

**ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres**

**RDT – Recurso de Desenvolvimento Tecnológico**

## **RELATÓRIO FINAL**

### **VÍDEO REGISTRO DOS ENSAIOS REALIZADOS NO CENTRO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS**

**CCR NovaDutra**

**21/02/2022**

## SUMÁRIO

<b>1. DESCRIÇÃO DO PROJETO .....</b>	<b>3</b>
1.1 TÍTULO DO PROJETO.....	3
1.2 RESUMO .....	3
1.3 PALAVRAS CHAVE .....	3
1.4 JUSTIFICATIVA.....	3
1.5 OBJETIVOS.....	4
1.5.1 OBJETIVO GERAL .....	4
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	4
1.7 PERÍODO DE EXECUÇÃO .....	4
1.8 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO.....	4
1.9 LOCAL DE EXECUÇÃO .....	6
1.10 EQUIPE EXECUTORA .....	7
<b>2. MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS .....</b>	<b>7</b>
<b>3. ETAPA A .....</b>	<b>12</b>
<b>4. ETAPA B.....</b>	<b>12</b>
<b>5. ETAPA C .....</b>	<b>13</b>
<b>6. ETAPA D .....</b>	<b>13</b>
<b>7. CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES FINAIS E PRODUTOS GERADOS .....</b>	<b>13</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>14</b>
<b>9. ANEXOS .....</b>	<b>15</b>
9.1 RESUMO DE ATIVIDADES .....	15
ANEXO I.....	28

## **1. DESCRIÇÃO DO PROJETO**

### **1.1 Título do projeto**

Vídeo registro dos ensaios realizados no Centro de Pesquisas Rodoviárias.

### **1.2 Resumo**

Os ensaios de pavimentação são fundamentais para o desenvolvimento tecnológico do âmbito rodoviário, sendo necessário o cumprimento das normas exigidas e o uso de equipamentos adequados para o êxito dos resultados. Neste estudo foram filmados de forma didática todos os ensaios realizados no Centro de Pesquisas Rodoviárias (CPR) da CCR NovaDutra, para que os vídeos resultantes sirvam de apoio a outros laboratórios na execução de ensaios em materiais de interesse à pavimentação rodoviária.

### **1.3 Palavras chave**

Ensaio laboratoriais; Pavimentação rodoviária; Caracterização de materiais.

### **1.4 Justificativa**

O Centro de Pesquisas Rodoviárias (CPR) da CCR NovaDutra iniciou as primeiras pesquisas no ano 1999, com o objetivo de intensificar o processo de melhoria contínua das condições de segurança, conforto, economia e durabilidade. Desde seu primeiro ano, desenvolvem-se pesquisas que beneficiam todas as rodovias brasileiras, empregando os Recursos para Desenvolvimento Tecnológico (RDT), disponibilizados pela ANTT. No ano de 2011 inaugurou-se um novo prédio para melhorar a instalação de equipamentos laboratoriais modernos, empregados no mundo inteiro para avaliação de materiais rodoviários. Com a aquisição desses novos equipamentos, novos ensaios foram incorporados às atividades de pesquisa e apoio ao controle tecnológico desenvolvidos pela Concessionária. Na atualidade são 122 ensaios realizados em materiais rodoviários relacionados a solos, agregados, misturas asfálticas, entre outros. Todos os ensaios executados no CPR seguem normativas nacionais, e no caso da inexistência destas no âmbito nacional, recorre-se a normas norte-americanas, europeias, sul-africanas ou australianas, muitas vezes não comuns para agências rodoviárias nacionais.

O intuito desta pesquisa é realizar um vídeo registro dos 122 ensaios desenvolvidos na atualidade no CPR, em materiais rodoviários, com o propósito de divulgar estes ensaios no formato de vídeo-aulas e criar um banco de dados acessível ao público geral, em específico, a profissionais e técnicos dedicados a pesquisa e controle tecnológico no Brasil. Propõe-se que o material gerado possa ser visualizado por meio da página web da Agência Nacional

de Transportes Terrestres (ANTT),  
[http://antt.gov.br/rodovias/Relatorios de Pesquisa RDT.html](http://antt.gov.br/rodovias/Relatorios_de_Pesquisa_RDT.html).

Os vídeos registros introduzem um padrão correto a ser usado na elaboração dos diversos ensaios laboratoriais, contribuindo para o meio rodoviário. A filmagem ilustra o uso correto das ferramentas, a necessidade dos equipamentos de proteção individual e exemplifica o passo a passo do ensaio, de acordo com a norma correspondente.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo geral**

O objetivo geral desta pesquisa é realizar um vídeo registro de todos os ensaios executados pelo Centro de Pesquisas Rodoviárias, relacionados à caracterização de materiais rodoviários, controle tecnológico e pesquisa, no formato de vídeo-aulas.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Realizar uma organização geral dos ensaios, de acordo com o tipo de material analisado, materiais asfálticos, solos, materiais estabilizados e concreto.
- Desenvolver scripts ou roteiros para as diversas etapas que constituem a execução de cada um dos ensaios, para facilitar o entendimento por meio de vídeo-aulas.
- Realizar a filmagem dos scripts ou roteiros dos ensaios.
- Validar e editar as filmagens finais.

## **1.6 Organização do trabalho**

Para atingir o objetivo geral e os objetivos específicos, a pesquisa será realizada em etapas, descritas na continuação.

- Etapa A) preparação e execução dos ensaios
- Etapa B) filmagem dos ensaios
- Etapa C) validação das filmagens
- Etapa D) elaboração de relatórios parciais e relatório final

## **1.7 Período de execução**

O estudo teve início em janeiro de 2019 e término em fevereiro de 2022.

## **1.8 Cronograma de execução**

O cronograma físico-financeiro está apresentado nos Quadros 1.1 a 1.4.

Quadro 1.1: Cronograma Físico-Financeiro do Projeto para o Ano 2019

ANEXO V Videoregistro dos ensaios realizados no Centro de Pesquisas Rodoviárias		2019												TOTAL (R\$)
		jan-19	fev-19	mar-19	abr-19	mai-19	jun-19	jul-19	ago-19	set-19	out-19	nov-19	dez-19	
ETAPA A) Preparação e execução dos ensaios	Mão de Obra CPR	4.969	4.969	3.237										13.175
ETAPA B) Filmagem dos ensaios (INFRATRANS)	Ensaio			1	2	3	6	3	3	2	2	2	2	26
	Custo			2.940	5.880	8.820	17.640	8.820	8.820	5.880	5.880	5.880	5.880	76.440
ETAPA C) Validação das filmagens	Mão de Obra CPR			9.610	9.610	8.260	6.313	5.447	5.447	5.447	5.447	5.447	5.447	66.477
ETAPA D) Elaboração de relatórios parciais e final	Mão de Obra CPR						7.341						3.670	11.011
<b>Total ANEXO V</b>		<b>4.969</b>	<b>4.969</b>	<b>15.787</b>	<b>15.490</b>	<b>17.080</b>	<b>31.294</b>	<b>14.267</b>	<b>14.267</b>	<b>11.327</b>	<b>11.327</b>	<b>11.327</b>	<b>14.998</b>	<b>167.103</b>

Quadro 1.2: Cronograma Físico-Financeiro do Projeto para o Ano 2020

ANEXO V Videoregistro dos ensaios realizados no Centro de Pesquisas Rodoviárias		2020												TOTAL (R\$)
		jan-20	fev-20	mar-20	abr-20	mai-20	jun-20	jul-20	ago-20	set-20	out-20	nov-20	dez-20	
ETAPA A) Preparação e execução dos ensaios	Mão de Obra CPR													0
ETAPA B) Filmagem dos ensaios (INFRATRANS)	Ensaio	5	4	3	4	2	2	3	9	10	10			52
	Custo	14.700	11.760	8.820	11.760	5.880	5.880	8.820	26.460	29.400	29.400			152.880
ETAPA C) Validação das filmagens	Mão de Obra CPR	4.471	4.684	4.530	3.071	3.071	3.071	3.071	3.071	1.536	1.536	1.536	1.536	35.185
ETAPA D) Elaboração de relatórios parciais e final	Mão de Obra CPR						1.996						3.993	5.989
<b>Total ANEXO V</b>		<b>19.171</b>	<b>16.444</b>	<b>13.350</b>	<b>14.831</b>	<b>8.951</b>	<b>10.948</b>	<b>11.891</b>	<b>29.531</b>	<b>30.936</b>	<b>30.936</b>	<b>1.536</b>	<b>5.528</b>	<b>194.054</b>

Quadro 1.3: Cronograma Físico-Financeiro do Projeto para o Ano 2021

ANEXO V Videoregistro dos ensaios realizados no Centro de Pesquisas Rodoviárias		2021												TOTAL (R\$)	
		jan-21	fev-21	mar-21	abr-21	mai-21	jun-21	jul-21	ago-21	set-21	out-21	nov-21	dez-21		
ETAPA A) Preparação e execução dos ensaios	Mão de Obra CPR														0
ETAPA B) Filmagem dos ensaios (INFRATRANS)	Ensaio		26												26
	Custo		76.440												76.440
ETAPA C) Validação das filmagens	Mão de Obra CPR		3.475												3.475
ETAPA D) Elaboração de relatórios parciais e final	Mão de Obra CPR		866												866
<b>Total ANEXO V</b>		-	80.780	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80.780

Quadro 1.4: Cronograma Físico-Financeiro do Projeto para o Ano 2022

ANEXO V Videoregistro dos ensaios realizados no Centro de Pesquisas Rodoviárias		2022												TOTAL (R\$)	
		jan-22	fev-22	mar-22	abr-22	mai-22	jun-22	jul-22	ago-22	set-22	out-22	nov-22	dez-22		
ETAPA A) Preparação e execução dos ensaios	Mão de Obra CPR														0
ETAPA B) Filmagem dos ensaios (INFRATRANS)	Ensaio		18												18
	Custo		52.920												52.920
ETAPA C) Validação das filmagens	Mão de Obra CPR	3.206	269												3.475
ETAPA D) Elaboração de relatórios parciais e final	Mão de Obra CPR	3.896	1.299												5.195
<b>Total ANEXO V</b>		7.102	54.488	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61.590

### 1.9 Local de execução

A pesquisa foi desenvolvida pelo Centro de Pesquisas Rodoviárias (CPR) da Concessionária CCR NovaDutra.

### 1.10 Equipe executora

A pesquisa foi desenvolvida pela Equipe do Centro de Pesquisas Rodoviárias (CPR) da Concessionária CCR NovaDutra, apresentada no Quadro 2.

Quadro 2: Equipe do CPR da CCR NovaDutra

<b>Função</b>	<b>Título</b>	<b>Nome</b>	<b>Empresa</b>
Engenheira/Coordenadora	Engenheira	Valéria Cristina de Faria	CPR-NovaDutra
Pesquisador	Doutor	Luis Miguel Gutiérrez Klinsky	CPR-NovaDutra
Engenheira	Engenheiro	Marcia Helena Leal	CPR-NovaDutra
Engenheiro	Engenheiro	Marco Salles Chamouton	CPR-NovaDutra
Agente de Serviços de Engenharia III	Técnico	Geraldo Pereira	CPR-NovaDutra
Agente de Serviços de Engenharia III	Técnico	Antônio Donizete Leal	CPR-NovaDutra
Agente de Serviço Administrativo	Administrativo	Adriana C.R.L. Gonçalves	CPR-NovaDutra

## 2. MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS

O método empregado no desenvolvimento deste projeto foi o vídeo registro em formato de vídeo-aulas dos ensaios realizados no CPR.

A equipe do CPR era responsável pela preparação do roteiro, do ambiente de filmagem, dos equipamentos e ferramentas necessárias para elaboração dos ensaios, conforme estabelecido em norma. A empresa terceirizada era responsável pela filmagem dos ensaios e edição dos vídeos produzidos. Posteriormente, o CPR fazia a validação dos vídeos.

Os Quadros 3.1 a 3.12 apresentam os ensaios executados com a respectiva norma de apoio.

Quadro 3.1: Relação de Ensaios de Agregados

	<b>Título do Ensaio - Vídeo Registro</b>	<b>Normas de Apoio</b>
1	Determinação da Absorção e da Densidade de Agregado Graúdo	DNER-ME 081/98
2	Determinação da Absorção e da Densidade de Agregado Fino	AASHTO T-84-04
3	Determinação da Abrasão Los Angeles	DNER-ME 035/98
4	Ensaio de Durabilidade de Agregado Miúdo e Graúdo por Processo Químico	AASHTO T-104-03
5	Determinação de Equivalente de Areia de Solos ou Agregado Miúdo	ABNT NBR 12052/1992
6	Análise Granulométrica de Agregados	DNER-ME 083/98
7	Determinação do Índice de Forma de Agregado Graúdo pelo Método do Paquímetro	DNIT 425/2020 ME
8	Caracterização de Partículas Planas, Partículas Alongadas ou Planas e Alongadas no Agregado Graúdo	ASTM D 4791-05
9	Porcentagem de Vazios de Agregados Miúdos Não Compactados	AASHTO-T 304-04
10	Determinação do Ataque do Ácido Clorídrico em Agregado Calcário	Metodologia: Grupo CCR
11	Determinação da Massa Unitária e do Volume de Vazios de Agregados Sem Compactar	ABNT NBR NM 45/2006
12	Determinação da Massa Unitária e do Volume de Vazios de Agregados em Estado Compactado	ABNT NBR NM 45/2006
13	Redução de Amostra de Campo de Agregados para Ensaio de Laboratório	DNER-PRO 199/96
14	Determinação do Índice de Degradação após compactação Proctor (IDp) dos Agregados	DNER-ME 398/99
15	Determinação do Índice de Degradação de Agregados após Compactação Marshall com e sem Ligante	DNER-ME 401/99
16	Detecção Qualitativa de Argilas Prejudiciais em Agregados Utilizando Azul de Metileno	AASHTO TP 57-06
17	Verificação da Adesividade a Ligante Asfáltico com Agregado Graúdo	ABNT NBR 12583/92
18	Agregado - Reatividade Álcali-Agregado: Determinação da Expansão em Barras de Argamassa pelo Método Acelerado	ABNT NBR 15577-4:2009

Quadro 3.2: Relação de Ensaios de Ligantes Asfálticos

	<b>Título do Ensaio - Vídeo Registro</b>	<b>Normas de Apoio</b>
19	Determinação da Densidade Relativa e da Massa Específica do Ligante Asfáltico	DNER-ME 193/96
20	Verificação de Formação de Espuma em Ligantes Asfálticos	DNIT-031/2006
21	Determinação da Penetração do Ligante Asfáltico (Material Asfáltico - Determinação da Penetração)	DNIT-ME 155/2010
22	Determinação do Ponto de Amolecimento do Ligante Asfáltico Método do Anel e Bola	DNIT-ME 131/2010
23	Determinação dos Pontos de Fulgor e de Combustão em Vaso Aberto Cleveland para Produtos de Petróleo	ABNT NBR 11341/2000
24	Determinação da Recuperação Elástica por Torsão de Ligantes Asfálticos Modificados	NLT 329/91
25	Destilação a vapor de filmes asfálticos	ASTM D 255-92
26	Determinação da Viscosidade em Temperaturas Elevadas Usando um Viscosímetro Rotacional	ABNT NBR 15184/2004
27	Asfalto Borracha - Propriedades Reológicas de Materiais Não Newtonianos por Viscosímetro Rotacional	ABNT NBR 15529/2007
28	Ensaio de Estabilidade ao Armazenamento do Ligante Asfáltico Modificado por Polímero	DNER-ME 384/99
29	Ensaio de Película Delgada Rotacional para Ligantes Asfálticos	ASTM D 2872-97
30	Prática Padrão para Envelhecimento Acelerado do Ligante Asfáltico Usando um Vaso de Envelhecimento Pressurizado (PAV)	ASTM D6521-2019
31	Determinação do Grau de Desempenho de Ligantes Asfálticos Usando o Reômetro de Cisalhamento Dinâmico	ASTM D 7175-2015
32	Ensaio para Múltiplas Tensões de Fluência e de Recuperação do Ligante Usando o Reômetro de Cisalhamento Dinâmico	AASHTO M 332-14
33	Ensaio de Varredura Linear de Amplitude de Deformação em Ligantes Asfálticos Usando o Reômetro de Cisalhamento	AASHTO TP 101-14
34	Determinação da Curva Mestre de Ligantes Asfálticos	ASTM D 7552-09



Quadro 3.3: Relação de Ensaios de Emulsões Asfálticas

<b>Título do Ensaio - Vídeo Registro</b>		<b>Normas de Apoio</b>
35	Determinação do Teor de Resíduo Seco por Evaporação de Emulsões Asfálticas	ABNT NBR 14896/2019
36	Determinação da Viscosidade Saybolt Furol de Materiais Asfálticos	ABNT NBR 14491/2007
37	Determinação da Peneiração de Emulsões Asfálticas	ABNT NBR 14393/2012
38	Verificação da Adesividade da Emulsão Asfáltica com Agregado Graúdo	ABNT NBR 6300:2009
39	Determinação da Sedimentação de Emulsões Asfálticas	ABNT NBR 6570/2016
40	Recuperação Elástica por Torsão de Resíduo de Emulsões Asfálticas Modificadas	NLT 329/91
41	Determinação da Penetração do Ligante Asfáltico de Imprimação em Bases de Pavimentos	Bibliografia de MCR (Nogami e Villibor 1995)
42	Determinação da Aderência entre Camadas Asfálticas Através do Ensaio de Cisalhamento Direto	ZTV SIB 90
43	Ensaio de Líquido Marrom em Emulsões Asfálticas	NLT 329/91

Quadro 3.4: Relação de Ensaios de Cal

<b>Título do Ensaio - Vídeo Registro</b>		<b>Normas de Apoio</b>
44	Verificação da Quantidade de Óxido de Cálcio na Cal Hidratada para Argamassas	ABNT NBR 7175
45	Análise Granulométrica da Cal	ABNT NBR 16448/2016

Quadro 3.5: Relação de Ensaios de Misturas Asfálticas Usinadas à Quente

<b>Título do Ensaio - Vídeo Registro</b>		<b>Normas de Apoio</b>
46	Massa Específica Teórica Máxima e Densidade de Misturas Asfálticas	AASHTO T 209-05
47	Determinação da Densidade Aparente de Misturas Asfálticas	DNER-ME 117-94
48	Determinação de Massa Específica Aparente por Selagem a Vácuo de Misturas Asfálticas	EM-GER-A1-PV/ME-E023R0
49	Resistência aos Danos por Umidade Induzida de Misturas Asfálticas a Quente Compactadas	AASHTO T 283-03
50	Resistência aos Danos por Umidade Induzida de Misturas Asfálticas a Quente Extraídas de Pista	AASHTO T 283-03
51	Determinação das Características de Gotejamento de Misturas Asfálticas Não Compactadas	ASTM D 6390-99
52	Análise Granulométrica de Agregados Extraídos	AASHTO T 30-06
53	Ensaio para Determinar a Porcentagem de Ligante na Mistura Betuminosa pelo Processo de Combustão	ASTM D 6307-98
54	Ensaio Marshall para Misturas Asfálticas a Quente	DNER-ME 043/95
55	Preparação e Determinação da Densidade de Misturas Asfálticas a Quente Através do Compactador Giratório	AASHTO T 312
56	Preparação e Determinação da Densidade de Misturas Asfálticas Através do Compactador de Caixa de Cisalhamento Presbox	ASTM D 7981
57	Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral em Misturas Betuminosas	DNER-ME 138/94
58	Determinação da Falha por Fadiga de Misturas Asfálticas em Vigas a Flexão Submetidas a Carregamentos Repetidos	ASTM D 7460-08
59	Determinação do Módulo de Resiliência de Misturas Asfálticas	DNIT 135/2010 ME
60	Determinação do Módulo Dinâmico de Misturas Asfálticas	AASHTO T 342-11
61	Ensaio Uniaxial de Carga Repetida para Determinação da Resistência à Deformação Permanente de Misturas Asfálticas	AASHTO T 342-11
62	Desgaste por Abrasão de Misturas Betuminosas com Asfalto Polímero - Ensaio Cantabro	DNER-ME 383/99
63	Dosagem de Misturas Asfálticas a Quente	Procedimento CCR (EN-0000000-0000.00-GER-A1-PVES-E-002-R11)
64	Ensaio de Mancha de Areia para a Verificação da Macrotextura do Revestimento Asfáltico	ASTM E 965-96/2006
65	Ensaio Marshall para Misturas Asfálticas a Quente a 120 Golpes por Face	DNER-ME 043/95

Quadro 3.6: Relação de Ensaio de Solos

	<b>Título do Ensaio - Vídeo Registro</b>	<b>Normas de Apoio</b>
66	Preparação de Amostras para Ensaio de Caracterização de Solos	DNER-ME 041/94
67	Coleta de Amostras Deformadas de Solos	DNER-PRO 003/94
68	Análise Granulométrica de Solos	DNER-ME 080/94
69	Ensaio de Análise Granulométrica de Solos	DNER-ME 051/94
70	Ensaio de Compactação Utilizando Amostras Trabalhadas Energia de Compactação: Proctor Normal	ABNT NBR 7182/86
71	Ensaio de Compactação Utilizando Amostras Trabalhadas Energia de Compactação: Proctor Intermediário	ABNT NBR 7182/86
72	Ensaio de Compactação Utilizando Amostras Trabalhadas Energia de Compactação: Proctor Modificado	ABNT NBR 7182/86
73	Solos compactados em equipamento miniatura Mini - MCV	DNER-ME 258/94
74	Determinação do Teor de Umidade de Solos	DNER-ME 213/94
75	Determinação do Índice de Suporte Califórnia de Solos	ABNT NBR 9895/2016
76	Determinação do Limite de Plasticidade de Solos	DNER-ME 082/94
77	Determinação do Limite de Liquidez de Solos	DNER-ME 122/94
78	Determinação da Densidade Real de Solos	DNER-ME 093/94
79	Determinação do Módulo de Resiliência de Solos e Agregados	DNIT 134/2010 ME
80	Determinação do Teor de Matéria Orgânica por Queima a 440°C	ABNT NBR 13600/1996
81	Ensaio de Compressão Triaxial Estático Simples Não Drenado de Solos	ASTM D 2850-15

Quadro 3.7: Relação de Ensaio de Concreto de Cimento Portland

	<b>Título do Ensaio - Vídeo Registro</b>	<b>Normas de Apoio</b>
82	Determinação da Dosagem e Preparo do Concreto de Cimento Portland	ABNT NBR 12655/2006
83	Moldagem e Cura de Corpos de Prova Cilíndricos ou Prismáticos de Concreto de Cimento Portland	ABNT NBR 5738/2015
84	Determinação da Retração de Concreto de Cimento Portland Por Secagem	DNIT 053/2004 - ME
85	Ensaio de Compressão Simples de Corpos de Prova Cilíndricos de Concreto de Cimento Portland	DNER-ME 091/98
86	Determinação da Resistência à Compressão Simples de Argamassa de Alta Resistência	ABNT NBR 7215
87	Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral de Corpos de Prova Cilíndricos de Concreto	ABNT NBR 7222/2011
88	Determinação da Resistência à Tração na Flexão em Corpos de Prova Prismáticos de Concreto	ABNT NBR 12142/1991
89	Determinação do Índice de Fluidez da Calda de Cimento para Injeção	ABNT NBR 7681-2
90	Determinação do Índice de Expansão da Calda de Cimento para Injeção	ABNT NBR 7681-3
91	Determinação da Resistência à Compressão Simples de Corpos de Prova Cilíndricos de Calda de Cimento para Injeção	ABNT NBR 7681-4
92	Determinação da Absorção de Água por Capilaridade de Argamassa e Concreto de Cimento Portland	ABNT NBR 9779/2012
93	Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone - Concreto de Cimento Portland	DNER-ME 404/2000
94	Preparo de Calda de Cimento para Injeção	ABNT NBR 7681-1

Quadro 3.8: Relação de Ensaio de Brita Graduada Tratada com Cimento

Título do Ensaio - Vídeo Registro		Normas de Apoio
95	Dosagem de Brita Graduada Tratada com Cimento	ABNT NB 1344/91
96	Determinação da Resistência à Compressão Simples de Corpos de Prova Cilíndricos de Brita Graduada Tratada com Cimento	ABNT NBR 5739/2018
97	Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral de Corpos de Prova Cilíndricos de Brita Graduada Tratada com Cimento	ABNT NBR 7222/2011
98	Determinação da Resistência à Tração na Flexão de Corpos de Prova Prismáticos de Brita Graduada Tratada com Cimento	ABNT NBR 12142/2010
99	Determinação do Módulo de Resiliência à Tração por Flexão em Brita Graduada Tratada com Cimento	ABNT NBR 5738/2016
100	Determinação do Módulo Dinâmico de Brita Graduada Tratada com Cimento	AASHTO T 342-11
101	Determinação da Retração de Brita Graduada Tratada com Cimento por Secagem	DNIT 053/2004

Quadro 3.9: Relação de Ensaio de Solo Cimento

Título do Ensaio - Vídeo Registro		Normas de Apoio
102	Dosagem de Solos Estabilizados com Cimento	DNIT 143/2010 - ES
103	Determinação da Resistência à Compressão Simples de Solos Estabilizados com Cimento	DNER-ME 201/94
104	Resistência à Tração por Compressão Diametral de Solos Estabilizados com Cimento	DNIT-ME 136/2018
105	Método de Ensaio Padrão de Tensão Indireta para Módulo Resiliente de Solo-Cimento	AASHTO T 342-11
106	Determinação da Água de Solos Estabilizados com Cimento	DNER-ME 274/96
107	Determinação da Durabilidade Através da Perda de Massa por Molhagem e Secagem	DNER-ME 203/94

Quadro 3.10: Relação de Ensaio de Solo Cal

Título do Ensaio - Vídeo Registro		Normas de Apoio
108	Estimativa do Teor Mínimo de Cal para Estabilização Química de Solo	DNIT 419/2019
109	Determinação da Resistência à Compressão Simples de Solos Estabilizados com Cal Hidratada	DNER-ME 180/94
110	Determinação da Resistência à Compressão Diametral de Solos Estabilizados com Cal Hidratada	DNER-ME 181/94
111	Determinação do Módulo de Resiliência de Solo Estabilizado com Cal Hidratada	DNIT 134/2010 ME
112	Especificação Para Cal Rápida e Cal Hidratada para Estabilização do Solo	ASTM C 977-03

Quadro 3.11: Relação de Ensaio de Fresado Asfáltico

Título do Ensaio - Vídeo Registro		Normas de Apoio
113	Análise Granulométrica de Concreto Asfáltico Fresado	AASHTO T 30-06
114	Reciclagem de Pavimento em Usina com Espuma de Asfalto	DNIT 169/2014 - ES
115	Dosagem de Misturas Asfálticas a Quente com Adição de Fresado Asfáltico Estabilizado	Procedimento CCR (EN-0000000-0000.00-GER-A1-PVES-E-002-R11)
116	Compressão Simples de Corpos de Prova Cilíndricos com Material Fresado de Revestimento Asfáltico	ABNT NBR 5739
117	Compressão Diametral de Corpos de Prova Cilíndricos com Material Fresado de Revestimento Asfáltico	ABNT NBR 7222/2011
118	Resistência aos Danos por Umidade Induzida de Fresado Asfáltico Estabilizado com Espuma de Asfalto	AASHTO T-283-03
119	Determinação do Módulo de Resiliência de Misturas Asfálticas Fresadas	DNIT 135/2010-ME

Quadro 3.12: Relação de Ensaios de Viga Benkelman

	<b>Título do Ensaio - Vídeo Registro</b>	<b>Normas de Apoio</b>
120	Aferição de Viga Benkelman	DNER-PRO 175/94
121	Delineamento da Linha de Influência Longitudinal da Bacia de Deformação por Intermédio da Viga Benkelman	DNIT 133/2010
122	Determinação das Deflexões pela Viga Benkelman	DNER-ME 024/94

### **3. ETAPA A**

Esta etapa compreende a Preparação e Execução dos Ensaios. O CPR organizou todos os ensaios que são desenvolvidos no laboratório de acordo com o tipo de material analisado, para facilitar a consulta dos vídeos ao final do projeto.

Nesta etapa os colaboradores prepararam de forma antecipada os equipamentos laboratoriais, os materiais necessários para a execução de cada um dos ensaios, a adaptação dos ambientes, o roteiro a ser seguido na filmagem e na edição de cada vídeo registro e o cronograma de ensaios.

Esta etapa contemplou a preparação e execução de 122 ensaios completos, sendo 18 de agregados, 16 de ligantes asfálticos, 9 de emulsões asfálticas, 2 de cal, 20 de misturas asfálticas usinadas à quente, 16 de solos, 13 de concreto de cimento Portland, 7 de brita graduada tratada com cimento, 6 de solo cimento, 5 de solo cal, 7 de fresado asfáltico e 3 de Viga Benkelman. O desenvolvimento está descrito nos relatórios parciais entregues e no Anexo I deste relatório técnico.

### **4. ETAPA B**

Esta etapa trata-se da Filmagem dos Ensaios, na qual foi contratada a empresa INFRATRANS especializada em vídeo registro.

Após a conclusão da Etapa A, a empresa terceirizada comparecia ao laboratório do CPR no dia estabelecido pela equipe para realizar a filmagem do ensaio. Fora do ambiente do CPR era realizado a edição do vídeo, com a inclusão do áudio à imagem captada pela filmagem estabelecida no roteiro.

A empresa INFRATRANS filmou 123 vídeos correspondentes a 122 ensaios no ambiente preparado pelo CPR na CCR NovaDutra, de acordo com os Quadros 3.1 a 3.12 apresentados no Métodos e Técnicas Utilizadas. Os scripts dessas filmagens se encontram nos anexos dos relatórios parciais e no Anexo I deste relatório técnico.

## **5. ETAPA C**

Nesta etapa foi realizada a Validação das Filmagens dos ensaios. Isto é, após filmagem e edição dos ensaios pela empresa terceirizada, os vídeos registros foram encaminhados ao CPR, e revisados novamente em conjunto com a INFRATRANS. A revisão possibilitou a concordância entre filmagens, textos e áudios finais dos vídeos elaborados, fazendo as correções e até a elaboração de novas filmagens, caso necessário.

Esta etapa garantiu ao projeto um produto de melhor qualidade, pois verificou-se os erros ortográficos e de interpretação no procedimento dos ensaios.

Dessa forma, foram validadas as filmagens de 122 ensaios ao longo do desenvolvimento do projeto.

## **6. ETAPA D**

Esta etapa consiste na Elaboração dos Relatórios Parciais e do Relatório Final do estudo, conforme estabelecido em Nota Técnica nº093/2016/GEROR/SUINF.

Os relatórios parciais propostos no cronograma de execução da pesquisa foram entregues de acordo com os prazos estabelecidos. Os quatro relatórios parciais foram entregues respectivamente em julho de 2019 (com 12 ensaios, Etapas A, B e C completas), em janeiro de 2020 (com 14 ensaios, Etapas A, B e C completas), em agosto de 2020 (com 23 ensaios, Etapas A, B e C completas) e em janeiro de 2021 (com 29 ensaios, Etapas A, B e C completas).

E este documento se refere ao relatório final que contempla os resultados de mais 45 vídeos correspondentes a 44 ensaios completos, descritos no Anexo I deste relatório técnico.

## **7. CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES FINAIS E PRODUTOS GERADOS**

O objetivo geral e objetivos específicos foram totalmente atingidos. No plano de trabalho foi proposto a elaboração de 122 vídeos registros que foram concluídos.

A organização dos ensaios de acordo com a caracterização do material e desenvolvimento dos scripts/roteiros foram concluídos pela equipe do CPR, identificado como Etapa A.

A Etapa B foi totalmente concluída. O cronograma para o ano de 2019 foi ajustado ao longo do projeto em relação ao original aprovado. No desenvolvimento desta etapa, nas atividades de filmagem e edição, observou-se que o processo era trabalhoso, demandando muito mais tempo do que o estimado, por se tratar de um produto específico e inovador, atingindo o total de 26 vídeos neste período. Ainda que a equipe tenha se familiarizado à atividade de filmagem

da pesquisa, o ano de 2020 ficou sobrecarregado com a demanda de ensaios postergados de 2019. Vale ressaltar que o desenvolvimento da pesquisa também foi prejudicado pelo episódio da pandemia do Covid-19, pois foi necessário um revezamento da equipe no laboratório para respeitar as diretrizes da gestão de saúde integrada do Grupo CCR, o que justifica o ajuste no cronograma final da pesquisa.

A Etapa C da validação das filmagens foi concluída para todos os vídeos finalizados. A Etapa D, da Elaboração dos Relatórios Parciais e do Relatório Final foi concluída.

As vídeo-aulas entregues por este estudo irão contribuir expressivamente para o aprimoramento de profissionais e acadêmicos envolvidos no meio rodoviário, uma vez que técnicos, especialistas, engenheiros e estudantes poderão seguir as instruções apresentadas didaticamente em cada um dos ensaios.

A vantagem desta pesquisa é a disseminação e a instrução correta na execução de ensaios de laboratório de pavimentação trazendo maior compreensão dos métodos de ensaios utilizados no meio rodoviário, evitando interpretações incorretas.

O intuito é disponibilizar os vídeos na website da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), [http://antt.gov.br/rodovias/Relatorios\\_de\\_Pesquisa\\_RDT.html](http://antt.gov.br/rodovias/Relatorios_de_Pesquisa_RDT.html), para torná-los mais acessíveis.

## **8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

American Society for Testing and Materials (ASTM). 100 Barr Harbor Dr., West Conshohocken, PA 19428. Reprinted from the Annual Book of ASTM Standards. Copyright ASTM.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – Normas Brasileiras (ABNT NBR).

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), disponível em: [http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/relacao\\_de\\_normas\\_vigentes.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/relacao_de_normas_vigentes.pdf).

Especificação Particular Engelog Sistema CCR – Método para Massa Específica Aparente e Densidade de Misturas Asfálticas Compactadas Usando Selagem Automática a Vácuo.

Norma del Laboratorio del Transporte (NLT).

Norma Alemã - ZTV SIB 90.

## **9. ANEXOS**

### **9.1 RESUMO DE ATIVIDADES**

**ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres**

**RDT – Recurso de Desenvolvimento Tecnológico**

## **RELATÓRIO RESUMO DE ATIVIDADES**

**Período de abrangência: Jan/2021 a Fev/2022**

### **VÍDEO REGISTRO DOS ENSAIOS REALIZADOS NO CENTRO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS**

**CCR NovaDutra**

**21/02/2022**



## **1.RESUMO**

Apresenta-se o quinto relatório de resumo de atividades da pesquisa de “Vídeo registro dos ensaios realizados no Centro de Pesquisas Rodoviárias”. Neste estudo foram filmados de forma didática os ensaios realizados no CPR da CCR NovaDutra, para que os vídeos resultantes sirvam de apoio a outros laboratórios na execução de ensaios em materiais de interesse à pavimentação rodoviária.

## **2. ATIVIDADES PREVISTAS PARA O PERÍODO**

As atividades previstas para este período relacionam-se às Etapas A, B, C e D, descritas a seguir.

### **2.1. Etapa A – Preparação e Execução de Ensaios**

Todos os ensaios desenvolvidos pelo CPR serão organizados de acordo com o tipo de material analisado.

### **2.2. Etapa B – Filmagem dos Ensaios**

Nesta etapa está prevista filmagem dos ensaios atualmente executados no CPR por uma empresa terceirizada.

### **2.3. Etapa C – Validação das Filmagens**

Nesta etapa será realizada a validação e edição final das filmagens realizadas nos ensaios. Isto é, após filmagem e edição de todos os ensaios pela empresa terceirizada, este trabalho será revisado novamente em conjunto com a equipe do Centro de Pesquisas Rodoviárias da CCR NovaDutra.

### **2.4. Etapa D – Elaboração de relatórios parciais e finais**

Nesta etapa serão elaborados a cada 6 meses os relatórios parciais sobre o andamento da preparação, execução, filmagem e validação dos ensaios laboratoriais, conforme estabelecido em Nota Técnica nº093/2016/GEROR/SUINF. Sendo o último resumo de atividades anexado ao relatório final da pesquisa.

## **3. ATIVIDADES EXECUTADAS NO PERÍODO**

As atividades executadas neste período são descritas na continuação.

### **3.1. Etapa A – Preparação e Execução de Ensaios**

Os ensaios e normativas foram organizados pelo CPR para a execução das filmagens dos ensaios.

### **3.2. Etapa B – Filmagem dos Ensaios**

Nesta etapa foram filmados e editados 45 vídeos correspondentes 44 ensaios pela empresa terceirizada.

### **3.3. Etapa C – Validação das Filmagens**

Nesta etapa foram validados 45 vídeos correspondentes a 44 ensaios pela empresa terceirizada junto à equipe do CPR.

### **3.4. Etapa D – Elaboração de relatórios parciais e finais**

Nesta etapa foi elaborado o relatório parcial sobre o andamento da preparação, execução, filmagem e validação dos ensaios laboratoriais, conforme estabelecido em Nota Técnica nº093/2016/GEROR/SUINF, correspondente ao período de abrangência supracitado. Assim como o relatório final de conclusão da pesquisa.

## **4. JUSTIFICATIVAS**

O objetivo geral e objetivos específicos foram totalmente atingidos com o ajuste do cronograma final da pesquisa.

## **5. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS**

Na continuação descrevem-se as atividades desenvolvidas neste período.

### **5.1. Etapa A – Preparação e Execução de Ensaios**

Nesta etapa, a equipe do CPR organizou os ensaios a serem executados de acordo com os Quadros 5.1 a 5.12 apresentados a seguir.

Quadro 5.1: Relação de Ensaio de Agregados

	<b>Título do Ensaio - Vídeo Registro</b>	<b>Normas de Apoio</b>
1	Determinação da Absorção e da Densidade de Agregado Graúdo	DNER-ME 081/98
2	Determinação da Absorção e da Densidade de Agregado Fino	AASHTO T-84-04
3	Determinação da Abrasão Los Angeles	DNER-ME 035/98
4	Ensaio de Durabilidade de Agregado Miúdo e Graúdo por Processo Químico	AASHTO T-104-03
5	Determinação de Equivalente de Areia de Solos ou Agregado Miúdo	ABNT NBR 12052/1992
6	Análise Granulométrica de Agregados	DNER-ME 083/98
7	Determinação do Índice de Forma de Agregado Graúdo pelo Método do Paquímetro	DNIT 425/2020 ME
8	Caracterização de Partículas Planas, Partículas Alongadas ou Planas e Alongadas no Agregado Graúdo	ASTM D 4791-05
9	Porcentagem de Vazios de Agregados Miúdos Não Compactados	AASHTO-T 304-04
10	Determinação do Ataque do Ácido Clorídrico em Agregado Calcário	Metodologia: Grupo CCR
11	Determinação da Massa Unitária e do Volume de Vazios de Agregados Sem Compactar	ABNT NBR NM 45/2006
12	Determinação da Massa Unitária e do Volume de Vazios de Agregados em Estado Compactado	ABNT NBR NM 45/2006
13	Redução de Amostra de Campo de Agregados para Ensaio de Laboratório	DNER-PRO 199/96
14	Determinação do Índice de Degradação após compactação Proctor (IDp) dos Agregados	DNER-ME 398/99
15	Determinação do Índice de Degradação de Agregados após Compactação Marshall com e sem Ligante	DNER-ME 401/99
16	Detecção Qualitativa de Argilas Prejudiciais em Agregados Utilizando Azul de Metileno	AASHTO TP 57-06
17	Verificação da Adesividade a Ligante Asfáltico com Agregado Graúdo	ABNT NBR 12583/92
18	Agregado - Reatividade Alkali-Agregado: Determinação da Expansão em Barras de Argamassa pelo Método Acelerado	ABNT NBR 15577-4:2009

Quadro 5.2: Relação de Ensaio de Ligantes Asfálticos

	<b>Título do Ensaio - Vídeo Registro</b>	<b>Normas de Apoio</b>
19	Determinação da Densidade Relativa e da Massa Específica do Ligante Asfáltico	DNER-ME 193/96
20	Verificação de Formação de Espuma em Ligantes Asfálticos	DNIT-031/2006
21	Determinação da Penetração do Ligante Asfáltico (Material Asfáltico - Determinação da Penetração)	DNIT-ME 155/2010
22	Determinação do Ponto de Amolecimento do Ligante Asfáltico Método do Anel e Bola	DNIT-ME 131/2010
23	Determinação dos Pontos de Fulgor e de Combustão em Vaso Aberto Cleveland para Produtos de Petróleo	ABNT NBR 11341/2000
24	Determinação da Recuperação Elástica por Torsão de Ligantes Asfálticos Modificados	NLT 329/91
25	Destilação a vapor de filmes asfálticos	ASTM D 255-92
26	Determinação da Viscosidade em Temperaturas Elevadas Usando um Viscosímetro Rotacional	ABNT NBR 15184/2004
27	Asfalto Borracha - Propriedades Reológicas de Materiais Não Newtonianos por Viscosímetro Rotacional	ABNT NBR 15529/2007
28	Ensaio de Estabilidade ao Armazenamento do Ligante Asfáltico Modificado por Polímero	DNER-ME 384/99
29	Ensaio de Película Delgada Rotacional para Ligantes Asfálticos	ASTM D 2872-97
30	Prática Padrão para Envelhecimento Acelerado do Ligante Asfáltico Usando um Vaso de Envelhecimento Pressurizado (PAV)	ASTM D6521-2019
31	Determinação do Grau de Desempenho de Ligantes Asfálticos Usando o Reômetro de Cisalhamento Dinâmico	ASTM D 7175-2015
32	Ensaio para Múltiplas Tensões de Fluência e de Recuperação do Ligante Usando o Reômetro de Cisalhamento Dinâmico	AASHTO M 332-14
33	Ensaio de Varredura Linear de Amplitude de Deformação em Ligantes Asfálticos Usando o Reômetro de Cisalhamento	AASHTO TP 101-14
34	Determinação da Curva Mestre de Ligantes Asfálticos	ASTM D 7552-09

Quadro 5.3: Relação de Ensaios de Emulsões Asfálticas

	<b>Título do Ensaio - Vídeo Registro</b>	<b>Normas de Apoio</b>
35	Determinação do Teor de Resíduo Seco por Evaporação de Emulsões Asfálticas	ABNT NBR 14896/2019
36	Determinação da Viscosidade Saybolt Furol de Materiais Asfálticos	ABNT NBR 14491/2007
37	Determinação da Peneiração de Emulsões Asfálticas	ABNT NBR 14393/2012
38	Verificação da Adesividade da Emulsão Asfáltica com Agregado Graúdo	ABNT NBR 6300:2009
39	Determinação da Sedimentação de Emulsões Asfálticas	ABNT NBR 6570/2016
40	Recuperação Elástica por Torsão de Resíduo de Emulsões Asfálticas Modificadas	NLT 329/91
41	Determinação da Penetração do Ligante Asfáltico de Imprimação em Bases de Pavimentos	Bibliografia de MCR (Nogami e Villibor 1995)
42	Determinação da Aderência entre Camadas Asfálticas Através do Ensaio de Cisalhamento Direto	ZTV SIB 90
43	Ensaio de Líquido Marrom em Emulsões Asfálticas	NLT 329/91

Quadro 5.4: Relação de Ensaios de Cal

	<b>Título do Ensaio - Vídeo Registro</b>	<b>Normas de Apoio</b>
44	Verificação da Quantidade de Óxido de Cálcio na Cal Hidratada para Argamassas	ABNT NBR 7175
45	Análise Granulométrica da Cal	ABNT NBR 16448/2016

