
Teor Teórico de Ligante Asfáltico (%) = 5,33					

		
DOSAGEN: CAUQ	nº: 1886/2017	DATA: 21/02/2017
CLIENTE : ECOCATARATAS	ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES	
LABORATORISTA : Ademar Teixeira de Moura	FAIXA: C	
ENSAIO DO EQUIVALENTE DE AREIA		
MÉTODO DE ENSAIO: DNER-ME 54/97		
E.A. = $\frac{\text{LEITURA NO TOPO DA AREIA}}{\text{LEITURA NO TOPO DA ARGILA}} \times 100 = \text{E.A. (\%)}$		
AMOSTRA DOS MATERIAIS DA COMPOSIÇÃO		
	ENSAIO 1	ENSAIO 2
LEITURA NO TOPO DA ARGILA:	11,6	11,3
LEITURA NO TOPO DA AREIA:	7,8	7,4
EQUIVALENTE DE AREIA (%)	67,2	65,5
EQUIVALENTE DE AREIA MÉDIO (%)	66,4	
AMOSTRA DO MATERIAL FINO		
	ENSAIO 1	ENSAIO 2
LEITURA NO TOPO DA ARGILA:	12,3	12,2
LEITURA NO TOPO DA AREIA:	7,6	7,5
EQUIVALENTE DE AREIA (%)	61,8	61,5
EQUIVALENTE DE AREIA MÉDIO (%)	61,6	
Especificação: Equivalente de areia igual ou superior a 55% (DNER-ME 054/94)		
7		



DOSAGEN: CAUQ DATA: 21/02/2017
 CLIENTE: ECOCATARATAS
 PEDREIRA : PEDREIRA ITATIBA MATERIAL: BRITA 3/4"
 LABORATORISTA : Ademar Teixeira de Moura.

ÍNDICE DE LAMELARIDADE



MATERIAL RETIDO NA PENEIRA Nº 4

PENEIRAS	mm	% que passa da amostra total	Passando na peneira	Retido na peneira	% das frações	Peso da fração	Peso do material que passa de cada fração	Índice de Lamelaridade de cada fração	Índice de Lamelaridade ponderado de cada fração
2 1/2"	63,500	100,00	-	2 1/2"	0,00	0,0	0,0		
2"	50,800	100,00	2 1/2"	2"	0,00	0,0	0,0		
1 1/2"	38,100	100,00	2"	1 1/2"	0,00	0,0	0,0		
1 1/4"	31,750	100,00	1 1/2"	1 1/4"	0,00	0,0	0,0		
1"	25,400	100,00	1 1/4"	1"	0,00	0,0	0,0		
3/4"	19,050	100,00	1"	3/4"	0,00	0,0	0,0		
1/2"	12,700	47,90	3/4"	1/2"	52,10	1012,6	200,0	19,75	10,29
3/8"	9,530	12,20	1/2"	3/8"	35,70	686,3	110,4	16,09	5,74
1/4"	6,35	0,90	3/8"	1/4"	11,30	293,4	15,2	5,18	0,59
Σ 1					99,10	Σ 2			16,62

ÍNDICE DE LAMELARIDADE - $(\Sigma 2 / \Sigma 1) =$ 16,77 %

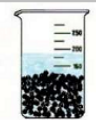
Conforme Especificação ET-S2 001 000-PAV 011/R3 Ecorodovias, o índice de lamelaridade deve ser inferior que 20%, a amostra fornecida atende este parâmetro.

			
DOSAGEN: CAUQ		nº: 1886/2017	
DATA: 21/02/2017			
CLIENTE: ECOCATARATAS	ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES		
LABORATORISTA: Ademair Teixeira de Moura		FAIXA: C	
DENSIDADE REAL E APARENTE DO AGREGADO GRAÚDO			
MÉTODO DE ENSAIO: DNER-ME 195/97			
	ENSAIO 1	ENSAIO 2	ENSAIO 3
P1 - Peso ao ar da amostra seca em estufa (g)	575,1	563,6	560,1
P2 - Peso ao ar da amostra saturada com superfície enxuta (g)	584,5	572,1	568,7
P3 - Peso da amostra na água (imerso) (g)	384,8	376,9	375,1
D.R. (Kg/ m³)	3,022	3,019	3,028
DENSIDADE REAL MÉDIA (D.R.M.)	3,023		
D.A. (Kg/m³)	2,880	2,887	2,893
DENSIDADE APARENTE MÉDIA (D.A.M.)	2,887		
MÉDIA DAS DENSIDADES (D.M.)	2,955		
ABSORÇÃO (A)	1,634	1,508	1,535
ABSORÇÃO MÉDIA	1,559		
DENSIDADE REAL (D.R.) = $\frac{P1}{P1 - P3}$			
DENSIDADE APARENTE (D.A.) = $\frac{P1}{P2 - P3}$			
MÉDIA DAS DENSIDADES (D.M.) = $\frac{D.R.M. + D.A.M.}{2}$			
ABSORÇÃO (A) = $\frac{P2 - P1}{P1} \times 100$			
9			

			
DOSAGEN: CAUQ		nº: 1886/2017	DATA: 21/02/2017
CLIENTE: ECOCATARATAS	ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES		
LABORATORISTA: Ademar Teixeira de Moura		FAIXA: C	
DENSIDADE REAL E APARENTE DO AGREGADO MÉDIO (Passando na # 4 retido na # 200)			
MÉTODO DE ENSAIO: DNER-ME 084/95			
	ENSAIO 1	ENSAIO 2	ENSAIO 3
P1 - Peso do Picnômetro (g)	144,50	133,70	147,90
P2 - Peso do Picnômetro + Amostra (g)	346,10	333,10	349,20
P3 - Peso do Picnômetro + Amostra + Água (g)	770,50	780,90	773,20
P4 - Peso do Picnômetro + Água (g)	635,60	647,80	639,30
D.R. (Kg/ m³)	3,022	3,008	2,987
MÉDIA DAS DENSIDADES	3,006		
DENSIDADE REAL MÉDIA (D.R.) = $\frac{P2 - P1}{(P4 - P1) - (P3 - P2)}$			
MÉDIA DAS DENSIDADES: $\frac{D.R.1 + D.R.2 + D.R.3}{3}$			

			
DOSAGEN: CAUQ		nº: 1886/2017	
DATA: 21/02/2017			
CLIENTE: ECOCATARATAS	ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES		
LABORATORISTA: Ademair Teixeira de Moura		FAIXA: C	
DENSIDADE REAL DO AGREGADO FINO (Passando na # 200)			
MÉTODO DE ENSAIO: DNER-ME 085/94			
	ENSAIO 1	ENSAIO 2	ENSAIO 3
Li - Leitura inicial a 20°C	0,20	0,30	0,10
M - Massa do material (g)	60,0	60,0	60,0
Lf - Leitura final a 20°C	21,40	21,50	21,10
V = Lf - Li	21,20	21,20	21,00
D.R. (Kg/ m³)	2,830	2,830	2,857
MÉDIA DAS DENSIDADES	2,839		
DENSIDADE REAL MÉDIA (D.R.) = $\frac{M}{V}$			
MÉDIA DAS DENSIDADES: $\frac{D.R.1 + D.R.2 + D.R.3}{3}$			

		
DOSAGEN: CAUQ	nº: 1886/2017	DATA: 21/02/2017
CLIENTE: ECOCATARATAS	ESPECIFICAÇÃO:	DNIT 112/2009 - ES
LABORATORISTA: Ademar Teixeira de Moura	FAIXA:	C
DENSIDADE EFETIVA DA MISTURA AGREGADOS + FILLER		
Densidade Real da Mistura		
Formula: $Dr (mist) = \frac{100}{\frac{\%G}{DrG} + \frac{\%M}{Dm} + \frac{\%F}{Df}} =$		
Cálculo: $Dr (mist) = \frac{100}{\frac{49,29}{3,023} + \frac{44,33}{3,006} + \frac{6,39}{2,839}} =$ 3,003		
Densidade Aparente da Mistura		
Formula: $Da (mist) = \frac{100}{\frac{\%G}{DaG} + \frac{\%M}{Dm} + \frac{\%F}{Df}} =$		
Cálculo: $Da (mist) = \frac{100}{\frac{49,29}{2,887} + \frac{44,33}{3,006} + \frac{6,39}{2,839}} =$ 2,935		
Cálculo de Densidade Efetiva		
Formula: $Dm (mist) = \frac{Dr (mist) + Da (mist)}{2} =$		
Cálculo: $Dm (mist) = \frac{3,003 + 2,935}{2} =$ 2,969		
OBSERVAÇÃO		

			
DOSAGEN: CAUQ		nº: 1886/2017	DATA: 21/02/2017
CLIENTE : ECOCATARATAS		ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES	
LABORATORISTA : Ademar Teixeira de Moura		FAIXA:	C
ENSAIO DE ADESIVIDADE DO AGREGADO GRÁUDO			
Método DNER-ME 078/94 RESULTADO. O resultado é anotado como satisfatório quando não houver nenhum deslocamento da película betuminosa, ao fim de 72 horas, e não satisfatório quando houver total ou parcial deslocamento da película betuminosa nesse mesmo tempo.			
LIGANTE: CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO MODIFICADO POR BORRACHA DE PNEU - (TYREFLEX AB-08 WM)			
Nº ENSAIO	ADIÇÃO DE MELHORADOR DE ADESIVIDADE (%)	SATISFATÓRIO	RESULTADO
01	TYREFLEX AB-08 WM	SIM	Nenhum desprendimento de película betuminosa
02	+ 0,10 %	SIM	Nenhum desprendimento de película betuminosa
RESULTADO Satisfatoria com o uso de CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO MODIFICADO POR BORRACHA DE PNEU - (TYREFLEX AB-08 WM)			
Obs: Apartir deste ensaio todos os estudos envolvendo mistura Agregado+ligante, será levado este resultado de Adesividade em consideração.			
13			

					
DOSAGEN: CAUQ n°: 1886/2017			DATA: 21/02/2017		
CLIENTE : ECOCATARATAS		ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES			
LABORATORISTA : Ademar Teixeira de Moura			FAIXA: C		
CÁLCULO PARA FRAÇÃO					
Fração 1		FRAÇÃO PARA O TEOR DE:			4,50%
AGREGADOS	PENEIRAS	% PASSANDO	RETIDO	PESO RET. C/ PENEIRA	PESO CADA AGREGADO
BRITA 3/4" 44%	3/4"	100,00	0,00	0,00	504,24
	1"	100,00	0,00	0,00	
	1/2"	80,05	19,95	100,59	
	3/8"	59,45	20,60	103,86	
	n° 4	16,64	42,81	215,87	
	n° 10	4,37	12,27	61,88	
	n° 200	1,75	2,62	13,23	
	FUNDO		1,75	8,80	
			100,00	504,24	
PEDRISCO 22,0%	3/4"	100,00	0,00		252,12
	1"	100,00	0,00	0,00	
	1/2"	100,00	0,00	0,00	
	3/8"	99,40	0,60	1,50	
	n° 4	43,39	56,02	141,23	
	n° 10	6,31	37,08	93,48	
	n° 200	0,47	5,84	14,73	
	FUNDO		0,47	1,18	
			100,00	252,12	
PÓ DE PEDRA 33,0%	3/8"	100,00			378,18
	n° 4	99,54	0,46	1,75	
	n° 10	74,98	24,56	92,87	
	n° 40	35,51	39,47	149,28	
	n° 80	22,78	12,72	48,12	
	n° 200	13,95	8,83	33,38	
	FUNDO		13,95	52,77	
			100,00	378,18	
CAL (CH-01) NBR-7175 1,0%	1/2"	100,0	0,00	0,00	11,46
	3/8"	100,0	0,00	0,00	
	n° 4	100,0	0,00	0,00	
	n° 10	100,0	0,00	0,00	
	n° 200	91,3	8,71	1,00	
	FUNDO		91,29	10,46	
			100,00	11,46	
-- 0,0%	n° 4	100,0	0,00	0,00	0,00
	n° 10	100,0	0,00	0,00	
	n° 40	100,0	0,00	0,00	
	n° 80	97,8	2,20	0,00	
	n° 200	-0,4	98,22	0,00	
	FUNDO		-0,42	0,00	
			100,00	0,00	
95,50%	AGREGADO		AGREGADO		1.146,000
4,50%	LIGANTE		LIGANTE		54,00
100,00	AGREGADO + LIGANTE		AGREGADO+LIGANTE		1.200,00
14					

					
DOSAGEN: CAUQ nº: 1886/2017			DATA: 21/02/2017		
CLIENTE : ECOCATARATAS		ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES			
LABORATORISTA : Ademar Teixeira de Moura			FAIXA: C		
CÁLCULO PARA FRAÇÃO					
Fração 2		FRAÇÃO PARA O TEOR DE:			5,00%
AGREGADOS	PENEIRAS	% PASSANDO	RETIDO	PESO RET. C/ PENEIRA	PESO CADA AGREGADO
BRITA 3/4" 44%	3/4"	100,00	0,00	0,00	501,60
	1"	100,00	0,00	0,00	
	1/2"	80,05	19,95	100,07	
	3/8"	59,45	20,60	103,32	
	nº 4	16,64	42,81	214,74	
	nº 10	4,37	12,27	61,55	
	nº 200	1,75	2,62	13,16	
	FUNDO		1,75	8,76	
			100,00	501,60	
PEDRISCO 22,0%	3/4"	100,00	0,0		250,80
	1"	100,00	0,00	0,00	
	1/2"	100,00	0,00	0,00	
	3/8"	99,40	0,60	1,49	
	nº 4	43,39	56,02	140,49	
	nº 10	6,31	37,08	92,99	
	nº 200	0,47	5,84	14,65	
	FUNDO		0,47	1,18	
			100,00	250,80	
PÓ DE PEDRA 33,0%	3/8"	100,00			376,20
	nº 4	99,54	0,5	1,74	
	nº 10	74,98	24,56	92,38	
	nº 40	35,51	39,47	148,50	
	nº 80	22,78	12,72	47,87	
	nº 200	13,95	8,83	33,21	
	FUNDO		13,95	52,50	
			100,00	376,20	
CAL (CH-01) NBR-7175 1,0%	1/2"	100,0	0,00	0,00	11,40
	3/8"	100,0	0,00	0,00	
	nº 4	100,0	0,00	0,00	
	nº 10	100,0	0,00	0,00	
	nº 200	91,3	8,71	0,99	
	FUNDO		91,29	10,41	
			100,00	11,40	
-- 0,0%	nº 4	100,0	0,00	0,00	0,00
	nº 10	100,0	0,00	0,00	
	nº 40	100,0	0,00	0,00	
	nº 80	97,8	2,20	0,00	
	nº 200	-0,4	98,22	0,00	
	FUNDO		-0,42	0,00	
			100,00	0,00	
95,00%	AGREGADO		AGREGADO		1.140,000
5,00%	LIGANTE		LIGANTE		60,00
100,00	AGREGADO + LIGANTE		AGREGADO+LIGANTE		1.200,00
15					