Quadro 5.5: Relação de Ensaios de Misturas Asfálticas Usinadas à Quente

	<b>Título do Ensaio - Vídeo Registro</b>	<b>Normas de Apoio</b>
46	Massa Específica Teórica Máxima e Densidade de Misturas Asfálticas	AASHTO T 209-05
47	Determinação da Densidade Aparente de Misturas Asfálticas	DNER-ME 117-94
48	Determinação de Massa Específica Aparente por Selagem a Vácuo de Misturas Asfálticas	EM-GER-A1-PV/ME-E023R0
49	Resistência aos Danos por Umidade Induzida de Misturas Asfálticas a Quente Compactadas	AASHTO T 283-03
50	Resistência aos Danos por Umidade Induzida de Misturas Asfálticas a Quente Extraídas de Pista	AASHTO T 283-03
51	Determinação das Características de Gotejamento de Misturas Asfálticas Não Compactadas	ASTM D 6390-99
52	Análise Granulométrica de Agregados Extraídos	AASHTO T 30-06
53	Ensaio para Determinar a Porcentagem de Ligante na Mistura Betuminosa pelo Processo de Combustão	ASTM D 6307-98
54	Ensaio Marshall para Misturas Asfálticas a Quente	DNER-ME 043/95
55	Preparação e Determinação da Densidade de Misturas Asfálticas a Quente Através do Compactador Giratório	AASHTO T 312
56	Preparação e Determinação da Densidade de Misturas Asfálticas Através do Compactador de Caixa de Cisalhamento Presbox	ASTM D 7981
57	Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral em Misturas Betuminosas	DNER-ME 138/94
58	Determinação da Falha por Fadiga de Misturas Asfálticas em Vigas a Flexão Submetidas a Carregamentos Repetidos	ASTM D 7460-08
59	Determinação do Módulo de Resiliência de Misturas Asfálticas	DNIT 135/2010 ME
60	Determinação do Módulo Dinâmico de Misturas Asfálticas	AASHTO T 342-11
61	Ensaio Uniaxial de Carga Repetida para Determinação da Resistência à Deformação Permanente de Misturas Asfálticas	AASHTO T 342-11
62	Desgaste por Abrasão de Misturas Betuminosas com Asfalto Polímero - Ensaio Cantabro	DNER-ME 383/99
63	Dosagem de Misturas Asfálticas a Quente	Procedimento CCR (EN-0000000-0000.00-GER-A1-PVES-E-002-R11)
64	Ensaio de Mancha de Areia para a Verificação da Macrotextura do Revestimento Asfáltico	ASTM E 965-96/2006

65	Ensaio Marshall para Misturas Asfálticas a Quente a 120 Golpes por Face	DNER-ME 043/95
----	---	----------------

Quadro 5.6: Relação de Ensaio de Solos

	<b>Título do Ensaio - Vídeo Registro</b>	<b>Normas de Apoio</b>
66	Preparação de Amostras para Ensaio de Caracterização de Solos	DNER-ME 041/94
67	Coleta de Amostras Deformadas de Solos	DNER-PRO 003/94
68	Análise Granulométrica de Solos	DNER-ME 080/94
69	Ensaio de Análise Granulométrica de Solos	DNER-ME 051/94
70	Ensaio de Compactação Utilizando Amostras Trabalhadas Energia de Compactação: Proctor Normal	ABNT NBR 7182/86
71	Ensaio de Compactação Utilizando Amostras Trabalhadas Energia de Compactação: Proctor Intermediário	ABNT NBR 7182/86
72	Ensaio de Compactação Utilizando Amostras Trabalhadas Energia de Compactação: Proctor Modificado	ABNT NBR 7182/86
73	Solos compactados em equipamento miniatura Mini - MCV	DNER-ME 258/94
74	Determinação do Teor de Umidade de Solos	DNER-ME 213/94
75	Determinação do Índice de Suporte Califórnia de Solos	ABNT NBR 9895/2016
76	Determinação do Limite de Plasticidade de Solos	DNER-ME 082/94
77	Determinação do Limite de Liquidez de Solos	DNER-ME 122/94
78	Determinação da Densidade Real de Solos	DNER-ME 093/94
79	Determinação do Módulo de Resiliência de Solos e Agregados	DNIT 134/2010 ME
80	Determinação do Teor de Matéria Orgânica por Queima a 440°C	ABNT NBR 13600/1996
81	Ensaio de Compressão Triaxial Estático Simples Não Drenado de Solos	ASTM D 2850-15

Quadro 5.7: Relação de Ensaio de Concreto de Cimento Portland

	<b>Título do Ensaio - Vídeo Registro</b>	<b>Normas de Apoio</b>
82	Determinação da Dosagem e Preparo do Concreto de Cimento Portland	ABNT NBR 12655/2006
83	Moldagem e Cura de Corpos de Prova Cilíndricos ou Prismáticos de Concreto de Cimento Portland	ABNT NBR 5738/2015
84	Determinação da Retração de Concreto de Cimento Portland Por Secagem	DNIT 053/2004 - ME
85	Ensaio de Compressão Simples de Corpos de Prova Cilíndricos de Concreto de Cimento Portland	DNER-ME 091/98
86	Determinação da Resistência à Compressão Simples de Argamassa de Alta Resistência	ABNT NBR 7215
87	Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral de Corpos de Prova Cilíndricos de Concreto	ABNT NBR 7222/2011
88	Determinação da Resistência à Tração na Flexão em Corpos de Prova Prismáticos de Concreto	ABNT NBR 12142/1991
89	Determinação do Índice de Fluidez da Calda de Cimento para Injeção	ABNT NBR 7681-2
90	Determinação do Índice de Expansão da Calda de Cimento para Injeção	ABNT NBR 7681-3
91	Determinação da Resistência à Compressão Simples de Corpos de Prova Cilíndricos de Calda de Cimento para Injeção	ABNT NBR 7681-4
92	Determinação da Absorção de Água por Capilaridade de Argamassa e Concreto de Cimento Portland	ABNT NBR 9779/2012
93	Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone - Concreto de Cimento Portland	DNER-ME 404/2000
94	Preparo de Calda de Cimento para Injeção	ABNT NBR 7681-1

Quadro 5.8: Relação de Ensaio de Brita Graduada Tratada com Cimento

Título do Ensaio - Vídeo Registro		Normas de Apoio
95	Dosagem de Brita Graduada Tratada com Cimento	ABNT NB 1344/91
96	Determinação da Resistência à Compressão Simples de Corpos de Prova Cilíndricos de Brita Graduada Tratada com Cimento	ABNT NBR 5739/2018
97	Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral de Corpos de Prova Cilíndricos de Brita Graduada Tratada com Cimento	ABNT NBR 7222/2011
98	Determinação da Resistência à Tração na Flexão de Corpos de Prova Prismáticos de Brita Graduada Tratada com Cimento	ABNT NBR 12142/2010
99	Determinação do Módulo de Resiliência à Tração por Flexão em Brita Graduada Tratada com Cimento	ABNT NBR 5738/2016
100	Determinação do Módulo Dinâmico de Brita Graduada Tratada com Cimento	AASHTO T 342-11
101	Determinação da Retração de Brita Graduada Tratada com Cimento por Secagem	DNIT 053/2004

Quadro 5.9: Relação de Ensaio de Solo Cimento

Título do Ensaio - Vídeo Registro		Normas de Apoio
102	Dosagem de Solos Estabilizados com Cimento	DNIT 143/2010 - ES
103	Determinação da Resistência à Compressão Simples de Solos Estabilizados com Cimento	DNER-ME 201/94
104	Resistência à Tração por Compressão Diametral de Solos Estabilizados com Cimento	DNIT-ME 136/2018
105	Método de Ensaio Padrão de Tensão Indireta para Módulo Resiliente de Solo-Cimento	AASHTO T 342-11
106	Determinação da Água de Solos Estabilizados com Cimento	DNER-ME 274/96
107	Determinação da Durabilidade Através da Perda de Massa por Molhagem e Secagem	DNER-ME 203/94

Quadro 5.10: Relação de Ensaio de Solo Cal

Título do Ensaio - Vídeo Registro		Normas de Apoio
108	Estimativa do Teor Mínimo de Cal para Estabilização Química de Solo	DNIT 419/2019
109	Determinação da Resistência à Compressão Simples de Solos Estabilizados com Cal Hidratada	DNER-ME 180/94
110	Determinação da Resistência à Compressão Diametral de Solos Estabilizados com Cal Hidratada	DNER-ME 181/94
111	Determinação do Módulo de Resiliência de Solo Estabilizado com Cal Hidratada	DNIT 134/2010 ME
112	Especificação Para Cal Rápida e Cal Hidratada para Estabilização do Solo	ASTM C 977-03

Quadro 5.11: Relação de Ensaio de Fresado Asfáltico

Título do Ensaio - Vídeo Registro		Normas de Apoio
113	Análise Granulométrica de Concreto Asfáltico Fresado	AASHTO T 30-06
114	Reciclagem de Pavimento em Usina com Espuma de Asfalto	DNIT 169/2014 - ES
115	Dosagem de Misturas Asfálticas a Quente com Adição de Fresado Asfáltico Estabilizado	Procedimento CCR (EN-0000000-0000.00-GER-A1-PVES-E-002-R11)
116	Compressão Simples de Corpos de Prova Cilíndricos com Material Fresado de Revestimento Asfáltico	ABNT NBR 5739
117	Compressão Diametral de Corpos de Prova Cilíndricos com Material Fresado de Revestimento Asfáltico	ABNT NBR 7222/2011
118	Resistência aos Danos por Umidade Induzida de Fresado Asfáltico Estabilizado com Espuma de Asfalto	AASHTO T-283-03
119	Determinação do Módulo de Resiliência de Misturas Asfálticas Fresadas	DNIT 135/2010-ME

Quadro 5.12: Relação de Ensaios de Viga Benkelman

	<b>Título do Ensaio - Vídeo Registro</b>	<b>Normas de Apoio</b>
120	Aferição de Viga Benkelman	DNER-PRO 175/94
121	Delineamento da Linha de Influência Longitudinal da Bacia de Deformação por Intermédio da Viga Benkelman	DNIT 133/2010
122	Determinação das Deflexões pela Viga Benkelman	DNER-ME 024/94

Neste processo, os equipamentos laboratoriais foram previamente calibrados e os ambientes de filmagem, no laboratório do Centro de Pesquisas Rodoviárias, foram preparados de acordo com a necessidade de cada ensaio.

## **5.2. Etapa B – Filmagem dos Ensaios**

Nesta etapa foram filmados e editados quarenta e cinco vídeos correspondentes a quarenta e quatro ensaios. No Anexo I deste relatório são apresentados os scripts dessas filmagens elaboradas pela empresa terceirizada INFRATRANS. Os ensaios filmados e editados são os seguintes:

1. Determinação da Retração de Concreto de Cimento Portland Por Secagem
2. Determinação da Resistência à Compressão Simples de Solos Estabilizados com Cal hidratada
3. Determinação da Penetração do Ligante Asfáltico de Imprimação em Bases de Pavimentos
4. Determinação do Ataque do Ácido Clorídrico em Agregado Calcário
5. Verificação da Adesividade da Emulsão Asfáltica com Agregado Graúdo
6. Ensaio de Compressão Triaxial Estático Simples Não Drenado de Solos
7. Destilação a Vapor de Filmes Asfálticos
8. Verificação de Formação de Espuma em Ligantes Asfálticos
9. Agregado - Reatividade Álcali-Agregado Determinação da Expansão em Barras de Argamassa pelo Método Acelerado
10. Determinação do Índice de Suporte Califórnia de Solos
11. Determinação da Falha por Fadiga de Misturas Asfálticas em Vigas a Flexão Submetidas a Carregamentos Repetidos
12. Asfalto Borracha - Propriedades Reológicas de Materiais não Newtonianos por Viscosímetro Rotacional
13. Ensaio Marshall para Misturas Asfálticas a Quente a 120 Golpes por Face
14. Ensaio de Mancha de Areia para a Verificação da Macrotextura do Revestimento Asfáltico
15. Determinação da Resistência à Compressão Simples de Solos Estabilizados com Cimento
16. Determinação da Água de Solos Estabilizados com Cimento

17. Ensaio de Varredura Linear de Amplitude de Deformação em Ligantes Asfálticos Usando o Reômetro de Cisalhamento
18. Método de ensaio Padrão de Tensão Indireta para Módulo Resiliente de Solo-Cimento
19. Ensaio para Múltiplas Tensões de Fluência e de Recuperação do Ligante Usando o Reômetro de Cisalhamento Dinâmico
20. Dosagem de Solos Estabilizados com Cimento
21. Solos Compactados em Equipamento Miniatura Mini – MCV
22. Estimativa do Teor Mínimo de Cal para Estabilização Química de Solo
23. Análise Granulométrica de Concreto Asfáltico Fresado
24. Determinação do Índice de Degradação de Agregados após Compactação Marshall com Ligante (Complemento ao vídeo enviado como “Determinação do Índice de Degradação de Agregados após Compactação Marshall sem Ligante”)
25. Determinação do Módulo de Resiliência de Misturas Asfálticas Fresadas
26. Verificação da Quantidade de Óxido de Cálcio na Cal Hidratada para Argamassas
27. Determinação do Índice de Degradação após compactação Proctor (IDp) dos Agregados
28. Determinação da Curva Mestre de Ligantes Asfálticos
29. Recuperação Elástica por Torsão de Resíduo de Emulsões Asfálticas Modificadas
30. Análise granulométrica de Cal
31. Dosagem de Mistura asfáltica
32. Coleta de Amostras Deformadas de Solos
33. Análise Granulométrica de Solos (peneiramento)
34. Determinação da Resistência à Compressão Simples de Argamassa de Alta Resistência
35. Determinação dos índices de expansão da calda de cimento para injeção
36. Determinação da Retração de Brita Graduada Tratada com Cimento por Secagem
37. Resistência à Tração por Compressão Diametral de Solos Estabilizados com Cimento
38. Determinação da Durabilidade Através da Perda de Massa por Molhagem e Secagem
39. Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral de Solos Estabilizados com Cal Hidratada
40. Determinação do Módulo de Resiliência de Solo Estabilizado com Cal Hidratada
41. Reciclagem de Pavimento em Usina com Espuma de Asfalto
42. Dosagem de Mistura Asfáltica a Quente com fresado asfáltico estabilizado
43. Compressão Simples de Corpos de Prova Cilíndricos com Material Fresado de Revestimento Asfáltico
44. Compressão Diametral de Corpos de Prova Cilíndricos com Material Fresado de Revestimento Asfáltico



#### 45. Resistência aos Danos por Umidade Induzida de Fresado Asfáltico Estabilizado com Espuma de Asfalto

### 5.3. Etapa C – Validação das Filmagens

Nesta etapa foram validados os 45 vídeos correspondentes a 44 ensaios apresentados anteriormente, por meio de reuniões e discussões após as filmagens, pela equipe do Centro de Pesquisas Rodoviárias da CCR NovaDutra junto com a empresa terceirizada INFRATRANS.

### 5.4. Etapa D – Elaboração de relatórios parciais e finais

Nesta etapa foi elaborado o relatório final com a descrição das atividades durante o período de abrangência supracitado.

## 6. QUADRO RESUMO

No Quadro 6 apresentam-se atividades previstas, atividades executadas e produtos gerados neste período.

Quadro 6: Atividades Previstas, Atividades Executadas e Produtos Gerados no Período de Abrangência de Janeiro de 2021 a Fevereiro de 2022.

<b>Atividades Previstas</b>	<b>Produtos Esperados</b>	<b>Atividades Executadas</b>	<b>Status das Atividades Executadas</b>	<b>Produtos Gerados</b>
<b>A) Preparação e Execução de Ensaios</b>	Organização e preparação do ambiente para filmagem dos ensaios	Calibração de equipamentos, limpeza e preparação dos ambientes de trabalho	Concluídas	Ambientes adequados para a filmagem dos ensaios no laboratório do Centro de Pesquisas Rodoviárias
<b>B) Filmagem dos Ensaios</b>	Vídeos registros dos ensaios de interesse à pavimentação rodoviária, conforme as normativas	Filmagem e edição de 44 ensaios laboratoriais	Concluídas	Vídeos de ensaios para consulta e apoio a outros laboratórios no Brasil
<b>C) Validação das Filmagens</b>	Vídeos bem editados e de acordo com as normativas referenciadas	Avaliação de 44 ensaios laboratoriais filmados	Concluídas	Vídeos registros didáticos e de boa qualidade audiovisual
<b>D) Elaboração de relatórios parciais e finais</b>	Relatórios Parciais Relatório Final	Relatório Final Relatório Resumo de Atividades	Concluídas	Relatório Final

## 7. ANEXOS DO RELATÓRIO PARCIAL

Nos Quadros 7.1 a 7.4 apresentam-se o cronograma físico-financeiro conforme pesquisa realizada.

Quadro 7.1: Cronograma Físico-Financeiro do Projeto para o Ano 2019.

ANEXO V Videoregistro dos ensaios realizados no Centro de Pesquisas Rodoviárias		2019												TOTAL (R\$)
		jan-19	fev-19	mar-19	abr-19	mai-19	jun-19	jul-19	ago-19	set-19	out-19	nov-19	dez-19	
ETAPA A) Preparação e execução dos ensaios	Mão de Obra CPR	4.969	4.969	3.237										13.175
ETAPA B) Filmagem dos ensaios (INFRATRANS)	Ensaio			1	2	3	6	3	3	2	2	2	2	26
	Custo			2.940	5.880	8.820	17.640	8.820	8.820	5.880	5.880	5.880	5.880	76.440
ETAPA C) Validação das filmagens	Mão de Obra CPR			9.610	9.610	8.260	6.313	5.447	5.447	5.447	5.447	5.447	5.447	66.477
ETAPA D) Elaboração de relatórios parciais e final	Mão de Obra CPR						7.341						3.670	11.011
<b>Total ANEXO V</b>		<b>4.969</b>	<b>4.969</b>	<b>15.787</b>	<b>15.490</b>	<b>17.080</b>	<b>31.294</b>	<b>14.267</b>	<b>14.267</b>	<b>11.327</b>	<b>11.327</b>	<b>11.327</b>	<b>14.998</b>	<b>167.103</b>

Quadro 7.2: Cronograma Físico-Financeiro do Projeto para o Ano 2020.

ANEXO V Videoregistro dos ensaios realizados no Centro de Pesquisas Rodoviárias		2020												TOTAL (R\$)
		jan-20	fev-20	mar-20	abr-20	mai-20	jun-20	jul-20	ago-20	set-20	out-20	nov-20	dez-20	
ETAPA A) Preparação e execução dos ensaios	Mão de Obra CPR													0
ETAPA B) Filmagem dos ensaios (INFRATRANS)	Ensaio	5	4	3	4	2	2	3	9	10	10			52
	Custo	14.700	11.760	8.820	11.760	5.880	5.880	8.820	26.460	29.400	29.400			152.880
ETAPA C) Validação das filmagens	Mão de Obra CPR	4.471	4.684	4.530	3.071	3.071	3.071	3.071	3.071	1.536	1.536	1.536	1.536	35.185
ETAPA D) Elaboração de relatórios parciais e final	Mão de Obra CPR						1.996						3.993	5.989
<b>Total ANEXO V</b>		<b>19.171</b>	<b>16.444</b>	<b>13.350</b>	<b>14.831</b>	<b>8.951</b>	<b>10.948</b>	<b>11.891</b>	<b>29.531</b>	<b>30.936</b>	<b>30.936</b>	<b>1.536</b>	<b>5.528</b>	<b>194.054</b>

Quadro 7.3: Cronograma Físico-Financeiro do Projeto para o Ano 2021.

ANEXO V Videoregistro dos ensaios realizados no Centro de Pesquisas Rodoviárias		2021												TOTAL (R\$)
		jan-21	fev-21	mar-21	abr-21	mai-21	jun-21	jul-21	ago-21	set-21	out-21	nov-21	dez-21	
ETAPA A) Preparação e execução dos ensaios	Mão de Obra CPR													0
ETAPA B) Filmagem dos ensaios (INFRATRANS)	Ensaio		26											26
	Custo		76.440											76.440
ETAPA C) Validação das filmagens	Mão de Obra CPR		3.475											3.475
ETAPA D) Elaboração de relatórios parciais e final	Mão de Obra CPR		866											866
Total ANEXO V		-	80.780	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80.780

Quadro 7.4: Cronograma Físico-Financeiro do Projeto para o Ano 2022.

ANEXO V Videoregistro dos ensaios realizados no Centro de Pesquisas Rodoviárias		2022												TOTAL (R\$)
		jan-22	fev-22	mar-22	abr-22	mai-22	jun-22	jul-22	ago-22	set-22	out-22	nov-22	dez-22	
ETAPA A) Preparação e execução dos ensaios	Mão de Obra CPR													0
ETAPA B) Filmagem dos ensaios (INFRATRANS)	Ensaio		18											18
	Custo		52.920											52.920
ETAPA C) Validação das filmagens	Mão de Obra CPR	3.206	269											3.475
ETAPA D) Elaboração de relatórios parciais e final	Mão de Obra CPR	3.896	1.299											5.195
Total ANEXO V		7.102	54.488	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61.590

O Anexo I apresenta as imagens e scripts das filmagens realizadas.

**ANEXO I**

**RESUMO DAS FILMAGENS ELABORADAS PELA INFRATRANS**

**(Período completo da pesquisa)**

## **ENSAIOS DE AGREGADOS**



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Agregados - Determinação da Absorção e da Densidade de Agregado Graúdo

**NORMA: DNER - ME 081/98**

#### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Estufa com capacidade para manter a temperatura entre 105°C a 110°C;
- Tanque ou reservatório impermeável;
- Repartidor de amostras;
- Peneiras de 2,0 mm e 4,75 mm;
- Recipiente ou cesto de arame com abertura de malha de 3,0 mm;
- Pá de amostragem em aço inox com cabo curto e frente reta;
- Balança com precisão de 1,0 g;
- Bandejas metálicas.



- ❖ Coloque o agregado na estufa e deixe secar a uma temperatura entre 105 e 110°C por 24 horas;



- ❖ Coloque o agregado no quarteador lentamente para que haja uma separação equilibrada em duas partes;



- ❖ Coloque a amostra do agregado na peneira 4,75 mm e inicie o processo de peneiramento, desprezando todo o material que passe através dela.



- ❖ Lave o agregado até que a água fique quase cristalina;



- ❖ Coloque o cesto de arame dentro do reservatório de água de forma que esteja acoplado a balança. lembre-se de zera-la novamente.



- ❖ Agora você deve inserir a amostra dentro do cesto e registre o valor pesado na condição submersa



❖ Colocar o material na estufa;



❖ Realizar a pesagem do agregado na condição seca;





## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação da Absorção e da Densidade de Agregado Fino

NORMA: AASHTO T 84-04

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Balança de precisão com sensibilidade de 1,0 g;
- Estufa capaz de manter a temperatura até 200 °C;
- Becker de vidro de 500 ml;
- 03 picnômetros de vidro;
- incubadora ou recipiente para banho maria;
- Molde e soquete
- Pá de amostragem pequena
- Pá de amostragem em aço inox com cabo curto e frente reta
- Proveta graduada
- termômetro de imersão total
- Chapa aquecedora elétrica
- Pincel, becker, funil, papel toalha, cronometro



❖ Encher o picnômetro com água destilada;



❖ Colocar o agregado na estufa e deixe secar a uma temperatura entre 105 e 110 °C por 24 horas;



❖ Quarteamento;



❖ Com auxílio da espátula realize a homogeneização com a água ;



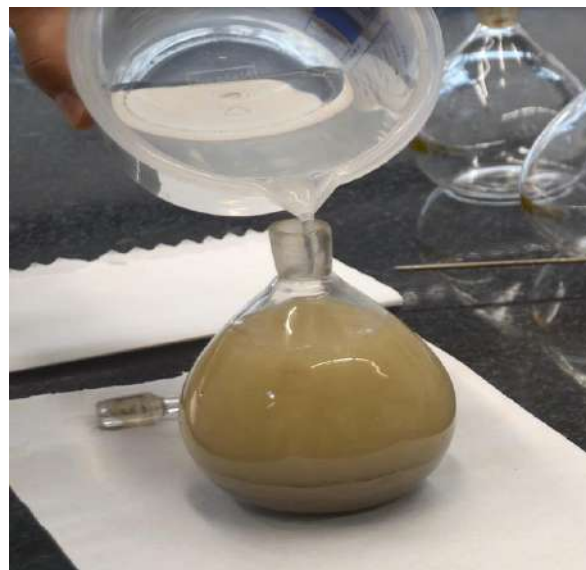
❖ Encha o molde completamente com o material fino;



❖ Com o auxílio do funil, coloque aproximadamente um quarto do material no picnômetro vazio e seco;



- ❖ Levar os picnômetros para incubadora ou deixem em banho maria com temperatura de 25 graus centígrados por 2 horas;



- ❖ Após este período complete totalmente com água cada um dos picnômetros;

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Balança de precisão com sensibilidade de 1,0 g;
- Máquina Los Angeles;
- 12 esferas de aço de aprox. 47,6mm de diâmetro (entre 390 e 445 g de peso);
- Estufa capaz de manter a temperatura até 130°C;;
- Peneiras conforme a norma;
- Pá de amostragem em aço inox com cabo curto e frente reta
- Bandejas;
- Escova de fibra.



Figura 1 – Realizar o processo de peneiramento dos agregados.



Figura 2 – Lavar os agregados até a água ficar cristalina e posteriormente secar na estufa.



**Figura 3** – Despejar os agregados no equipamento “Los Angeles”.



**Figura 4** – Aplicar o número de giros indicado na norma.



**Figura 5** – Realizar novamente o processo de peneiramento dos agregados e determinar a perda.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Ensaio de Durabilidade de Agregado Miúdo e Graúdo por Processo Químico.

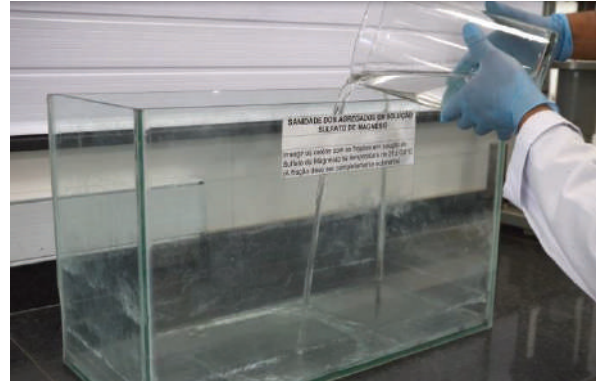
NORMA: AASHTO T-104-03

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Balança com sensibilidade de 1 g;
- Cuba maior que um litro;
- Cesto de arame de abertura de malha de 3,0 mm;
- Bandejas;
- Tanque ou reservatório impermeável;
- Peneiras;
- Pá de amostragem em aço inox com cabo curto e frente reta;
- Termômetro;
- Estufa capaz de manter a temperatura entre 105 °C e 110 °C;
- Solução de sulfato de sódio ou magnésio;
- Bastão de vidro;
- Cloreto de bário;



❖ Coloque o magnésio na cuba e acrescente 1 litro de água destilada na temperatura de 23 °C.



❖ Verter a solução contida na cuba dentro do reservatório de ensaio;



❖ Foi utilizado brita 1 com aproximadamente 2 kilos.



❖ Lavar o material



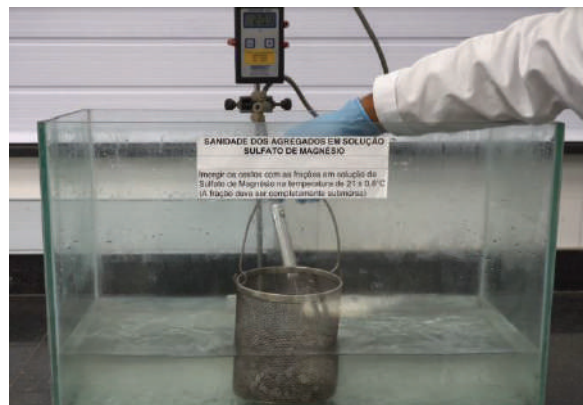
❖ Levar o material para a estufa a uma temperatura de 110° C o tempo suficiente para a secagem;



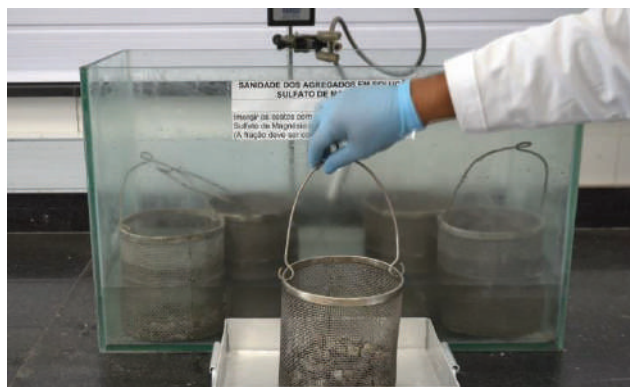
❖ Retirar o material da estufa e deixar esfriar a temperatura ambiente;



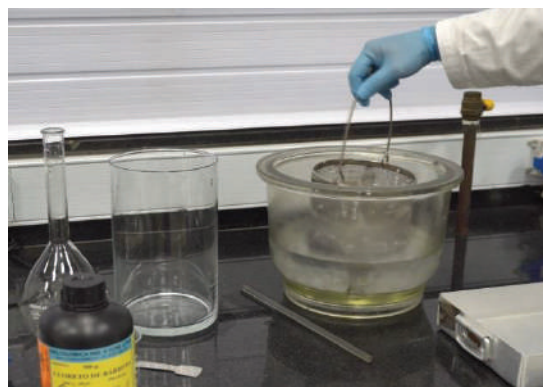
❖ Processo de peneiramento;



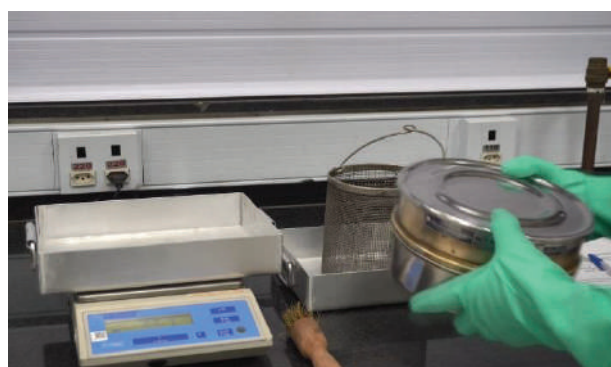
❖ Submerja o cesto na solução na temperatura de 21 (+/-0,8)°C, de modo que a solução cubra todos os agregados, por 18 horas;



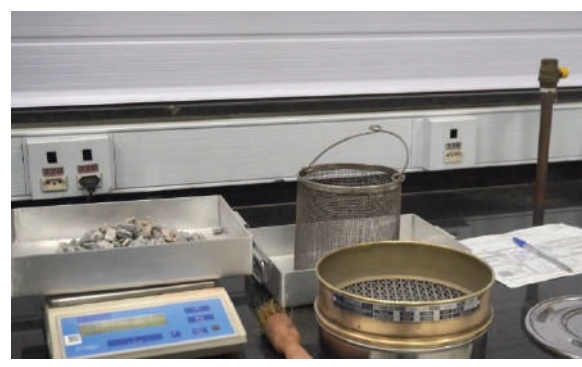
❖ Após 18 horas retirar o cesto e levar para a estufa para secagem;



❖ Lavar com cloreto de sódio;



❖ Peneiração dos agregados;



❖ Por ultimo realize a pesagem dos agregados.





## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação do Equivalente de Areia de solos ou Agregado Miúdo

NORMA: NBR 12052

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

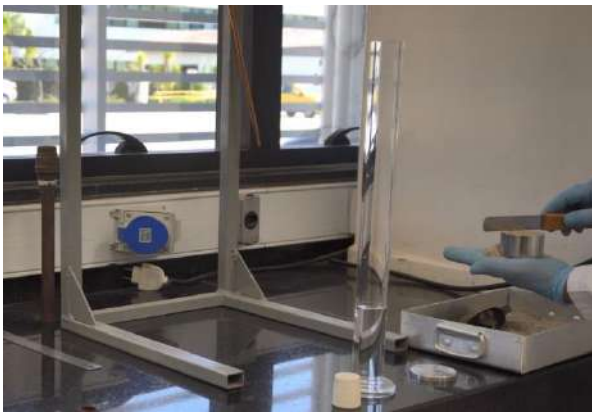
- Peneiras de 4,8 mm;
- Proveta cilíndrica transparente de vidro ou plástico, de 32 mm de diâmetro interno e de 43 cm de altura, graduada de 2 mm em 2 mm;;
- Tubo lavador de cobre ou latão, de 6,40 mm de diâmetro externo e 50 cm de comprimento, com extremidade inferior fechada em forma de cunha;
- Garrafão com capacidade de 5 litros;
- Mangueira de borracha de 5 mm de diâmetro interno;
- Pinça de Mohr;
- Pistão constituído por haste metálica de 46 cm de comprimento com sapata cônica de 25,4 mm de diâmetro;
- Bandejas de ferro galvanizado;
- Pá de mão de cano curto de forma reta;
- Recipiente de vidro, balão volumétrico de 1,0 litro e pisseta;



❖ Solução concentrada, completando no total 5 litros.



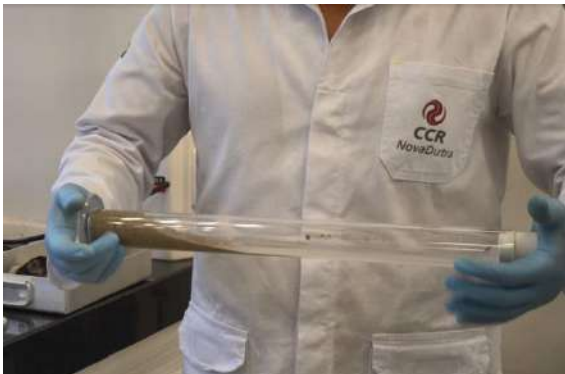
❖ Peineira de 4,8 milímetros. Entre 500 a 700 gramas.;



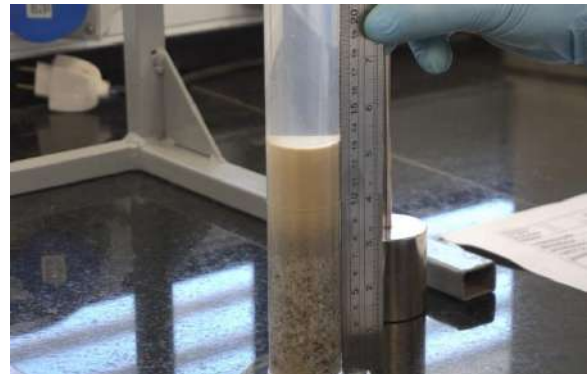
❖ Colocar a amostra no recipiente de medida, cerca de 110 g. de amostra solta;



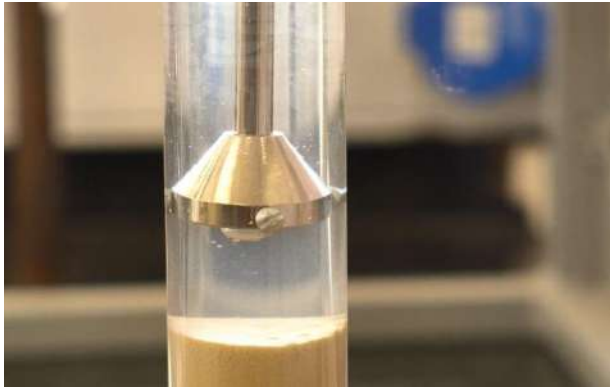
❖ Verter a amostra do solo dentro do tubo;



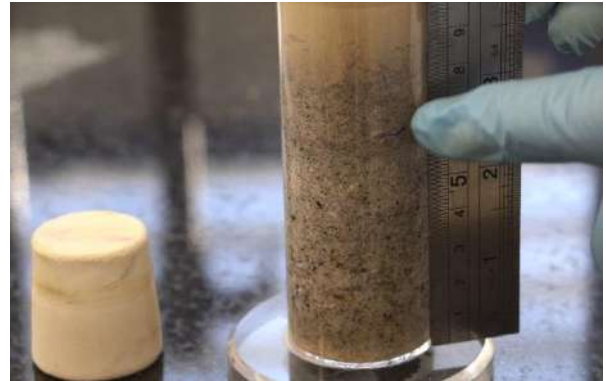
❖ Agitar vigorosamente a proveta no sentido horizontal em movimentos alternados de vaivém;



❖ Deixar a proveta em repouso durante 10 minutos.



❖ Introduzir o pistão cuidadosamente na proveta até assentar completamente na areia;



❖ Registre a leitura correspondente ao nível superior da areia

NORMA: DNER-ME 083/98

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Agitador mecânico de peneiras;
- Balanças com capacidade para 20 kg com precisão de 1,0 g;
- Estufa com capacidade para manter a temperatura entre  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ;
- Bandeja metálica de 35 cm x 25 cm x 5 cm;
- Escovas apropriadas para limpeza de peneiras;
- Repartidores de amostra.



Previamente a amostra de agregado deve ser reduzida pelo processo de quartejamento.



Escolha o conjunto de peneiras especificadas conforme ao caso pertinente



Realizar a pesagem dos agregados.



Realizar o peneiramento com o agitador mecânico de peneiras por um período suficiente para que aconteça a completa desagregação dos agregados

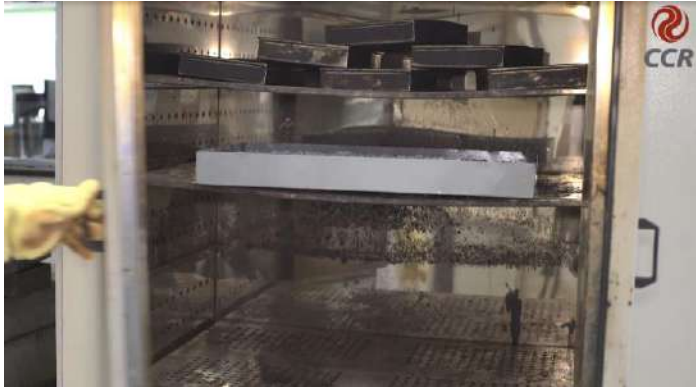


Prosseguir à pesagem das partículas retidas em cada peneira

**NORMA: DNIT - 425/2020 - ME**

### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Estufa com capacidade para manter a temperatura entre 105°C a 110°C;
- Repartidor de amostras;
- Balança com precisão de 1,0 g;
- Peneiras de diversas aberturas de malha conforme indica a norma;
- Agitador mecânico de peneiras;
- Pá de amostragem em aço inox com cabo curto e frente reta;
- Balança com precisão de 1,0 g;
- Bandejas metálicas;
- Paquímetro.



❖ Coloque o agregado na estufa e deixe secar a uma temperatura entre 105 e 110°C por 24 horas;



❖ Coloque o agregado no quarteador lentamente para que haja uma separação equilibrada em duas partes;



❖ Iniciar o processo de peneiramento;



❖ Pesagem do agregado retido em cada peneira;



❖ Separe o material em 4 partes, escolha uma delas e separe



❖ inicie as medições de comprimento e espessura para cada grão selecionado até que complete 200 medições



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Caracterização de Partículas Planas, Partículas Alongadas ou Planas e Alongadas no Agregado Graúdo .

NORMA: ASTM D 4791 - 05

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Peneiras de 9,5 - 12,5 - 19,0 - 25,0 - 37,5 - 50,0 - 63,0 - 75 - 90 a 150,0 mm;
- Repartidores de amostras;
- Paquímetro proporcional;
- Pá de amostragem em aço inox com cabo curto e frente reta;
- Bandejas de ferro galvanizado;





❖ Processo de quarteamento;



❖ Realizar o peneiramento;



❖ Deslize o agregado no maior lado entre o braço de alavanca e a fileira dos 4 postes proporcionais



❖ Repetir esta medição com o outro lado;



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Agregados - Porcentagem de Vazios de Agregados Miúdos Não Compactado

**NORMA: AASHTO-T 304/04**

#### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

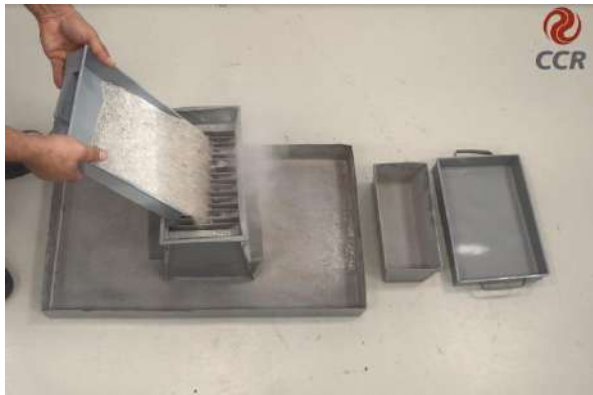
- Estufa com capacidade para manter a temperatura entre 105°C a 110°C;
- Repartidor de amostras;
- Peneiras conforme descrito na norma;
- Balança com precisão de 1,0 g;
- Cilindro metálico calibrado;
- Funil metálico;
- Suporte para o funil;
- Pá de amostragem em aço inox com cabo curto e frente reta;
- Paquímetro;
- Bandejas metálicas.



❖ Registra-se o peso do cilindro vazio



❖ Realize três medições da altura do cilindro e calcule a média;



❖ Realiza-se o quartejamento do agregado;  
❖



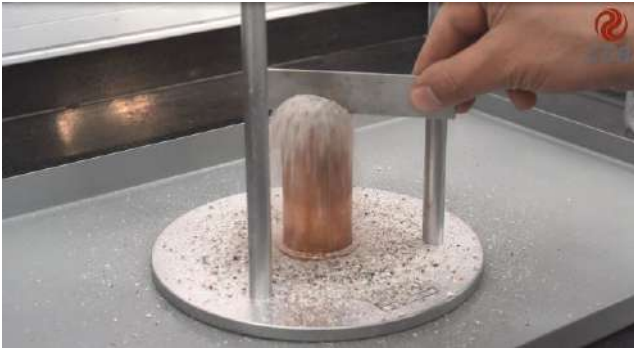
❖ Lave o agregado até a água ficar cristalina;



❖ Coloque o agregado na estufa e deixe secar a uma temperatura entre 105 e 110°C por 24 horas;



❖ Realize o peneiramento do agregado e registre o peso retido de cada peneira, após isso homogeneizar;



❖ Despeje o excesso do material do cilindro, até rasar o topo do cilindro;



❖ Realize a pesagem do cilindro + agregado;

## Determinação do Ataque do Ácido Clorídrico em Agregado Calcário

### METODOLOGIA: GRUPO CCR

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Peneiras de 9,5 mm e 4,8 mm;
- Balanças com capacidade para 200 g, com precisão de 0,01 g;
- Béquer de 400 ml e 250 ml;
- Bandeja metálica de 35 cm x 25 cm x 5 cm;
- Pá metálica de cano curto.



Figura 1 - Equipamentos Necessários.



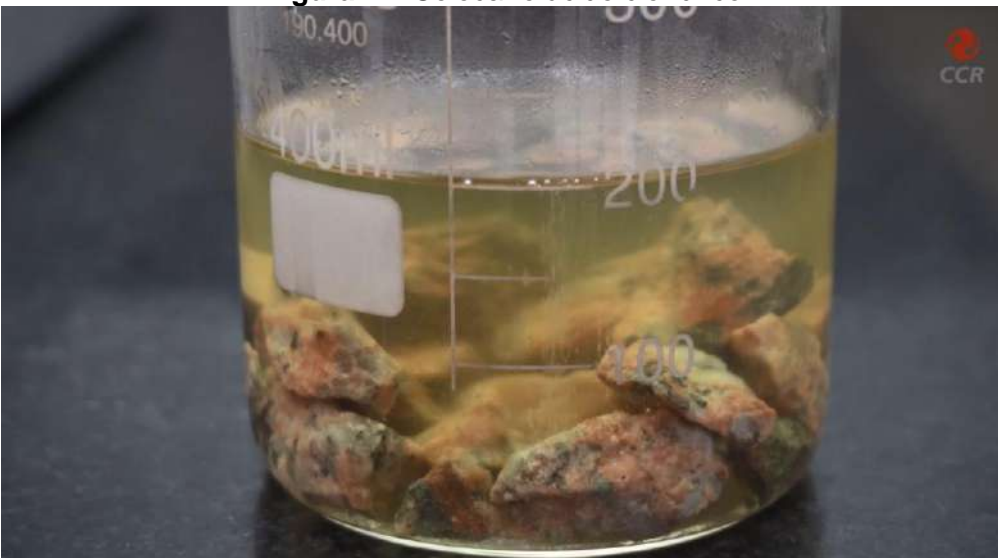
Figura 2 – Colocar uma pequena porção de agregados no béquer de 400 ml.



**Figura 3** – Colocar o ácido clorídrico de forma que cubra totalmente a porção de agregados



**Figura 4** – Colocar o ácido clorídrico



**Figura 4** – De existir a liberação de água e gás carbônico o agregado não é adequado para compor um CBUQ.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Agregados - Determinação da Massa Unitária e do Volume de Vazios de Agregados Sem Compactar

**NORMA: NBR NM - 45/2006**

#### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Estufa com capacidade para manter a temperatura entre 105°C a 110°C;
- Haste de adensamento com extremidade semi-esférica (16 x 600 mm);
- Balança com precisão de 1,0 g;
- Régua metálica com comprimento mínimo de 50 cm.;
- Recipiente metálico cilíndrico, rígido e com alças, com o volume de acordo descrito na norma;
- Pá de amostragem em aço inox com cabo curto e frente reta;
- Bandejas metálicas.