					
DOSAGEN: CAUQ n°: 1886/2017			DATA: 21/02/2017		
CLIENTE : ECOCATARATAS		ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES			
LABORATORISTA : Ademar Teixeira de Moura			FAIXA: C		
CÁLCULO PARA FRAÇÃO					
Fração 3		FRAÇÃO PARA O TEOR DE:			5,50%
AGREGADOS	PENEIRAS	% PASSANDO	RETIDO	PESO RET. C/ PENEIRA	PESO CADA AGREGADO
BRITA 3/4" 44%	3/4"	100,00	0,00	0,00	498,96
	1"	100,00	0,00	0,00	
	1/2"	80,05	19,95	99,54	
	3/8"	59,45	20,60	102,77	
	n° 4	16,64	42,81	213,61	
	n° 10	4,37	12,27	61,23	
	n° 200	1,75	2,62	13,09	
	FUNDO		1,75	8,71	
			100,00	498,96	
PEDRISCO 22,0%	3/4"	100,00	0,0		249,48
	1"	100,00	0,00	0,00	
	1/2"	100,00	0,00	0,00	
	3/8"	99,40	0,60	1,48	
	n° 4	43,39	56,02	139,75	
	n° 10	6,31	37,08	92,50	
	n° 200	0,47	5,84	14,58	
	FUNDO		0,47	1,17	
			100,00	249,48	
PÓ DE PEDRA 33,0%	3/8"	100,00			374,22
	n° 4	99,54	0,5	1,73	
	n° 10	74,98	24,56	91,90	
	n° 40	35,51	39,47	147,72	
	n° 80	22,78	12,72	47,62	
	n° 200	13,95	8,83	33,03	
	FUNDO		13,95	52,22	
			100,00	374,22	
CAL (CH-01) NBR-7175 1,0%	1/2"	100,0	0,00	0,00	11,34
	3/8"	100,0	0,00	0,00	
	n° 4	100,0	0,00	0,00	
	n° 10	100,0	0,00	0,00	
	n° 200	91,3	8,71	0,99	
	FUNDO		91,29	10,35	
			100,00	11,34	
-- 0,0%	n° 4	100,0	0,00	0,00	0,00
	n° 10	100,0	0,00	0,00	
	n° 40	100,0	0,00	0,00	
	n° 80	97,8	2,20	0,00	
	n° 200	-0,4	98,22	0,00	
	FUNDO		-0,42	0,00	
			100,00	0,00	
94,50%	AGREGADO		AGREGADO		1.134,000
5,50%	LIGANTE		LIGANTE		66,00
100,00	AGREGADO + LIGANTE		AGREGADO+LIGANTE		1.200,00
16					

					
DOSAGEN: CAUQ n°: 1886/2017			DATA: 21/02/2017		
CLIENTE : ECOCATARATAS		ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES			
LABORATORISTA : Ademar Teixeira de Moura			FAIXA: C		
CÁLCULO PARA FRAÇÃO					
Fração 4		FRAÇÃO PARA O TEOR DE:			6,00%
AGREGADOS	PENEIRAS	% PASSANDO	RETIDO	PESO RET. C/ PENEIRA	PESO CADA AGREGADO
BRITA 3/4" 44%	3/4"	100,00	0,00	0,00	496,32
	1"	100,00	0,00	0,00	
	1/2"	80,05	19,95	99,01	
	3/8"	59,45	20,60	102,23	
	n° 4	16,64	42,81	212,48	
	n° 10	4,37	12,27	60,91	
	n° 200	1,75	2,62	13,02	
	FUNDO		1,75	8,66	
		100,00		496,32	
PEDRISCO 22,0%	3/4"	100,00	0,0		248,16
	1"	100,00	0,00	0,00	
	1/2"	100,00	0,00	0,00	
	3/8"	99,40	0,60	1,48	
	n° 4	43,39	56,02	139,01	
	n° 10	6,31	37,08	92,01	
	n° 200	0,47	5,84	14,50	
	FUNDO		0,47	1,16	
		100,00		248,16	
PÓ DE PEDRA 33,0%	3/8"	100,00			372,24
	n° 4	99,54	0,5	1,72	
	n° 10	74,98	24,56	91,41	
	n° 40	35,51	39,47	146,94	
	n° 80	22,78	12,72	47,37	
	n° 200	13,95	8,83	32,86	
	FUNDO		13,95	51,94	
		100,00		372,24	
CAL (CH-01) NBR-7175 1,0%	1/2"	100,0	0,00	0,00	11,28
	3/8"	100,0	0,00	0,00	
	n° 4	100,0	0,00	0,00	
	n° 10	100,0	0,00	0,00	
	n° 200	91,3	8,71	0,98	
	FUNDO		91,29	10,30	
		100,00		11,28	
-- 0,0%	n° 4	100,0	0,00	0,00	0,00
	n° 10	100,0	0,00	0,00	
	n° 40	100,0	0,00	0,00	
	n° 80	97,8	2,20	0,00	
	n° 200	-0,4	98,22	0,00	
	FUNDO		-0,42	0,00	
		100,00		0,00	
94,00%	AGREGADO		AGREGADO		1.128,000
6,00%	LIGANTE		LIGANTE		72,00
100,00	AGREGADO + LIGANTE		AGREGADO+LIGANTE		1.200,00
17					

					
DOSAGEN: CAUQ n°: 1886/2017			DATA: 21/02/2017		
CLIENTE : ECOCATARATAS		ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES			
LABORATORISTA : Ademar Teixeira de Moura			FAIXA: C		
CÁLCULO PARA FRAÇÃO					
Fração 5		FRAÇÃO PARA O TEOR DE:			6,50%
AGREGADOS	PENEIRAS	% PASSANDO	RETIDO	PESO RET. C/ PENEIRA	PESO CADA AGREGADO
BRITA 3/4" 44%	3/4"	100,00	0,00	0,00	493,68
	1"	100,00	0,00	0,00	
	1/2"	80,05	19,95	98,49	
	3/8"	59,45	20,60	101,69	
	n° 4	16,64	42,81	211,35	
	n° 10	4,37	12,27	60,58	
	n° 200	1,75	2,62	12,96	
	FUNDO		1,75	8,62	
			100,00	493,68	
PEDRISCO 22,0%	3/4"	100,00	0,0		246,84
	1"	100,00	0,00	0,00	
	1/2"	100,00	0,00	0,00	
	3/8"	99,40	0,60	1,47	
	n° 4	43,39	56,02	138,27	
	n° 10	6,31	37,08	91,52	
	n° 200	0,47	5,84	14,42	
	FUNDO		0,47	1,16	
			100,00	246,84	
PÓ DE PEDRA 33,0%	3/8"	100,00			370,26
	n° 4	99,54	0,5	1,71	
	n° 10	74,98	24,56	90,92	
	n° 40	35,51	39,47	146,16	
	n° 80	22,78	12,72	47,11	
	n° 200	13,95	8,83	32,68	
	FUNDO		13,95	51,67	
			100,00	370,26	
CAL (CH-01) NBR-7175 1,0%	1/2"	100,0	0,00	0,00	11,22
	3/8"	100,0	0,00	0,00	
	n° 4	100,0	0,00	0,00	
	n° 10	100,0	0,00	0,00	
	n° 200	91,3	8,71	0,98	
	FUNDO		91,29	10,24	
			100,00	11,22	
-- 0,0%	n° 4	100,0	0,00	0,00	0,00
	n° 10	100,0	0,00	0,00	
	n° 40	100,0	0,00	0,00	
	n° 80	97,8	2,20	0,00	
	n° 200	-0,4	98,22	0,00	
	FUNDO		-0,42	0,00	
			100,00	0,00	
93,50%	AGREGADO		AGREGADO		1.122,000
6,50%	LIGANTE		LIGANTE		78,00
100,00	AGREGADO + LIGANTE		AGREGADO+LIGANTE		1.200,00
18					