❖ Registra-se o peso do cilindro vazio



❖ Realize três medições da altura do cilindro e calcule a média;



❖ Realize três medições do diâmetro do cilindro e calcule a média;



❖ Coloque o agregado na estufa e deixe secar a uma temperatura entre 105 e 110°C por 24 horas;



❖ Despeje o material no cilindro distribuídamente, até atingir um pouco a cima do topo do cilindro, após isso, rase a superfície do cilindro com a aste.



Realize a pesagem do cilindro + agregado;



**NORMA: NBR NM - 45/2006**

**EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Estufa com capacidade para manter a temperatura entre 105°C a 110°C;
- Haste de adensamento com extremidade semi-esférica (16 x 600 mm);
- Balança com precisão de 1,0 g;
- Régua metálica com comprimento mínimo de 50 cm.;
- Recipiente metálico cilíndrico, rígido e com alças, com o volume de acordo descrito na norma;
- Pá de amostragem em aço inox com cabo curto e frente reta;
- Bandejas metálicas.



❖ Registra-se o peso do cilindro vazio



❖ Realize três medições da altura do cilindro e calcule a média;



❖ Coloque o agregado até 1/3 da altura do cilindro e solte livremente 25 vezes a haste metálica sobre a superfície do agregado, proporcionalmente em toda a área;



❖ Coloque o restante do agregado e solte livremente 25 vezes a haste metálica sobre a superfície do agregado, proporcionalmente em toda a área;



❖ Despeje o material no cilindro distribuídamente, até atingir um pouco a cima do topo do cilindro, após isso, rase a superfície do cilindro com a aste.



Realize a pesagem do cilindro + agregado;



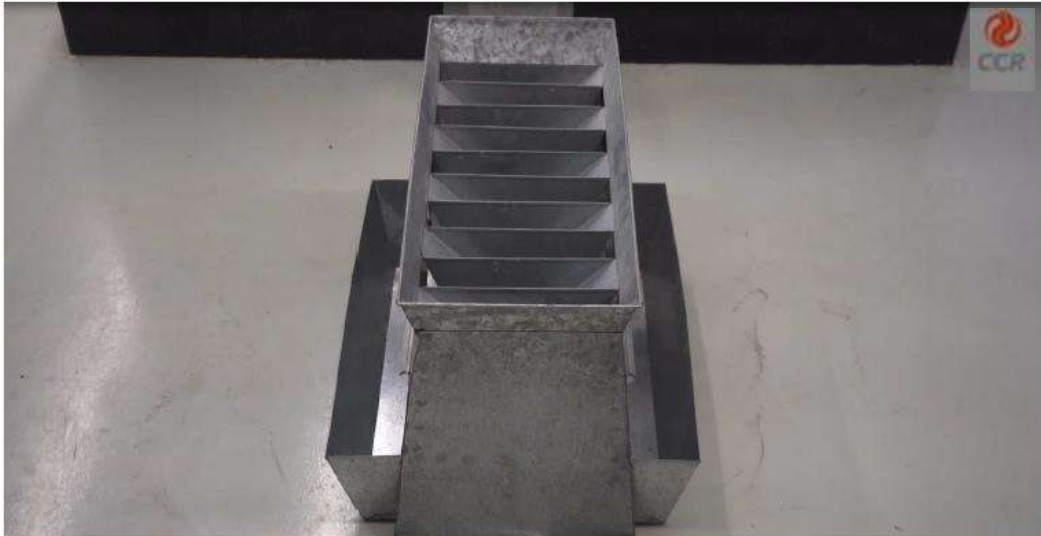
## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Redução de Amostra de Campo de Agregados para Ensaio de Laboratório

NORMA: DNER - PRO 199/96

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Separador;
- Três gavetas;
- Pá côncava e reta;



**Figura 1** – Equipamento para a realização do quarteamento.



**Figura 2** – Ensaio de quarteamento com agregado graúdo, divisão da amostra de agregado para obter a quantia necessária.



**Figura 3** – Amostra pós quarteamento para a realização da granulometria.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação do Índice de Degradação Após Compactação Proctor dos Agregados

**NORMA: DNER-ME 398/99**

#### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Estufa com capacidade para manter a temperatura a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ;
- Balanças para 20 kg, com precisão de 1,0 g, para ; kg, com precisão de 0,1 g;
- Peneiras de 25 mm, 19 mm, 9,5 mm, 4,8 mm, 2,0 mm, 0,42 mm e 0,074 mm;
- Molde cilíndrico metálico de  $15,24 \pm 0,05$  cm de diâmetro interno e  $17,78 \pm 0,02$  cm de altura;
- Repartidor de amostras de 1,3 cm e 2,5 cm de aberturas;
- Disco espaçador metálico;
- Soquete de compactação de aço, com 4.536 g de massa e altura de queda de 45,72 cm;
- Base de Compactação;
- Espátulas e colher de metal com capacidade entre 30 a 50 ml e cabo de 25 cm;
- Bandejas metálicas de 50 cm x 30 cm x 5 cm;
- Régua biselada;
-



**Figura 1** – Realizar o peneiramento dos agregados.



**Figura 2** – Pesagens individuais da granulometria padrão das amostras de rocha.



**Figura 3** – Realizar a homogeneização dos agregados.



**Figura 4** – Realizar a compactação no molde com disco espaçador em 5 camadas iguais.



**Figura 5** – Rasar o excesso do material com a régua de aço biselada.



**Figura 6** – Desformar o material para a realização da granulometria individual.



**Figura 7** – Realizar a granulometria final para obter o índice de degradação.





## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação do Índice de Degradação de Agregados Após compactação Marshall com Ligante



**NORMA: DNER-ME 401/99**

#### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 200°C;
- Balanças para 5.000 g, com precisão de 1,0 g;
- Peneiras de 25 mm, 19 mm, 9,5 mm, 4,8 mm e 2,0 mm;
- Molde de compactação e compressão de aço;
- Misturador mecânico;
- Chapa elétrica ou fogareiro a gás;
- Soquete de compactação de aço, com 4.540 g de massa e altura de queda de 45,72 cm;
- Base de Compactação e extrator de corpos de prova;
- Espátulas e colher de metal com capacidade entre 30 a 50 ml e cabo de 25 cm;
- Mufla com capacidade de alcançar a temperatura mínima de 540°C;
- Vasilhas metálicas perfuradas próprias para esta finalidade;
- Acessórios para manuseio das vasilhas perfuradas;
- Bandejas metálicas de 50 cm x 30 cm x 5 cm e recipientes cilíndricos.



**Figura 1** – Realizar o peneiramento dos agregados.



**Figura 2** – Pesagens individuais da granulometria padrão das amostras de rocha.



**Figura 3** – Despejar os agregados previamente aquecidos no recipiente de mistura



**Figura 4** – Realizar a compactação com o equipamento Marshall com 75 golpes por face.



**Figura 5** – Após a extração, destorrear do corpo de prova



**Figura 6** – Proceder à extração do betume por combustão em forno de alta temperatura.



**Figura 7** – Processo de peneiramento manual.

## Determinação do Índice de Degradação de Agregados após Compactação Marshall sem Ligante

NORMA: DNER-ME 401/99

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 200°C;
- Balanças para 5.000 g, com precisão de 1,0 g;
- Peneiras de 25 mm, 19 mm, 9,5 mm, 4,8 mm e 2,0 mm;
- Molde de compactação e compressão de aço;
- Repartidor de amostras de 1,3 cm e 2,5 cm de aberturas;
- Chapa elétrica;
- Soquete de compactação de aço, com 4.540 g de massa e altura de queda de 45,72 cm;
- Base de Compactação;
- Termômetro;
- Espátulas e colher de metal com capacidade entre 30 a 50 ml e cabo de 25 cm;
- Bandejas metálicas de 50 cm x 30 cm x 5 cm;
- Recipientes cilíndricos;



Realizar o peneiramento dos agregados.



Pesar os agregados componentes da mistura no recipiente.



Colocar o papel filtro no fundo do molde de diâmetro interno de 100 milímetros e Despejar os agregados dentro do molde.



O número de golpes do compactador Marshall deve ser 50 de cada lado do corpo de prova.



Desagregar os agregados compactados dentro de uma bandeja. Despejar os agregados sobre a mesma série de peneiras utilizadas na preparação das amostras e realizar o processo de peneiramento manual.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Detecção Qualitativa de Argilas Prejudiciais em Agregados Utilizando Azul de Metileno.

NORMA: AASHTO TP 57-06

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

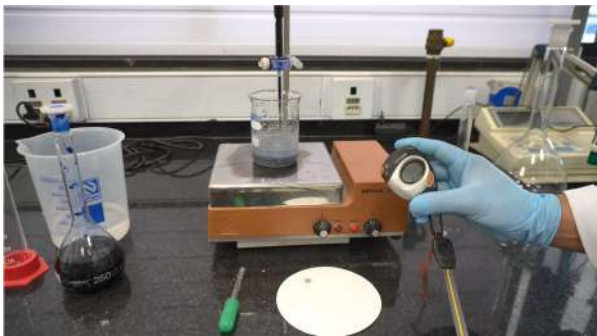
- Bureta com capacidade de pelo menos 50 ml e graduação de 0,1 ml;
- Pipeta de vidro de 250 mm de comprimento e 8 mm de diâmetro;
- Frasco volumétrico de 1000 ml;
- Becker de 250 ml;
- Balança com sensibilidade de 1,0 g;
- Agitador magnético com bastão misturador;
- Peneira de 75 micro (No 200);
- Cronômetro;
- Bastão amassador;
- Papel filtro whatman No2 ou No 40;
- Azul de metileno.



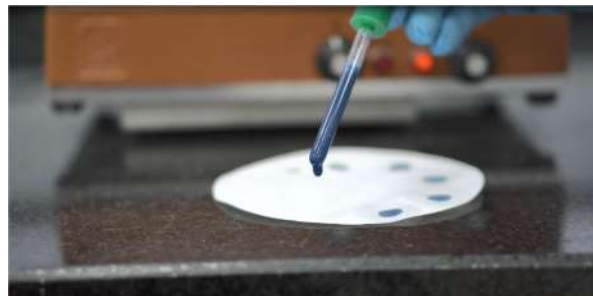
❖ Coloque 10 g +/- 0,05g da amostra no Becker;



❖ Com a solução já preparada coloque aproximadamente 25 ml na bureta



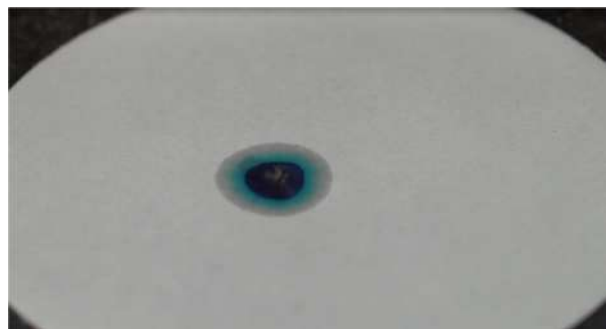
❖ Após um minuto retire uma gota da amostra com uma pipeta de vidro e deixe cair sobre o papel filtro;



❖ Observar a formação de uma coroa azul claro ao redor da gota sobre o papel filtro, caso não se formar continue adicionando a solução de azul de metileno com incrementos de 0,5 mililitros e agitação de 1 minuto por cada incremento;



❖ A fim de confirmar o sucesso do ensaio, deixar o material em agitação por 5 minutos mais. Retire novamente uma gota do material;



❖ Verta a gota sobre o papel filtro, de se confirmar a formação da coroa azul claro o ensaio se dá por finalizado.





## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Verificação da Adesividade a Ligante Asfáltico com Agregado Graúdo

NORMA: ABNT NBR 12583

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Peneiras de 19 mm e 12,5 mm, inclusive com tampa e fundo;
- Fogão ou outra fonte de calor;
- Balança com capacidade de 1 kg e sensibilidade de 0,1 g;
- Estufa capaz de manter a temperatura em torno de 40 °C, 60 °C, 100 °C e 120 °C;
- Becker de vidro, com capacidade de 250 ml;
- Placa de vidro de superfície lisa ou papel siliconado;
- Termômetro de 0 °C a 200 °C, graduado em 1 °C;
- Espátula de aço inoxidável, com lâmina de aproximadamente 20 cm de comprimento;
- Cesta de arame de abertura de malha de 3,0 mm;
- Tanque ou reservatório impermeável;
- Bandejas.



❖ Colocar a amostra de agregados sobre o conjunto de peneiras;



❖ Lavar com água a amostra de agregados;



❖ Colocar a amostra de agregados dentro do cesto de arame;



❖ Realizar a secagem na estufa;



❖ Adicionar o ligante aos agregados;



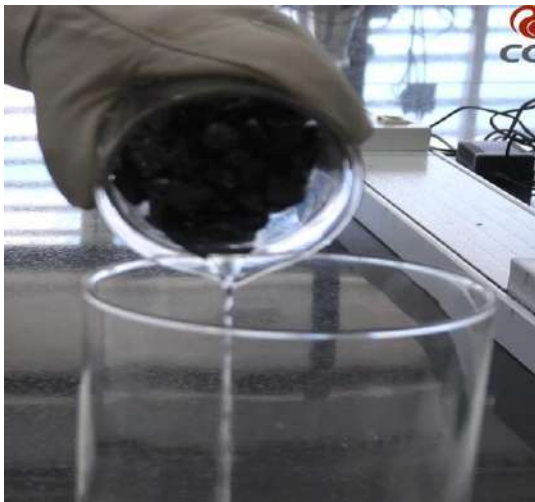
❖ Cobrir totalmente os agregados com o ligante.



- ❖ Cobrir totalmente os agregados com água destilada;



- ❖ Colocar na estufa por um período de três dias a uma temperatura de 40° C.



- ❖ Retirar a água da amostra e espalhá-la sobre a placa de vidro;



- ❖ O material é desaprovado se apresentar desprendimento do ligante no agregado.

**Agregado - Reatividade Álcali-Agregado: Determinação da Expansão em Barras de Argamassa pelo Método Acelerado**

**NORMA: ABNT NBR 15577 - 4 / 2009**

**EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Estufa ventilada ou banho termostático até 80°C;
- Balanças para 1.000 g, com precisão de 0,1 g;
- Peneiras de 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 600 µm, 300 µm e 150 µm;
- Moldes prismáticos;
- Misturador mecânico;
- Barra padrão para verificação do comparador de comprimento;
- Soquete de material não absorvente
- Paquímetro;
- Espátulas;
- Recipientes metálicos.



**Figura 1 - Equipamentos Necessários.**



**Figura 2 – Pesar as frações dos agregados especificados na norma.**



**Figura 3** – Misturar os agregados e cimento no misturador mecânico.



**Figura 4** – Colocar a argamassa nas formas prismáticas.



**Figura 5** – Colocar as vigas prismáticas dentro da solução e posteriormente realizar as medições.

## **ENSAIOS DE LIGANTES ASFÁLTICOS**



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Materiais Asfálticos - Determinação da Densidade Relativa e da Massa Específica do Ligante Asfáltico

**NORMA: DNER 193/96 - ME**

#### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 200°C;
- Picnômetros de vidro resistentes ao calor;
- Reservatório de banho d'água de temperatura constante;
- Termômetro de vidro, do tipo de imersão total;
- Balança com precisão de 1,0 mg ;
- Béquers de vidro.



❖ Aquecer a amostra do ligante asfáltico a uma temperatura de 55 °C do ponto de amolecimento do ligante;



❖ Registre o peso do pignometro vazio;



❖ Registre o peso do pignometro + água;



❖ Colocar o ligante dentro do pignometro;



❖ Deixar a amostra na incubadora a uma temperatura de 25°C



❖ Registre o peso do pignometro + o ligante asfáltico;

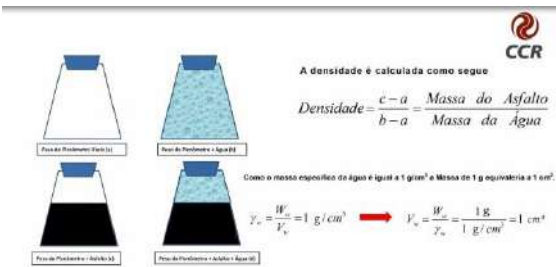




❖ Complete o pignometro com água destilada na sua totalidade



❖ Registre o peso do pignometro + Ligante asfáltico + água;



❖ Agora já tem os dados suficientes para realizar os cálculos.



❖ Imagem realizada com Drone.



## COLABORADORES

**JOSÉ HERZEN SALGADO ALVES**

Presidente da Concessionária

**WILSON GERALDO FRANÇA**

Superintendente de Engenharia

**VALÉRIA CRISTINA DE FARIA**

Coordenadora do Centro de Pesquisas Rodoviárias

**LUIS MIGUEL GUTIÉRREZ KLINSKY**

Pesquisador do Centro de Pesquisas Rodoviárias

**MÁRCIA HELENA LEAL E MARCO SALLES CHAMOUTON**

Engenheiros do Centro de Pesquisas Rodoviárias

Técnicos

**GERALDO PEREIRA**

**JOSPE CARLOS GALVÃO DA CRUZ**

**ANTÔNIO DONIZETE LEAL**

**GERALDO CLETO DAMASCENO**

**NELSON MATIAS**

**CÉSAR MARQUES VIANA**

**RONALDO APARECIDO DOS SANTOS**

**DANIELSON GOMES DE SOUZA**

**ALESSANDRA DOS SANTOS MENDES**

**JÚLIA FRIGGI DE OLIVEIRA**



EMPRESAS COLABORADORAS  
**PROF. DR. GUILLERMO MONTESTRUQUE**  
Coordenação e Roteiros

**CENTRO DE PESQUISAS RODVIÁRIAS (CPR)**  
Santa Isabel, São Paulo, Brasil



NORMA: DNIT - 031 / 2006

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 200°C;
- Termômetro de haste;
- Chapa eléctrica capaz de aquecer até 180°C;
- Béquer de 500 ml;
- Recipiente para aquecer o ligante asfáltico.

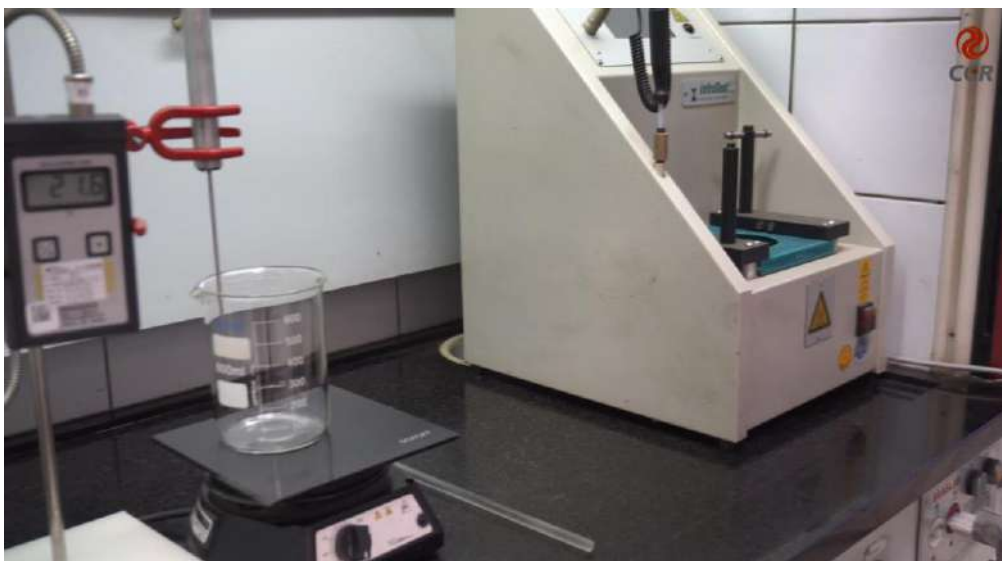


Figura 1 - Equipamentos Necessários.



Figura 2 – Verter aproximadamente 300g do ligante.



Figura 3 – Acompanhar no termômetro o incremento da temperatura.



Figura 4 – Observar se o ligante apresenta a formação de espuma na superfície.



Figura 5 – O ligante não deve apresentar a formação de espuma na superfície.

**NORMA: DNIT 155/2010 - ME**

**EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 200°C;
- Penetrômetro;
- Agulha de penetração;
- Recipiente de penetração;
- Cuba de transferência;
- Termômetro de imersão total;
- Cronômetro;
- Incubadora ou recipiente para banho maria;
- Béquer de vidro.



❖ Aquecer a amostra do ligante asfáltico em estado sólido a uma temperatura de 135 °C;



❖ Colocação do ligante asfáltico fluido dentro do recipiente de penetração;



❖ Levar a amostra para uma incubadora para na temperatura entre 15 a 30°C;



❖ Colocar o recipiente de penetração dentro do equipamento de penetração;



❖ Preencher o segundo recipiente com água destilada a uma temperatura de 25°C



❖ Solte a agulha de penetração por um tempo de 5 segundos e volte a travar o dispositivo. Registre a penetração em décimos de milímetros. Repita este procedimento em outros 2 pontos mais.

**NORMA: DNIT 131/2010 - ME**

**EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 200°C;
- Anéis de latão;
- Bolas de aço, com massa entre 3,5 g e 3,55 g com diâmetro de 9,50 mm;
- Guias das bolas de aço;
- Suporte de latão;
- Bico de bunsen;
- Termômetro;
- Espátula metálica plana;
- Recipiente para banho maria;
- Béquer de vidro.



❖ Aquecer a amostra do ligante asfáltico a uma temperatura de 55 °C do ponto de amolecimento do ligante;



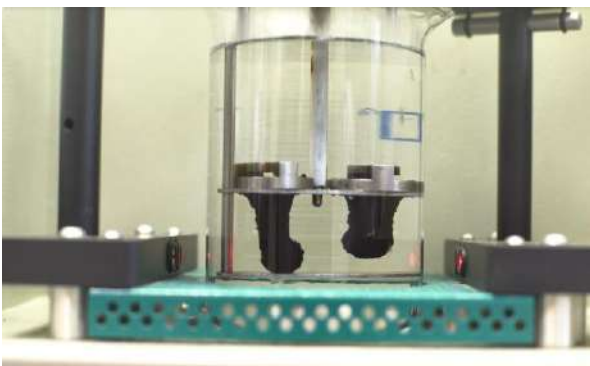
❖ Colocação do ligante asfáltico dentro do aninho;



❖ Retirada do excesso do ligante com espátula aquecida;



❖ Montagem do sistema: aninho + esfera ;



❖ Alongamento do ligante asfáltico devido ao peso das esferas;



❖ Registro dos resultados;



**Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária**

**Determinação dos Pontos de Fulgor e de Combustão  
em Vaso Aberto Cleveland para Produtos de Petróleo**

**NORMA: ABNT NBR 11341 / 2000**

### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Equipamento de vaso aberto Cleveland;
- Dispositivo de medida de temperatura (Termômetro) ;
- Fonte de gás natural;
- Estufa capaz de manter a temperatura até 200 °C;
- Becker de vidro de 400 ml.;
- Pinça.





**Figura 1** – Coloca-se a amostra de CAP no equipamento do ponto de fulgor.



**Figura 2** – Aquece-se amostra de CAP, este material libera voláteis, estes ocasionam a combustão a determinada temperatura.



**Figura 3** – Combustão da amostra de CAP.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS LIGANTES ASFÁLTICOS

RECUPERAÇÃO ELÁSTICA POR TORÇÃO DE LIGANTES ASFÁLTICOS MODIFICADOS  
NORMA: NLT-329/91

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS:

- Equipamento de torção
- Forma Cilíndrica
- Agulha Indicadora
- Termômetro
- Cronômetro
- Estufa
- Bequer
- Água Destilada ou Deionizada



❖ Aquecer a amostra do ligante asfáltico a uma temperatura de 55 °C do ponto de amolecimento do ligante;



❖ Após montado o equipamento de torção, verta o ligante asfáltico dentro da forma cilíndrica;



❖ Preencher água destilada a uma temperatura de 25°C ;



❖ Após 90 minutos gire o passador em sentido horário de a 180 °C



❖ Realize a leitura da agulha indicadora sobre o semicírculo;

$$R_c = \frac{\text{Ângulo Recuperado} \times 100}{180}$$

A leitura final do ensaio é o ângulo recuperado;

## Destilação a Vapor de Filmes Asfálticos

NORMA: ASTM-D-255-92

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Gerador de Vapor, metal ou vidro com capacidade de aproximadamente 7.600 cm<sup>3</sup>;
- Balão de destilação, 1.000 cm<sup>3</sup>;
- Dispositivo para condução de entrada e saída do vapor;
- Manta aquecedora;
- Termômetro;
- Condensador;
- Bico de saída do condensador;
- Bico bunsen;
- Adaptador para condução da água condensada;
- Proveta Graduada;
- Funil separador;
- Balança para 5.000 g, com precisão de 1,0 g.

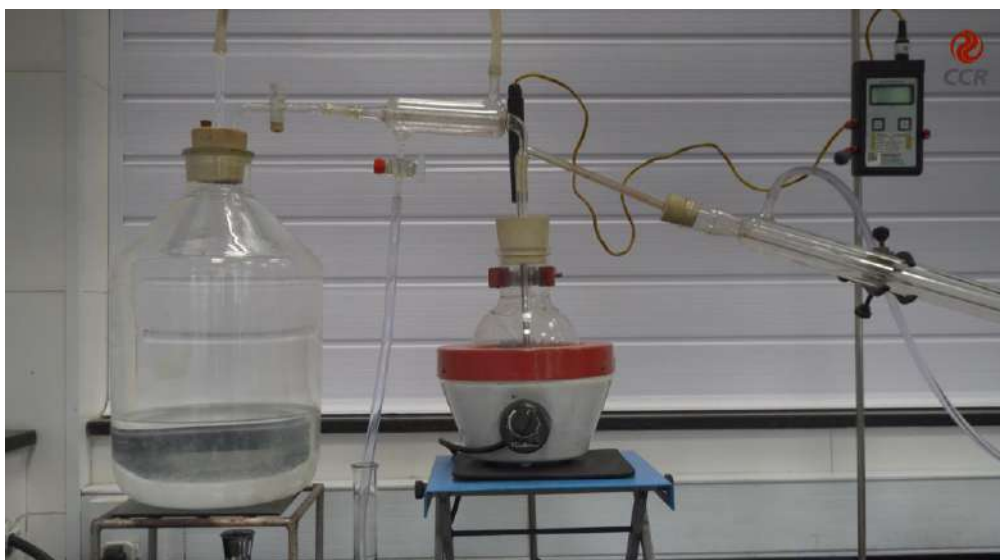


Figura 1 - Equipamentos Necessários.

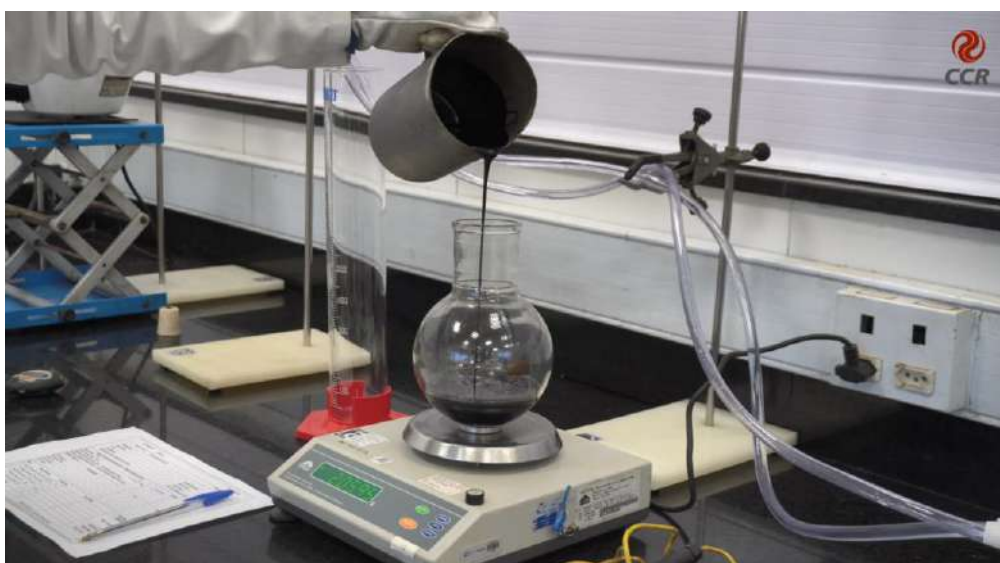
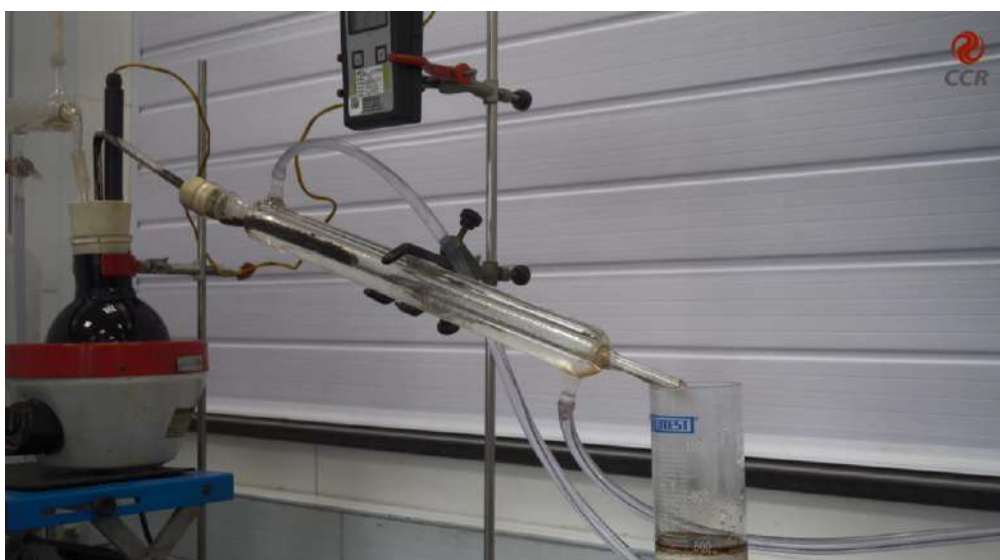


Figura 2 – Verter aproximadamente 300g do ligante.



**Figura 3** – Com auxílio do maçarico aquecer a água até ferver.



**Figura 4** – Colete até 800 cm<sup>3</sup> do vapor de água condensada.



**Figura 5** – Registrar o peso do ligante



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Materiais Asfálticos - Determinação da Viscosidade em Temperaturas Elevadas Usando um Viscosímetro Rotacional

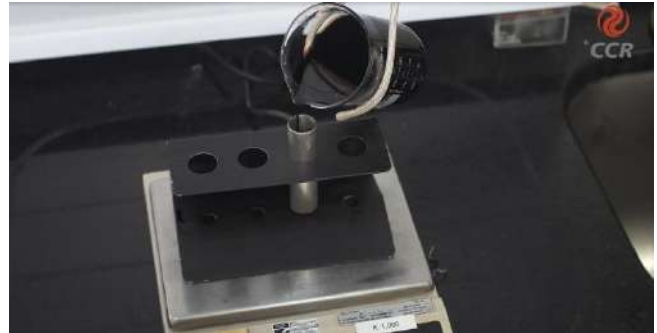
**NORMA: NBR 15184/2004**

#### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 200°C;
- Viscosímetro Rotacional;
- Haste e "Spindle";
- Recipiente térmico com temperatura controlada ;
- Termômetro de vidro, do tipo de imersão total;
- Balança com precisão de 0,1 g;
- Cubeta metálica;
- Suporte para cubeta metálica.



❖ Aquecer a amostra do ligante asfáltico a uma temperatura de 55 °C do ponto de amolecimento do ligante;



❖ Verter o ligante dentro da cubeta e pesar;



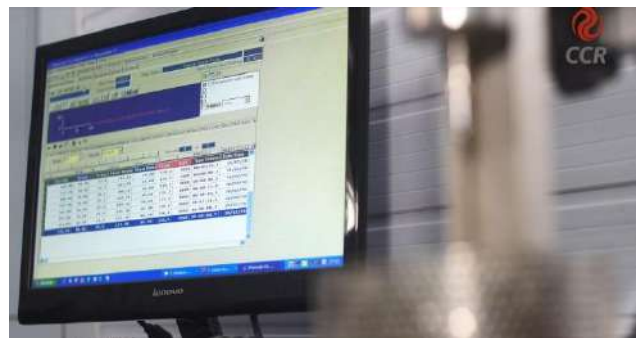
❖ Equipamento utilizado: Viscosímetro rotacional Brookfield;



❖ Inserir a cuba metálica no viscosímetro;



❖ Colocar splinge que desenvolvera o torque em função do tipo de ligante;



❖ Os dados dos resultados são armazenados e apresentados no computador.

**Asfalto Borracha - Propriedades Reológicas de Materiais  
não Newtonianos por Viscosímetro Rotacional**

**NORMA: ABNT NBR 15529 / 2007**

**EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Viscosímetro rotacional tipo Brookfield;
- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 200°C;
- Câmara de amostra com temperaturas controladas
- Balanças para 5.000 g, com precisão de 0,1 g;
- Cuba metálica;
- Suporte de cuba metálica;
- Spindle N° 3.

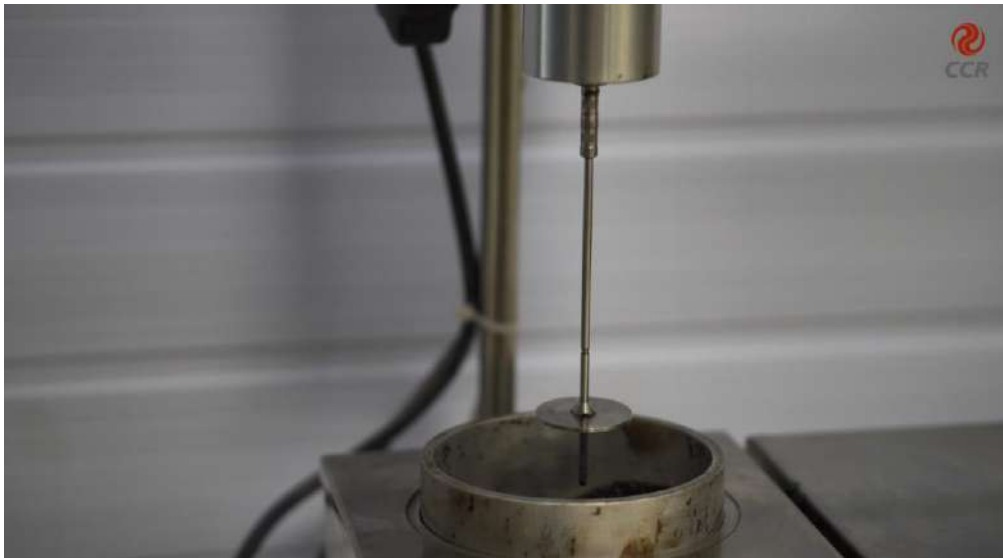


**Figura 1 - Equipamentos Necessários.**

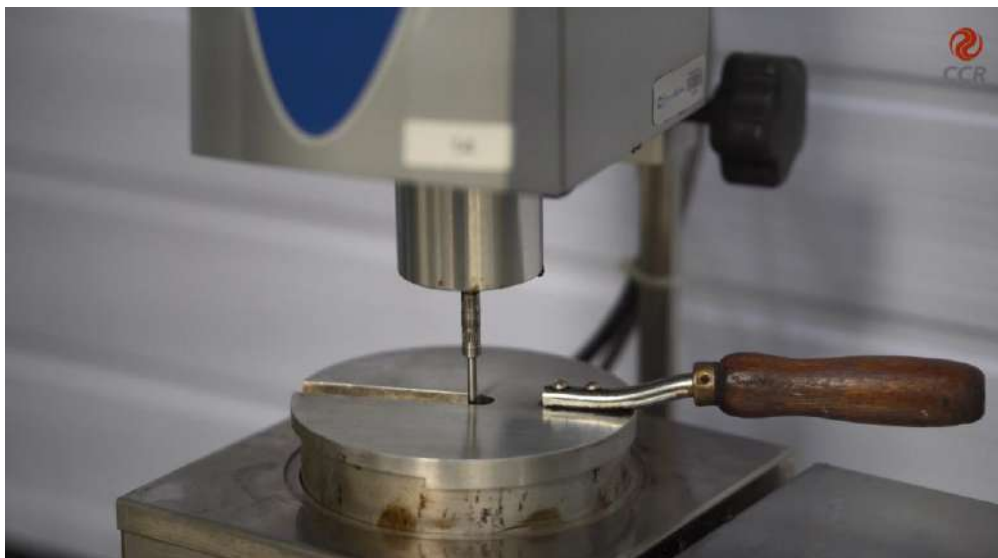


**Figura 2 – Aquecer o ligante na temperatura até 200°C.**

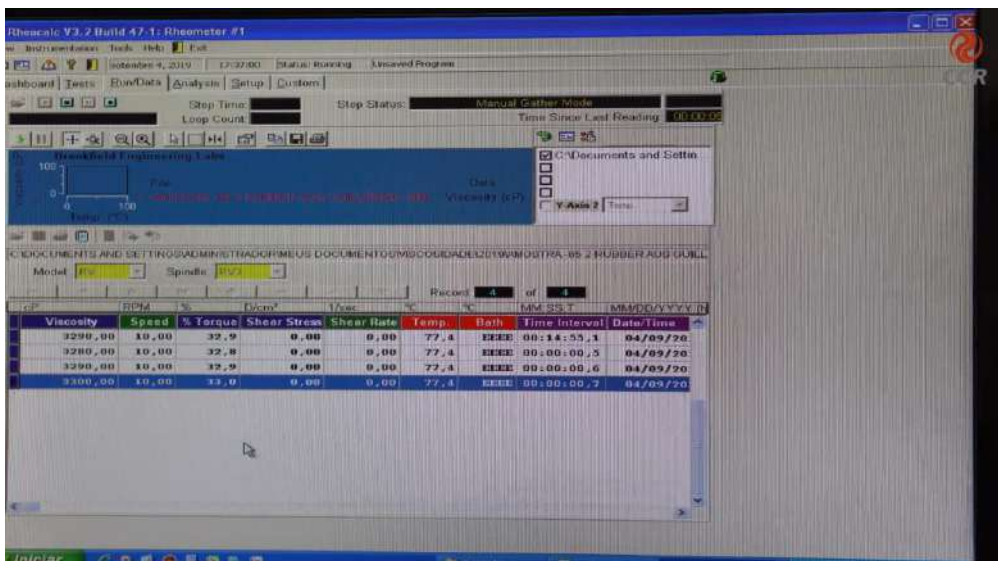




**Figura 3 – Colocar o splinger N° 3**



**Figura 4 – Aplicar a velocidade rotacional de cisalhamento através do software.**



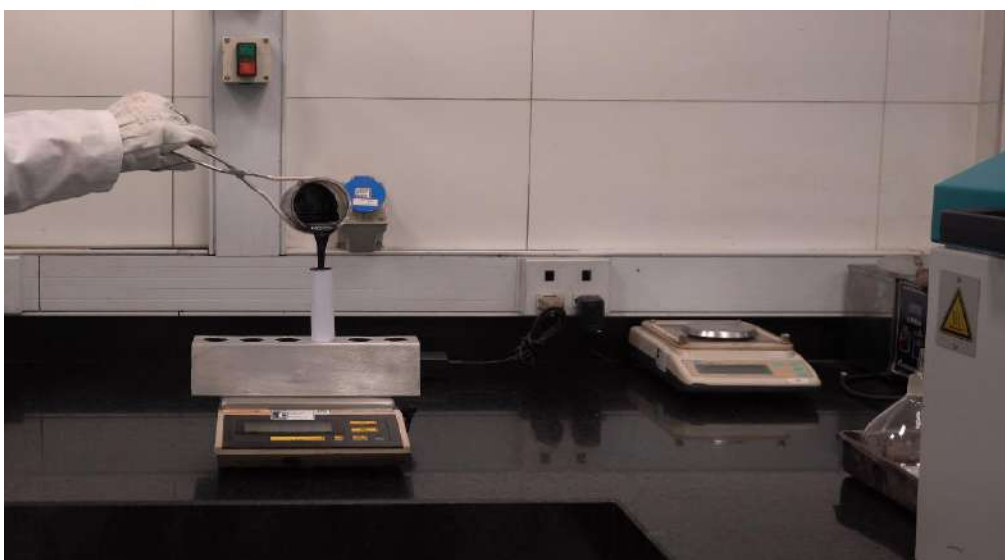
**Figura 5 – Registro da viscosidade através do software.**

## Ensaio de Estabilidade ao Armazenamento do Ligante Modificado por Polímero

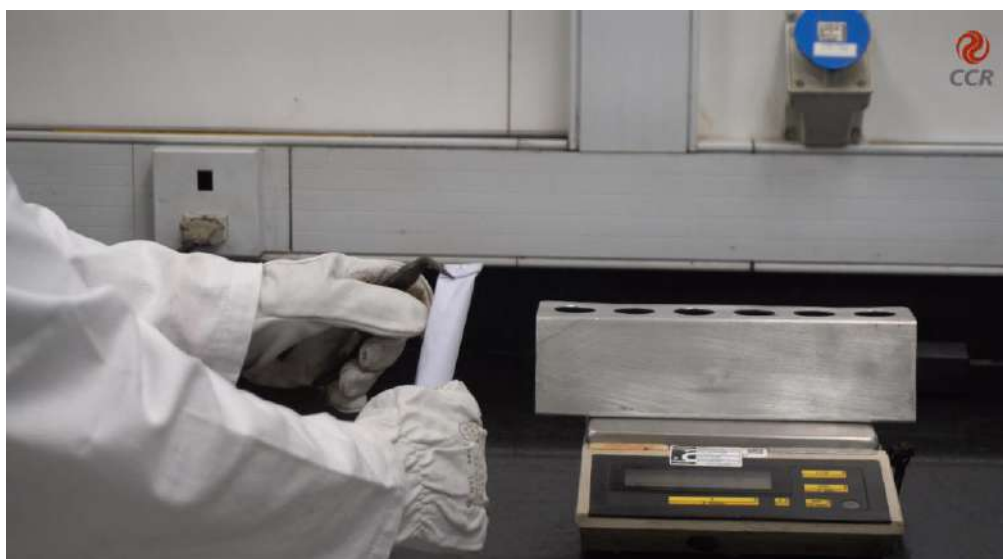
NORMA: DNER - ME 384/99

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Recipiente tubular de 250 ml de volume e resistente a altas temperaturas;
- Suporte para recipiente tubular resistente a altas temperaturas;
- Estufa capaz de manter a temperatura até  $163^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ;
- Balança de precisão com sensibilidade de 1,0 g;
- Becker de vidro de 500 ml;
- Espátula metálica de corte e martelo;
- Alicates de ponta fina;
- Manta de borracha;
- Recipientes metálicos de 200 ml;
- Freezer;
- Pinça.



**Figura 1** – Pesagem de aproximadamente 50 g do ligante.



**Figura 2** – Com auxílio de um alicate fechar o recipiente.



**Figura 3** – Colocar o recipiente tubular com o ligante no freezer na temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 4** – Com auxílio da espátula cortar a parte superior do recipiente tubular.



**Figura 5** – Selecionar o terço central do recipiente tubular para os diversos ensaios.



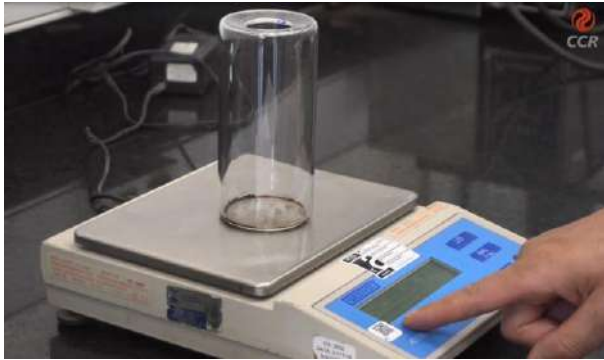
Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

Ensaio de Película Delgada Rotacional  
para Ligantes Asfálticos

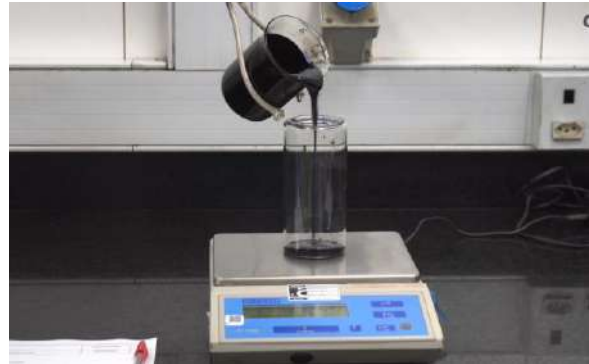
NORMA: ASTM D 2872 - 97

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Forno de película delgada rotacional;
- Garrafas de vidro própria para cada forno;
- Balança de precisão com sensibilidade de 1,0 gr.;
- Estufa capaz de manter a temperatura até 200 °C;
- Becker de vidro de 500 ml.;
- Pinça.



- ❖ Pesar a garrafa de vidro e registrar o valor



- ❖ Verter o ligante asfáltico na garrafa e pesar



- ❖ Colocar a garrafa de vidro no Rack de resfriamento dentro da câmara sem exceder ao tempo de 10 minutos;



- ❖ Mantenha a amostra no forno por 85 minutos, na temperatura de 163 °C



- ❖ Proceda a realizar as pesagens das garrafas de vidro e registre seu valor;



- ❖ Repetir este procedimento para mais 4 amostras.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Prática Padrão para Envelhecimento Acelerado do Ligante Asfáltico Usando um Vaso de Envelhecimento Pressurizado (PAV)

NORMA: ASTM D6521 / 2019

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Equipamento de vaso de envelhecimento sob pressão;
- Balança de precisão com sensibilidade de 1,0 g;
- Estufa capaz de manter a temperatura até 200 °C;
- Becker de vidro de 500 ml;
- Pinça.



**Figura 1** – Pesagem do ligante inserido na bandeja do PAV.



**Figura 2** – Colocação das amostras de ligante no equipamento de vaso de envelhecimento sob pressão para serem ensaiadas.



**Figura 3 – Resultado do ensaio através do software.**



**Figura 4 – Retira-se a amostra de ligante envelhecida do PAV.**



**Determinação do Grau de Desempenho de Ligantes  
Asfálticos, usando o Reômetro de Cisalhamento Dinâmico**

**NORMA: ASTM D 7175 / 2015**

**EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

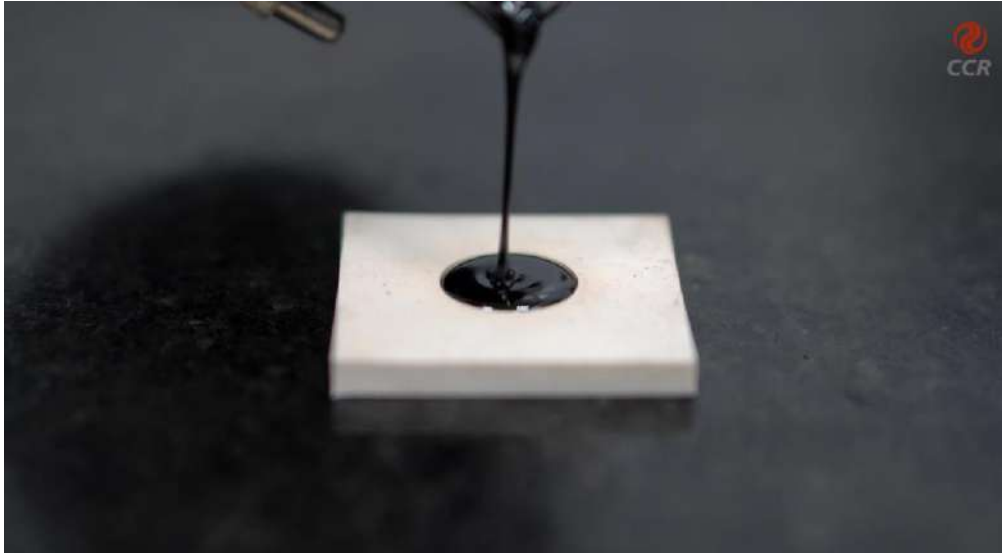
- Reômetro de Cisalhamento Dinâmico;
- Software e sistema de aquisição de dados;
- Formas de silicone;
- Espatula de faceamento;
- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 200°C.



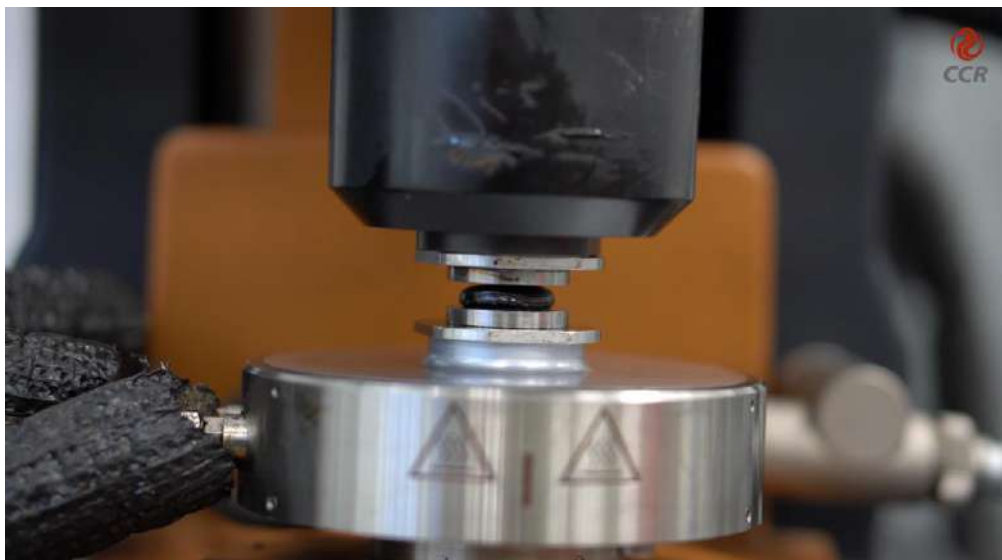
**Figura 1 - Equipamentos Necessários.**



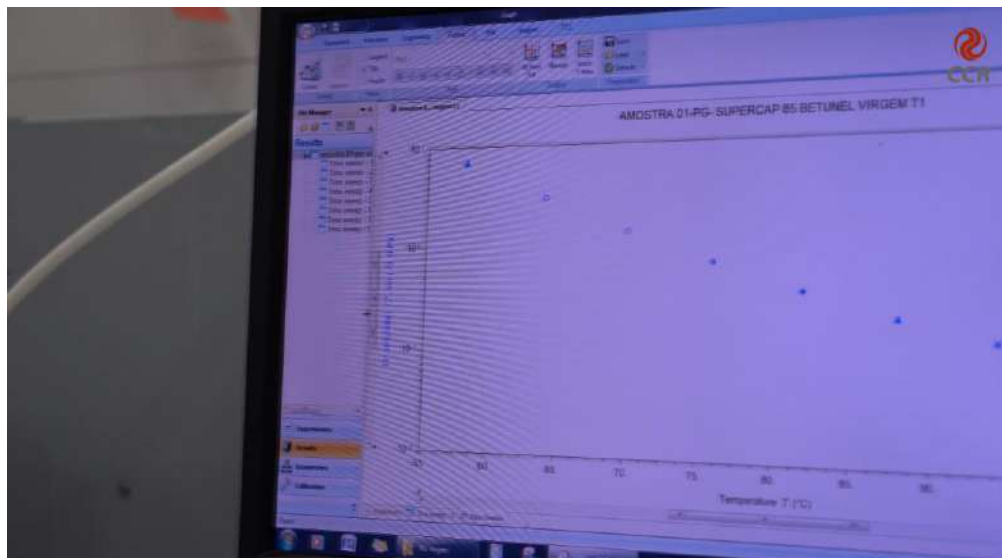
**Figura 2 – Aquecer o ligante até se tornar fluida.**



**Figura 3** – Verter o ligante sobre a forma de silicone.



**Figura 4** – Aplicar as tensões cisalhantes através do software do equipamento.



**Figura 5** – O software do equipamento registra os incrementos das tensões aplicadas.

NORMA: AASHTO M 332-14

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

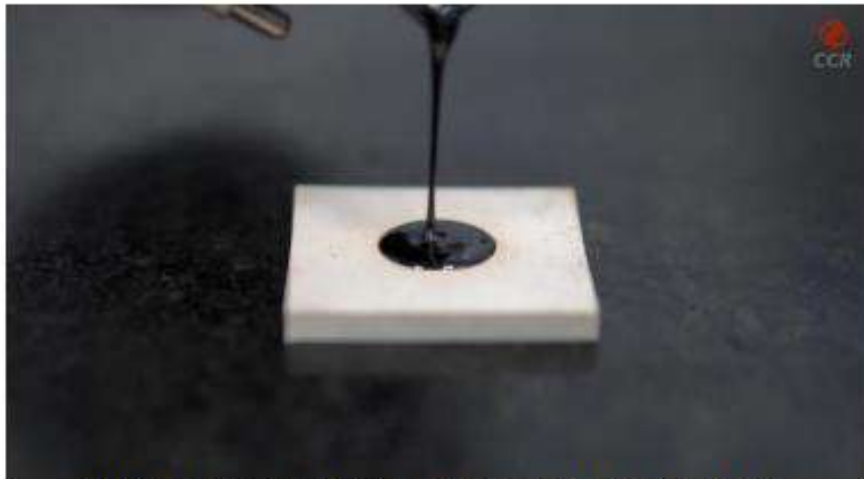
- Reômetro de Cisalhamento Dinâmico;
- Software e sistema de aquisição de dados;
- Formas de silicone de 25 mm de diâmetro;
- Espátula de faceamento;
- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 200°C;



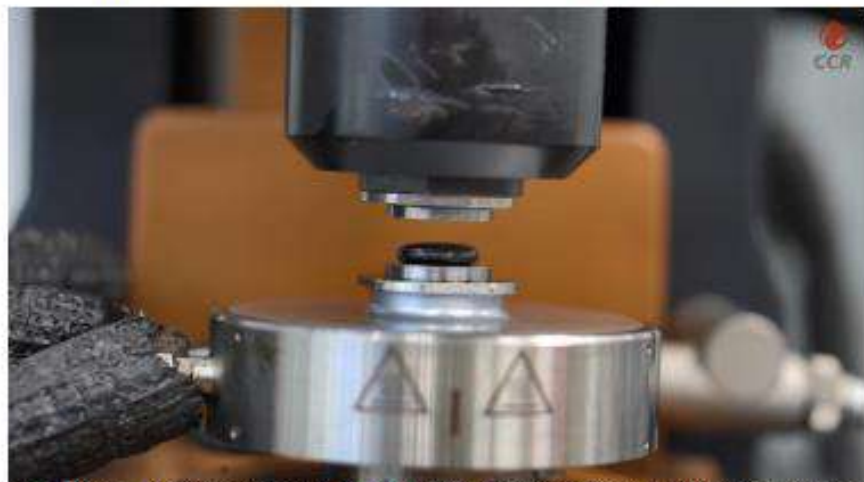
Figura 1 - Equipamentos Necessários.



Figura 2 – Aquecer o ligante na estufa até que se encontre na totalmente fluida.



**Figura 3** – Despejar o ligante nas formas cilíndricas de silicone.



**Figura 4** – Através do software aplicar as tensões especificadas na norma.



**Figura 5** – Captura dos dados através do sistema de aquisição de dados.

## Ensaio de Varredura Linear de Amplitude de Deformação em Ligantes Asfálticos usando o Reômetro de Cisalhamento

NORMA: AASHTO TP 101-14

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

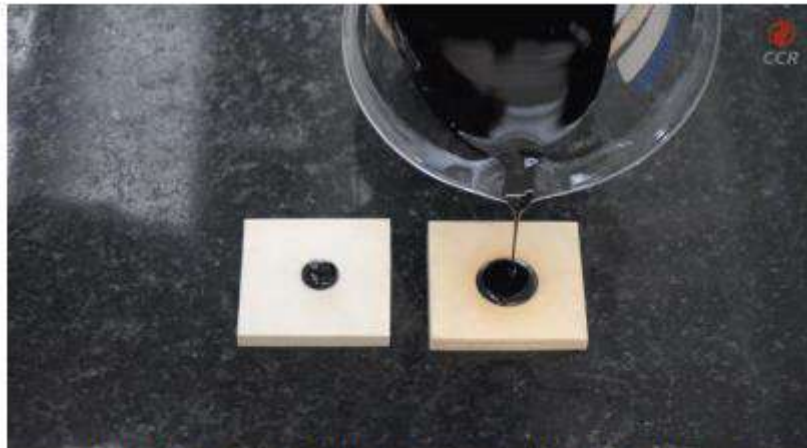
- Reômetro de Cisalhamento Dinâmico;
- Software e sistema de aquisição de dados;
- Formas de silicone de 8 mm de diâmetro;
- Espátula de faceamento;
- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 200°C;



Figura 1 - Equipamentos Necessários.



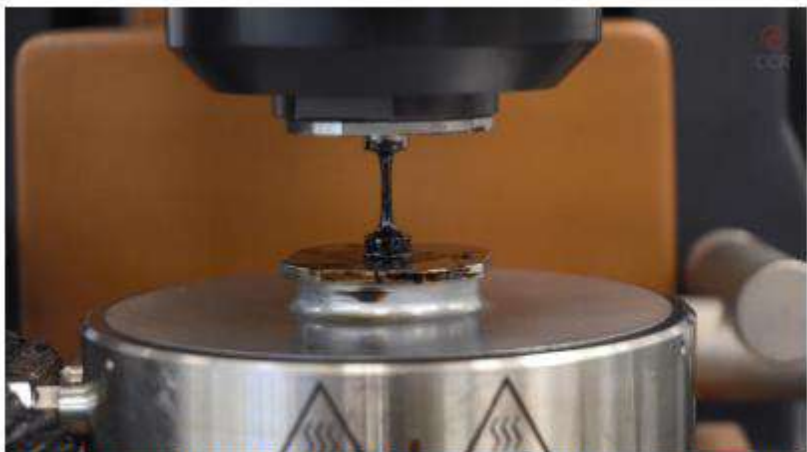
Figura 2 – Aquecer o ligante na estufa até que se encontre na totalmente fluida.



**Figura 3 –** Despejar o ligante nas formas cilíndricas de silicone.



**Figura 4 –** Acionar o equipamento



**Figura 5 –** Através do software aplicar as tensões especificadas na norma.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação da Curva Mestre de Ligantes Asfálticos

**NORMA: ASTM D 7552 / 09**

#### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

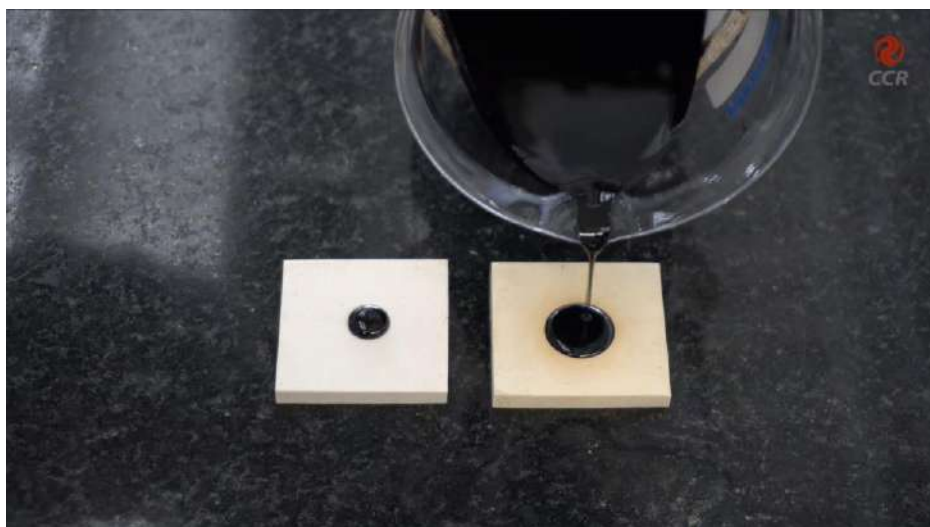
- Reômetro de Cisalhamento Dinâmico;
- Software e sistema de aquisição de dados;
- Formas de silicone;
- Espatula de faceamento;
- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 200°C;



**Figura 1** – Equipamentos necessários.



**Figura 2** – Aferição inicial para a realização do ensaio.



**Figura 3** – Moldagem das amostras nas formas de silicone de 8 mm e 25 mm.





Figura 4 – Realização do ensaio com a amostra de 8 mm na varredura baixa.



Figura 5 – Realização do ensaio com a amostra de 25 mm na varredura alta.

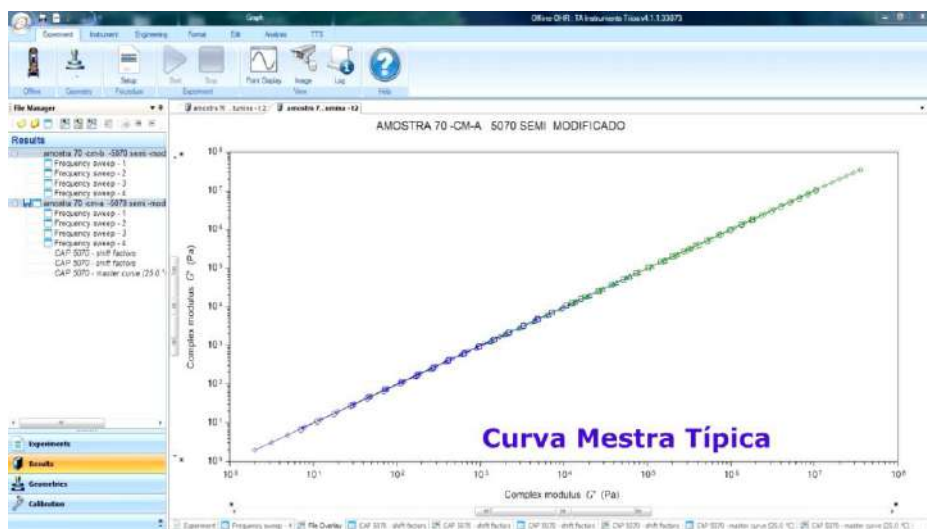


Figura 6 – Determinação do módulo de cisalhamento completo (curva mestra).

## **ENSAIOS DE EMULSÕES ASFÁLTICAS**



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Ligantes Asfálticos - Determinação do Teor do Resíduo Seco de Emulsões Asfálticas em Estufa

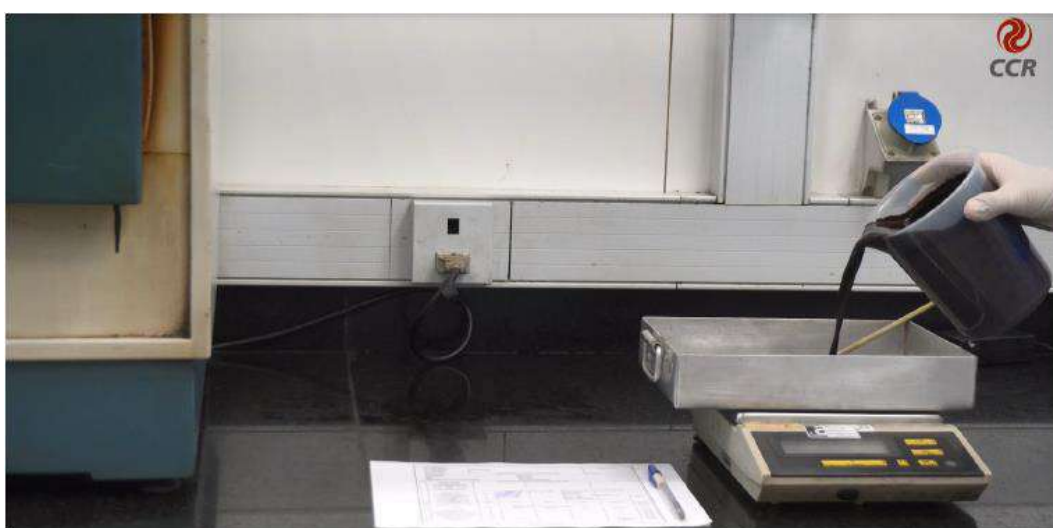
NORMA: ABNT NBR 14896 - 2019

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Fundo de latão de 5 cm de altura, com encaixe para a peneira;
- Peneira de abertura nominal de 841  $\mu\text{m}$  (ASTM N° 20) com caixilho circular de latão;
- Balança de precisão com sensibilidade de 0,1 g;
- Estufa capaz de manter a temperatura até  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ ;
- 02 Beckers de vidro ou plástico de 1500 ml;
- Bandeja metálica retangular de dimensões aprox. de 300 mm x 400 mm e 50 mm de altura.



**Figura 1** – Peneiramento da amostra de emulsão passando na malha ASTM nº 20.



**Figura 2** – Coloca-se a amostra de emulsão na bandeja metálica retangular e leva-se esta para a estufa.



**Figura 3** – Após a evaporação da emulsão na estufa determina-se a quantidade de resíduo seco.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação da Viscosidade Saybolt Furol de Materiais Asfálticos

NORMA: ABNT NBR 14491 / 2007

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Viscosímetro Saybolt e acessórios:
  - «Funil de filtração;
  - «Fonte de calor que possibilite o controle da temperatura;
  - «Peneira de abertura nominal de 841  $\mu\text{m}$  (ASTM N° 20);
- Frascos receptores;
- Cronômetro.



**Figura 1** – Equipamentos e recipientes utilizados para o ensaio de viscosidade Saybolt Furol.



**Figura 2** – Coloca-se os frascos de vidro na comporta do equipamento Saybolt Furol.



**Figura 3** – Coloca-se a amostra de emulsão no reservatório específico do equipamento Saybolt Furol.



**Figura 4** – Mede-se o tempo de preenchimento do frasco de 60 ml em segundos.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação da Peneiração de Emulsões Asfálticas

NORMA: ABNT NBR 14393

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Fundo de latão de 5 cm de altura, com encaixe para a peneira;
- Peneira de abertura nominal de 841  $\mu\text{m}$  (ASTM N° 20) com caixilho circular de latão;
- Balança de precisão com sensibilidade de 0,1 g;
- Estufa capaz de manter a temperatura até  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ ;
- Becker de vidro de 1500 ml;





**Figura 1** – Peneiramento da amostra de emulsão asfáltica para determinação do resíduo.



**Figura 2** – Lava-se a peneira ASTM nº 20 em água corrente até uma coloração límpida.



**Figura 3** – Após secar em estufa, pesa-se o conjunto para a obtenção do peso do resíduo.

**Verificação da Adesividade da Emulsão Asfáltica  
com Agregado Graúdo**

**NORMA: ABNT NBR 6300 / 2009**

**EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Estufa com capacidade para manter a temperatura de  $163 \pm 3^\circ\text{C}$ ;
- Peneiras de 12,5 mm e 19,0 mm;
- Cesta de arame de abertura de malha de 3 mm;
- Reservatório para imersão total da amostra;
- Balanças com precisão de 1,0 g;
- Béquer de 500 ml;
- Placa de vidro de superfícies lisa ou papel siliconado;
- Bandejas metálicas de 40 cm x 25 cm x 5 cm.



**Figura 1 - Equipamentos Necessários.**



**Figura 2 – Lavar os agregados até que a água fique totalmente cristalina.**



**Figura 3** – Mergulhar os agregados na emulsão asfáltica.



**Figura 4** – Após a ruptura da emulsão asfáltica mergulhar os agregados em água e levar a estufa.



**Figura 5** – Após 72 horas na estufa observar se existe desprendimento do ligante do agregado.

## Determinação da Sedimentação de Emulsões Asfálticas

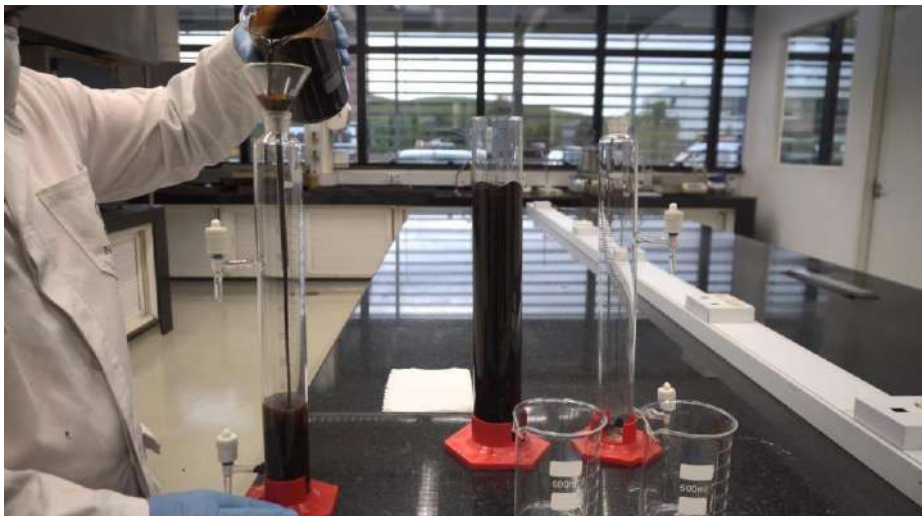
**NORMA: ABNT NBR 6570**

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Estufa com capacidade para manter a temperatura de  $163 \pm 3^\circ\text{C}$ ;
- Becker de 1.000 e 500 ml;
- Proveta de vidro com duas válvulas superior e inferior;
- Bastão de vidro ou metálico de pontas arredondadas de 10 mm de diâmetro e 200 mm de comprimento;
- Balança com precisão de 0,1 g;
- Suportes para apoio dos corpos de prova;
- Peneira ASTM N° 20 com caixilho circular de latão.



Fazer passar a emulsão através da peneira de abertura de malha de 0,84 milímetros ou número 20.



Com auxílio de um funil colocar a emulsão dentro da proveta para sedimentação.



Fechar as provetas com as rolhas esmeriladas e deixa-las em repouso, durante 5 dias à temperatura ambiente. Após este período, abrir a válvula superior da proveta, e remover aproximadamente 55 mililitros da emulsão do topo de cada proveta;



Abrir a válvula inferior da proveta, e remover aproximadamente 55 mililitros da emulsão do fundo de cada proveta.



A sedimentação será a diferença entre a média das porcentagens dos resíduos do topo das provetas, com a média das porcentagens dos resíduos do fundo das provetas.



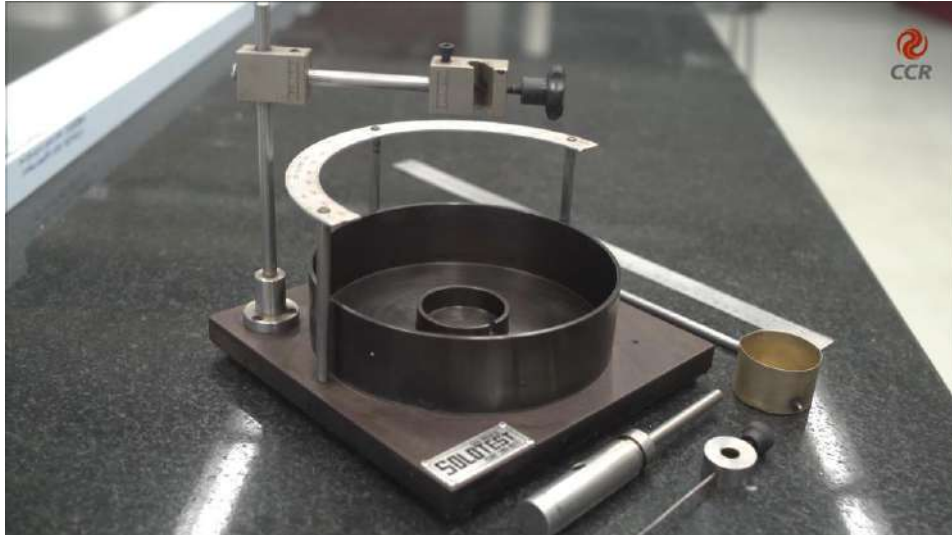
## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Recuperação Elástica por Torção de Resíduo de Emulsões Asfálticas Modificadas

**NORMA: NLT - 329**

#### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Equipamento de torção;
- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 200°C;
- Termômetro e cronômetro;
- Balança para 1.500 g com precisão de 0,01 g;
- Bequer de 500 ml.;
- Bandejas metálicas de 50 cm x 30 cm x 5 cm;
- Haste metálica para Homogeneização.



**Figura 1** – Aparelho de recuperação elástica.



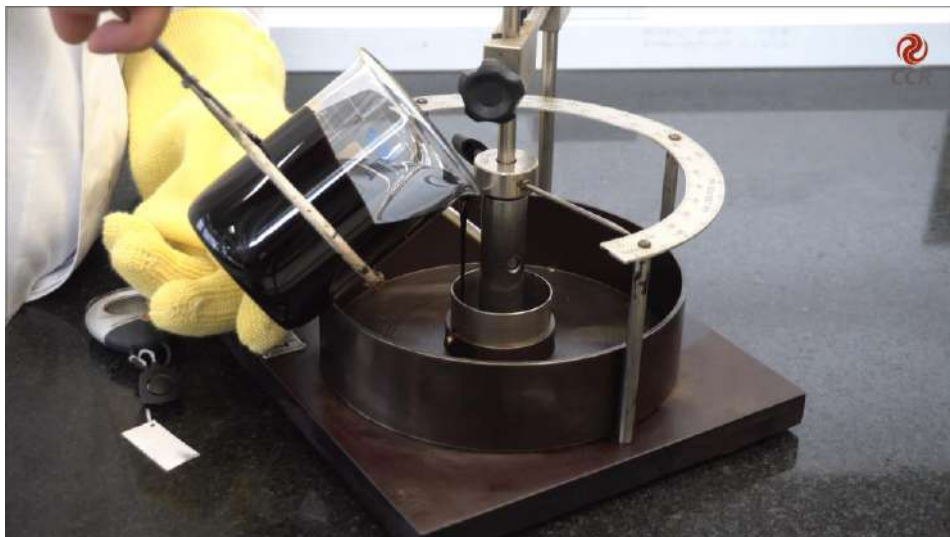
**Figura 2** – Pesar a amostra de emulsão.



**Figura 3** – Realizar a desidratação da água contida na emulsão.



**Figura 4** – Realizar a pesagem após retirar a amostra da estufa para verificar a constância de peso.



**Figura 5** – Verter a amostra de emulsão no aparelho de retorno elástico.

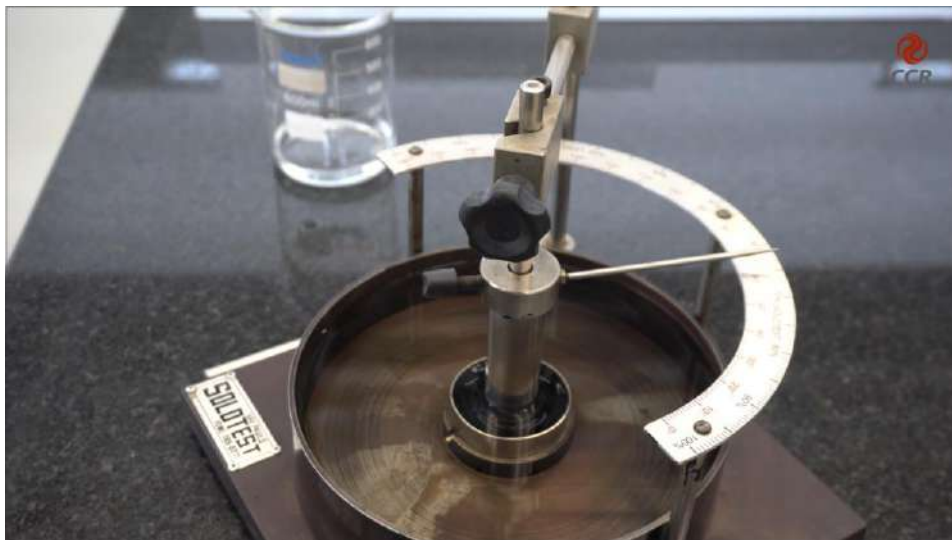


**Figura 6** – Adiciona-se água na amostra para mantê-la a 25 °C.





**Figura 7** – Realizar a torsão da amostra no aparelho de retorno elástico.



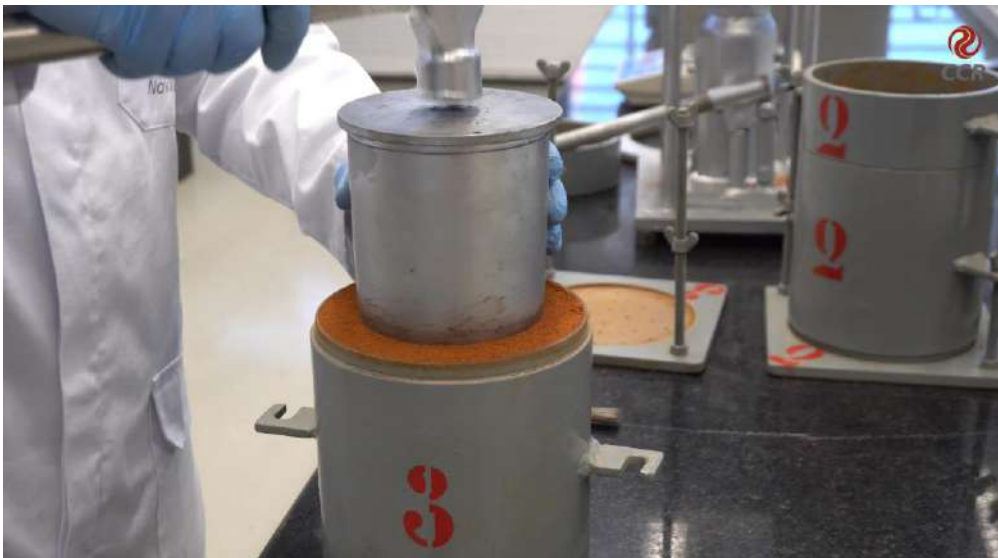
**Figura 8** – Verificar o resultado da recuperação elástica após 30 minutos.

## Determinação da penetração do ligante asfáltico de imprimação em bases de pavimentos

PROCEDIMENTO: NOVADUTRA

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 170°C;
- Balanças com capacidade de 10 kg, com precisão de 0,1 g;
- Molde cilíndrico de compactação metálico de 15,24 +/- 0,05 cm de diâmetro interno e 17,78 +/- 0,02 cm de altura;
- Cilindro metálico biselado de 10,00 +/- 0,05 cm de diâmetro para cravação;
- Extrator de corpos de prova;
- Martelo, espátula e pincel;
- Béquer de 250 ml.;
- Regua de aço biselada de 30 cm;
- bandejas metálicas, recipientes cilíndricos.



**Figura 1** - Equipamentos Necessários e demarcação da área a ser escarificada.



**Figura 2** – Escarificar o solo na área demarcada.



**Figura 3** – Aplicar a emulsão na taxa especificada na norma sobre a área demarcada.



**Figura 4** – Com auxílio da régua biselada e martelo partir o corpo de prova.



**Figura 5** – A taxa é considerada adequada se existir a penetração da emulsão no solo.

## Determinação da Aderência entre Camadas Asfálticas Através do Ensaio de Cisalhamento Direto

NORMA: ZTV SIB 90

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Sonda rotativa com broca de 15 cm de diâmetro interno;
- Prensa hidráulica ou pneumática de compressão;
- Sistema de aquisição de dados;
- Computador e software específico;
- Câmara de temperatura;
- Dispositivo de cisalhamento direto ("Leutner Shear").



O corpo de prova cilíndrico deve ser extraído da pista através de sonda rotativa para concreto asfáltico, com diâmetro interno de 15 cm. Posicionar o corpo de prova no dispositivo de cisalhamento direto;



Aplicar a carga progressivamente com uma velocidade de 50 milímetros por minuto;  
O ensaio finaliza com a separação das duas camadas asfálticas.

NORMA: NLT - 329

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Equipamento de torção;
- Agulha indicadora;
- Forma cilíndrica de ensaio;
- Estufa com capacidade para manter a temperatura de  $163 \pm 3^\circ\text{C}$ ;
- Beckers de 500 ml;
- Bastão de vidro ou metálico de pontas arredondadas de 10 mm de diâmetro e 200 mm de comprimento;
- Bandejas metálicas de 40 cm x 25 cm x 5 cm;
- Cronômetro.



Realizar a pesagem da bandeja inclusive com o bastão e verter aproximadamente 300 gramas de emulsão;



Levar o conjunto na estufa e aqueça a amostra de emulsão asfáltica a uma temperatura de  $120^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$



Verta o asfalto residual dentro da forma cilíndrica de ensaio até que alcance a marca existente no cilindro de torção (10mm), acima de sua base inferior do bastão de torção.



Verta a água a uma temperatura de 25°C no cilindro exterior do equipamento de torção. O nível da água deverá estar pouco acima da amostra, mantendo a mesma submersa e em banho Maria por 30 minutos.



Durante a recuperação elástica gradual, observe se existe um desprendimento da cor marrom. Caso existir a emulsão asfáltica será reprovada para uso rodoviário.

## **ENSAIOS DE CAL**

## Verificação da Quantidade de Óxido de Cálcio na Cal Hidratada para Argamassas

NORMA: ABNT – NBR 7175

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Chapa elétrica ou fogareiro a gás;
- Agitador magnético com bastão misturador;
- Pipetas graduadas;
- Balanças com capacidade para 200 g, com precisão de 0,01 g;
- Béquer de 400 ml e 250 ml;
- Funil de vidro.



Figura 1 - Equipamentos Necessários.

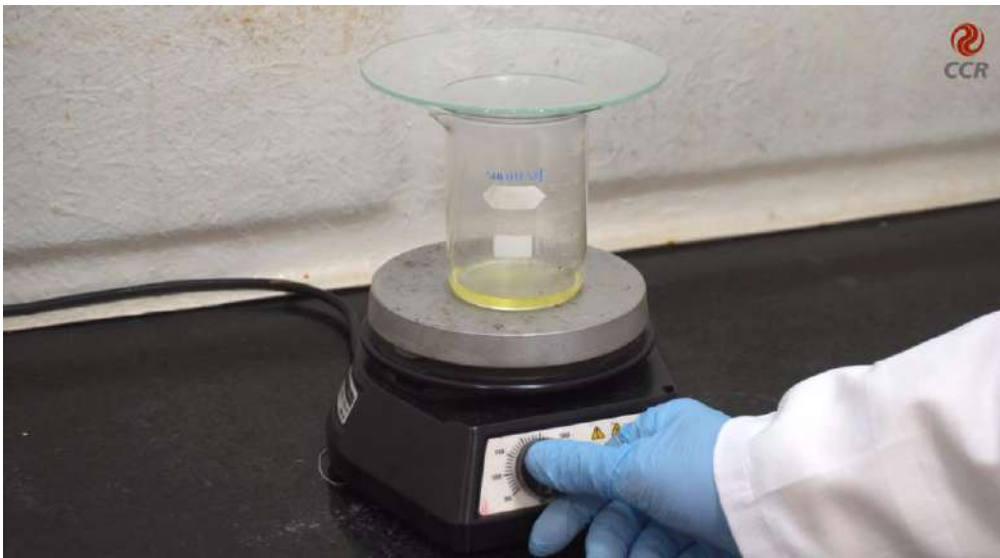


Figura 2 – Pesar 70 gramas de cal.





**Figura 3** – Colocar 10 ml de ácido clorídrico no béquer que contém a cal.



**Figura 4** – Aquecer na temperatura 270°C.



**Figura 5** – Após ferver, realizar a pesagem do material remanecente.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Análise Granulométrica da Cal

**NORMA: ABNT NBR 16448/2016**

#### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Peneiras de 2,00 e 0,075 mm;
- Balança com capacidade para 20 kg com precisão de 1,0 g;
- Estufa com capacidade para manter a temperatura entre  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ;
- Bandeja metálica de 35 cm x 25 cm x 5 cm;
- Pipeta graduada;
- Escovas apropriadas para limpeza de peneiras;
- Repartidores de amostra.



**Figura 1 – Secagem da amostra de Cal na estufa.**



**Figura 2 – Pesar a amostra de Cal seca.**



**Figura 3 – Executar a lavagem da amostra de Cal pelo método via lavada.**



**Figura 4 – Secagem da amostra de Cal.**



**Figura 5 – Pesar a amostra de Cal.**



**Figura 6 – Realizar a granulometria da amostra de Cal.**

**ENSAIOS DE MISTURAS ASFÁLTICAS USINADAS À QUENTE**



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Massa Específica Teórica Máxima e Densidade de Misturas Asfálticas

NORMA: AASHTO T209 - 05

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Recipiente para ensaio Frasco de vidro do tipo Kitasato ou frasco metálico, com capacidade mínima de 4.000 ml;
- Frasco para vácuo;
- Manômetro de pressão residual;
- Válvula de sangramento;
- Bomba de vácuo;
- Manômetro medidor de vácuo;
- Recipiente de vidro;
- Bandeja;
- Balança com precisão de 3 casas decimais;
- Béquer;
- Termômetro.



**Figura 1** – Amostra na condição destorroada.



**Figura 2** – Calibração do equipamento frasco metálico.



**Figura 3** – Pesa-se a amostra com a quantidade necessária para a realização do ensaio.



**Figura 4** – Coloca-se a amostra dentro do frasco metálico.



**Figura 5** – Amostra sendo ensaiada no conjunto Rice.



**Figura 6** – Adiciona-se água para atingir o nível específico e posteriormente pesa-se o conjunto.





## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação da Densidade Aparente de Misturas Asfálticas

NORMA: DNER-ME 117/94

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Parafina fluidificada por aquecimento, para aplicação a pincel;
- Chapa aquecedora ou fonte de calor;
- Fita adesiva;
- Trincha ou pincel;
- Balança com capacidade de > 5 kg com sensibilidade de 0,01 g;
- Recipiente de porcelana ou metálica;
- Reservatório ou tanque de água;
- Termômetro.



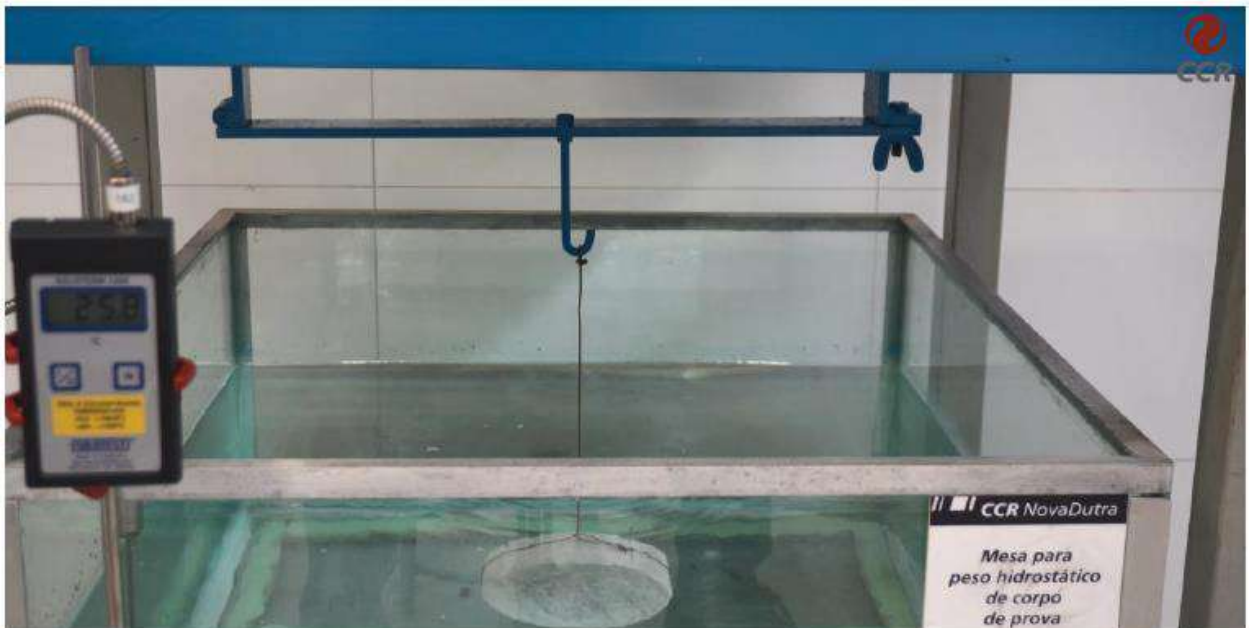
**Figura 1 –** Pesagem dos corpos de prova ao ar.