		
DOSAGEN: CAUQ	nº: 1886/2017	DATA: 21/02/2017
CLIENTE : ECOCATARATAS	ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES	
LABORATORISTA : Ademar Teixeira de Moura		FAIXA: C
RESULTADO DO ENSAIO RICE		
Teor de ligante da amostra (%)	4,50%	Formula: $\text{Gmm} = \frac{\text{Peso B}}{\text{Peso B} + \text{Peso A} - \text{Peso C}} \times 0,99707$
Peso Recipiente com Agua (Peso A)	7083,00	
Peso Amostra Seca (Peso B)	1894,20	$\text{Gmm} = \frac{1.894,20}{690,10} \times 0,99707$
Peso Recipiente com Amostra e Agua após Vacuo (Peso C)	8287,10	$\text{Gmm} = 2,737$
Teor de ligante da amostra (%)	5,00%	Formula: $\text{Gmm} = \frac{\text{Peso B}}{\text{Peso B} + \text{Peso A} - \text{Peso C}} \times 0,99707$
Peso Recipiente com Agua (Peso A)	7083,00	
Peso Amostra Seca (Peso B)	1885,20	$\text{Gmm} = \frac{1.885,20}{695,30} \times 0,99707$
Peso Recipiente com Amostra e Agua após Vacuo (Peso C)	8272,90	$\text{Gmm} = 2,703$
Teor de ligante da amostra (%)	5,50%	Formula: $\text{Gmm} = \frac{\text{Peso B}}{\text{Peso B} + \text{Peso A} - \text{Peso C}} \times 0,99707$
Peso Recipiente com Agua (Peso A)	7083,00	
Peso Amostra Seca (Peso B)	1885,70	$\text{Gmm} = \frac{1.885,70}{701,10} \times 0,99707$
Peso Recipiente com Amostra e Agua após Vacuo (Peso C)	8267,60	$\text{Gmm} = 2,682$
Teor de ligante da amostra (%)	6,00%	Formula: $\text{Gmm} = \frac{\text{Peso B}}{\text{Peso B} + \text{Peso A} - \text{Peso C}} \times 0,99707$
Peso Recipiente com Agua (Peso A)	7083,00	
Peso Amostra Seca (Peso B)	1888,90	$\text{Gmm} = \frac{1.888,90}{706,90} \times 0,99707$
Peso Recipiente com Amostra e Agua após Vacuo (Peso C)	8265,00	$\text{Gmm} = 2,664$
Teor de ligante da amostra (%)	6,50%	Formula: $\text{Gmm} = \frac{\text{Peso B}}{\text{Peso B} + \text{Peso A} - \text{Peso C}} \times 0,99707$
Peso Recipiente com Agua (Peso A)	7083,00	
Peso Amostra Seca (Peso B)	1889,70	$\text{Gmm} = \frac{1.889,70}{713,00} \times 0,99707$
Peso Recipiente com Amostra e Agua após Vacuo (Peso C)	8259,70	$\text{Gmm} = 2,643$
24		

																											
DOSAGEN: CAUQ				nº: 1886/2017				DATA: 21/02/2017																			
CLIENTE: ECOCATARATAS						ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES																					
LABORATORISTA: Ademar Teixeira de Moura						FAIXA: C																					
CARACTERÍSTICAS MARSHALL																											
MÉTODO DE ENSAIO: DNER-ME 043/95 Teor 1																											
DENSIDADE REAL MÉDIA (D)		2,734		% Vv	$\frac{= D-d}{D}$	6,50		MISTURA DOS AGREGADOS																			
DENSIDADE APARENTE (d)		2,556		% Vb	$\frac{= d \times \% b}{db}$	11,29		DENSIDADE REAL (dr)		3,003																	
ESTABILIDADE APARENTE (E)		1215		% VAM	$\frac{= d(100-Pa)}{da}$	16,84		DENSIDADE APARENTE (da)		2,935																	
FLUÊNCIA (F)		2,0		RBV	$\frac{= \% VAM - vV}{\% VAM}$	61,40		DENSIDADE EFETIVA(df)		2,969																	
TEOR DE LIGANTE (%)		4,5						DENSIDADE DO LIGANTE (db)		1,019																	
DENSIDADE REAL						DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE																					
MÉTODO RICE TESTE (ABNT NBR 15619:2008)																											
PESO RECIPIENTE COMPLETO DE ÁGUA (A)				7.083,00		C.P. Nº		01		02		03		04		05											
PESO AMOSTRA SECA AO AR (B)				1.894,20		Peso do C.P. ao ar		P. ar		1191,2		1192,3		1190,5		1192,4		1190,8									
PESO RECIPIENTE + AMOSTRA + ÁGUA (C)				8.287,10		Peso do C.P. SS		P.p. ss																			
Gmm = massa específica da mistura						Peso imerso		P.i		724,8		726,1		724,5		726,3		724,7									
$Gmm = \frac{1.894,20}{690,10} \times 0,99707$						Peso do C.P. + parafina imerso		P.p.i																			
RESULTADO = 2,737						Peso da parafina		P.p.ar.-P.ar																			
MÉTODO DENSIDADE EFETIVA						Volume do C.P. parafinado		P.p.ar.-P.p.i																			
$D = \frac{100}{\frac{95,5}{2,969} + \frac{4,5}{1,019}}$						Volume da Parafina		$\frac{P}{db}$																			
D = 2,734						Volume do C.P.		V.C.P.p.-V.p.		466,4		466,2		466,0		466,1		466,1									
						Densidade Aparente		$\frac{P.ar}{V.C.P}$		2,554		2,557		2,555		2,558		2,555									
						Média		d= 2,556																			
MÉDIA DAS DENSIDADES =						2,735																					
FLUÊNCIA (mm)						ESTABILIDADE																					
C.P. Nº		01		02		03		04		05		C.P. Nº		01		02		03		04		05					
Leitura inicial (Li)		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		Leitura (L) (0,001Kg)		1116,0		1128,0		1109,0		1112,0		1100,0					
Leitura final (Lf)		2,01		1,99		2,03		2,00		2,01		Estabilidade encontrada Corrigida (E)		1114,08		1126,06		1107,09		1110,09		1098,11					
Fluência (F)		2,01		1,99		2,03		2,00		2,01		Espessura do C.P. (h) (mm)		61,20		61,40		60,90		61,00		60,70					
Fluência média (Fm) = 2,01						Fator de correção (Fc) $F_c = 927,23 h^{(-1/64)}$		1,09		1,08		1,10		1,09		1,10											
						Estabilidade corrigida (Ec)		1212,79		1219,28		1214,93		1214,94		1211,59											
						Estabilidade média (Ec) m =		1214,71																			
OBSERVAÇÃO																											
25																											

											
DOSAGEN: CAUQ			nº: 1886/2017			DATA: 21/02/2017					
CLIENTE: ECOCATARATAS			ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES								
LABORATORISTA: Ademar Teixeira de Moura					FAIXA: C						
CARACTERÍSTICAS MARSHALL											
MÉTODO DE ENSAIO: DNER-ME 043/95 Teor 2											
DENSIDADE REAL MÉDIA (D)		2,710	% Vv	$\frac{= D-d}{D}$	5,42	MISTURA DOS AGREGADOS					
DENSIDADE APARENTE (d)		2,563	% Vb	$\frac{= d \times \% b}{db}$	12,57	DENSIDADE REAL (dr)		3,003			
ESTABILIDADE APARENTE (E)		1297	% VAM	$\frac{= d(100-Pa)}{da}$	17,05	DENSIDADE APARENTE (da)		2,935			
FLUÊNCIA (F)		2,2	RBV	$\frac{= \% VAM - vV}{\% VAM}$	68,21	DENSIDADE EFETIVA(df)		2,969			
TEOR DE LIGANTE (%)		5,0	DENSIDADE DO LIGANTE			1,019					
DENSIDADE REAL					DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE						
MÉTODO RICE TESTE (ABNT NBR 15619:2008)					C.P. Nº						
PESO RECIPIENTE COMPLETO DE ÁGUA (A)		7.083,00				01	02	03	04	05	
PESO AMOSTRA SECA AO AR (B)		1.885,20			P. ar	1184,9	1185,5	1185,3	1187,1	1191,3	
PESO RECIPIENTE + AMOSTRA + ÁGUA (C)		8.272,90			P.p. ss						
Gmm = massa específica da mistura					P.i	722,3	723,4	723,1	723,8	726,0	
Gmm = $\frac{1.885,20}{695,30} \times 0,99707$					P.p.i						
RESULTADO = 2,703					P.p.ar.-P.ar						
MÉTODO DENSIDADE EFETIVA					Peso da parafina		P.p.ar.-P.p.i				
D = $\frac{100}{95,0} + \frac{5,0}{2,969}$					Volume do C.P. parafinado	P					
D = 2,710					Volume da Parafina	db					
MÉDIA DAS DENSIDADES = 2,707					Volume do C.P.		V.C.P.p.-V.p.	462,6	462,1	462,2	
					Densidade Aparente		$\frac{P.ar}{V.C.P}$	2,561	2,565	2,564	
					Média		d= 2,563				
FLUÊNCIA (mm)					ESTABILIDADE						
C.P. Nº	01	02	03	04	05	C.P. Nº	01	02	03	04	05
Leitura inicial (Li)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Leitura (L) (0,001Kgf)	1172,00	1170,00	1178,00	1175,00	1169,00
Leitura final (Lf)	2,17	2,19	2,15	2,19	2,20	Estabilidade encontrada Corrigida (E)	1169,98	1167,98	1175,97	1172,97	1166,98
Fluência (F)	2,17	2,19	2,15	2,19	2,20	Espessura do C.P. (h) (mm)	60,50	60,30	60,90	60,60	60,50
Fluência média (Fm) = 2,18					Fator de correção (Fc) $Fc = 927,23 h^{(-1/64)}$		1,11	1,12	1,10	1,11	1,11
					Estabilidade corrigida (Ec)		1297,89	1302,73	1290,51	1297,70	1294,57
					Estabilidade média (Ec) m =		1296,68				
OBSERVAÇÃO											
26											

											
DOSAGEN: CAUQ			nº: 1886/2017			DATA: 21/02/2017					
CLIENTE: ECOCATARATAS			ESPECIFICAÇÃO:			DNIT 112/2009 - ES					
LABORATORISTA: Ademar Teixeira de Moura			FAIXA:			C					
CARACTERÍSTICAS MARSHALL											
MÉTODO DE ENSAIO: DNER-ME 043/95						Teor 3					
DENSIDADE REAL MÉDIA (D)		2,686	% Vv	$\frac{D-d}{D}$	4,49	MISTURA DOS AGREGADOS					
DENSIDADE APARENTE (d)		2,565	% Vb	$\frac{d \times \% b}{db}$	13,85	DENSIDADE REAL (dr)		3,003			
ESTABILIDADE APARENTE (E)		1303	% VAM	$\frac{d(100-Pa)}{da}$	17,40	DENSIDADE APARENTE (da)		2,935			
FLUÊNCIA (F)		2,5	RBV	$\frac{\%VAM-vV}{\%VAM}$	74,17	DENSIDADE EFETIVA(df)		2,969			
TEOR DE LIGANTE (%)		5,5	DENSIDADE DO LIGANTE					1,019			
DENSIDADE REAL					DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE						
MÉTODO RICE TESTE (ABNT NBR 15619:2008)					C.P. Nº						
PESO RECIPIENTE COMPLETO DE ÁGUA (A)		7.083,00	Peso do C.P. ao ar		P. ar	01	02	03	04	05	
PESO AMOSTRA SECA AO AR (B)		1.885,70	Peso do C.P. SS		P.p. ss						
PESO RECIPIENTE + AMOSTRA + ÁGUA (C)		8.267,60	Peso imerso		P.i	726,8	723,1	721,4	723,7	726,5	
Gmm = massa específica da mistura			Peso do C.P.+ parafina imerso		P.p.i						
$Gmm = \frac{1.885,70}{701,10} \times 0,99707$			Peso da parafina		P.p.ar.-P.ar						
RESULTADO = 2,682			Volume do C.P. parafinado		P.p.ar.-P.p.i						
MÉTODO DENSIDADE EFETIVA			Volume da Parafina		$\frac{P}{db}$						
$D = \frac{100}{\frac{94,5}{2,969} + \frac{5,5}{1,019}}$			Volume do C.P.		V.C.P.p.-V.p.	464,5	462,3	460,9	461,9	463,8	
D = 2,686			Densidade Aparente		$\frac{P.ar}{V.C.P}$	2,565	2,564	2,565	2,567	2,566	
MÉDIA DAS DENSIDADES = 2,684			Média		d= 2,565						
FLUÊNCIA (mm)					ESTABILIDADE						
C.P. Nº	01	02	03	04	05	C.P. Nº	01	02	03	04	05
Leitura inicial (Li)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Leitura (L) (0,001Kgf)	1166,00	1179,00	1181,00	1193,00	1171,00
Leitura final (Lf)	2,48	2,50	2,51	2,49	2,50	Estabilidade encontrada Corrigida (E)	1163,99	1176,96	1178,96	1190,94	1168,98
Fluência (F)	2,48	2,50	2,51	2,49	2,50	Espessura do C.P. (h) (mm)	60,30	60,40	60,70	60,90	60,40
Fluência média (Fm) = 2,50					Fator de correção (Fc) $Fc = 927,23 h^{(-1/64)}$		1,12	1,11	1,10	1,10	1,11
					Estabilidade corrigida (Ec)		1298,28	1309,19	1300,80	1306,95	1300,31
					Estabilidade média (Ec) m =		1303,10				
OBSERVAÇÃO											
27											