**Figura 2 –** Coloca-se a fita adesiva nos corpos de prova.



**Figura 3** – Passa-se a parafina no corpo de prova.



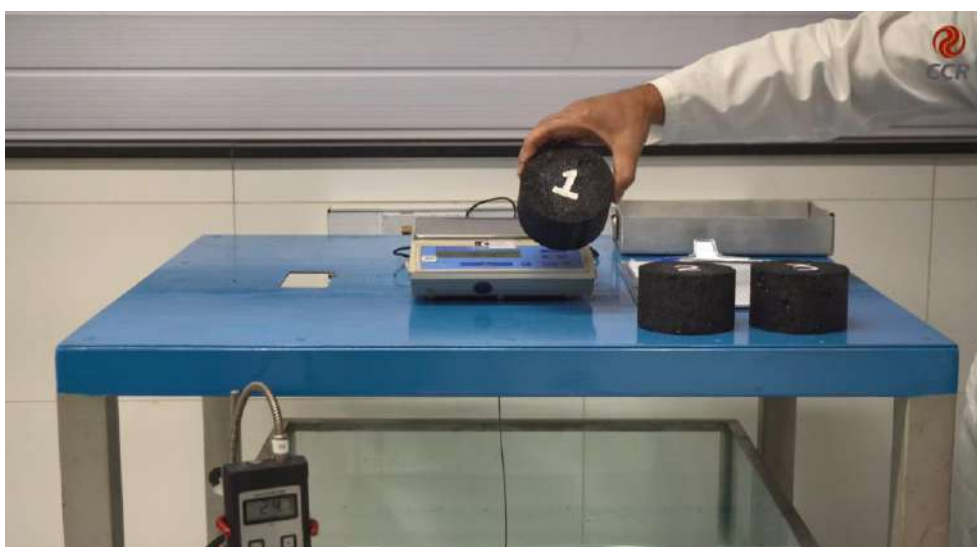
**Figura 4** – Pesagem dos corpos de prova imersos.

## Determinação de Massa Específica Aparente por Selagem a Vácuo de Misturas Asfálticas

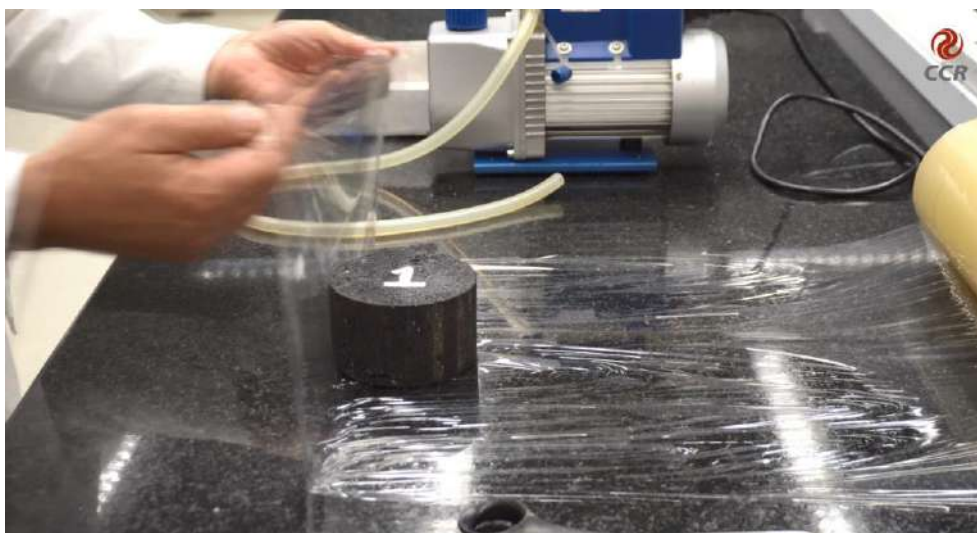
NORMA: EM-GER-A1-PV/ME-E023R0

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Reservatório que permita a imersão total do corpo de prova;
- Balanças com capacidade para 5.000 g, com precisão de 0,1 g;
- Bomba de vácuo de duplo estágio;
- Bandeja metálica de 35 cm x 25 cm x 5 cm;
- Filme de pvc para alimentos;
- Tesoura.



Pesar o corpo de prova ao ar.



Envolver totalmente o corpo de prova com o filme de PVC.



Vedar totalmente com o filme de PVC deixando apenas um orifício para poder encaixar a mangueira do equipamento de Vácuo



Pesar o corpo de prova com o filme de PVC ao ar



Pesar o corpo de prova com o filme de PVC imerso em água.

## Resistência ao Dano por Umidade Induzida de Misturas Asfálticas a Quente Compactadas

NORMA: AASHTO T 283-03

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

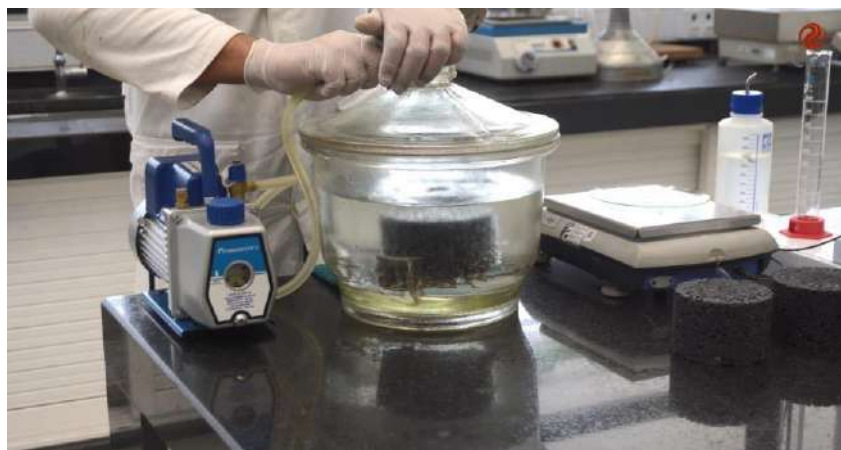
- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 200°C;
- Balanças para 5.000 g, com precisão de 1,0 g;
- Molde de compactação e compressão de aço;
- Soquete de compactação de aço, com 4.540 g de massa e altura de queda de 45,72 cm;
- Base de Compactação;
- Extrator de corpos de prova;
- Bomba de vácuo e filme de pvc;
- Relógio comparador;
- Freezer com capacidade para manter a temperatura a  $-18^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$
- Prensa de compressão;
- Espátulas e colher de metal ;
- Reservatório de banho d'água na temperatura de  $60^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ;
- Bandejas metálicas de 50 cm x 30 cm x 5 cm;



Previamente deve-se preparar a mistura asfáltica a quente seguindo o procedimento especificado na norma, na quantidade mínima para moldagem de 6 Corpos de Prova



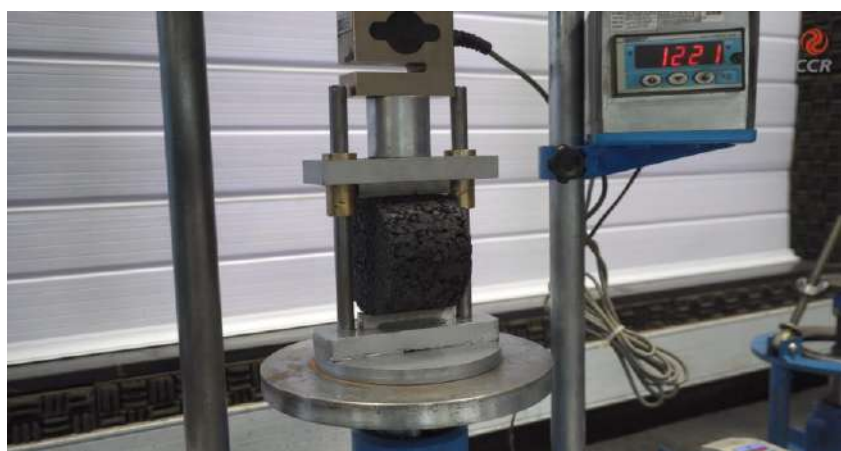
Posicionar o molde no compactador marshall. O número de golpes deverá ser determinado experimentalmente para cada tipo de mistura.



Colocar o corpo de prova dentro da câmara de vácuo totalmente imerso na água;  
Ligar a bomba de vácuo por 1 a 5 minutos.



Levar o corpo de prova para o congelador na temperatura de  $-18 \pm 3^{\circ}\text{C}$



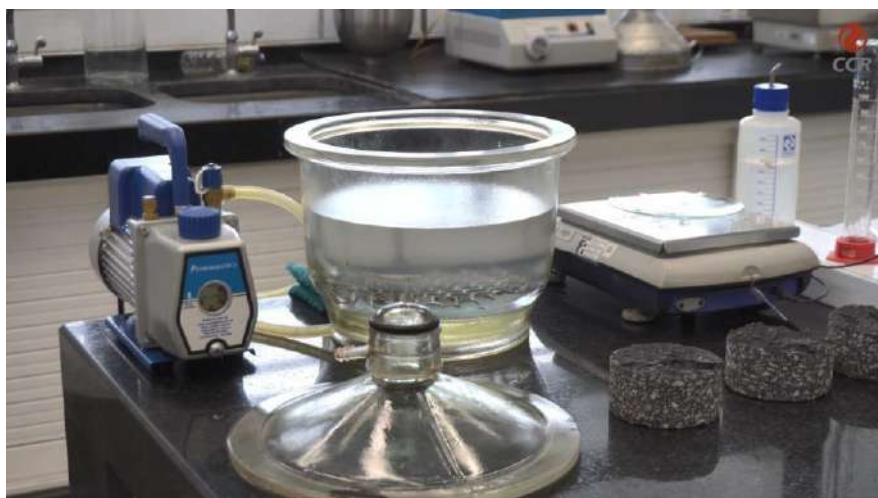
Ajustar a prensa de compressão para que aplique o carregamento com crescimento constante a uma velocidade de 50 mm por minuto até a ruptura do corpo de prova.

**Resistência ao Dano por Umidade Induzida de Misturas  
Asfálticas a Quente Extraídas de Pista**

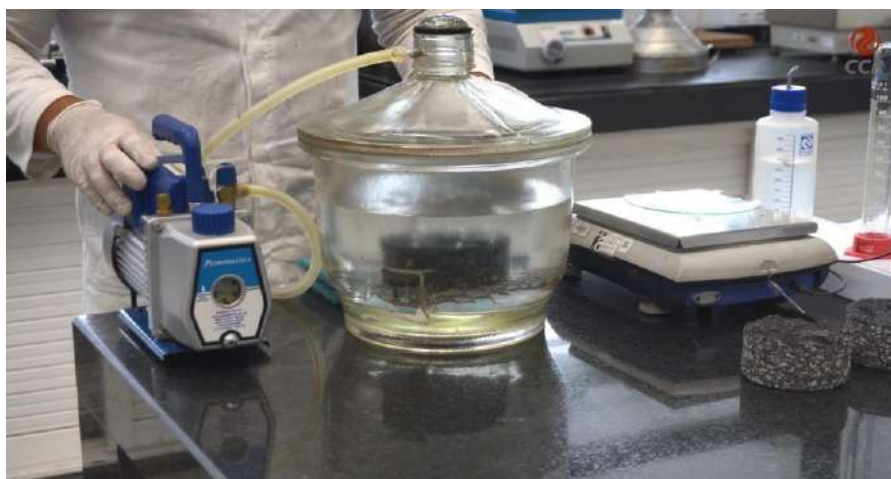
**NORMA: AASHTO T 283-03**

**EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Sonda rotativa para extração de corpo de prova de 100 mm;
- Balanças para 5.000 g, com precisão de 1,0 g;
- Bomba de vácuo e filme de pvc;
- Relógio comparador;
- Freezer com capacidade para manter a temperatura a  $-18^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ;
- Prensa de compressão;
- Reservatório de banho d'água na temperatura de  $60^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ;
- Bandejas metálicas de 50 cm x 30 cm x 5 cm.



Previamente deve-se extrair da pista a quantidade mínima de 6 Corpos de Prova com diâmetro de 100 milímetros



Colocar o corpo de prova dentro da câmara de vácuo totalmente imerso na água;  
Ligar a bomba de vácuo por 1 a 5 minutos.





Cobrir totalmente o corpo de prova com filme de PVC e adicionar 10 ml de água dentro dasacola plástica.



Levar o corpo de prova para o congelador na temperatura de  $-18 \pm 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$



Ajustar a prensa de compressão para que aplique o carregamento com crescimento constante a uma velocidade de 50 mm por minuto até a ruptura do corpo de prova.

## Determinação das Características de Gotejamento de Misturas Asfálticas não Compactadas

NORMA: ASTM D 6390 / 99

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

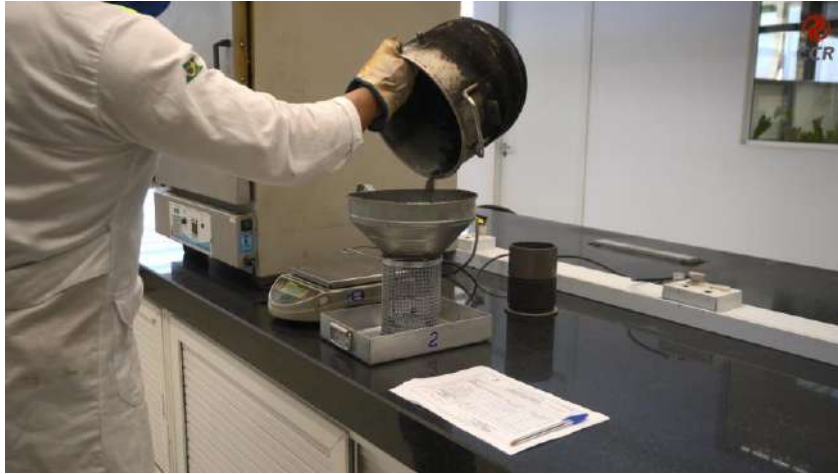
- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 200°C;
- Balança com precisão de 0,1 g;
- Peneiras de 25 mm, 19 mm, 9,5 mm, 4,8 mm e 2,0 mm;
- Misturador mecânico;
- Chapa elétrica ou fogareiro a gás;
- Cestas de arame;
- Bandejas metálicas;
- Espátulas e colher de metal com capacidade entre 30 a 50 ml e cabo de 25 cm;
- Cronômetro;
- Termômetro.



Separar e pesar os agregados nas frações especificadas para o traço, em recipientes separados.



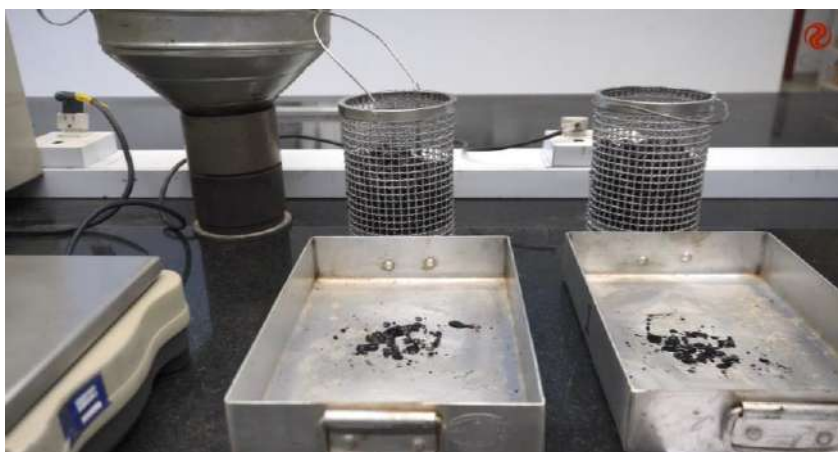
Registrar o peso das bandejas.



Com auxílio de um funil colocar a mistura asfáltica dentro do cesto de arame



Coloque o conjunto dentro da estufa por 60 +/- 5 minutos



Retire um conjunto da estufa, e realize a pesagem apenas da bandeja metálica, nela ficará o gotejamento do ligante asfáltico;

## Análise Granulométrica de Agregado Extraído

NORMA: AASHTO T 30-06

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Mufla com capacidade de alcançar a temperatura mínima de 540°C;
- Vasilhas metálicas perfuradas próprias para esta finalidade;
- Acessórios para manuseio das vasilhas perfuradas;
- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 110°C;
- Balanças para 5.000 g, com precisão de 0,1 g;
- Peneiras de 25 mm, 19 mm, 9,5 mm, 4,8 mm e 2,0 mm;
- Bandejas metálicas.
- Escova de aço e trincha pincel.



Em primeiro lugar deve-se proceder a extrair o teor do ligante asfáltico da mistura asfáltica pela combustão em uma mufla à temperatura de 540 °C



Deixar esfriar os agregados a temperatura ambiente



Colocar as vasilhas perfuradas sobre uma bandeja o suficientemente grande para despejar os agregados de ambas as vasilhas e do fundo coletor;



Realizar a lavagem dos agregados com água corrente sem que aconteça perda de partículas com diâmetro maior que 0,074 milímetros



Realizar o peneiramento mecânico por um período suficiente para que aconteça a completa desagregação dos agregados.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Ensaio para Determinar a Porcentagem de Ligante na Mistura Betuminosa pelo Processo de Combustão

NORMA: ASTM D 6307 - 98

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Mufla com capacidade para atingir no mínimo 580 °C;
- Balança de precisão com sensibilidade de 0,1 g;
- Vasilhas metálica perfuradas apropriada para que a amostra seja espalhada;
- Aparador da vasilha de tamanho apropriado para apoiar a vasilha;
- Acessórios para manuseio das vasilhas;
- Estufa capaz de manter a temperatura até 200 °C;
- Bandejas.



**Figura 1** – Coloca-se amostra com a quantidade necessária na estufa.



**Figura 2** – Retira-se da estufa e coloca-se a amostra na vasilha metálica perfurada.



**Figura 3** – Coloca-se a vasilha metálica perfurada com a amostra no forno.



**Figura 4** – Verifica-se o teor de ligante através do equipamento.



**Figura 5** – Amostra após a extração do teor de betume para a realização do ensaio de granulometria.



## Ensaio Marshall para Misturas Asfálticas a Quente

NORMA: DNER-ME 043/95

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 200°C;
- Balanças para 5.000 g, com precisão de 1,0 g;
- Peneiras de 25 mm, 19 mm, 9,5 mm, 4,8 mm e 2,0 mm;
- Molde de compactação e compressão de aço;
- Misturador mecânico;
- Chapa elétrica ou fogareiro a gás;
- Soquete de compactação de aço, com 4.540 g de massa e altura de queda de 45,72 cm;
- Base de Compactação;
- Extrator de corpos de prova;
- Espátulas e colher de metal com capacidade entre 30 a 50 ml e cabo de 25 cm;
- Reservatório de banho d'água na temperatura de 60°C;
- Bandejas metálicas de 50 cm x 30 cm x 5 cm e recipientes cilíndricos;
- Termômetro e cronômetro.



Realizar o processo de peneiramento mecânico, utilizando as peneiras contempladas na dosagem.



Separar e pesar os agregados nas frações especificadas para o traço, em recipientes separados.



Colocar o recipiente de mistura no misturador mecânico e acioná-lo. Efetuar a mistura, de 2 a 3 minutos, até a completa cobertura dos agregados por o ligante asfáltico.



Posicionar o molde no suporte de compactação Marshall. O número de golpes do compactador Marshall deve ser 75 de cada lado do corpo de prova.



Ajustar a prensa de compressão para que aplique o carregamento com crescimento constante a uma velocidade de 50 mm por minuto até a ruptura do corpo de prova; Registrar o valor da carga de ruptura, conhecida por “Estabilidade”.

## Preparação e Determinação da Densidade de Misturas Asfálticas a Quente através do Compactador Giratório

NORMA: AASHTO T 312

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Compactador Giratório tipo metodologia Superpave;
- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 200°C;
- Funil metálico com diâmetro menor de 14,5 cm e diâmetro maior de 35 cm;
- Bandejas metálicas de 25 cm x 40 cm x 5 cm;
- Espátulas metálicas;
- Papel filtro de 14,90 mm de diâmetro.



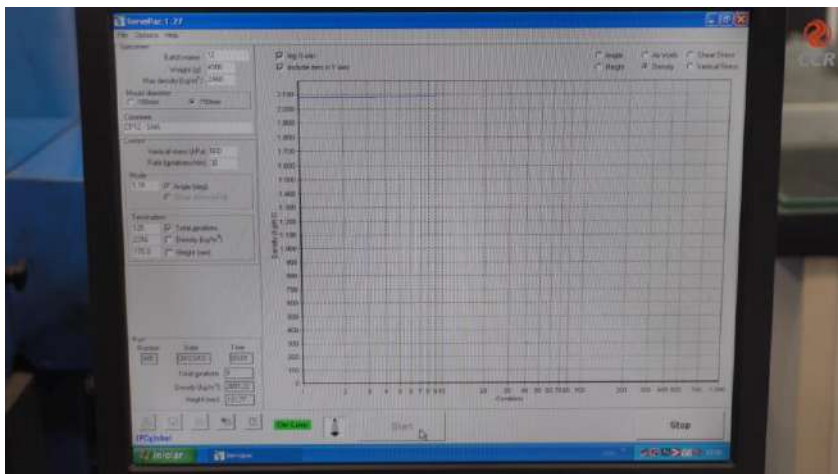
Previamente deve-se preparar a mistura asfáltica a quente seguindo o procedimento especificado na norma.



Colocar rapidamente mistura asfáltica dentro do molde cilíndrico pré-aquecido.



Condicionar o software para que o equipamento aplique a pressão desejada;



Iniciar o processo de compactação por amassamento, com a energia estipulada. A compactação deve prosseguir até se atingir o número de ciclos, percentagem de vazios, densidade, ou altura especificada;



Posteriormente extrair o corpo de prova do molde;

**NORMA: ASTM D 7981**

### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Compactador Presbox, ou Caixa de cisalhamento Presbox;
- Software e sistema de aquisição de dados;
- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 200°C;
- Bandejas metálicas de 20 cm x 40 cm x 25 cm;
- Espátulas metálicas;
- Placa metálica de 14,80 cm x 44,80 cm x 0,2 cm.



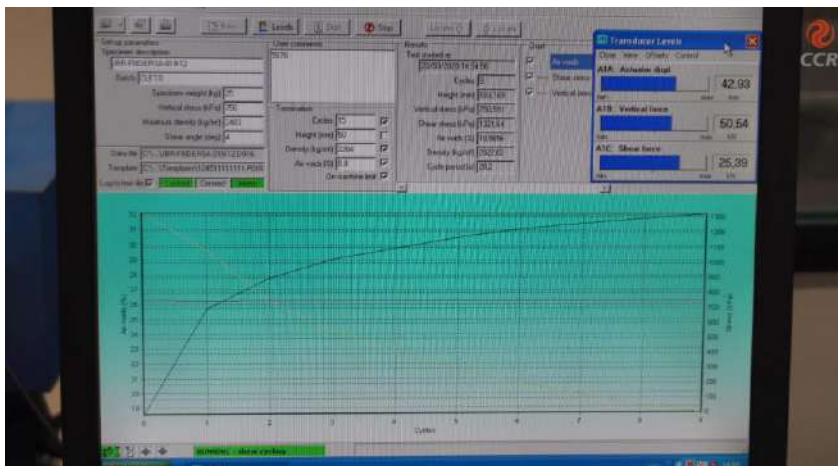
Previamente deve-se preparar a mistura asfáltica a quente seguindo o procedimento especificado na norma.



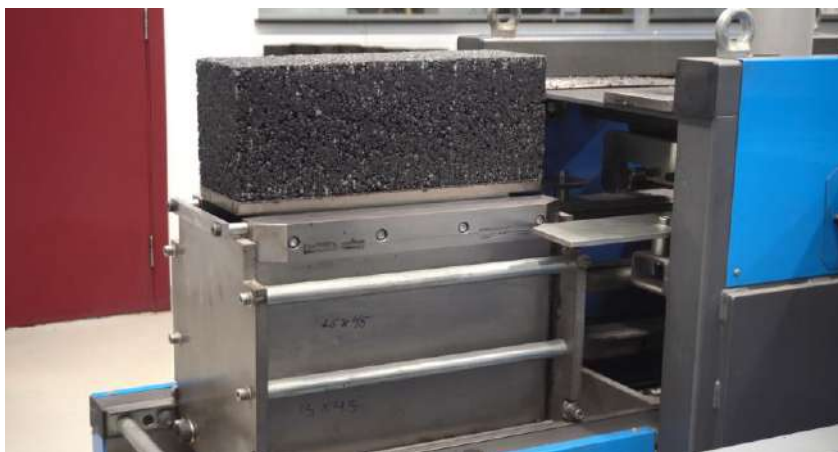
Colocar rapidamente mistura asfáltica dentro do molde retangular pré-aquecido.



Condicionar o software para que o equipamento aplique a pressão desejada;



Iniciar o processo de compactação por amassamento, com a energia estipulada. A compactação deve prosseguir até se atingir o número de ciclos, percentagem de vazios, densidade, ou altura especificada;



Posteriormente retirar a tampa e extrair o corpo de prova do molde;



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral em Misturas Betuminosas

NORMA: DNER-ME 138/94

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Prensa hidráulica ou mecânica com sensibilidade inferior ou igual a 2,0 kgf;
- Sistema de aquisição de dados;
- Computador;
- Estufa capaz de manter a temperatura entre 30 a 60°C;
- Suporte para o corpo de prova;
- Sistema de refrigeração capaz de manter a temperatura em torno de 25°C;
- Paquímetro



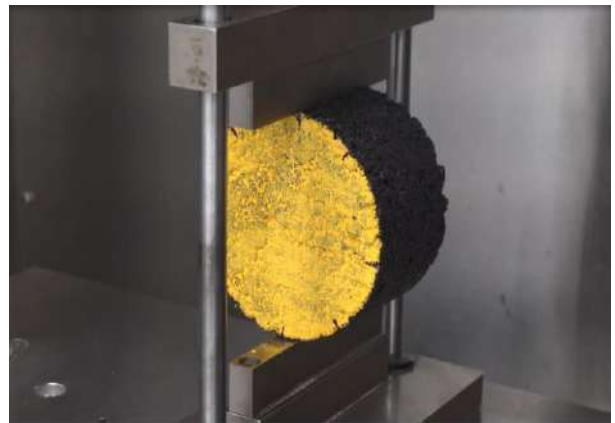
❖ Medir a altura do corpo de prova com o paquímetro;



❖ Medir diametralmente o corpo de prova com o paquímetro;



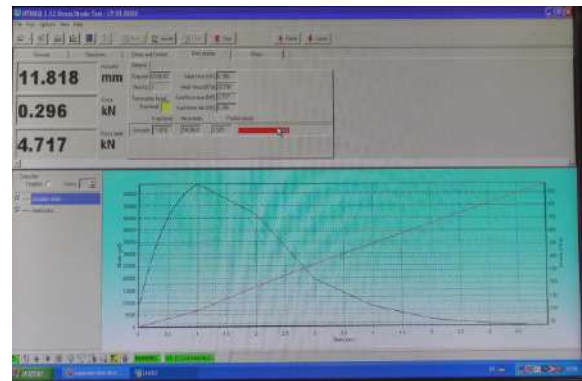
❖ Colocar o corpo de prova cilíndrico em posição horizontal no suporte;



❖ Aplicação da carga através do friso;



❖ Ruptura do corpo de prova;



❖ Registro da carga vs. tempo.



NORMA: ASTM D 7460 - 08

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Prensa hidráulica ou pneumática de carregamento cíclico;
- Sistema de aquisição de dados;
- Computador e software específico;
- LVDTs (Linear Variable Differential Transformer);
- Suportes para LVDTs;
- Câmara de temperatura;
- Suporte da viga prismática em 4 pontos na flexão.



Figura 1 – Moldagem dos corpos de prova e compactação no equipamento presbox.

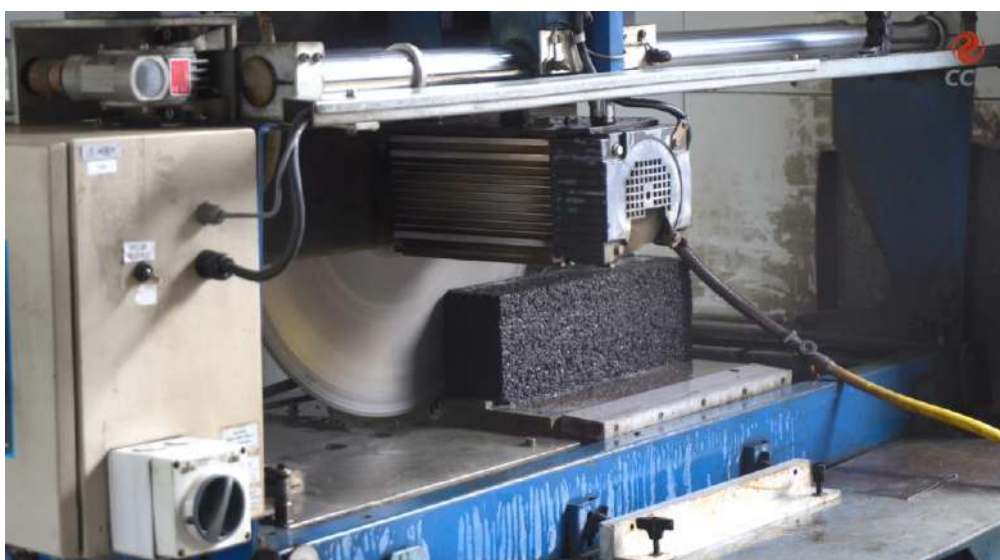


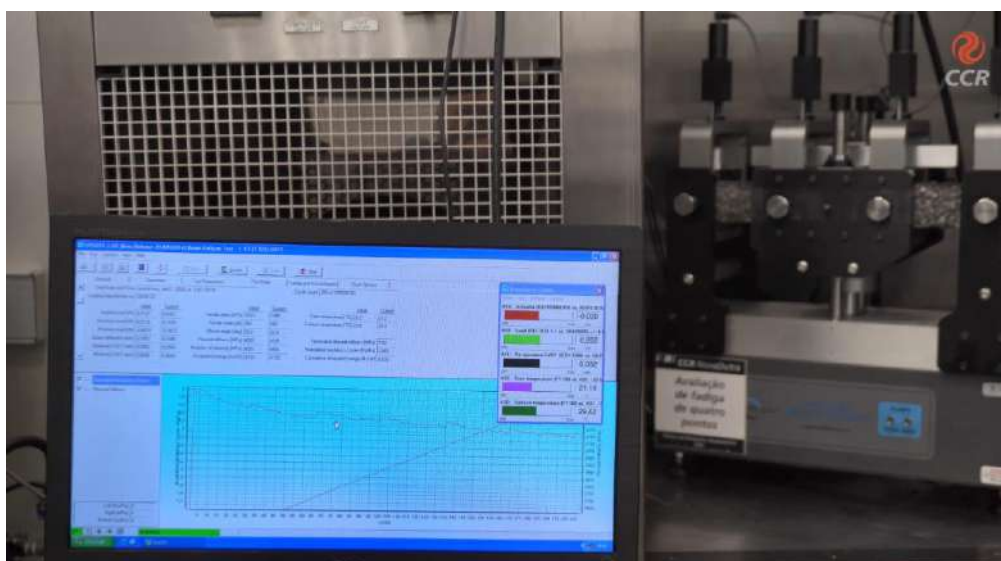
Figura 2 – Com auxílio da serra disco de corte elaborar as vigas prismáticas de 7,5 x 7,5 x 45 cm.



**Figura 3** – Realizar a pesagem hidrostática das vigotas para a obtenção dos vazios da mistura.



**Figura 4** – Realização do ensaio no equipamento de fadiga.



**Figura 5** – Registro do número de ciclos de aplicação de carga e deformação da viga.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação do Módulo de Resiliência de Misturas Asfálticas

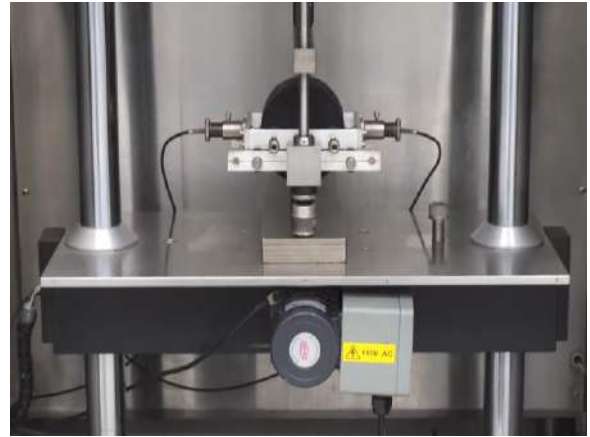
NORMA: DNIT 135/2010 - ME

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Prensa hidráulica ou pneumática;
- Sistema de aquisição de dados;
- 02 LVDTs (Linear Variable Differential Transformer);
- Quadro de suporte para fixação dos LVDTs;
- Computador;



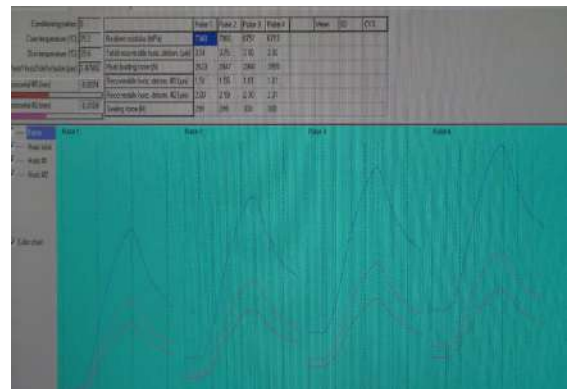
❖ Colocar o corpo de prova dentro do quadro de suporte dos LVDT's;



❖ Colocar os LVDT's no quadro de suporte;



❖ Aplicar a carga repetidamente no plano diametral;



❖ Registram-se esses valores através do sistema de aquisição de dados;

**NORMA: AASHTO T 342-11**

### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Equipamentos necessários para compactação giratória tipo metodologia Superpave seguindo a norma AASHTO T 312;
- Sonda rotativa com broca de 10 cm de diâmetro;
- Prensa hidráulica ou pneumática de carregamento cíclico;
- Sistema de aquisição de dados;
- Computador e software específico;
- 03 LVDTs (Linear Variable Differential Transformer);
- 06 suportes para LVDTs.
- 06 pinos de fixação e cola específica;
- Reservatório que permita a imersão total do corpo de prova;
- Balança para 5.000 g, com precisão de 0,1 g;



Os corpos de prova devem ser moldados no compactador giratório.



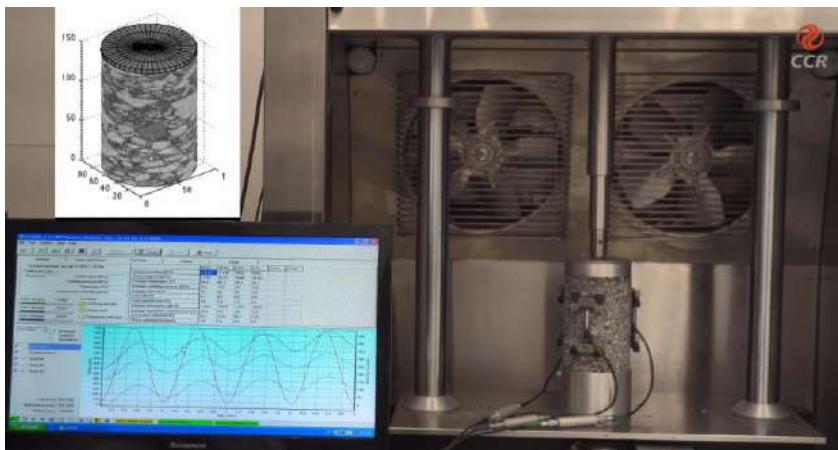
Realizar a extração do corpo de prova com a sonda rotativa.



Com auxílio da serra disco realizar o paralelismo das faces.



Posicionar os LVDs para registro dos deslocamentos através do software.



Sistema de Aquisição de dados e Software para o calculo do módulo dinâmico.

## Ensaio Uniaxial de Carga Repetida para Determinação da Resistência à Deformação Permanente de Misturas Asfálticas

NORMA: AASHTO T 342-11

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Equipamentos necessários para compactação giratória tipo metodologia Superpave seguindo a norma AASHTO T 312;
- Sonda rotativa com broca de 10 cm de diâmetro;
- Prensa hidráulica ou pneumática de carregamento cíclico;
- Sistema de aquisição de dados;
- Computador e software específico;
- Câmara de Temperatura;
- Reservatório que permita a imersão total do corpo de prova;
- Balança para 5.000 g, com precisão de 0,1 g;



Os corpos de prova devem ser moldados no compactador giratório.



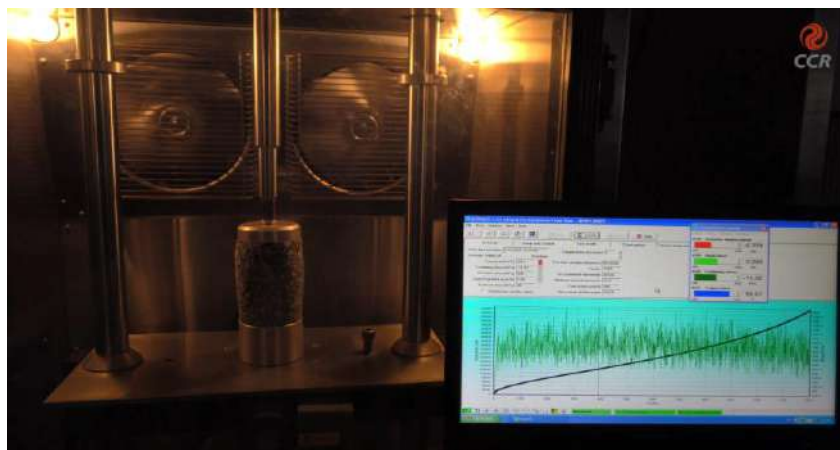
Realizar a extração do corpo de prova com a sonda rotativa.



Com auxílio da serra disco realizar o paralelismo das faces.



Posicionar o êmbolo de aplicação de carga sobre o disco metálico responsável por transmitir uniformemente a carga sobre o corpo de prova



O ponto no qual a região terciária se inicia é chamado de Flow Number. Pode ser definido também como o número do ciclo em que a taxa de deformação plástica é mínima e a partir do qual o Corpo de Prova atinge a ruptura.





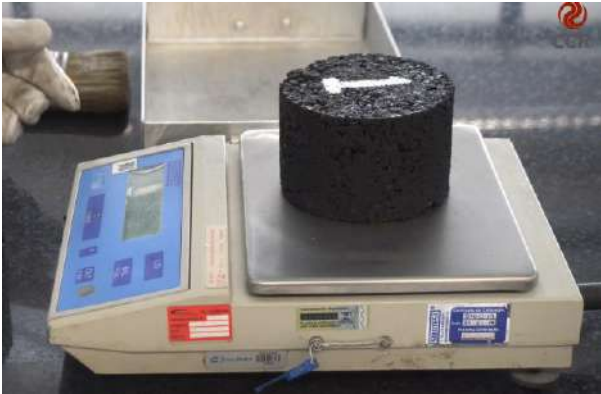
## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Desgaste por Abrasão de Misturas Betuminosas com Asfalto Polímero - Ensaio Cantabro

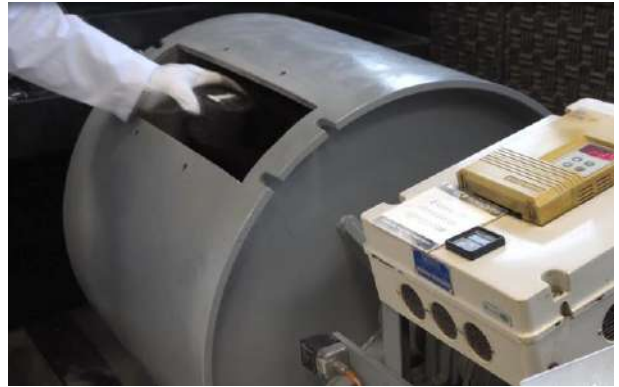
NORMA: DNER-ME 383/99

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Máquina Los Angeles, sem a respectiva carga abrasiva (esferas de aço);
- Balança com capacidade de 5 kg, sensível a 1 g;
- Bandejas;
- Pincel.



❖ Pesar um corpo de prova do tipo Marshall;



❖ Colocar um corpo de prova por vez dentro do tambor



❖ Fechar o tambor com a tampa e parafusar



❖ Programar a máquina para realizar 300 revoluções do tambor;



❖ Gire o tambor até o corpo de prova cair livremente;



❖ Realizar a pesagem do corpo de prova e anotar o seu peso.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Dosagem de Misturas Asfálticas a Quente

**NORMA: Procedimento CCR**

#### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 200°C;
- Balança para 5 kg com precisão de 0,01 g;
- Jogo de peneiras;
- Molde de compactação e cilindro de aço;
- Misturador mecânico;
- Chapa elétrica ou fogareiro a gás;
- Soquete de compactação de aço, com 4.540 g de massa e altura de queda de 45,72 cm e base de compactação ou compactador eletromecânico;
- Extrator de corpos de prova;
- Espátulas e colher de metal com capacidade entre 30 a 50 ml e cabo de 25 cm;
- Reservatório de banho d'água na temperatura de 60°C;
- Bandejas metálicas de 50 cm x 30 cm x 5 cm e recipientes cilíndricos;
- Termômetro e cronômetro;
- Prensa de compressão.



**Figura 1** – Secar os agregados na temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 2** – Realizar o quarteamento dos agregados.



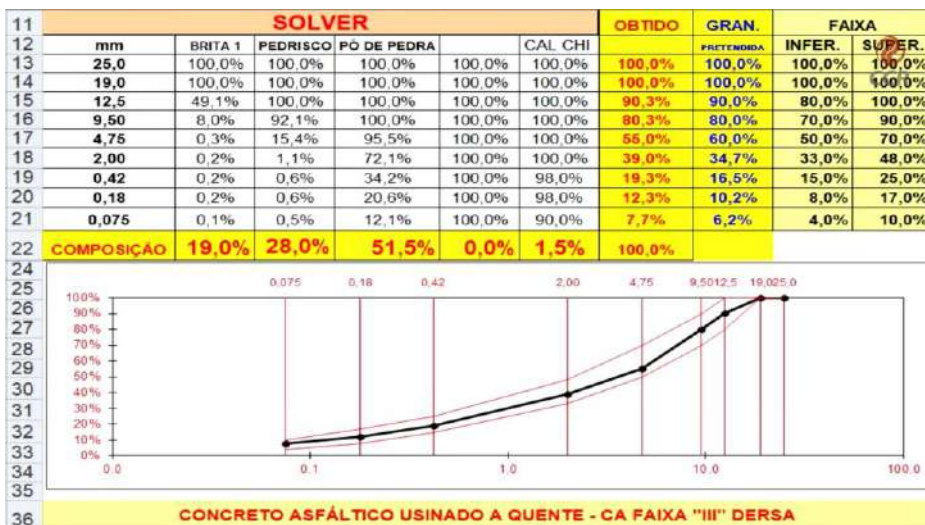
**Figura 3** – Lavar os agregados e deixá-los imersos em água por 15 horas.



**Figura 4** – Determinar a densidade real, densidade aparente e absorção dos agregados graúdos.



**Figura 5** – Determinar a densidade real, densidade aparente e absorção dos agregados miúdos.



**Figura 6** – Calcular as percentagens referente a faixa especificada.

CONCRETO ASFÁLTICO USINADO A QUENTE - CA FAIXA "III" DERSA						
	PENEIRAS		PESO ACUMULADO (g)		PESO DE CADA AGREGADO PARA FRACIONAMENTO	
44		2"	0,0	0,0	BRITA 1 11.573,6	
45		1"	0,0	0,0	BRITA 1 11.573,6	
46		3/4"	0,0	0,0	PEDRISCO 17.055,8	
47		1/2"	112,2	145,1	PÓ DE PEDRA 31.370,6	
48		3/8"	228,5	295,5	0,0	
49		CAL CHI	245,9	318,0	SOMA 60.000,0	
50		Nº 4	539,0	697,0	TEOR ÓTIMO	
51		FUNDO	974,0	1259,5	D.M.T.	
52		Nº 10	1160,0	1500,0	D. Ef.Agreg.	
53		TOTAL	1160,0	1500,0		
54		LIGANTE ASFÁLTICO	CPs	DMT		
55						
56						
57	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
58	48,3	54,7	61,1	67,5	74,0	80,6
59	DMT					
60	62,5	70,7	78,9	87,3	95,7	104,3
61						
62						

Figura 7 – Calcular os pesos individuais da composição da faixa especificada.



Figura 8 – Realizar o peneiramento total para a composição da dosagem para cinco teores de asfalto.



Figura 9 – Realizar as pesagens individuais dos agregados e aditivos para os cinco teores de asfalto.



**Figura 10** – Adicionar o ligante asfáltico aos agregados referente a cada teor e efetuar a mistura.



**Figura 11** – Mistura asfáltica.



**Figura 12** – Colocar a mistura asfáltica no cilindro de aço para realizar a compactação.



**Figura 13** – Compactar a mistura asfáltica utilizando o soquete mecânico.



**Figura 14** – Extrair o corpo de prova após compactação Marshall.

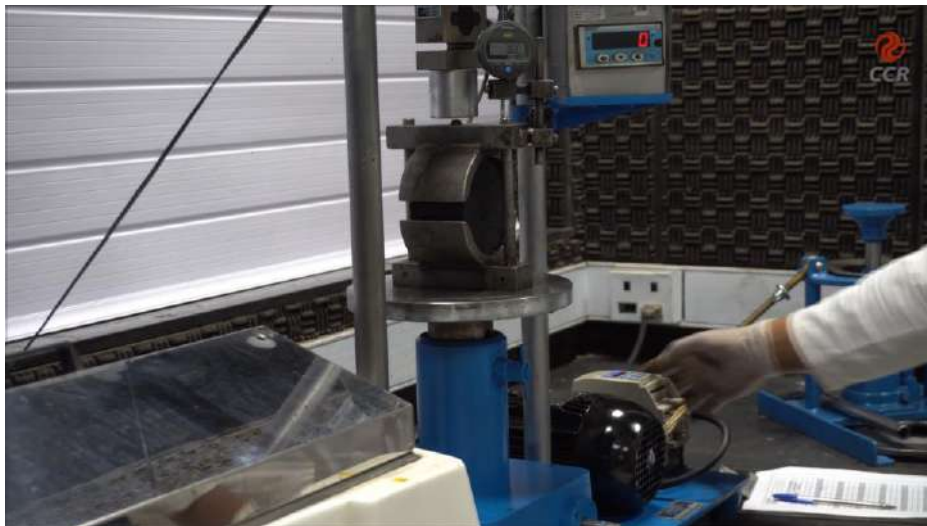


**Figura 15** – Determinar a densidade aparente referente a cada teor de ligante.





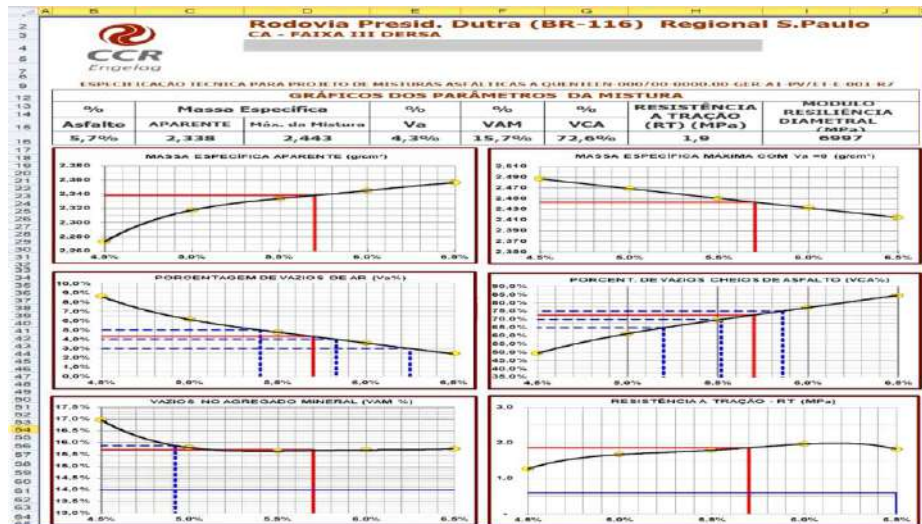
**Figura 16** – Determinar a densidade máxima teórica referente a cada teor de ligante.



**Figura 17** – Determinar a estabilidade e fluência de cada teor de ligante a 60 °C.



**Figura 18** – Determinar a resistência à tração por compressão diametral para cada teor de ligante a 25 °C.



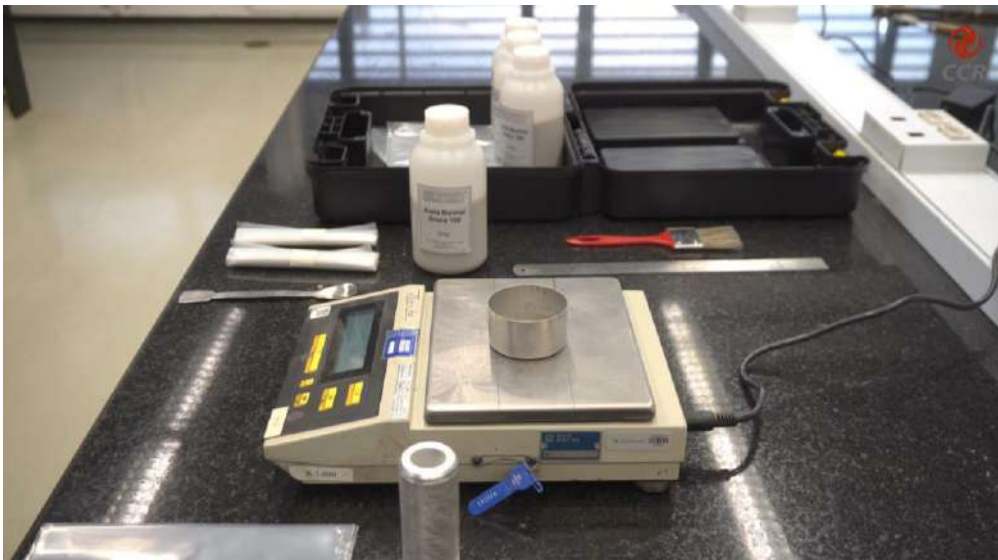
**Figura 19** – Calcular as densidades, as resistências e teor ótimo do ligante em função da quantidade de vazios de ar.

**Ensaio de Mancha de Areia para a Verificação da  
Macrotextura do Revestimento Asfáltico.**

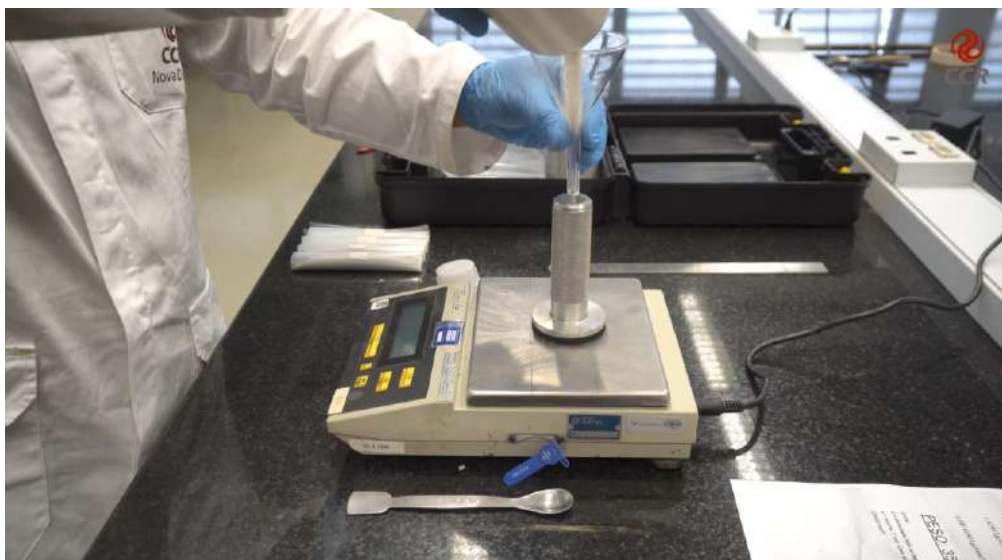
**NORMA: ASTM E 965-96 / 2006**

**EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Balança com precisão de 0,1 g;
- Disco com base emborrachada com diâmetro entre 60 e 75 mm;
- Régua ou trena com precisão de 1 milímetro;
- Pincel;
- Micro esferas de vidro;
- Cápsulas de alumínio;
- Espátulas;
- Saquinhos plásticos.



**Figura 1 - Equipamentos Necessários.**



**Figura 2 – Pesagem de 35,60 gramas de micro esferas de vidro.**



**Figura 3** – Despejar os 35,60 gramas de micro esferas de vidro sobre a pista.



**Figura 4** – Com auxílio do disco de base de emborrachada espargir as esferas de vidro.



**Figura 5** – Com uma régua registrar a medida de dois diâmetros opostos.

**Ensaio Marshall para Misturas Asfálticas a Quente  
a 120 Golpes por Face**

**NORMA: DNER-ME 043/95**

**EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 200°C;
- Balanças para 5.000 g, com precisão de 1,0 g;
- Peneiras de 25 mm, 19 mm, 9,5 mm, 4,8 mm e 2,0 mm;
- Molde de compactação e compressão de aço;
- Misturador mecânico;
- Chapa elétrica ou fogareiro a gás;
- Soquete de compactação de aço, com 4.540 g de massa e altura de queda de 45,72 cm;
- Base de Compactação;
- Extrator de corpos de prova;
- Espátulas e colher de metal com capacidade entre 30 a 50 ml e cabo de 25 cm;
- Reservatório de banho d'água na temperatura de 60°C;
- Bandejas metálicas de 50 cm x 30 cm x 5 cm e recipientes cilíndricos;
- Termômetro e cronômetro.



**Figura 1 - Equipamentos Necessários.**



**Figura 2 – Pesar a composição granulométrica para cada corpo de prova**



**Figura 3 – Compactação marshall com 120 golpes por lado.**



**Figura 4 – Pesagem hidrostática dos corpos de prova para a obtenção dos vazios.**



**Figura 5 – Ruptura dos corpos de prova para.**

## **ENSAIOS DE SOLOS**

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Peneiras de 2,0 mm e de 0,42 mm;
- Repartidores de amostras de 1,3 e 2,5 cm de abertura;
- Balança com capacidade de 5 kg, sensível a 5 g;
- Balança com capacidade de 1 kg, sensível a 0,1 g;
- Balança com capacidade de 200 g, sensível a 0,01 g;
- Almofariz e mão de gral recoberta com borracha, capacidade: 5,0 kg;
- Pá de mão de forma arredondada;
- Bandejas de ferro galvanizado;
- Estufa.



Figura 1 – Secagem ao sol da amostra do solo.

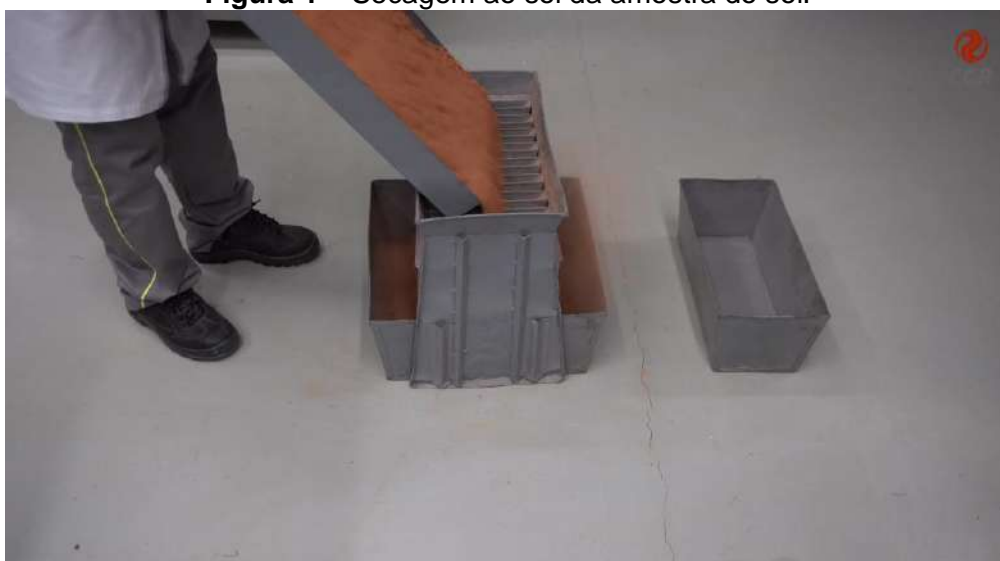
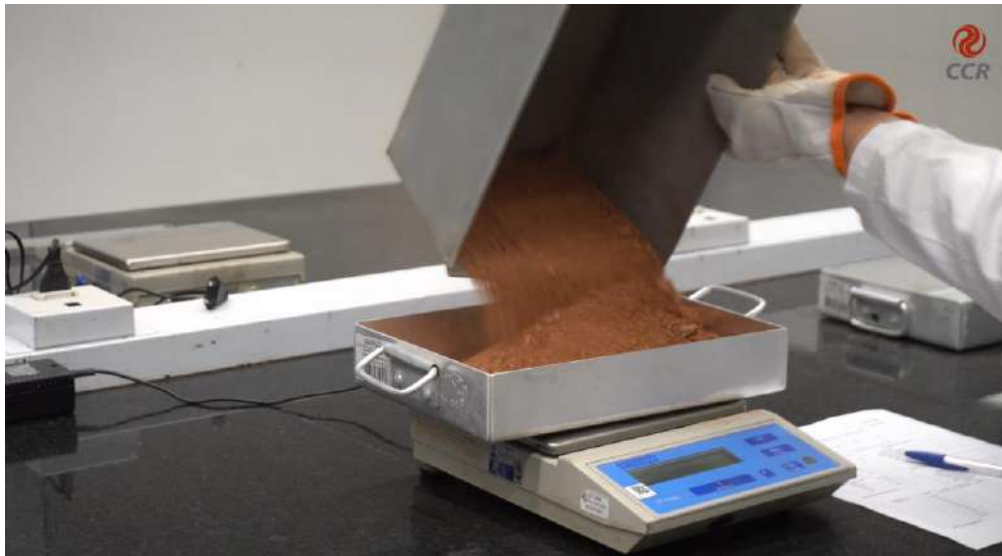


Figura 2 – Realização do processo de quarteamento do solo.





**Figura 3 –** Pesagem da amostra de solo.



**Figura 4 –** Realização do processo de peneiramento manual.



**Figura 5 –** A separação do solo servirá para a realização dos diversos ensaios.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Coleta de Amostras Deformadas de Solos

**NORMA: DNER-PRO 003/94**

#### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Picareta;
- Inchada;
- Pá
- Pá cortadeira;
- Cavadeira;
- Trena;
- Lona;
- Saco plástico;
- Etiqueta de identificação;
- Gabarito.



**Figura 1 – Equipamentos necessários.**



**Figura 2 – Realizar a limpeza superficial dentro do gabarito.**



**Figura 3 – Realizar a escavação.**



**Figura 4** – Retirar a amostra de solo e depositá-la na lona.



**Figura 5** – Realizar a coleta de 60 quilos da amostra de solo para os ensaios laboratoriais.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Análise Granulométrica de Solos

**NORMA: DNER-ME 080/94**

#### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Agitador mecânico de peneiras;
- Balanças com capacidade para 5 kg com precisão de 0,5 g, 1 kg com precisão de 0,1g e 200 g com precisão de 0,01g;
- Estufa com capacidade para manter a temperatura entre  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ;
- Bandeja metálica de 35 cm x 25 cm x 5 cm;
- Pipeta graduada;
- Escovas apropriadas para limpeza de peneiras;



**Figura 1** – Secagem da amostra de solo na estufa.



**Figura 2** – Destorroar a amostra de solo.



**Figura 3** – Quartear a amostra de solo.



**Figura 4 –** Pesar a amostra de solo reduzida.



**Figura 5 –** Lavar a amostra de solo.



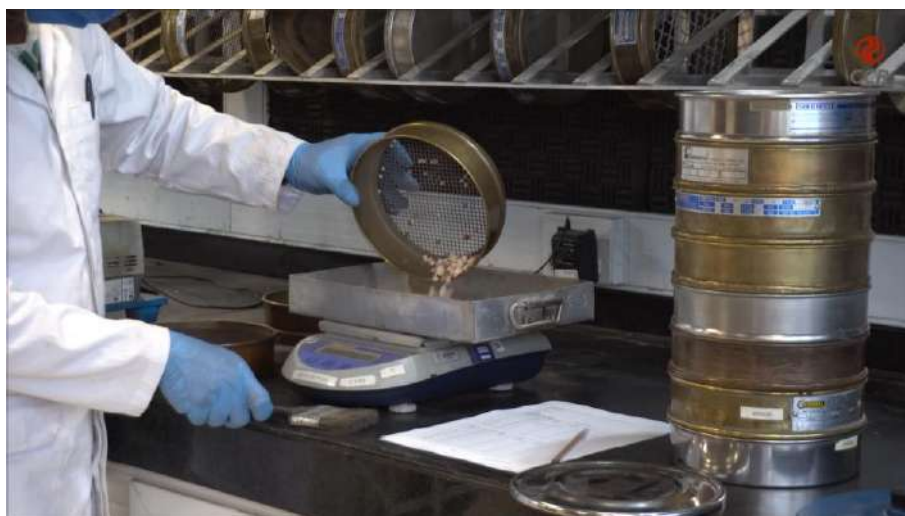
**Figura 6 –** Secar a amostra de solo.



**Figura 7** – Colocar a amostra de solo nas peneiras.



**Figura 8** – Executar o peneiramento da amostra de solo com auxílio do agitador de peneiras.



**Figura 9** – Realizar a granulometria da amostra de solo.





## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Ensaio de Análise Granulométrica de Solos

NORMA: DNER-ME 051/94

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Estufa capaz de manter a temperatura entre 105 °C e 110 °C;
- Peneiras de 50 - 38 - 25 - 19 - 9,5 - 4,80 - 2,0 - 1,2 - 0,6 - 0,42 - 0,30 - 0,15 e 0,075 mm;
- Agitador para peneiras;
- Aparelho de dispersão com hélices substituíveis e copo munido de chicanas;
- Proveta cilíndrica transparente de vidro ou plástico, conforme a norma;
- Estufa capaz de manter a temperatura entre 105oC e 110 oC;
- Balança com capacidade de 1 kg, sensível a 0,01 g;
- Cápsula de porcelana com capacidade de 500 ml;
- Densímetro de bulbo simétrico, calibrado a 20 oC e graduado em 0,001 de 0,995 a 1,050;
- Termômetro graduado ou digital;
- Cronômetro para intervalo de tempo até 30 minutos com precisão de 1 seg;
- Recipiente para colocar as provetas em banho imersão;
- Becker de vidro com capacidade de 250 ml.



❖ Preparo da solução;



❖ Colocação da solução no Balão volumétrico;



❖ Pesagem do solo;



❖ Adicionar a solução ao solo



❖ Encaixe o copo de dispersão e ligue o aparelho de dispersão



❖ Transferir a dispersão para a proveta, removendo com água destilada todo o material que tenha aderido ao copo dispersor



- ❖ Mergulhe cuidadosamente o densímetro na suspensão



- ❖ Lavagem com água corrente.



- ❖ Secagem na estufa



- ❖ Processo de peneiramento



- ❖ Registre os pesos retidos acumulados em cada peneira

## Ensaio de Compactação de Solos Energia de Compactação: Proctor Normal

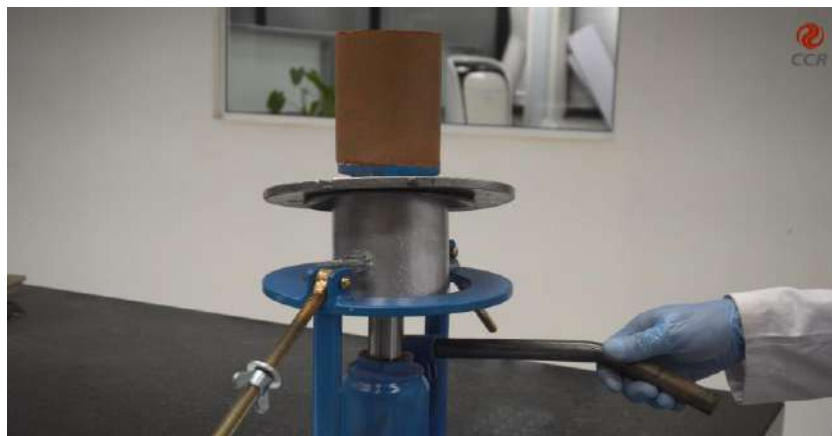
NORMA: ABNT NBR 7182 / 86

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 115°C;
- Balanças com capacidade de 20 kg, com precisão de 1,0 g e de 1 kg, com precisão de 0,1 g;
- Peneiras de 50 mm, 19 mm e 4,8 mm;
- Molde cilíndrico de compactação metálico de 15,24 +/- 0,05 cm de diâmetro interno e 17,78 +/- 0,02 cm de altura;
- Disco espaçador metálico de 15,00 +/- 0,05 cm de diâmetro e 6,35 +/- 0,02 cm de altura;
- Soquete de compactação metálico pequeno com 5,08 +/- 0,01 cm de diâmetro e 2.500 g de massa e altura de queda de 45,72 cm;
- Base de Compactação;
- Extrator de corpos de prova, provetas de vidro;
- Regua de aço biselada de 30 cm, espátulas e colher de pedreiro;
- Paquímetro, bandejas metálicas, recipientes cilíndricos e papel filtro.



Com o soquete pequeno de 2.500 kg, aplicar 26 golpes distribuídos uniformemente sobre a superfície da camada de solo.



Proceder à extração do corpo de prova. Repetir todo o processo para este novo teor de umidade. A quantidade mínima de teores de umidades do solo deve ser de 5.

**Ensaio de Compactação de Solos  
Energia de Compactação: Proctor Intermediário**

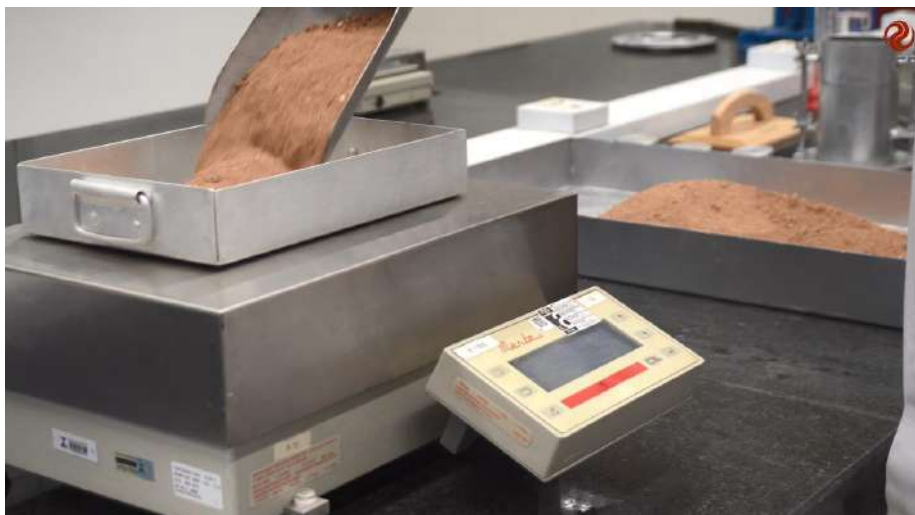
**NORMA: ABNT NBR 7182 / 86**

**EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 115°C;
- Balanças com capacidade de 20 kg, com precisão de 1,0 g e de 1 kg, com precisão de 0,1 g;
- Peneiras de 50 mm, 19 mm e 4,8 mm;
- Molde cilíndrico de compactação metálico de 15,24 +/- 0,05 cm de diâmetro interno e 17,78 +/- 0,02 cm de altura;
- Disco espaçador metálico de 15,00 +/- 0,05 cm de diâmetro e 6,35 +/- 0,02 cm de altura;
- Soquete de compactação metálico grande com 5,08 +/- 0,01cm de diâmetro e 4.536 g de massa e altura de queda de 45,72 cm;
- Base de Compactação;
- Extrator de corpos de prova, provetas de vidro;
- Regua de aço biselada de 30 cm, espátulas e colher de pedreiro;
- Paquímetro, bandejas metálicas, recipientes cilíndricos e papel filtro.



Equipamentos necessários.



A amostra representativa deve ser de 6 kg para solos siltosos ou argilosos e de 7 kg para solos arenosos ou pedregulhoso;



Com o soquete grande de 4.536 kg de massa, aplicar 21 golpes distribuídos uniformemente sobre a superfície da camada;



Retirar o colarinho metálico superior do molde e com auxílio da régua biselada retirar o excesso de solo sobre o molde.



Proceder à extração do corpo de prova.

**Ensaio de Compactação de Solos  
Energia de Compactação: Proctor Modificado**

**NORMA: ABNT NBR 7182 / 86**

**EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 115°C;
- Balanças com capacidade de 20 kg, com precisão de 1,0 g e de 1 kg, com precisão de 0,1 g;
- Peneiras de 50 mm, 19 mm e 4,8 mm;
- Molde cilíndrico de compactação metálico de 15,24 +/- 0,05 cm de diâmetro interno e 17,78 +/- 0,02 cm de altura;
- Disco espaçador metálico de 15,00 +/- 0,05 cm de diâmetro e 6,35 +/- 0,02 cm de altura;
- Soquete de compactação metálico grande com 5,08 +/- 0,01cm de diâmetro e 4.536 g de massa e altura de queda de 45,72 cm;
- Base de Compactação;
- Extrator de corpos de prova, provetas de vidro;
- Regua de aço biselada de 30 cm, espátulas e colher de pedreiro;
- Paquímetro, bandejas metálicas, recipientes cilíndricos e papel filtro.



Com o soquete grande de 4.536 kg de massa, aplicar 27 golpes distribuídos uniformemente sobre a superfície da camada.



Proceder à extração do corpo de prova. Repetir todo o processo para este novo teor de umidade. A quantidade mínima de teores de umidades do solo deve ser de 5

**Solos Compactados em Equipamento Miniatura  
Mini - MCV**

**NORMA: DNER - ME 258 / 94**

**EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Equipamento de compactação e acessórios
- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 115°C;
- Balanças com capacidade de 1 kg, com precisão de 0,1g
- Peneira de 2,0 mm;
- Molde cilíndrico de compactação metálico de 50 mm de diâmetro interno e 130 mm de altura;
- Cilindro padrão de aço de 49,80 mm de diâmetro e 50 mm de altura;
- Soquete de compactação metálico 49,80 mm de diâmetro e 2.270 g de massa e altura de queda de 30,5 cm;
- Base de Compactação de 35 cm x 35 cm x 60 cm (altura);
- Dispositivo de medição da altura do corpo de prova provido de extensômetro;
- Cápsulas de alumínio com tampa, espátulas e colher de pedreiro;
- Paquímetro, bandejas metálicas, recipientes cilíndricos e papel filtro.



**Figura 1** – Adicionar 4% em peso o cimento e realizar a mistura dos materiais.



**Figura 2** – Com auxílio do pincel aplicar o anti-aderente nas formas de aço.





**Figura 3** – Compactação do corpo de prova na energia indicada na norma.



**Figura 4** – Submergir os corpos de provas em água e posteriormente pesa-os.



**Figura 5** – Retirar o solo das bandejas, levar na estufa para secagem e posterior registro do peso.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação do Teor de Umidade de Solos

NORMA: DNER - ME 213/94

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Balança de precisão com sensibilidade de 0,1 g;
- Estufa capaz de manter a temperatura até 130 °C;
- Pá de amostragem pequena;
- Pá de amostragem em aço inox com cabo curto e frente reta;
- Peneiras de abertura de malha conforme a norma, tampa e fundo;
- Cápsulas de amostragem;
- Bandejas.



**Figura 1** – Coloca-se a amostra em uma bandeja e em seguida passa-se na peneira.



**Figura 2** – Coleta-se a quantidade necessária de acordo com o diâmetro máximo do material.



**Figura 3** – Pesa-se as cápsulas iniciais para determinação da umidade.



**Figura 4 – Coloca-se as amostras na Estufa.**



**Figura 5 – Pesa-se a amostra após secagem.**



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação do Índice de Suporte Califórnia de Solos

**NORMA: ABNT NBR 9895 / 2016**

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Cilindro metálico: Base perfurada, disco espaçador, colarinho, disco anelar;
- Soquete com massa de  $4.536 \pm 10$ g com altura de queda de  $457 \pm 2$  mm;
- Base rígida preferencialmente de concreto, com massa superior a 100 kg
- Relógio comparador;
- Suporte para relógio comparador;
- Extrator de corpo de prova;
- Reservatório que permita a imersão total do corpo de prova;
- Prensa de compressão com capacidade > 50 kN e pistão de penetração de aço com 49,6 mm de diâmetro e altura de 190 mm;
- Estufa com capacidade para manter a temperatura entre 105°C a 110°C;
- Balanças para 20kg, 1.500 g, com precisão de 1,0 g e 0,01 g respectivamente;
- Régua biselada com comprimento de 30 cm.

### Determinação do Índice de Suporte Califórnia de Solos

**NORMA: ABNT NBR 9895 / 2016**

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS (continuação)

- Peneiras de 76 mm, 19 mm e 4,8 mm;
- Espátulas de lâmina flexível;
- Cápsulas metálicas, com tampa, para determinação da umidade;
- Prato perfurado de bronze, latão ou ferro galvanizado;
- Papel filtro circular com cerca de 150 mm de diâmetro;
- Desempenadeira de madeira com 13 cm x 25 cm;
- Conchas metálicas com capacidade de 500 cm<sup>3</sup> e 1.000 cm<sup>3</sup>;
- Provetas de vidro com capacidade de 1.000 cm<sup>3</sup>, 200 cm<sup>3</sup> e 100 cm<sup>3</sup>;
- Bandejas metálicas de 75 cm x 50 cm x 5 cm.



**Figura 1** – Equipamentos necessários.



**Figura 2** – Pesar 6 kg da amostra de solo previamente peneirada e homogeneizada.



**Figura 3** – Compactar a amostra de solo no molde cilíndrico.



**Figura 4** – Submergir em água as amostras de solo.



**Figura 5** – Aplicar o carregamento de 1,27 mm/minuto, até a ruptura por cisalhamento do solo.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação do Limite de Plasticidade de Solos

NORMA: DNER-ME 082/94

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Quarteador de 1,3 cm e 2,5 cm de abertura;
- Peneiras de 2 mm e 0,42 mm;
- Cápsula de porcelana com capacidade de 500 ml;
- Mão de gral recoberta de borracha;
- Espátula com lâmina flexível de 8 cm de comprimento e 2 cm de largura e proveta graduada;
- Placa de vidro de superfície esmerilhada;
- Cilindro de comparação de 3 mm de diâmetro e cerca de 10 cm de comprimento;
- Balança com capacidade de 1 kg, sensível a 0,01 g;
- Estufa capaz de manter a temperatura entre 105 a 110°C;
- Recipientes para guardar as amostras sem perda de umidade.





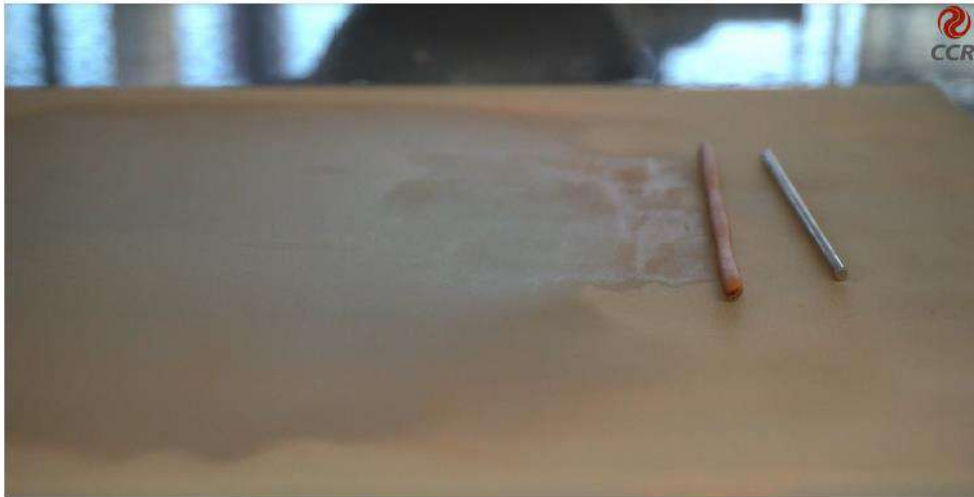
**Figura 1** – Efetua-se o quarteamento da amostra de solo.



**Figura 2** – Efetua-se o peneiramento da amostra de solo na peneira nº 40 (0,42 mm).



**Figura 3** – Homogeneização do solo para formar amostras cilíndricas.



**Figura 4** – Amostra cilíndrica em comparação com o gabarito metálico.



**Figura 5** – Amostra cilíndrica cortada e colocada dentro da cápsula.



**Figura 6** – Cápsula colocada na estufa para eliminar a umidade da amostra e determinar o limite de plasticidade.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação do Limite de Liquidez de Solos

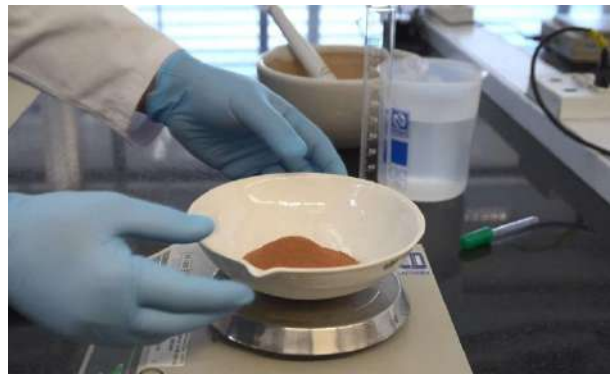
NORMA: DNER-ME 122/94

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

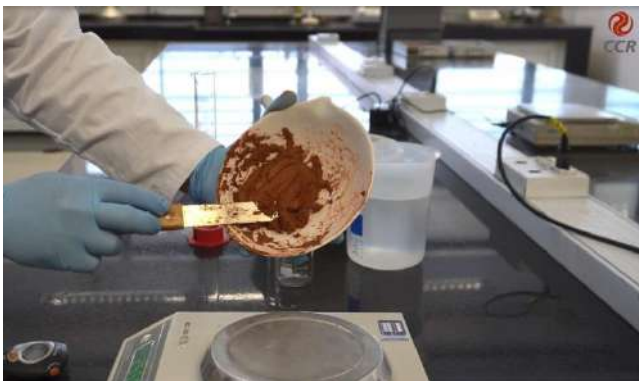
- Aparelho de Casagrande;
- Cinzel com características indicadas na norma;
- Balança com capacidade de 1 kg, sensível a 0,01 g;
- Estufa capaz de manter a temperatura entre 105 a 110 °C;
- Recipientes para guardar as amostras sem perda de umidade;
- Cápsula de porcelana com capacidade de 500 ml;
- Espátula com lâmina flexível de 8 cm de comprimento e 2 cm de largura;
- Pinça ou luvas para retirar objetos da estufa;
- Cronômetro com precisão de 1 segundo;
- Esfera de aço com 8 mm de diâmetro.



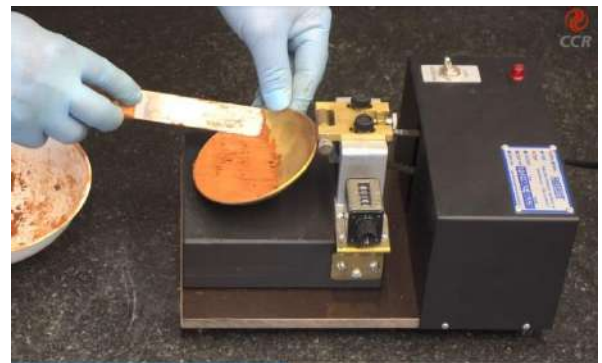
❖ Calibragem do equipamento;



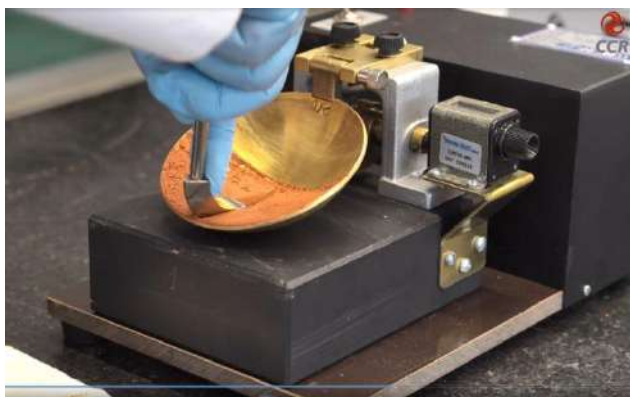
❖ Pesagem de 70 g do solo;



❖ Homogeneizando a amostra de solo;



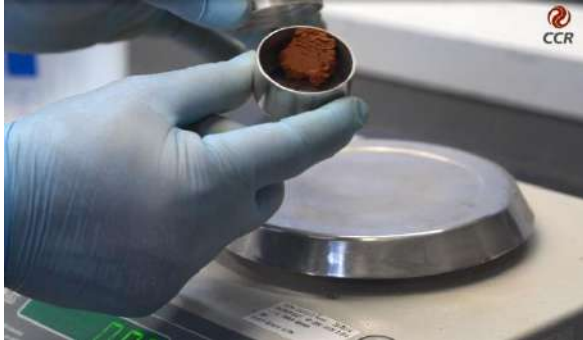
❖ Espalhar a mistura preparada de tal modo que ocupe aproximadamente 2/3 da superfície da concha;



❖ Alisar com a espátula a amostra de solo até que fique 1,0 cm de espessura na parte central da concha;



❖ Golpear a concha contra a base do aparelho pelo acionamento da manivela ou do motor até que as duas bordas inferiores da ranhura se unam na extensão de 1,0 cm.



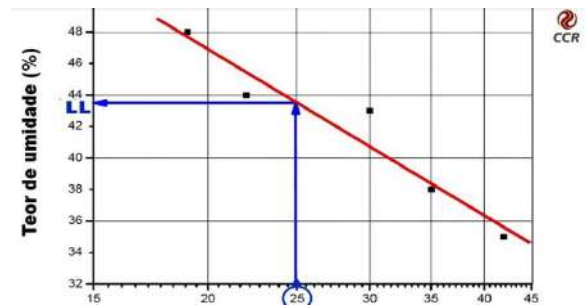
❖ Pesagem do solo umida;



❖ Realizar a secagem na estufa a  $110(\pm 5)^{\circ}\text{C}$ ;



❖ Após a secagem pesar a mostra para a determinação do teor de umidade;



❖ Determinação do Limite de liquidez;



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação da Densidade Real de Solos

NORMA: DNER-ME 093/94

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

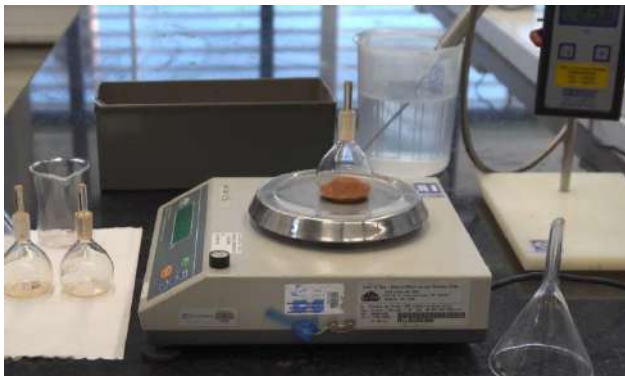
- Repartidor de amostras de 1,3 cm de abertura;
- Peneira de 2,0 mm;
- Balança com sensibilidade a 0,01 g;
- Bandejas;
- Estufa capaz de manter a temperatura entre 105 oC e 110 oC;
- Picnômetro com capacidade de 50 ml;
- Pá de amostragem em aço inox com cabo curto e frente reta;
- Termômetro graduado em 5 °C, de 0 °C a 60 °C;
- Bico de gás ou outra forma de calor;
- Cápsula de porcelana;
- Funil de 5 cm de diâmetro;
- Becker de 250 ml.



❖ Pesagem do picnômetro seco e vazio;



❖ Pesagem do picnômetro + Água;



❖ Pesagem do picnômetro + solo;



❖ Adicionar água no picnômetro;



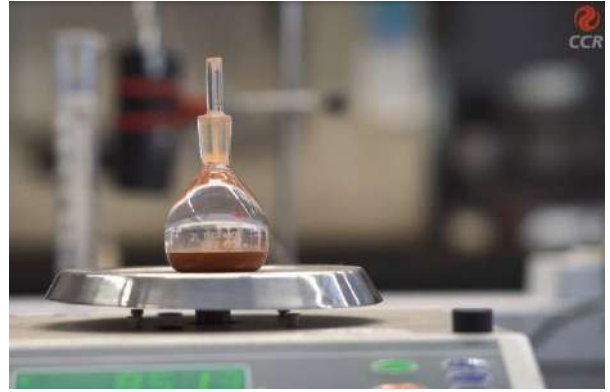
❖ Ferver água do picnômetro + solo;



❖ Completar com água ate o topo.



❖ Colocar na incubadora ou banho Maria na temperatura de 25 °C ;



❖ Realizar a pesagem picnômetro + solo + água.





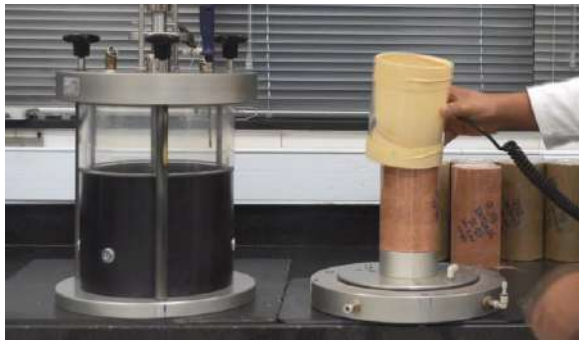
**Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária**

**Determinação do Módulo Resiliência de Solos e Agregados**

**NORMA: DNIT 134/2010 - ME**

### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Prensa hidráulica ou pneumática;
- Célula triaxial;
- Sistema de aquisição de dados;
- 02 LVDTs (Linear Variable Differential Transformer);
- Quadro de suporte para fixação dos LVDTs;
- Computador;



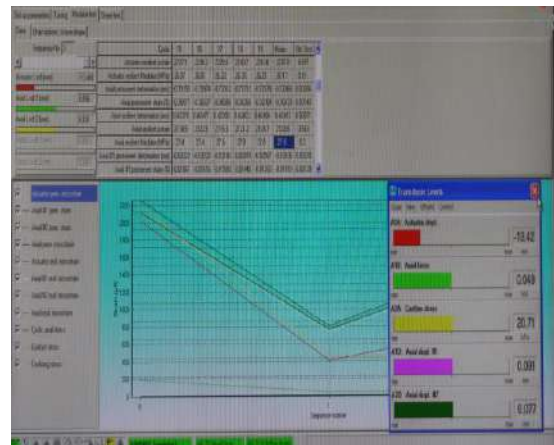
- ❖ Colocar a membrana de borracha no encamisador;



- ❖ Colocar o cilindro da célula triaxial;



- ❖ Levar o conjunto na prensa hidráulica ou mecânica;



- ❖ Iniciar a fase de condicionamento prévio através do software do equipamento;



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação do Teor de Matéria Orgânica por Queima a 440 °C

NORMA: NBR 13600

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Estufa capaz de manter a temperatura entre 105 °C a 100 °C;
- Mufla capaz de manter a temperatura entre 440 °C ;
- 03 Cadinhos de porcelana, com capacidade de 100 ml;
- Dessecador contendo sílica-gel;
- Pinça Metálica;
- Espátula;
- Papel alumínio.



**Figura 1** – Realizar a pesagem da amostra no cadinho.



**Figura 2** – Coloca-se a amostra na estufa a 105 °C.



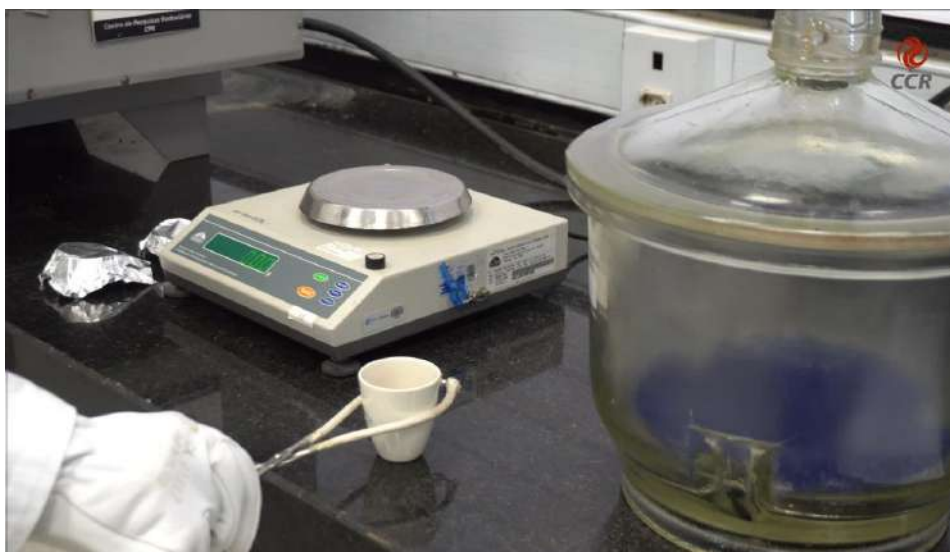
**Figura 3** – Realizar o resfriamento da amostra.