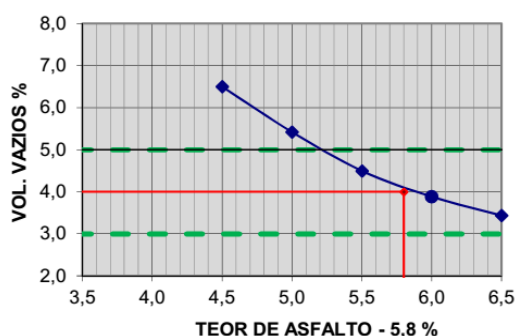
													
DOSAGEN: CAUQ			nº: 1886/2017			DATA: 21/02/2017							
CLIENTE: ECOCATARATAS			ESPECIFICAÇÃO:			DNIT 112/2009 - ES							
LABORATORISTA: Ademar Teixeira de Moura			FAIXA:			C							
CARACTERÍSTICAS MARSHALL													
MÉTODO DE ENSAIO: DNER-ME 043/95 Teor 4													
DENSIDADE REAL MÉDIA (D)		2,663	% Vv	$\frac{D-d}{D}$	3,88	MISTURA DOS AGREGADOS							
DENSIDADE APARENTE (d)		2,560	% Vb	$\frac{d \times \%b}{db}$	15,07	DENSIDADE REAL (dr)		3,003					
ESTABILIDADE APARENTE (E)		1264	% VAM	$\frac{d(100-Pa)}{da}$	18,02	DENSIDADE APARENTE (da)		2,935					
FLUÊNCIA (F)		3,0	RBV	$\frac{\%VAM - \%V}{\%VAM}$	78,46	DENSIDADE EFETIVA(df)		2,969					
TEOR DE LIGANTE (%)		6,0	DENSIDADE DO LIGANTE			1,019							
DENSIDADE REAL					DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE								
MÉTODO RICE TESTE (ABNT NBR 15619:2008)					C.P. Nº								
PESO RECIPIENTE COMPLETO DE ÁGUA (A)		7.083,00			P. ar	01	02	03	04	05			
PESO AMOSTRA SECA AO AR (B)		1.888,90			P. p. ss								
PESO RECIPIENTE + AMOSTRA + ÁGUA (C)		8.265,00			P. i	725,2	725,7	722,3	723,0	725,9			
Gmm = massa específica da mistura					P. p. i								
Gmm = $\frac{1.888,90}{706,90} \times 0,99707$					P. p. ar.-P. ar								
RESULTADO = 2,664					P. p. ar.-P. p. i								
MÉTODO DENSIDADE EFETIVA					Volume do C.P. parafinado								
D = $\frac{100}{\frac{94,0}{2,969} + \frac{6,0}{1,019}}$					P								
D = 2,663					db								
MÉDIA DAS DENSIDADES =		2,664			Volume do C.P.	V.C.P.p.-V.p.	465,4	464,6	463,3	463,3	465,6		
					Densidade Aparente	$\frac{P.ar}{V.C.P}$	2,558	2,562	2,559	2,561	2,559		
					Média	d= 2,560							
FLUÊNCIA (mm)					ESTABILIDADE								
C.P. Nº		01	02	03	04	05	C.P. Nº		01	02	03	04	05
Leitura inicial (Li)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Leitura (L) (0,001Kgf)		1169,00	1136,00	1154,00	1175,00	1169,00
Leitura final (Lf)		3,00	3,03	3,01	3,05	3,03	Estabilidade encontrada Corrigida (E)		1166,98	1134,04	1152,01	1172,97	1166,98
Fluência (F)		3,00	3,03	3,01	3,05	3,03	Espessura do C.P. (h) (mm)		61,50	60,30	61,10	61,30	61,40
Fluência média (Fm) = 3,02						Fator de correção (Fc) $Fc = 927,23 h^{(-1/64)}$			1,08	1,12	1,09	1,09	1,08
						Estabilidade corrigida (Ec)			1260,23	1264,88	1257,44	1273,48	1263,60
						Estabilidade média (Ec) m =		1263,93					
OBSERVAÇÃO													
28													

													
DOSAGEN: CAUQ			nº: 1886/2017			DATA: 21/02/2017							
CLIENTE: ECOCATARATAS			ESPECIFICAÇÃO:			DNIT 112/2009 - ES							
LABORATORISTA: Ademar Teixeira de Moura			FAIXA:			C							
CARACTERÍSTICAS MARSHALL													
MÉTODO DE ENSAIO: DNER-ME 043/95 Teor 5													
DENSIDADE REAL MÉDIA (D)		2,640	% Vv	$\frac{= D-d}{D}$	3,43	MISTURA DOS AGREGADOS							
DENSIDADE APARENTE (d)		2,550	% Vb	$\frac{= d \times \% b}{db}$	16,26	DENSIDADE REAL (dr)		3,003					
ESTABILIDADE APARENTE (E)		1184	% VAM	$\frac{= d(100-Pa)}{da}$	18,77	DENSIDADE APARENTE (da)		2,935					
FLUÊNCIA (F)		3,7	RBV	$\frac{= \% VAM - vV}{\% VAM}$	81,71	DENSIDADE EFETIVA(df)		2,969					
TEOR DE LIGANTE (%)		6,5	DENSIDADE DO LIGANTE					1,019					
DENSIDADE REAL					DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE								
MÉTODO RICE TESTE (ABNT NBR 15619:2008)					C.P. Nº								
PESO RECIPIENTE COMPLETO DE ÁGUA (A)		7.083,00				01	02	03	04	05			
PESO AMOSTRA SECA AO AR (B)		1.889,70			P. ar	1190,5	1190,8	1189,5	1192,1	1190,4			
PESO RECIPIENTE + AMOSTRA + ÁGUA (C)		8.259,70			P.p. ss								
Gmm = massa específica da mistura					P.i	723,3	723,8	723,0	724,5	723,9			
$Gmm = \frac{1.889,70}{713,00} \times 0,99707$					P.p.i								
RESULTADO = 2,643					P.p.ar.-P.ar								
MÉTODO DENSIDADE EFETIVA					Peso da parafina		P.p.ar.-P.p.i						
$D = \frac{100}{\frac{93,5}{2,969} + \frac{6,5}{1,019}}$					Volume do C.P. parafinado	P							
D = 2,640					Volume da Parafina	db							
MÉDIA DAS DENSIDADES = 2,642					Volume do C.P.		V.C.P.p.-V.p.	467,2	467,0	466,5			
					Densidade Aparente		$\frac{P.ar}{V.C.P}$	2,548	2,550	2,550			
					Média		d= 2,550						
FLUÊNCIA (mm)					ESTABILIDADE								
C.P. Nº		01	02	03	04	05	C.P. Nº		01	02	03	04	05
Leitura inicial (Li)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Leitura (L) (0,001Kgf)		1075,00	1063,00	1070,00	1067,00	1093,00
Leitura final (Lf)		3,70	3,67	3,71	3,68	3,69	Estabilidade encontrada Corrigida (E)		1073,15	1061,17	1068,16	1065,17	1091,12
Fluência (F)		3,70	3,67	3,71	3,68	3,69	Espessura do C.P. (h) (mm)		60,50	60,40	60,60	60,50	61,30
Fluência média (Fm) = 3,69						Fator de correção (Fc) $Fc = 927,23 h^{(-1/64)}$			1,11	1,11	1,11	1,11	1,09
						Estabilidade corrigida (Ec)			1190,48	1180,39	1181,74	1181,62	1184,62
						Estabilidade média (Ec) m =		1183,77					
OBSERVAÇÃO													
29													

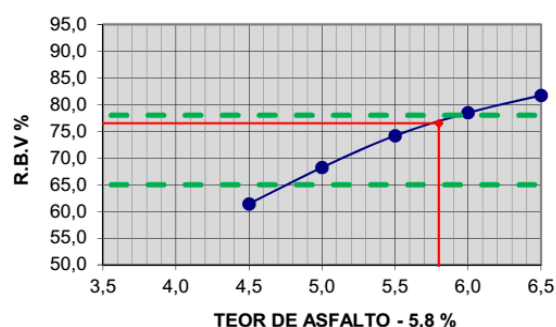


DOSAGEN: CAUQ			nº: 1886/2017		DATA: 21/02/2017	
CLIENTE: ECOCATARATAS		ESPECIFICAÇÃO:		DNIT 112/2009 - ES		
LABORATORISTA : Ademar Teixeira de Moura				FAIXA: C		
Ensaio Marshall						
Teor de Asfalto	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	
Densidade Aparente - Kg/Cm³	2,556	2,563	2,565	2,560	2,550	
Estabilidade - Kgf	1215	1297	1303	1264	1184	
Vol. Vazios - %	6,5	5,4	4,5	3,9	3,4	
Fluencia 1/100	2,0	2,2	2,5	3,0	3,7	
Vol. Agregado Mineral / %	16,8	17,0	17,4	18,0	18,8	
R.B.V - %	61,4	68,2	74,2	78,5	81,7	