**Figura 4** – Coloca-se a amostra na mufla.



**Figura 5** – Retirar a amostra após a queima a 440 °C.



**Figura 6** – Resfriar a amostra e pesar novamente.

## Ensaio de Compressão Triaxial Estático Simples Não Drenado de Solos

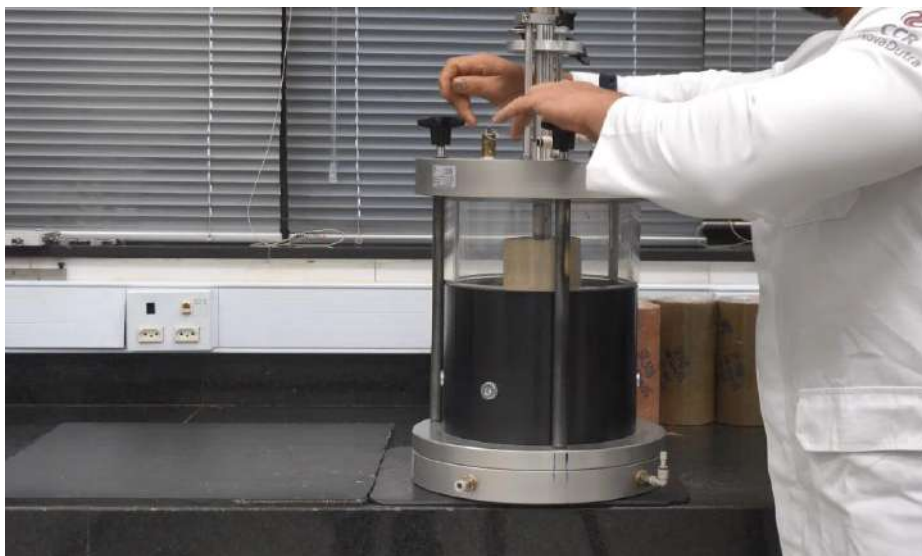
NORMA: ASTM D 2850 - 15

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Prensa hidráulica ou pneumática de carregamento nonotônico;
- Sistema de aquisição de dados;
- Computador e software específico;
- LVDTs (Linear Variable Differential Transformer);
- Suportes para LVDTs;
- Célula triaxial.



**Figura 1** – Colocação da membrana ao corpo de prova com auxílio do encamisador.



**Figura 2** – Colocação da câmara triaxial.



**Figura 3** – Prensa universal de aplicação das tensões verticais e de confinamento.



**Figura 4** – Registro dos dados coletados através do software do equipamento.



**Figura 5** – Ruptura típica dos corpos de prova ensaiados.

**ENSAIOS DE CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND**





## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação da Dosagem e Preparo do Concreto de Cimento Portland.

NORMA: ABNT NBR 12655

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Betoneira com capacidade de 150 litros;
- Carrinho de mão de construção civil;
- Recipientes para conter os agregados, cimento e água;
- Latas para separar as quantidades de cada componente do traço;
- Becker plástico 1,5 litros e de 500 ml.



**Figura 1** – Selecionar os materiais necessários.



**Figura 2** – Adicionar o agregado graúdo na betoneira.



**Figura 3** – Adicionar uma fração de água na betoneira.



**Figura 4** – Adicionar cimento e areia na betoneira, posteriormente acrescenta-se uma fração de água novamente.



**Figura 5** – Adicionar a quantidade indicada do aditivo.



**Figura 6** – Dosagem finalizada.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Moldagem e Cura de Corpos de Prova Cilíndricos ou Prismáticos de Concreto de Cimento Portland

NORMA: NBR 5738

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Moldes metálicos cilíndrico e prismáticos para corpos de prova;
- Placa de Base metálica plana, quadrada ou retangular;
- Haste de compactação de seção circular com 16 mm de diâmetro;
- Concha em aço arredondada ou outro material rígido e não absorvente;
- Cera, desmoldante e pincel.



**Figura 1 – Colocar a cera na base do molde.**



**Figura 2 – Realizar a moldagem dos corpos de prova.**



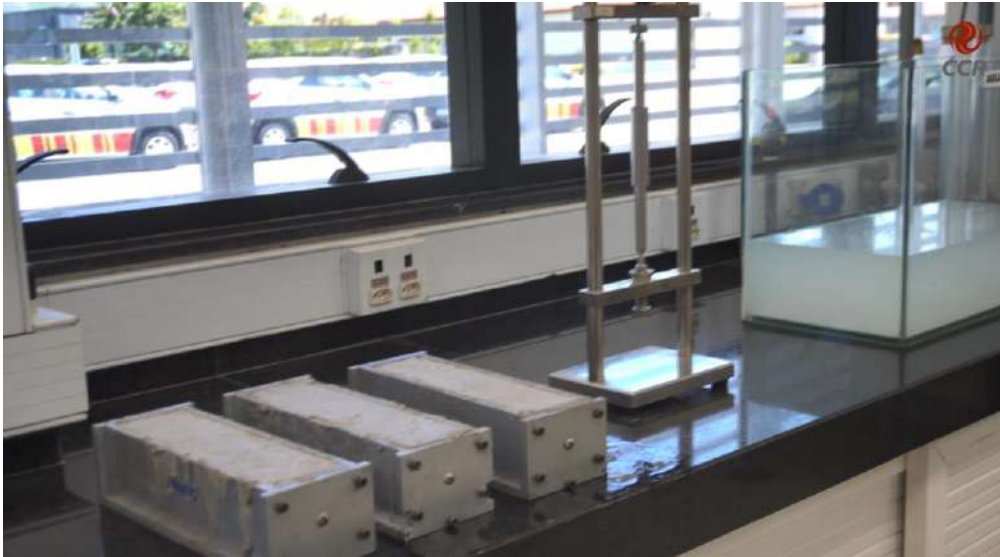
**Figura 3 – Colocar uma proteção nos corpos de prova até ser desmoldado.**

**Determinação da Retração de Concreto de Cimento Portland por Secagem**

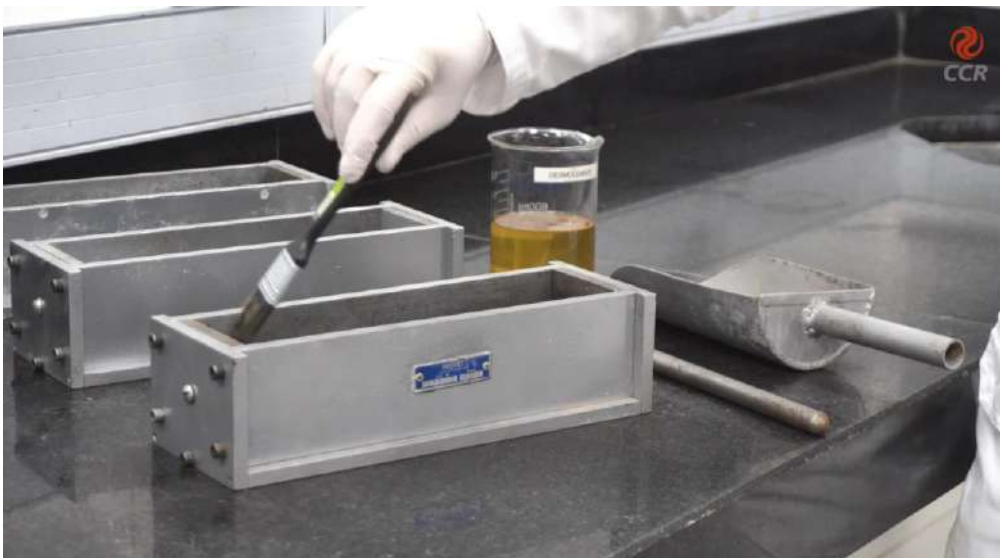
**NORMA: DNIT 053 / 2004 - ME**

**EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

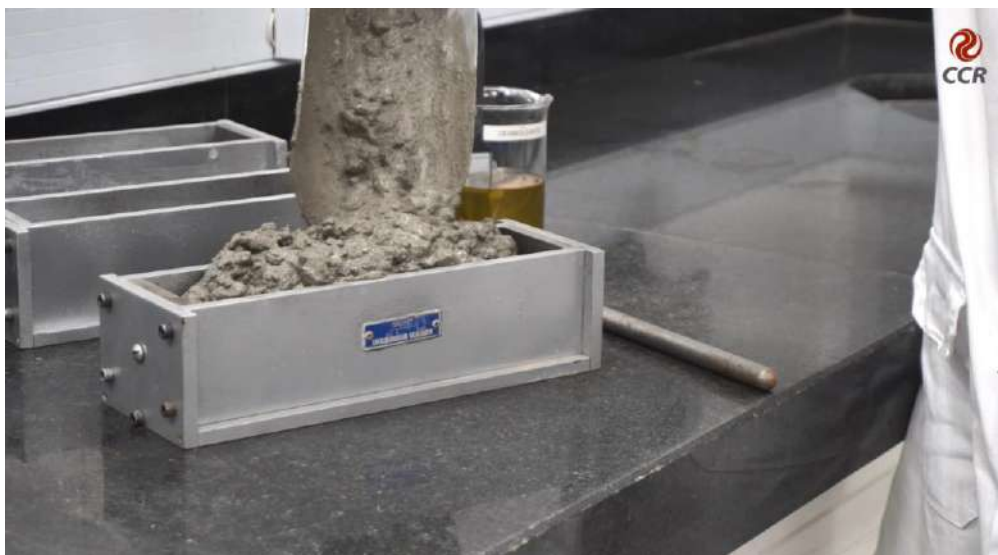
- Medidor de comprimento com precisão de 0,01 mm;
- Reservatório com capacidade para a imersão total dos corpos de prova;
- Moldes prismáticos;
- Barra padrão para verificação do comparador de comprimento;
- Soquete de material não absorvente
- Pá de pedreiro;
- Câmara úmida;
- Recipientes metálicos.



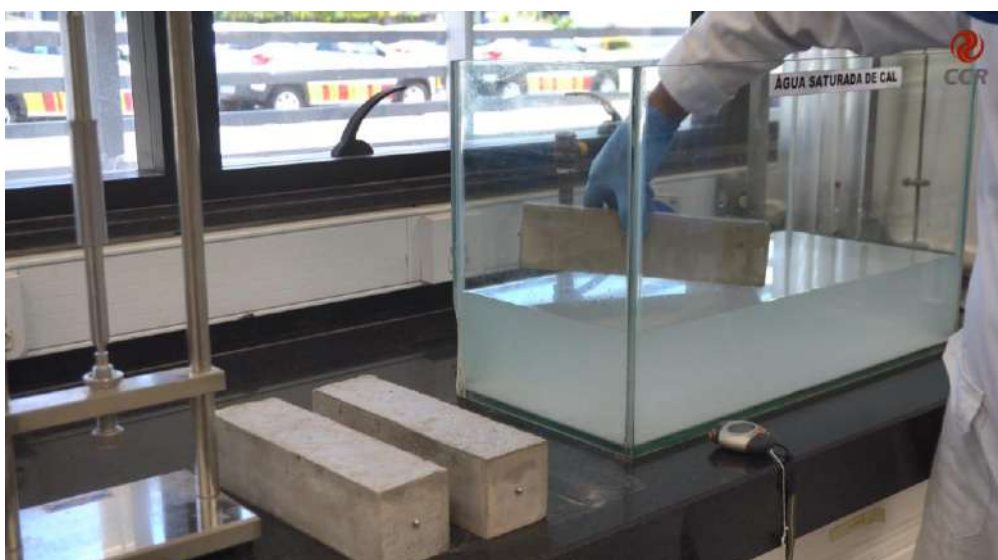
**Figura 1 - Equipamentos Necessários.**



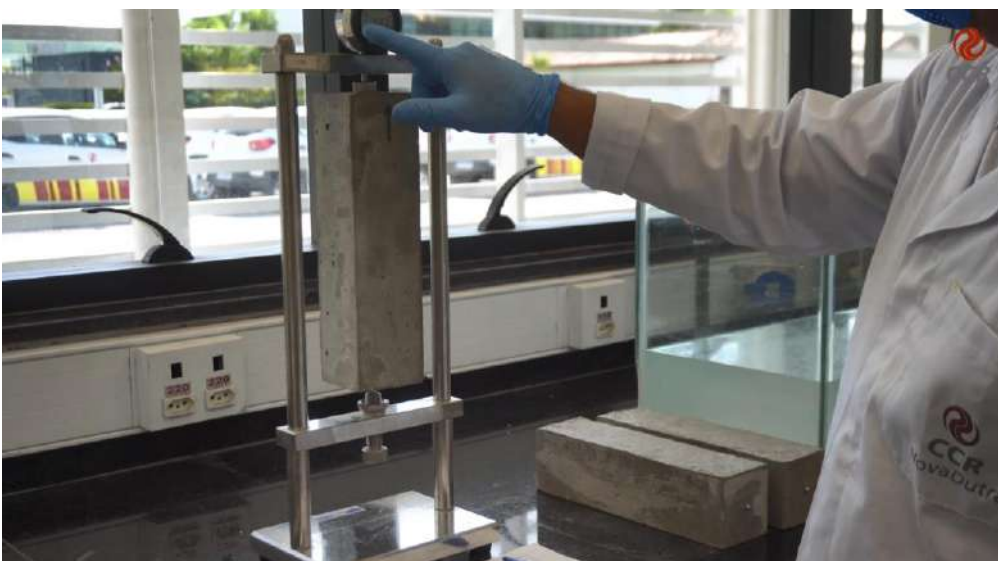
**Figura 2 – Com auxílio do pincel aplicar o antiaderente.**



**Figura 3** – Com auxílio da pá de pedreiro colocar a argamassa na forma prismática.



**Figura 4** – Submergir a viga prismática na solução água cal por um período de 30 minutos.



**Figura 5** – Realizar a primeiras e sucessivas medições do comprimento da viga.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Ensaio de Compressão de Corpos de Prova Cilíndricos de Concreto

NORMA: DNER - ME 091/98

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Prensa de compressão;
- Sistema de aquisição de dados;
- Câmara úmida;
- Equipamento para paralelismo de bases;
- Dispositivo para posicionamento do corpo de prova;
- Duas chapas dura de fibra de madeira de 15 mm de largura e 3,5 mm de altura;
- Paquímetro.





**Figura 1** – Desmoldar os corpos de prova.



**Figura 2** – Colocar os corpos de prova na câmara úmida.



**Figura 3 – Retificar os corpos de prova.**



**Figura 4 – Ruptura dos corpos de prova.**



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação da Resistência à Compressão Simples de Argamassa de Alta Resistência

**NORMA: ABNT NBR 7215**

#### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Balança;
- Prensa de compressão;
- Câmara úmida ou reservatório de imersão;
- Equipamento de paralelismo de faces;
- Suporte cilíndrico para apoio da base do corpo de prova;
- Molde cilíndrico com base rosqueável de 50 x100 mm;
- Misturador mecânico;
- Soquete de 170 x 25mm



**Figura 1 –** Pesagem dos materiais.



**Figura 2 –** Realizar a mistura parcial composta por água e cimento.



**Figura 3 –** Adicionar a areia na mistura.



**Figura 4 – Misturar a amostra.**



**Figura 5 – Moldar os corpos de prova.**



**Figura 6 – Após 24 horas na câmara úmida desmoldar os corpos de prova.**



**Figura 7** –Regularizar a face do corpo de prova.



**Figura 8** –Ruptura do corpo de prova.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral de Corpos de Prova Cilíndricos de Concreto

NORMA: ABNT NBR 7222

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Prensa de compressão;
- Sistema de aquisição de dados;
- Dispositivo para posicionamento do corpo de prova;
- Duas chapas dura de fibra de madeira de 15 mm de largura e 3,5 mm de altura;
- Paquímetro.



**Figura 1** – Medir o corpo de prova com o paquímetro.



**Figura 2** – Colocar o corpo de prova na prensa de compressão.





**Figura 3 – Romper o corpo de prova.**



**Figura 4 – Ruptura do corpo de prova finalizada.**



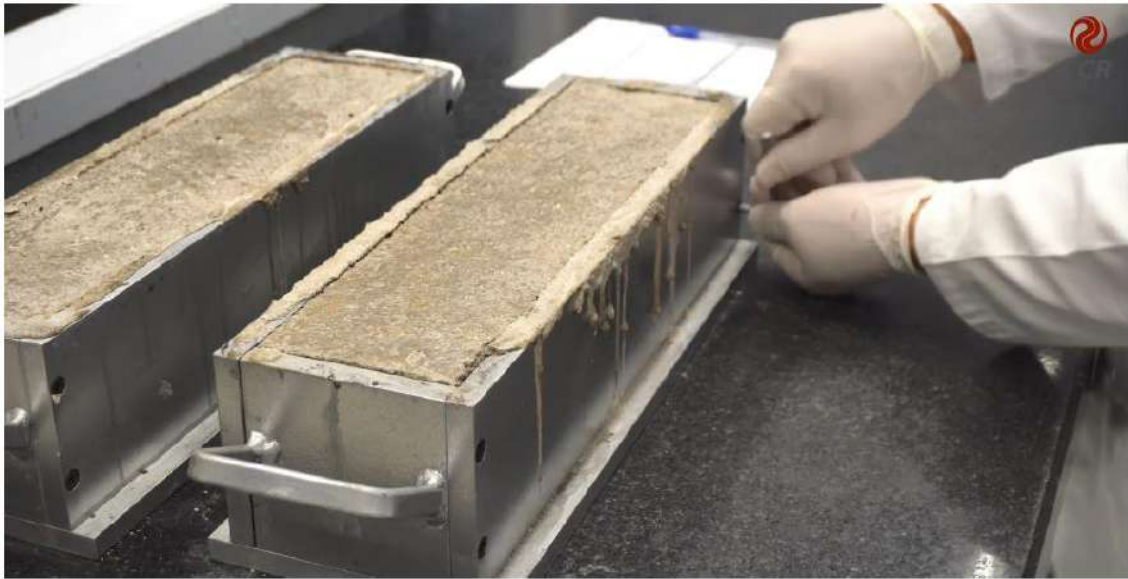
## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação da Resistência à Tração na flexão em Corpos de Prova Prismáticos de Concreto

NORMA: ABNT NBR 12142

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Prensa de compressão;
- Sistema de aquisição de dados;
- Dispositivo biapoado de flexão;
- Paquímetro.



**Figura 1** – Realizar as moldagens, deixar em câmara úmida até a desforma



**Figura 2** – Medir e realizar a ruptura.



**Figura 3** – Ruptura final dos corpos de prova prismáticos.

## Determinação do Índice de Fuidez Calda de Cimento para Injeção

NORMA: ABNT NBR 7681-2

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

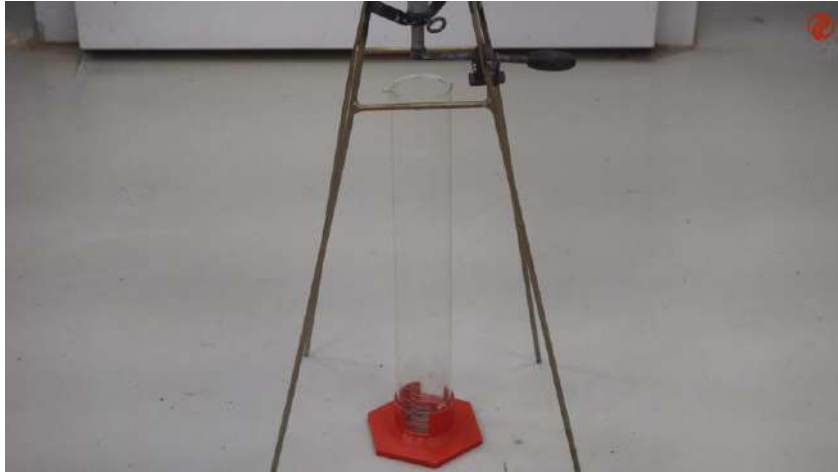
- Recipiente de amostragem metálico;
- Funil de Marsh;
- Suporte para apoio do Funil de Marsh;
- Haste para Homogeneização;
- Cronômetro;
- Termômetro;
- Proveta transparente, graduada, com capacidade de 1000 cm<sup>3</sup>;



Umedecer as paredes internas do funil de Marsh.



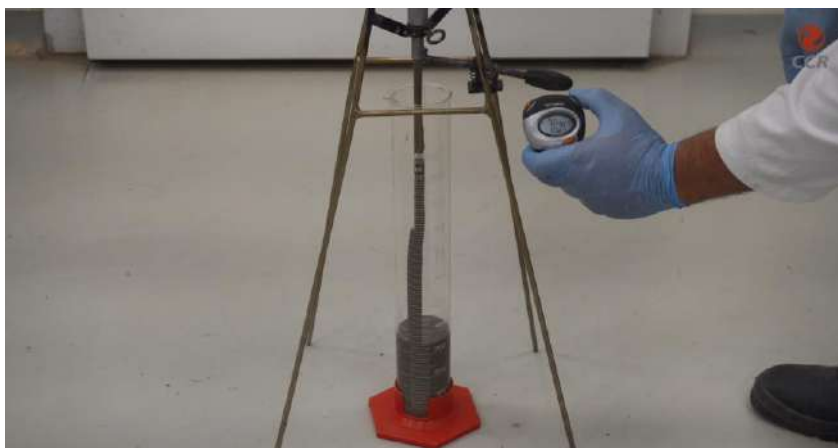
Tapar o fundo do funil com dispositivo adaptado ao suporte.



Posicionar a proveta sob o funil, com os eixos coincidentes, em base igualmente firme e nivelada;



Preencher lentamente o funil com a calda de cimento até atingir a marca gravada no funil



Cronometrar o tempo necessário para o preenchimento da proveta com volume de  $1.000 \text{ cm}^3$ . A fluidez recomendada é de 9 segundos a 15 segundos no ensaio do cone Marsh.



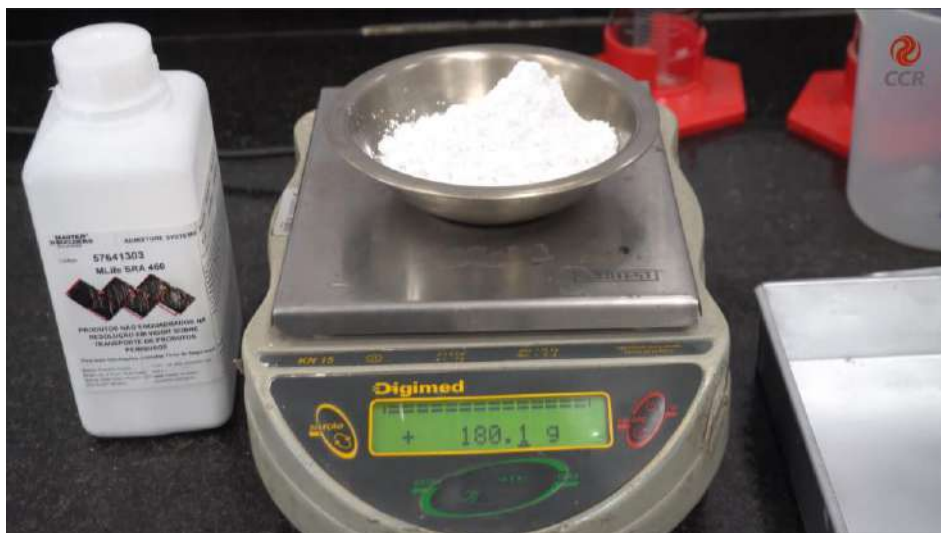
## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação do Índice de Expansão da Calda de Cimento para Injeção

**NORMA: ABNT NBR 7681-3**

#### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Balança com capacidade para 20 kg com precisão de 1,0 g;
- Proveta;
- Bandeja metálica de 35 cm x 25 cm x 5 cm;
- Pipeta graduada;
- Recipiente metálico de mistura;
- Misturador mecânico;
- Cronômetro.



**Figura 1 – Pesar o aditivo expensor.**



**Figura 2 – Pesar a amostra de cimento.**

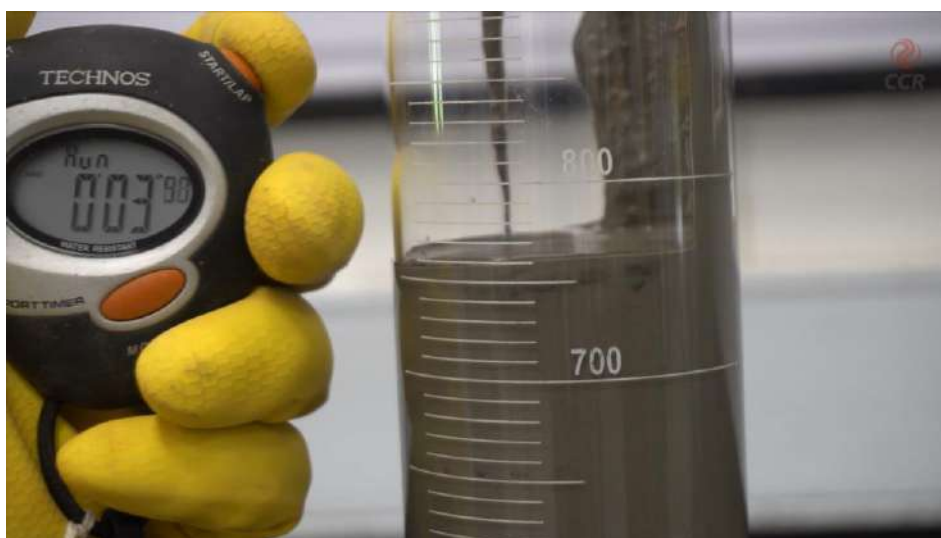


**Figura 3 – Adicionar o aditivo expensor na calda de cimento.**





**Figura 4** – Colocar a calda de cimento na proveta.



**Figura 5** – Medir a expansão total da calda de cimento após duas horas.

## Determinação da Resistência à Compressão de Calda de Cimento para Injeção

NORMA: ABNT NBR 7681-4

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Prensa de compressão;
- Sistema de aquisição de dados;
- Câmara úmida ou reservatório de imersão;
- Equipamento de paralelismo de faces;
- Suporte cilíndrico para apoio da base do corpo de prova;
- Paquímetro.



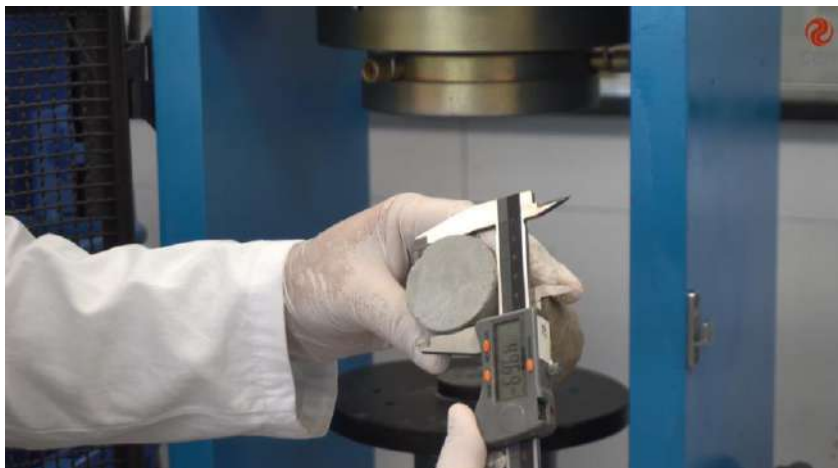
Previamente a calda de cimento foi preparada seguindo a norma ABNT NBR 7681-1



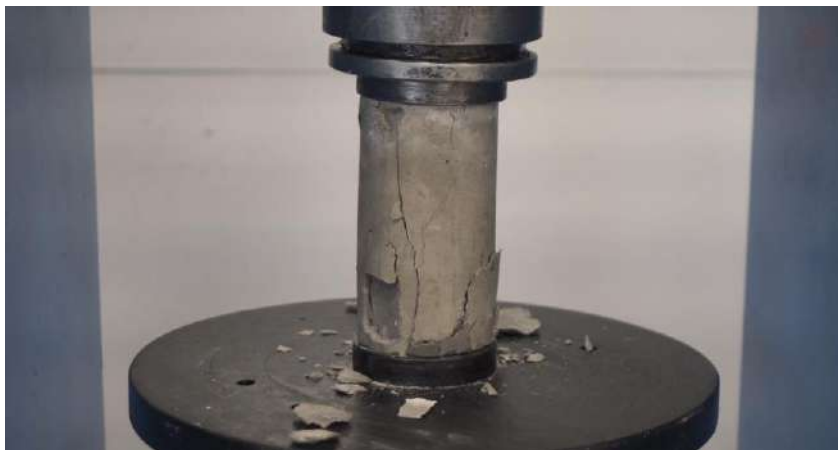
Os corpos de provas curados em câmara úmida ou submersos em água devem ser ensaiados imediatamente após serem retirados de seu local de cura;



Levar o corpo de prova para o equipamento de paralelismo de faces;



Medir o diâmetro do corpo de prova. A média de duas medições opostas servirá para o cálculo da área da seção transversal;



O carregamento com crescimento constante a uma velocidade de 0,15 a 0,35 MPa por segundo até a ruptura do corpo de prova;

## Determinação da Absorção de Água por Capilaridade de Argamassa e Concreto de Cimento Portland

**NORMA: ABNT NBR 9779 / 2012**

### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

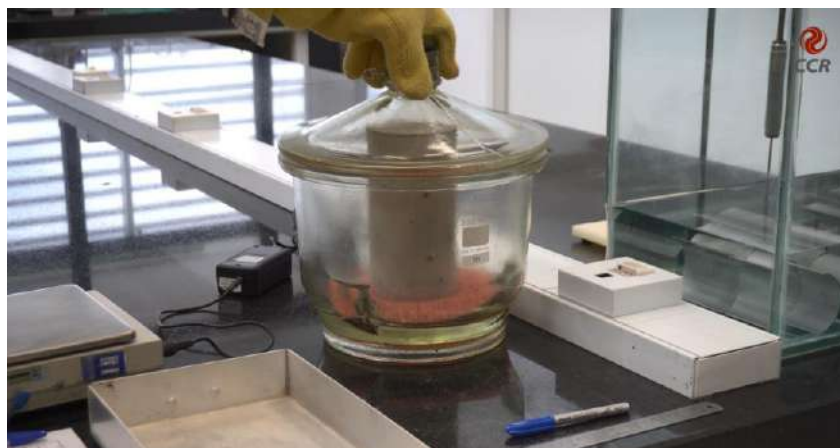
- Estufa com capacidade para manter a temperatura de  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ ;
- Dessecador;
- Reservatório de água com dimensões internas suficientes para colocar os corpos de prova;
- Balança com precisão de 0,1 g;
- Suportes para apoio dos corpos de prova;
- Cronômetro;
- Régua.



Pesagem dos corpos de prova



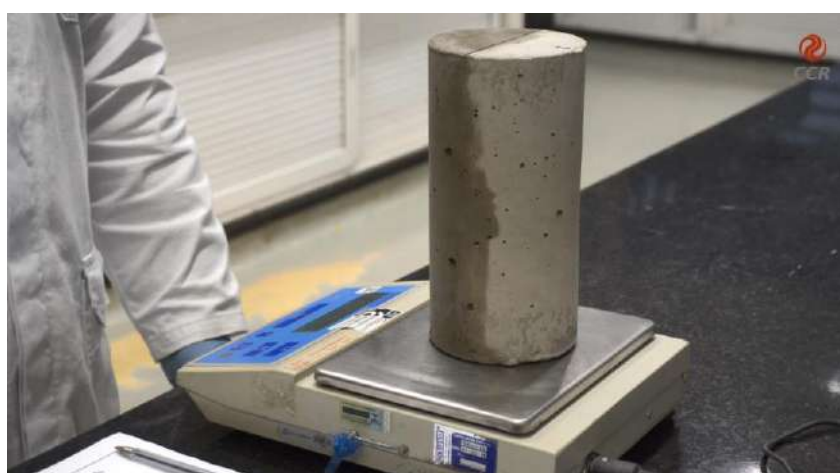
Secagem dos corpos de prova na temperatura de  $110^\circ\text{C}$ .



Retirar os corpos de prova da estufa e resfriar ao ar à temperatura de  $23\pm 2^{\circ}\text{C}$  ou de preferencia em dessecador;



Posicionar os corpos de prova dentro do reservatório de água sobre os suportes; O nível da água deve coincidir com linha tracejada no corpo de prova;



Após 3 horas retirar o corpo de prova do reservatório e enxugados com pano úmido e realizar a pesagem.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação da Consistência pelo Abatimento do tronco de Cone - Concreto de Cimento Portland.

NORMA: DNER-ME 404/2000

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Molde metálico em forma de tronco de cone para o corpo de prova;
- Placa de Base metálica plana, quadrada ou retangular >50 mm de lado;
- Haste de compactação de seção circular com 16 mm de diâmetro;
- Concha em aço arredondada ou outro material rígido e não absorvente;
- Regua metálica ou trena.



**Figura 1 – Posicionar o conjunto do slump test.**



**Figura 2 – Colocar o concreto no conjunto do slump test.**



**Figura 3 – Retirar o molde metálico.**



**Figura 4 – Realizar o abatimento do tronco cone.**

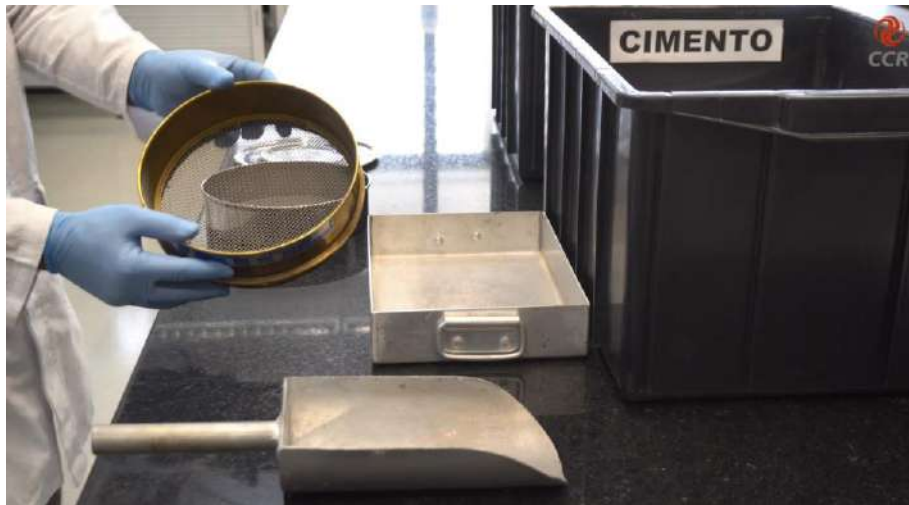


## Preparo de Calda de Cimento para Injeção

**NORMA: ABNT NBR 7681-1**

### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Peneira de abertura de malha de 2,36 mm e fundo;
- Recipiente de amostragem metálico;
- Recipiente de mistura ;
- Recipientes estocagem;
- Balde graduado;
- Misturador elétrico;
- Balança com capacidade de 10 kg e precisão de 1,0 g;
- Becker;
- Cronômetro.



Utilizar a peneira de abertura de malha de 2,36 mm, e realizar o processo de peneiração do cimento.



Equipamentos necessários.



Realizar a pesagem do cimento e posteriormente da água. A relação água cimento deve ser inferior ou igual a 0,40.



Acionar o misturador e deixa-lo girar a baixa rotação. Adicionar o cimento gradualmente. Aumentar a rotação do misturador para no mínimo 1.200 revoluções por minuto.



Verter a calda de cimento no recipiente de amostragem metálico.

## **ENSAIOS DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO**

## Dosagem de Brita Graduada Tratada com Cimento

NORMA: ABNT NB-1344 / 91

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 115°C;
- Balanças com capacidade de 20 kg, com precisão de 1,0 g e de 1 kg, com precisão de 0,1 g;
- Peneira de 19 mm;
- Molde cilíndrico de compactação metálico de 15,00 +/- 0,05 cm de diâmetro interno e 30 +/- 0,05 cm de altura;
- Soquete de compactação metálico grande com 5,08 +/- 0,01 cm de diâmetro e 4.536 g de massa e altura de queda de 45,72 cm;
- Base de Compactação;
- Regua de aço biselada de 30 cm, espátulas e colher de pedreiro;
- Proveta graduada, bandejas metálicas, recipientes cilíndricos e papel filtro;
- Câmara úmida.



Quando os agregados se encontrarem separados em frações, compor a mistura de forma a enquadrá-la na faixa granulométrica adotada de acordo com a EB-2102.



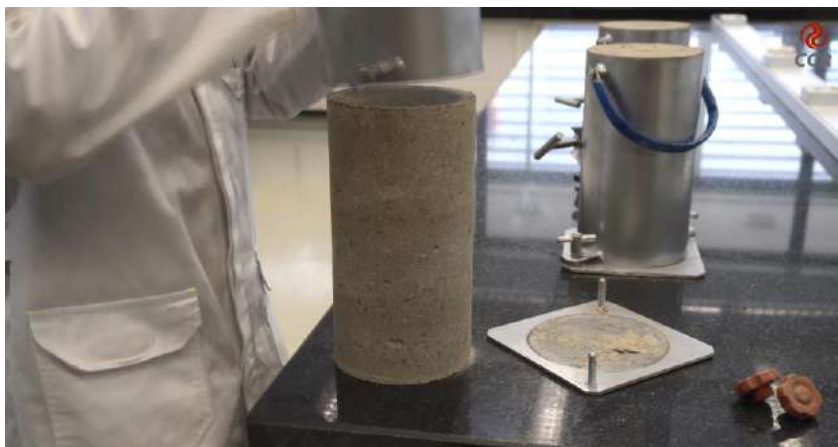
Prosseguir nas pesagens das frações de pedrisco, pó de pedra e cimento. A fração de cimento será de 4% em peso.



Despejar os agregados sobre a peneira de 19 milímetros e fazer passar através dela, caso necessário utilize uma desempenadeira de madeira



Com o soquete grande de 4.536 k de massa, aplicar 66 golpes distribuídos uniformemente sobre a superfície de cada camada;



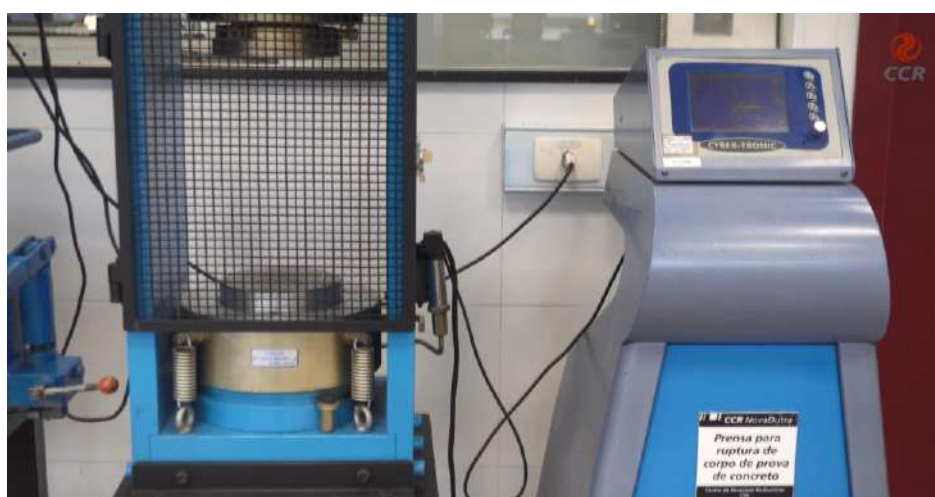
Proceder a desenformar os corpos de provas. Levar os corpos de prova para a câmara húmida onde permanecerão por um período especificado na norma.

## Determinação da Resistência à Compressão de Brita Graduada Tratada com Cimento

NORMA: ABNT NBR 5739

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Prensa de compressão;
- Sistema de aquisição de dados;
- Câmara úmida ou reservatório de imersão;
- Suporte cilíndrico para apoio da base do corpo de prova;
- Paquímetro.



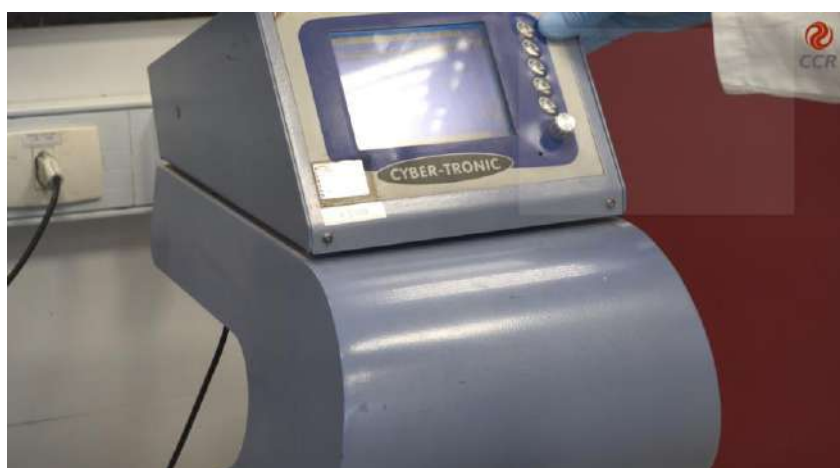
Os corpos de prova cilíndricos devem ser moldados e curados conforme define a norma ABNT NBR 5738.



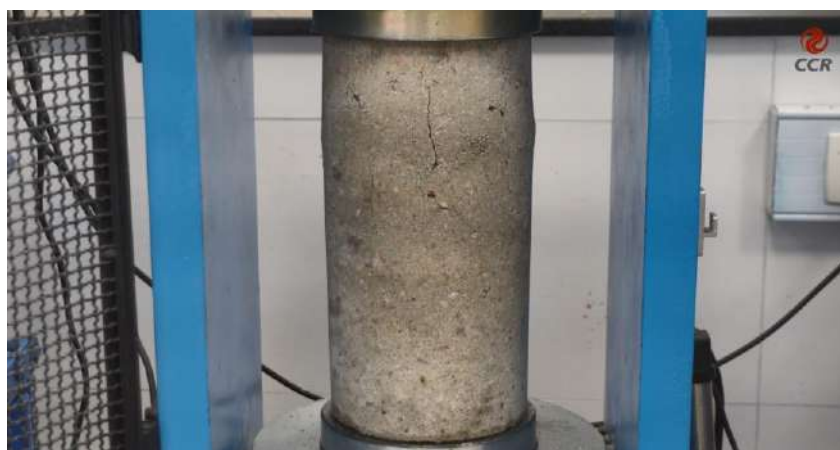
. Desenformar os corpos de prova.



Colocar os corpos de prova na câmara úmida



Ajustar a prensa de compressão para que aplique o carregamento com crescimento constante a uma velocidade de 0,15 a 0,35 MPa por segundo até a ruptura do corpo de prova;



Ruptura do corpo de prova.

NORMA: ABNT 7222:2011

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Prensa de compressão;
- Sistema de aquisição de dados;
- Câmara úmida ou reservatório de imersão;
- Dispositivo para posicionamento do corpo de prova;
- Duas chapas duras de madeira de 15 mm de largura e 3,5 mm de altura;
- Paquímetro.



Os corpos de prova cilíndricos devem ser moldados e curados conforme define a norma ABNT NBR 5738. Desenformar os corpos de prova.



Colocar os corpos de prova na câmara úmida





Colocar o Corpo de Prova no dispositivo de posicionamento e coloca-o horizontalmente sobre a chapa dura de fibra de madeira de forma que coincida com sua geratriz;



Ajustar a prensa de compressão para que aplique o carregamento com crescimento constante a uma velocidade de 0,05 MPa por segundo até a ruptura do corpo de prova;



Ruptura do corpo de prova.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação da Resistência à Tração na Flexão de Corpos de Prova Prismáticos em Brita Graduada Tratada com Cimento

NORMA: ABNT NBR - 12142

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Prensa hidráulica ou mecânica com sensibilidade inferior ou igual a 2,0 kgf;
- Sistema de aquisição de dados;
- Computador;
- Suporte para o corpo de prova;
- Sistema de refrigeração capaz de manter a temperatura em torno de 25°C;
- Paquímetro.



- ❖ Colocar o corpo de prova prismático com seu lado maior sobre os apoios;



- ❖ O ensaio finaliza com a ruptura do corpo de prova;



- ❖ Medir o corpo de prova em sua seção de ruptura

#### Cálculo da Resistência à Tração na Flexão

$$f_{ct,l} = \frac{F \times l}{b \times d^2}$$

$f_{ct,l}$  = Resistência à tração na flexão, expressa em MPa;

$F$  = Força máxima registrada na máquina, expressa em N;

$l$  = distância entre apoios, expressa em mm;

$b$  = Largura média do corpo de prova, expressa em mm;

$d$  = Altura média do corpo de prova, expressa em mm.