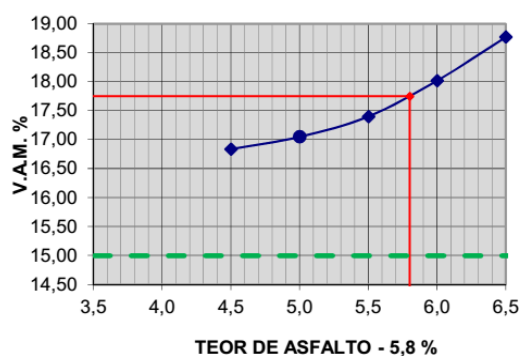
VOLUME DE VAZIOS - 4 %



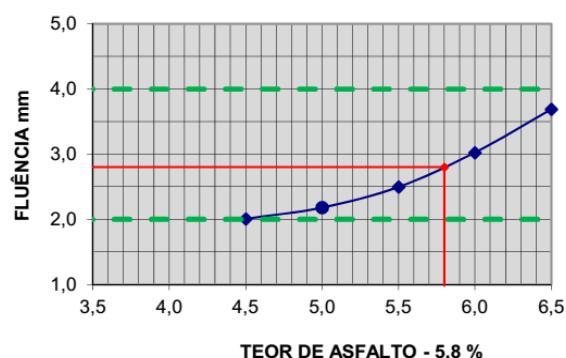
R.B.V. - 76,5 %



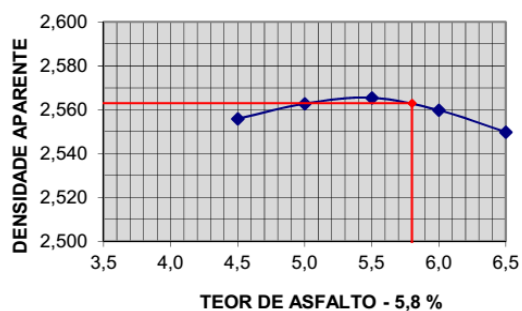
V.A.M. - 17,75 %



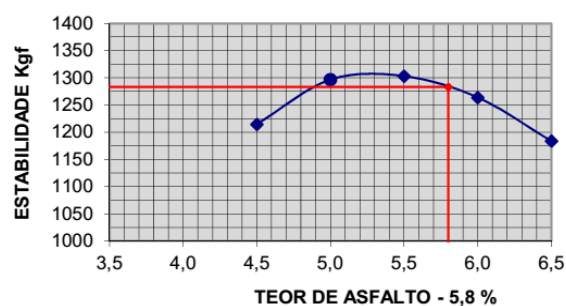
FLUENCIA - 2,8 mm



DENSIDADE APARENTE - 2,563 g/cm³



ESTABILIDADE - 1283 Kgf



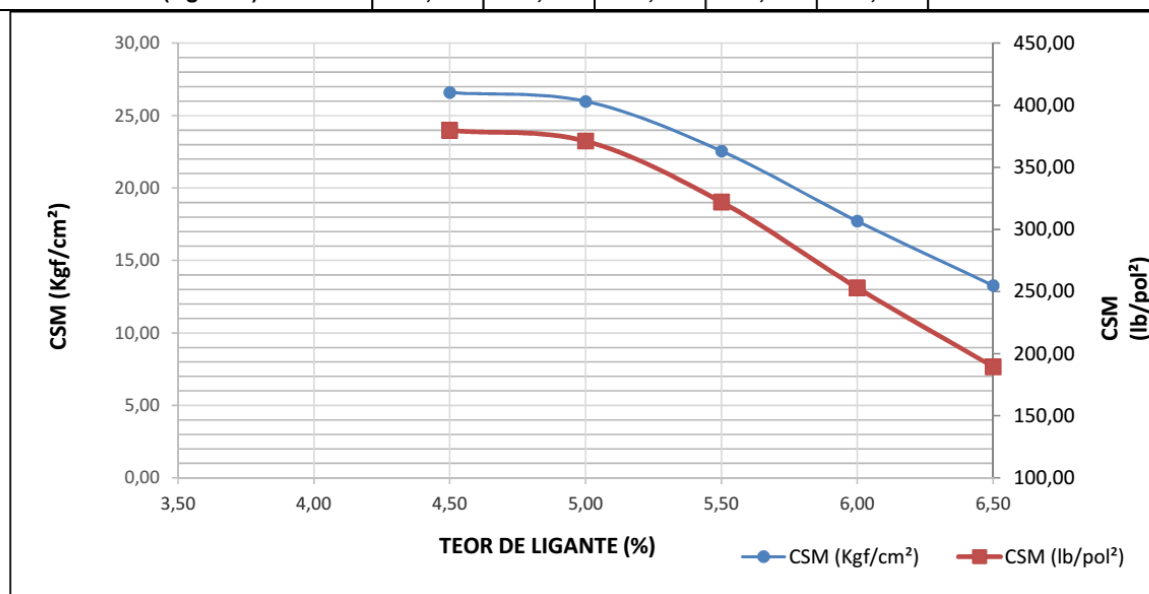
				
DOSAGEN: CAUQ		nº: 1886/2017		DATA: 21/02/2017
CLIENTE: ECOCATARATAS		ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES		
LABORATORISTA : Ademar Teixeira de Moura		FAIXA: C		
RESULTADOS FINAIS				
	Resultado	Unidade	Limites	
			Mínimo	Máximo
Teor de Asfalto	5,80	%	5,60	6,00
Densidade Aparente	2,563	g/cm³	*	*
Estabilidade	1283,0	Kgf	800	*
Vol. Vazios	4,00	%	3,0	5,0
Fluência	2,80	mm	2,0	4,0
Vol. Agregado Mineral	17,75	%	15,00	*
R.B.V	76,50	%	65,0	78,0
Relação de finos/ betumes = $\frac{\% \#200 \times (100 - \% \text{teor})}{100 \times \% \text{teor}}$	1,0		*	*
Razão de Resistência à Tração (RRT)	83,22	%	0,7 (70%)	*
Resistência à Tração por Compressão Diametral (25°C)	1,2	MPa	0,75	*
Equivalente de Areia	66,4	%	55,00	*
Índice de Lamelaridade	16,8	%	*	20,00
Capacidade de Suporte Marshall (CSM)	42,16	(Kgf/cm²)	*	*
Concentração Crítica Sistema de Fino Betume (C/Cs)	0,61		*	*
Adesividade: Satisfatória com o uso de CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO MODIFICADO POR BORRACHA DE PNEU - (TYREFLEX AB-08 WM)				
Observação: Fator de Correção da Extração pelo Negro de fumo: 1,047				
TRAÇO NA USINA				
	BRITA 3/4"	41,45%		
	PEDRISCO	20,72%		
	PÓ DE PEDRA	31,09%		
	CAL (CH-01) NBR-7175	0,94%		
	--	0,00%		
	TYREFLEX AB-08 WM	5,80%		
	TOTAL	100%		



DOSAGEN: CAUQ	nº: 1886/2017	DATA: 21/02/2017
CLIENTE : ECOCATARATAS	ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES	
LABORATORISTA : Ademar Teixeira de Moura	FAIXA:	C

CAPACIDADE DE SUPORTE MARSHALL

Teor de Ligante (%)	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50
Estabilidade (Kgf)	1214,71	1296,68	1303,10	1263,93	1183,77
Estabilidade (lb)	2677,97	2858,69	2872,85	2786,48	2609,77
Fluência (mm)	2,01	2,18	2,50	3,02	3,69
Fluência (1/100")	7,91	8,58	9,83	11,91	14,53
CSM (lb/pol²)	379,72	371,11	322,09	252,99	189,47
CSM (Kgf/cm²)	26,59	25,99	22,56	17,72	13,27



CONCENTRAÇÃO CRÍTICA DO SISTEMA FINO BETUME

Nº do Ensaio	1	2	3
Massa seca de finos (g)	10,0	10,0	10,0
Volume do Material (cm³)	7,8	7,5	7,6
Densidade Real do Material fino (g/cm³)	2,839		
Determinação do Cs	0,453	0,470	0,463
Teor ótimo de ligante (%)	5,80		
Passante na #200 (%)	6,4		
Densidade do Ligante (g/cm³)	1,019		
Determinação do C	0,283	0,283	0,283
C/Cs	0,626	0,602	0,611
Média C/Cs	0,613		

			
DOSAGEN: CAUQ		nº: 1886/2017	DATA: 21/02/2017
CLIENTE : ECOCATARATAS		ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES	
LABORATORISTA : Ademar Teixeira de Moura		FAIXA:	C
RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL			
MÉTODO DE ENSAIO - DNER - ME 138/94	ENSAIO 1	ENSAIO 2	ENSAIO 3
LEITURA PRENSA	1193,0	1195,0	1193,0
DIÂMETRO DO CORPO DE PROVA (cm)	10,0	10,0	10,0
ALTURA DO CORPO DE PROVA (cm)	6,38	6,39	6,36
FATOR DA PRENSA	1,000		
FATOR DE CONVERSÃO (kgf - Pa)	9,8066		
RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (MPa)	1,167	1,168	1,171
RESISTÊNCIA À TRAÇÃO MÉDIA (MPa)	1,169		
OBSERVAÇÕES:			
33			

					
DOSAGEN: CAUQ n°: 1886/2017			DATA: 21/02/2017		
CLIENTE : ECOCATARATAS			ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES		
LABORATORISTA : Ademir Teixeira de Moura			FAIXA: C		
CÁLCULO PARA FRAÇÃO PARA ENSAIO D.U.I.					
FRAÇÃO PARA O TEOR DE: 5,80%					
AGREGADOS	PENEIRAS	% PASSANDO	RETIDO	PESO RET. C/ PENEIRA	PESO CADA AGREGADO
BRITA 3/4" 44%	3/4"	100			497,38
	1"	100,00	0,00	0,00	
	1/2"	80,05	19,95	99,22	
	3/8"	59,45	20,60	102,45	
	n° 4	16,64	42,81	212,94	
	n° 10	4,37	12,27	61,04	
	n° 200	1,75	2,62	13,05	
	FUNDO		1,75	8,68	
			0,00	0,00	
			100,00	497,38	
PEDRISCO 22,0%	3/4"	100,00			248,69
	1"	100,00	0,00	0,00	
	1/2"	100,00	0,00	0,00	
	3/8"	99,40	0,60	1,48	
	n° 4	43,39	56,02	139,31	
	n° 10	6,31	37,08	92,20	
	n° 200	0,47	5,84	14,53	
	FUNDO		0,47	1,17	
			100,00	248,69	
PÓ DE PEDRA 33,0%	1"	100,0			373,03
	1/2"	100,00	0,0	0,00	
	3/8"	100,00	0,00	0,00	
	n° 4	99,54	0,46	1,73	
	n° 10	74,98	24,56	91,61	
	n° 200	13,95	61,03	227,64	
	FUNDO		13,95	52,05	
			100,00	373,03	
CAL (CH-01) NBR-7175 1,0%	1/2"	100,0	0,00	0,00	11,30
	3/8"	100,0	0,00	0,00	
	n° 4	100,0	0,00	0,00	
	n° 10	100,0	0,00	0,00	
	n° 200	91,3	8,71	0,98	
	FUNDO		91,29	10,32	
			100,00	11,30	
-- 0,0%	n° 10	100,0			0,00
	n° 80	100,0	0,0	0,00	
	n° 200	97,8	2,20	0,00	
	FUNDO		97,80	0,00	
			100,00	0,00	
94,20%	AGREGADO		AGREGADO		1.130,400
5,80%	LIGANTE		LIGANTE		69,60
100,00	AGREGADO + LIGANTE		AGREGADO+LIGANTE		1.200,00
34					

									
DOSAGEN: CAUQ				nº: 1886/2017			DATA: 21/02/2017		
CLIENTE : ECOCATARATAS				ESPECIFICAÇÃO: DNIT 112/2009 - ES					
LABORATORISTA : Ademar Teixeira de Moura					FAIXA: C				
DETERMINAÇÃO DO DANO POR UMIDADE INDUZIDA									
MÉTODO DE ENSAIO: ABNT NBR 15617:2008									
TEOR ÓTIMO DE LIGANTE				5,80					
DETERMINAÇÃO DE DENSIDADE TEÓRICA							MISTURA DOS AGREGADOS		
$D = \frac{100}{\frac{94,2}{2,969} + \frac{5,8}{1,019}}$							DENSIDADE REAL 3,003		
							DENSIDADE APARENTE 2,935		
							DENSIDADE EFETIVA 2,969		
D = 2,672							DENSIDADE DO LIGANTE 1,019		
DETERMINAÇÃO DE DENSIDADE APARENTE E VOLUME DE VAZIOS									
C.P. Nº			CORPOS DE PROVA SEM CONDICIONAMENTO			CORPOS DE PROVA COM CONDICIONAMENTO			
			01	02	03	04	05	06	
Peso do C.P. ao ar			P. ar	1192,5	1194,6	1193,2	1192,1	1190,5	1194,2
			P.p. ss						
Peso imerso			P.i	715,9	715,6	716,4	716,4	715,1	716,9
Peso do C.P.+ parafina imerso			P.p.i						
Peso da parafina			P.p.ar.-P.ar						
Volume do C.P. parafinado			P.p.ar.-P.p.i.						
Volume da Parafina			$\frac{P}{db}$						
Volume do C.P.			V.C.P.p.-V.p.	476,6	479,0	476,8	475,7	475,4	477,3
Densidade Aparente			$\frac{P.ar}{V.C.P}$	2,502	2,494	2,503	2,506	2,504	2,502
% VOLUME DE VAZIOS			$\frac{D-d}{D}$	6,37	6,67	6,35	6,22	6,29	6,37
SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA									
PESO DO Cp AR APÓS SATURADO (g)							1214,7	1213,4	1217,5
PESO DA AGUA ABSORVIDA P/ Cp APÓS VACUO							22,6	22,9	23,3
VOLUME DE VAZIOS Cp (cm³)							29,6	29,9	30,4
GRAU DE SATURAÇÃO (%)							76,34	76,58	76,59
RESISTENCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL									
MÉTODO DE ENSAIO DNER-ME 138/94				01	02	03	04	05	06
LEITURA DA PRENSA				1022,0	1020,0	1019,0	850,0	850,0	850,0
DIAMETRO DO CORPO DE PROVA (cm)				10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
ALTURA DO CORPO DE PROVA (cm)				6,42	6,40	6,41	6,40	6,42	6,43
FATOR DA PENSEA				1,000					
FATOR DE CONVERÇÃO (kgf-Pa)				9,8066					
RESISTENCIA Á TRAÇÃO (Mpa)				0,994	0,995	0,992	0,829	0,827	0,825
MÉDIA (Mpa)				0,994			0,827		
RAZÃO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (RRT)									
$RRT = \frac{0,827}{0,994} \times 100\%$									
$RRT = 83,22 \%$									
35									