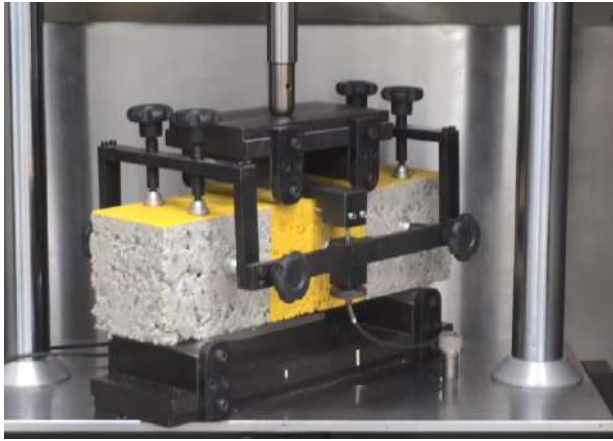
- ❖ Cálculo da resistência à tração na flexão.

**Determinação do Módulo de Resiliência à Tração por Flexão  
em Brita Graduada Tratada com Cimento**

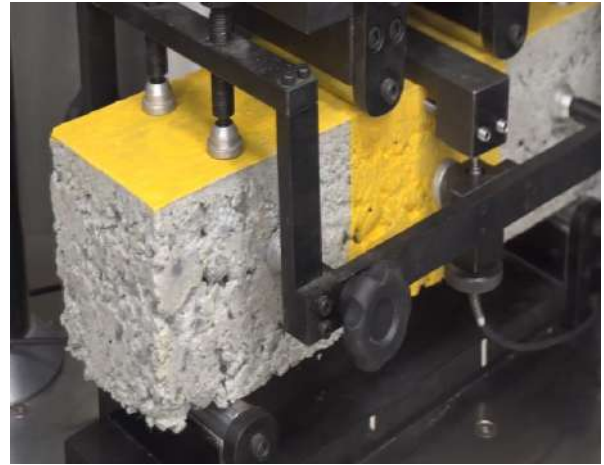
**NORMA: ABNT NBR 5738 - 2016**

**EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Prensa hidráulica ou mecânica com sensibilidade inferior ou igual a 2,0 kgf;
- Sistema de aquisição de dados;
- Computador;
- Sistema de refrigeração capaz de manter a temperatura entre 20 a 60 °C;
- Suporte para o corpo de prova;
- 02 LVDTs (Linear Variable Differential Transformer);
- Quadro de suporte para fixação dos LVDTs.



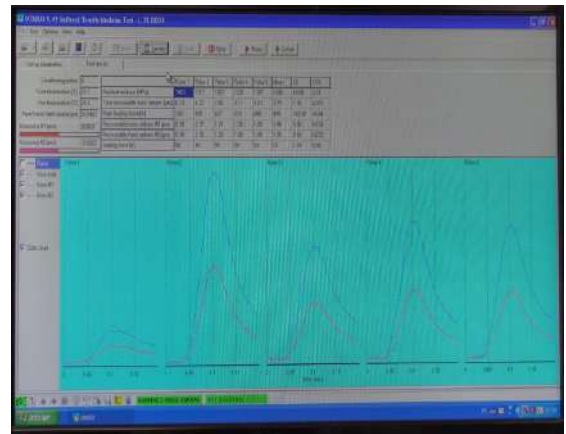
- ❖ Colocar o corpo de prova prismático com seu lado maior sobre os apoios;



- ❖ Fixação dos LVDT's no suporte;



- ❖ Aplicação da carga cíclica;



- ❖ Registro dos sinais através do sistema de aquisição de dados.

**Cálculo do Módulo de Resiliência por Flexão**

$$E = \frac{23 \times P \times L^3}{108 \times W \times H^2 \times \Delta} \times 10^3$$

*E* = Módulo na flexão, expressa em MPA;  
*P* = Máxima de carga aplicada, expressa em kN;  
*L* = Distância entre apoios, expressa em mm;  
*W* = Largura média do corpo de prova, expressa em mm.  
*H* = Altura média do corpo de prova, expressa em mm;  
*Δ* = Deflexão no centro da viga, expressa em mm;

- ❖ Equação do módulo de resiliência por flexão;

Determinação do Módulo Dinâmico de Brita Graduada  
Tratada com Cimento

NORMA: AASHTO T 342-11

**EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Prensa hidráulica ou pneumática de carregamento cíclico;
- Sistema de aquisição de dados;
- Computador e software específico;
- 03 LVDTs (Linear Variable Differential Transformer);
- 06 suportes para LVDTs.
- 06 pinos de fixação e cola específica;



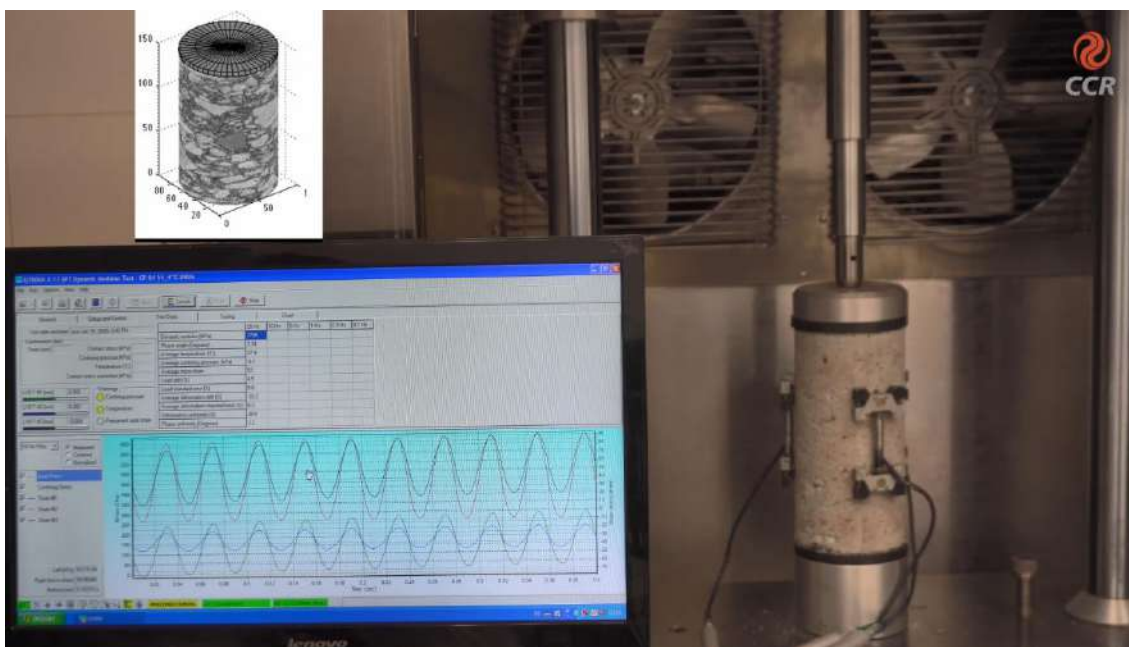
Desformar os corpos de provas cilíndricos



Colocar os pinos metálicos de bronze sobre o equipamento de colagem.



Posicionar os LVDTs em posição vertical em seus respectivos suportes.



As análises por médio desta metodologia aplica uma media móvel cada 15 pontos de aplicação de carga cíclica uniaxial sinusoidal e deslocamento.

O valor máximo e mínimo valor para cada ciclo se calculam para determinar a tensão e deformação dinâmicas.

O ângulo de fase se determina aplicando uma interpolação cúbica e a técnica de bissecção.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação da Retração de Brita Graduada Tratada com Cimento por Secagem

NORMA: DNIT 053/2004

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 115°C;
- Balanças com capacidade de 20 kg, com precisão de 1,0 g e de 1 kg, com precisão de 0,1 g;
- Peneira de 19 mm;
- Molde de compactação metálico de 100 x 100 x 350 mm;
- Martelete de impacto com cabeçote metálico de 85 x 346 mm;
- Base de Compactação;
- Régua de aço biselada de 30 cm, espátulas e colher de pedreiro;
- Proveta graduada, bandejas metálicas, recipientes cilíndricos e papel filtro;
- Câmara úmida;
- Medidor de comprimento, padrão de calibração em aço invar;
- Relógio comparador, cronômetro.





**Figura 1** – Equipamentos e materiais necessários.



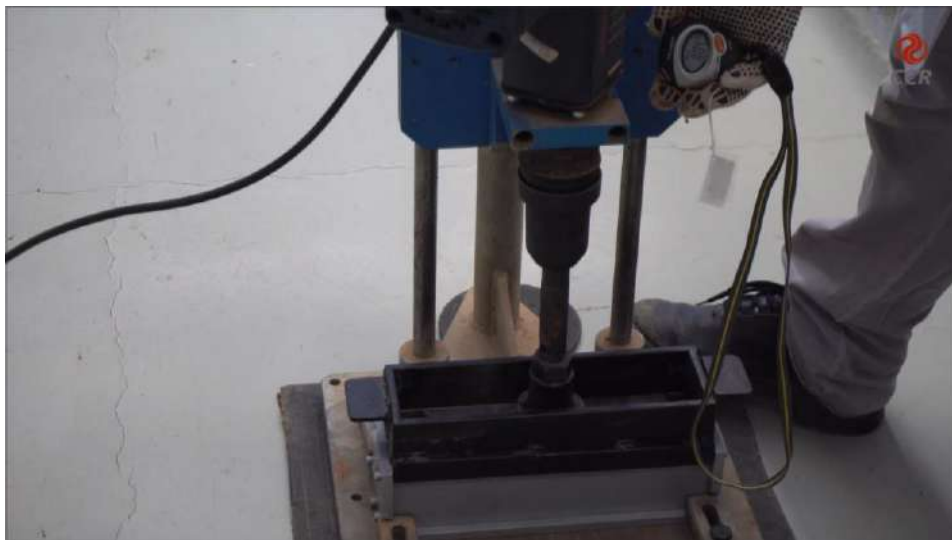
**Figura 2** – Pesar as frações dos materiais para efetuar a mistura.



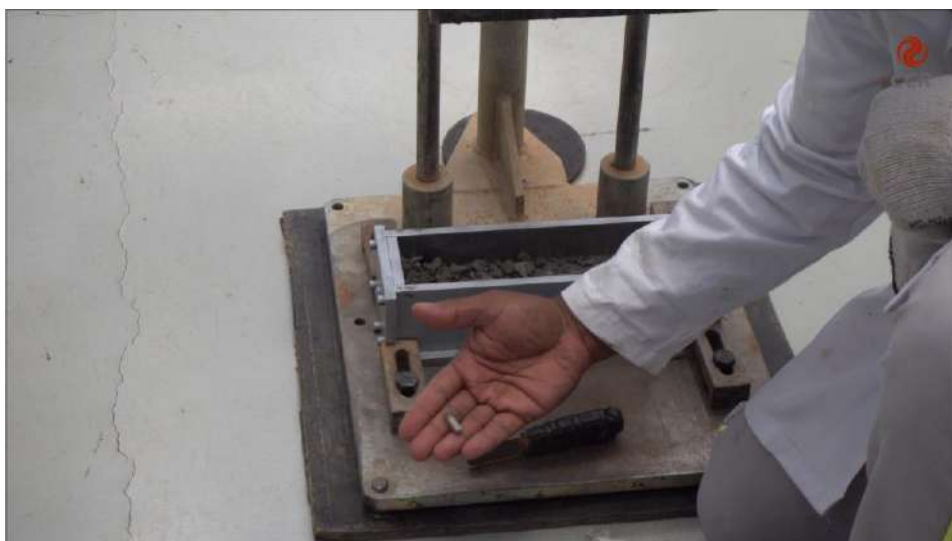
**Figura 3** – Adicionar a quantidade de água especificada na mistura.



**Figura 4** – Coletar uma fração da amostra para verificar o teor de umidade.



**Figura 5** – Compactar a mistura na energia especificada.



**Figura 6** – Colocar os pinos na forma de retração.



**Figura 7** – Adicionar a segunda fração da mistura para a compactação final.



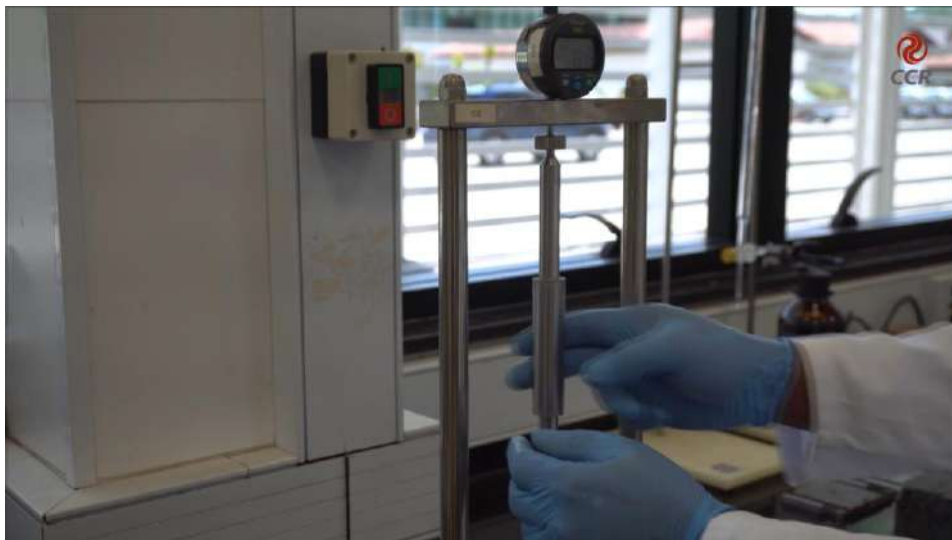
**Figura 8** – Regularização final com o uso da régua biselada.



**Figura 9** – Condicionar a amostra dentro da forma na câmara úmida por 72 horas.



**Figura 10** – Desformar a amostra da forma.



**Figura 11** – Realizar a leitura da barra padrão.



**Figura 12** – Realizar a leitura do corpo de prova no equipamento medidor de comprimento.



**Figura 13** – Condicionar o corpo de prova na câmara úmida por 24 horas.



**Figura 14** – Realizar a leitura do corpo de prova no equipamento medidor de comprimento a cada 24 horas por 28 dias.

## **ENSAIOS DE SOLO CIMENTO**

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 115°C;
- Balanças com capacidade de 15 kg, com precisão de 1,0 g e de 1 kg, com precisão de 0,1 g;
- Peneiras de 19 mm, 9,73 mm e 4,8 mm;
- Molde cilíndrico de compactação metálico tripartido de 10,00 +/- 0,05 cm de diâmetro interno e 20 +/- 0,02 cm de altura;
- Soquete de compactação metálico grande com 5,08 +/- 0,01 cm de diâmetro e 4.536 g de massa e altura de queda de 45,72 cm;
- Base de Compactação;
- Regua de aço biselada de 30 cm, espátulas e colher de pedreiro;
- Bandejas metálicas, probetas, recipientes cilíndricos e papel filtro.



Figura 1 – Adicionar 4% em peso o cimento.



Figura 2 – Homogeneizar e peneirar o solo cimento.



**Figura 3** – Compactação do corpo de prova na energia indicada na norma.



**Figura 4** – Desformar os corpos de prova.



**Figura 5** – Obter o teor de umidade do solo.



### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 115°C;
- Balanças com capacidade de 15 kg, com precisão de 1,0 g e de 1 kg, com precisão de 0,1 g;
- Peneiras de 19 mm, 9,73 mm e 4,8 mm;
- Molde cilíndrico de compactação metálico tripartido de 10,00 +/- 0,05 cm de diâmetro interno e 20 +/- 0,02 cm de altura;
- Soquete de compactação metálico grande com 5,08 +/- 0,01 cm de diâmetro e 4.536 g de massa e altura de queda de 45,72 cm;
- Base de Compactação;
- Prensa de compressão com carregamento maior que 5 t.;
- Regua de aço biselada de 30 cm, espátulas e colher de pedreiro;
- Bandejas metálicas, probetas, recipientes cilíndricos e papel filtro.



**Figura 1 – Adicionar 4% em peso o cimento.**



**Figura 2 – Homogeneizar e peneirar o solo cimento.**



**Figura 3** – Compactação do corpo de prova na energia indicada na norma.



**Figura 4** – Desformar os corpos de prova.



**Figura 5** – Aplicar o carregamento até a ruptura dos corpos de prova.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Resistência a Tração por Compressão Diametral de Solos Estabilizados com Cimento

NORMA: DNIT - ME 136 / 2010

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 115°C;
- Balanças com capacidade de 15 kg, com precisão de 1,0 g e de 1 kg, com precisão de 0,1 g;
- Peneiras de 19 mm, 9,73 mm e 4,8 mm;
- Molde cilíndrico de compactação metálico tripartido de 10,00 +/- 0,05 cm de diâmetro interno e 20 +/- 0,02 cm de altura;
- Soquete de compactação metálico grande com 5,08 +/- 0,01cm de diâmetro e 4.536 g de massa e altura de queda de 45,72 cm;
- Base de Compactação;
- Regua de aço biselada de 30 cm, espátulas e colher de pedreiro;
- Friso metálico;
- Prensa de compressão;
- Bandejas metálicas, probetas, recipientes cilíndricos e papel filtro.



**Figura 1** – Adicionar a quantidade especificada de cimento no projeto ao solo.



**Figura 2** – Adicionar água especificada na mistura.



**Figura 3** – Realizar a homogeneização da mistura.



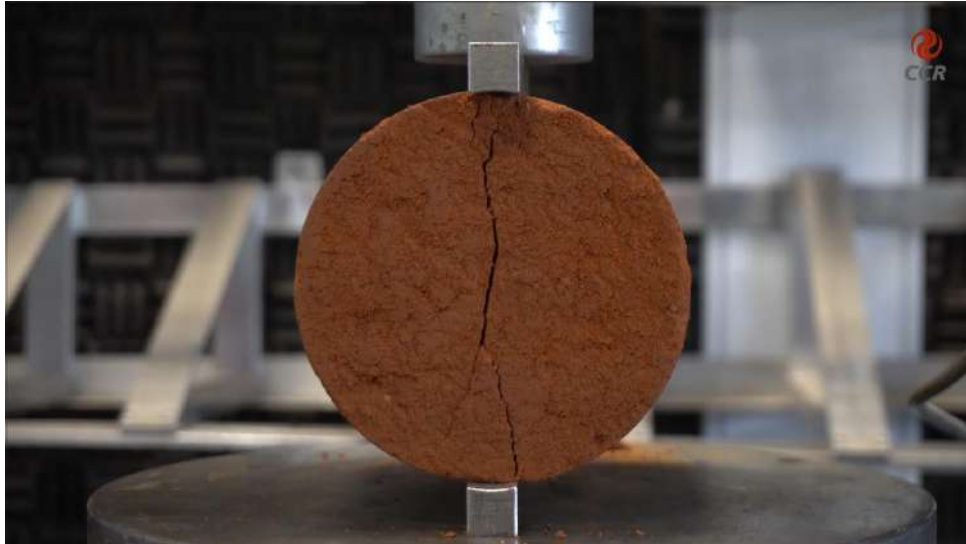
**Figura 4 – Realizar a compactação.**



**Figura 5 – Desformar o corpo de prova.**



**Figura 6 – Manter o corpo de prova na câmara úmida no período especificado.**



**Figura 7** – Realizar a ruptura do corpo de prova.

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

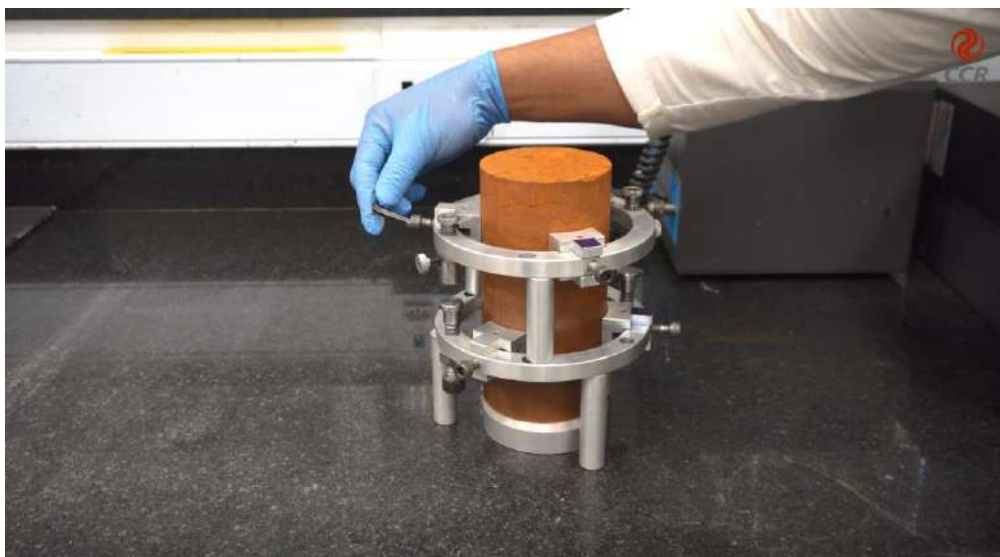
- Prensa hidráulica ou pneumática de carregamento cíclico;
- Sistema de aquisição de dados;
- Computador e software específico;
- 02 LVDTs (Linear Variable Differential Transformer);
- 02 suportes circulares para fixação dos LVDTs.;
- 06 pinos cilíndrico de apoio.



Figura 1 – Moldagem dos corpos de prova cilíndricos.



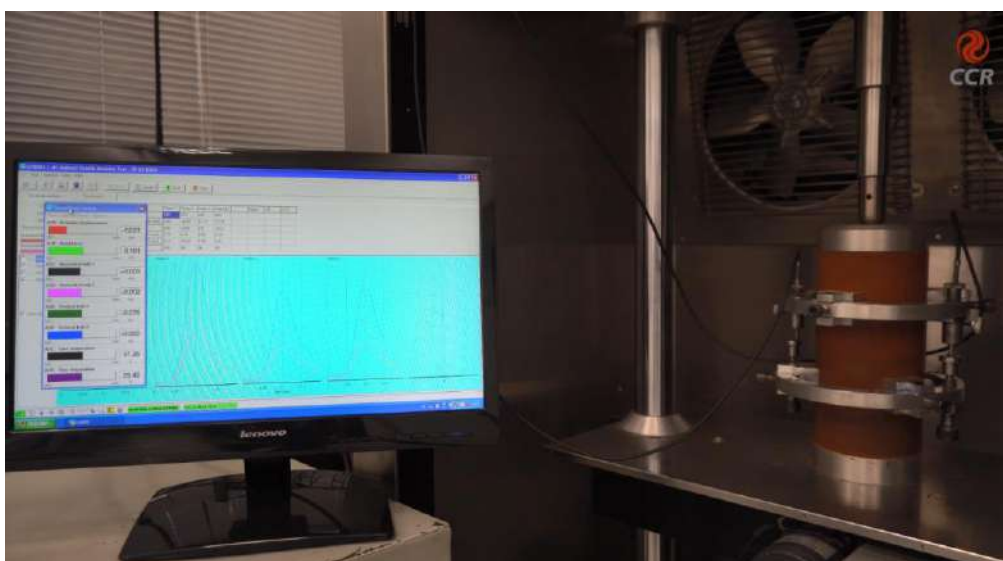
Figura 2 – Acessórios necessários para fixação dos LVDTs



**Figura 3 – Montagem do sistema**



**Figura 4 – Montagem do sistema**



**Figura 5 – Aplicação do carregamento dinâmico através do software.**



## Determinação da Água de Solos Estabilizados com Cimento

NORMA: DNER - ME 274 / 96

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 115°C;
- Balanças com capacidade de 15 kg, com precisão de 1,0 g e de 1 kg, com precisão de 0,1 g;
- Peneiras de 19 mm, 9,73 mm e 4,8 mm;
- Molde cilíndrico de compactação metálico tripartido de 10,00 +/- 0,05 cm de diâmetro interno e 20 +/- 0,02 cm de altura;
- Soquete de compactação metálico grande com 5,08 +/- 0,01 cm de diâmetro e 4.536 g de massa e altura de queda de 45,72 cm;
- Base de Compactação;
- Reservatório de água para imersão total dos corpos de prova;
- Regua de aço biselada de 30 cm, espátulas e colher de pedreiro;
- Bandejas metálicas, probetas, recipientes cilíndricos e papel filtro.



Figura 1 – Adicionar 4% em peso o cimento.



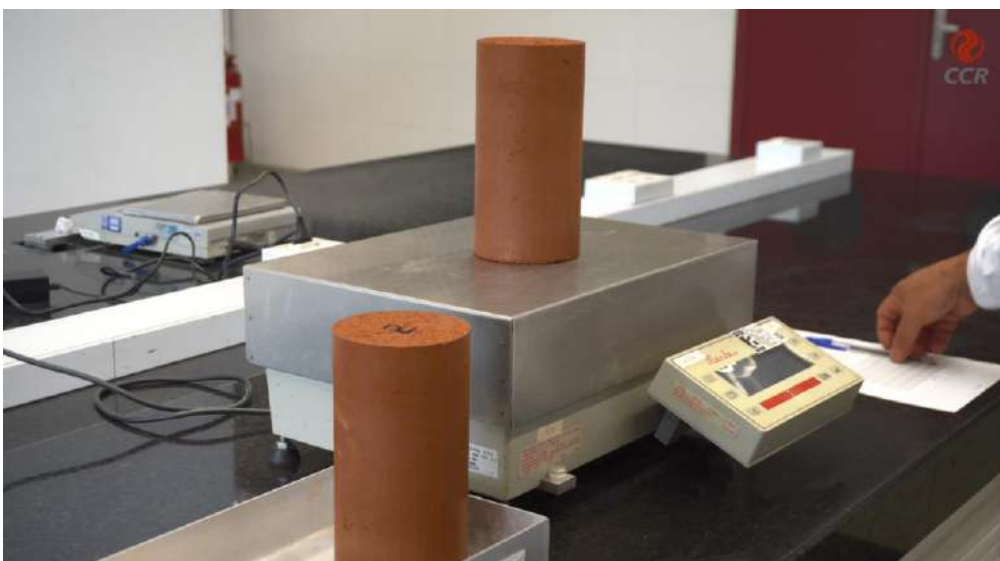
Figura 2 – Compactação do corpo de prova na energia indicada na norma.



**Figura 3** – Realizar a secagem dos corpos de provas na estufa e posteriormente pesa-os.



**Figura 4** – Submergir os corpos de provas em água e posteriormente pesa-os.



**Figura 5** – Após a imersão realizar uma nova pesagem a fim de terminar a absorção da água.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação da Durabilidade Através da Perda de Massa por Molhagem e Secagem

NORMA: DNER - ME 203 / 94

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 115°C;
- Balanças com capacidade de 15 kg, com precisão de 1,0 g e de 1 kg, com precisão de 0,1 g;
- Peneiras de 19 mm, 9,73 mm e 4,8 mm;
- Molde cilíndrico de compactação metálico de 10,00 +/- 0,05 cm de diâmetro interno e 20 +/- 0,02 cm de altura;
- Soquete de compactação metálico grande com 5,08 +/- 0,01cm de diâmetro e 4.536 g de massa e altura de queda de 45,72 cm;
- Base de Compactação;
- Reservatório de água para imersão total dos corpos de prova;
- Regua de aço biselada de 30 cm, espátulas e colher de pedreiro;
- Bandejas metálicas, provetas, recipientes cilíndricos e papel filtro, escova de aço;
- Câmara úmida.



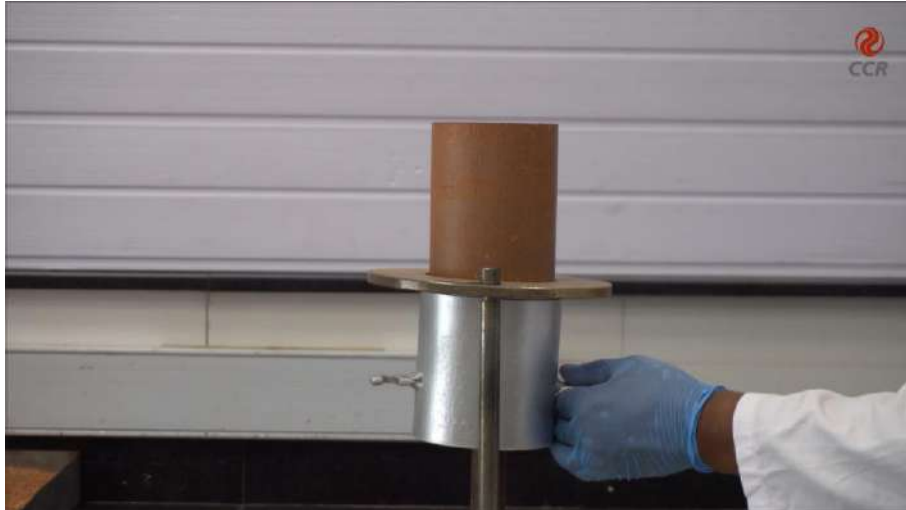
**Figura 1 – Adicionar cimento ao solo.**



**Figura 2 – Mistura solo cimento.**



**Figura 3 – Compactação da mistura solo cimento.**



**Figura 4** – Extração do corpo de prova.



**Figura 5** – Após 48 horas em cura na câmara úmida, emergir o corpo de prova.



**Figura 6** – Condicionar o corpo de prova para estufa por 42 horas.



**Figura 7** – Realizar a escovação.



**Figura 8** – Pesagem final do corpo de prova para determinação da massa após molhagem e secagem.

## **ENSAIOS DE SOLO CAL**

## Estimativa do Teor Mínimo de Cal para Estabilização Química de Solo

NORMA: DNIT 419 / 2019

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Equipamento medidor de pH - pHmetro;
- Balanças com capacidade para 1.000 kg com precisão de 0,1g;
- Estufa com capacidade para manter a temperatura entre  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ;
- Bandejas metálicas de 35 cm x 25 cm x 5 cm;
- 06 recipientes plásticos de 150 a 250 ml com tampa;
- Peneira N° 40;
- Proveta graduada.

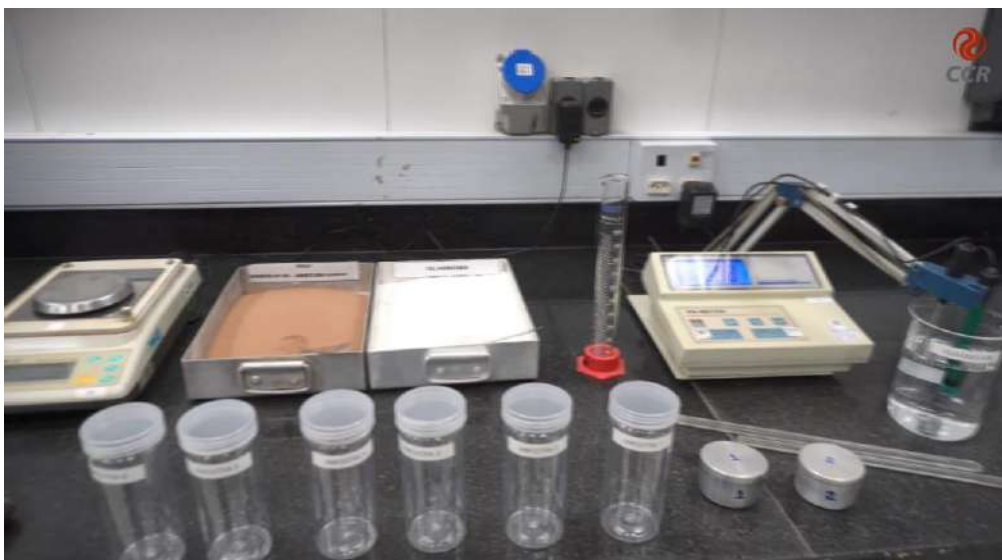


Figura 1 - Equipamentos Necessários.



Figura 2 – Pesar a capsula más o solo.





**Figura 3 – Adicionar a cal ao solo com incrementos de 2%.**



**Figura 4 – Após mexer água, solo e cal deixar em repouso.**



**Figura 5 – Registrar o Ph existente para cada um das amostras.**

**Determinação da Resistência à Compressão Simples  
de Solos Estabilizados com Cal Hidratada**

**NORMA: DNER - ME 180 / 94**

**EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 115°C;
- Balanças com capacidade de 15 kg, com precisão de 1,0 g e de 1 kg, com precisão de 0,1 g;
- Peneiras de 19 mm, 9,73 mm e 4,8 mm;
- Molde cilíndrico de compactação metálico tripartido de 10,00 +/- 0,05 cm de diâmetro interno e 20 +/- 0,02 cm de altura;
- Soquete de compactação metálico grande com 5,08 +/- 0,01 cm de diâmetro e 4.536 g de massa e altura de queda de 45,72 cm;
- Base de Compactação;
- Prensa de compressão com carregamento maior que 5 t.;
- Regua de aço biselada de 30 cm, espátulas e colher de pedreiro;
- Bandejas metálicas, probetas, recipientes cilíndricos e papel filtro.



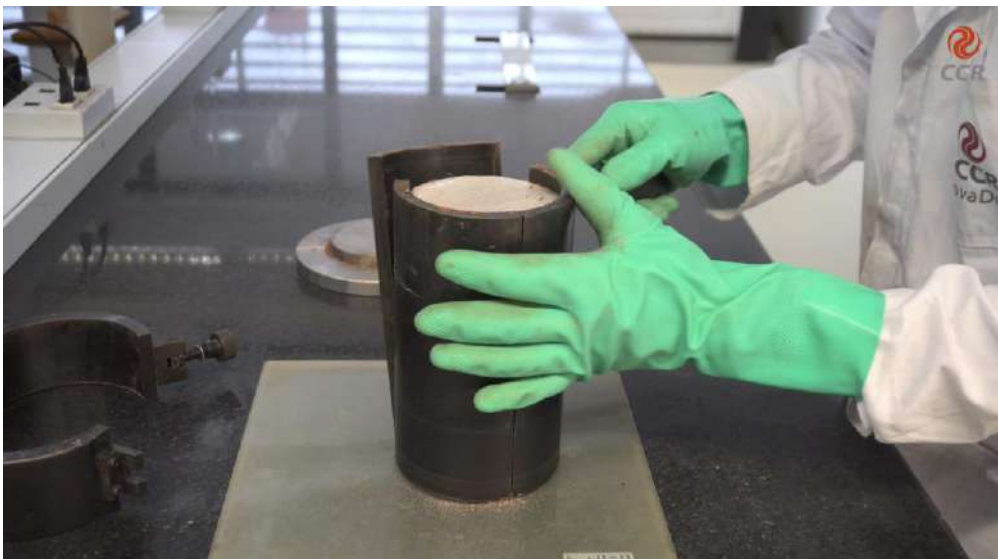
**Figura 1 - Equipamentos Necessários.**



**Figura 2 – Realizar o processo de misturarão do solo com a cal..**



**Figura 3** – Realizar o processo de compactação.



**Figura 4** – Desformar e levar na câmara úmida até o momento da realização do ensaio.



**Figura 5** – Aplicar a carga gradualmente até o momento da ruptura do corpo de prova.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação da Resistência à Compressão Diametral de Solos Estabilizados com Cal Hidratada

NORMA: DNER - ME 181 / 94

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 115°C;
- Balança com capacidade de 15 kg, com precisão de 1,0 g e de 1 kg, com precisão de 0,1 g;
- Peneiras de 19 mm, 9,73 mm e 4,8 mm;
- Molde cilíndrico de compactação metálico tripartido de 10,00 +/- 0,05 cm de diâmetro interno e 20 +/- 0,02 cm de altura;
- Soquete de compactação metálico grande com 5,08 +/- 0,01cm de diâmetro e 4.536 g de massa e altura de queda de 45,72 cm;
- Base de Compactação;
- Prensa de compressão com carregamento maior que 5 t.;
- Regua de aço biselada de 30 cm, espátulas e colher de pedreiro;
- Bandejas metálicas, provetas, recipientes cilíndricos e papel filtro.



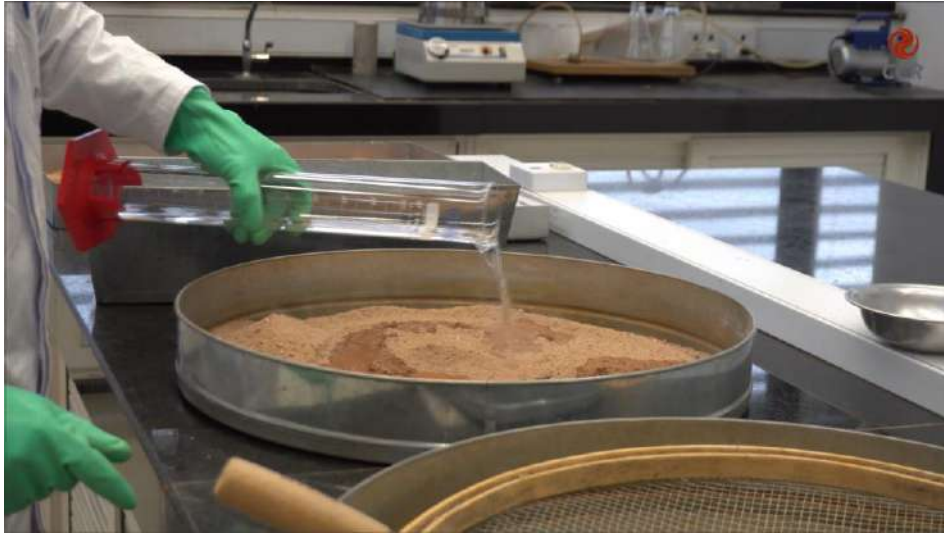
**Figura 1 – Destorrear o solo.**



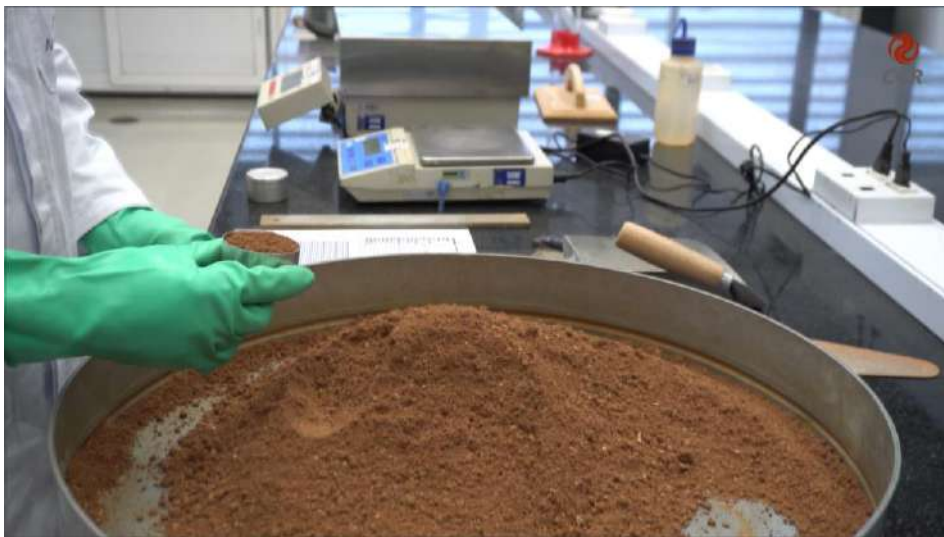
**Figura 2 – Quarteamento do solo.**



**Figura 3 – Pesar os materiais individualmente e adicionar cal sobre o solo.**



**Figura 4** – Adicionar a água e fazer a homogeneização da mistura.



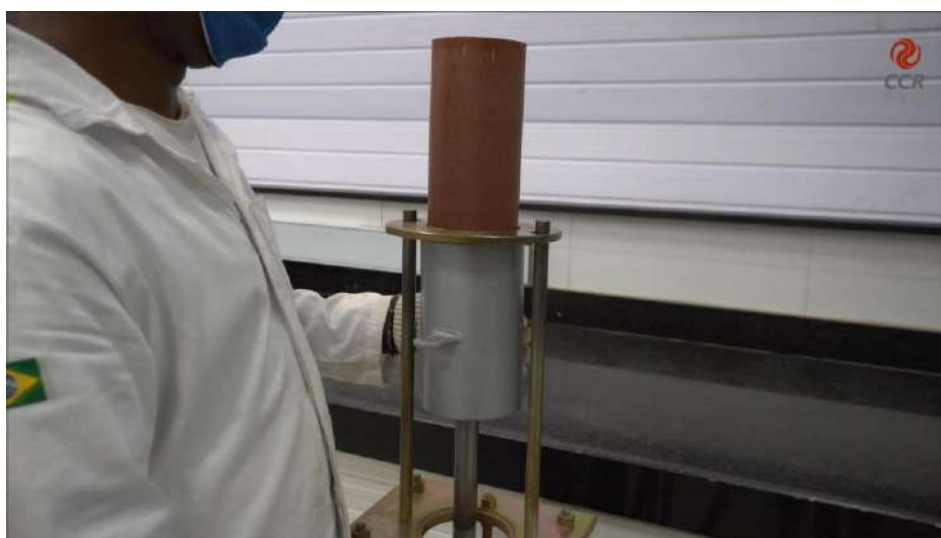
**Figura 5** – Determinar a umidade da amostra.



**Figura 6** – Compactar a amostra de solo cal.



**Figura 7** – Pesar a amostra compactada.



**Figura 8** – Extrair o corpo de prova e manter na câmara úmida nas idades especificadas.



**Figura 8** – Ruptura do corpo de prova.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação do Módulo de Resiliência de Solos Estabilizados com Cal Hidratada

NORMA: DNIT - ME 134 / 2010 ME

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 115°C;
- Balanças com capacidade de 15 kg, com precisão de 1,0 g e de 1 kg, com precisão de 0,1 g;
- Peneiras de 19 mm, 9,73 mm e 4,8 mm;
- Molde cilíndrico de compactação metálico de 10,00 +/- 0,05 cm de diâmetro interno e 20 +/- 0,02 cm de altura;
- Soquete de compactação metálico grande com 5,08 +/- 0,01 cm de diâmetro e 4.536 g de massa e altura de queda de 45,72 cm;
- Base de Compactação;
- Régua de aço biselada de 30 cm, espátulas e colher de pedreiro;
- Bandejas metálicas, provetas, recipientes cilíndricos e papel filtro.
- Sistema de aquisição de dados, computador e software específico;
- LVDTs (Linear Variable Differential Transformer), suportes para LVDTs;
- Encamisador, membrana de borracha, célula triaxial.





**Figura 1** – Secagem do solo em estufa a 60 °C.



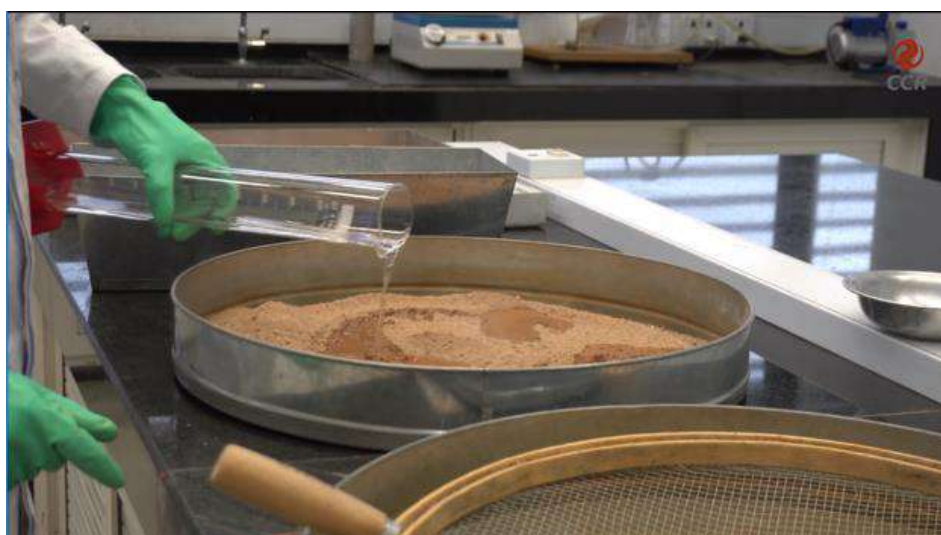
**Figura 2** – Destorroar a amostra em almofariz com pilão de ponta recoberta com borracha.



**Figura 3** – Realizar o quartearamento do solo.



**Figura 4** – Pesar a amostra de solo e cal e realizar a mistura.



**Figura 5** – Adicionar água a mistura.



**Figura 6** – Realizar a homogeneização final.



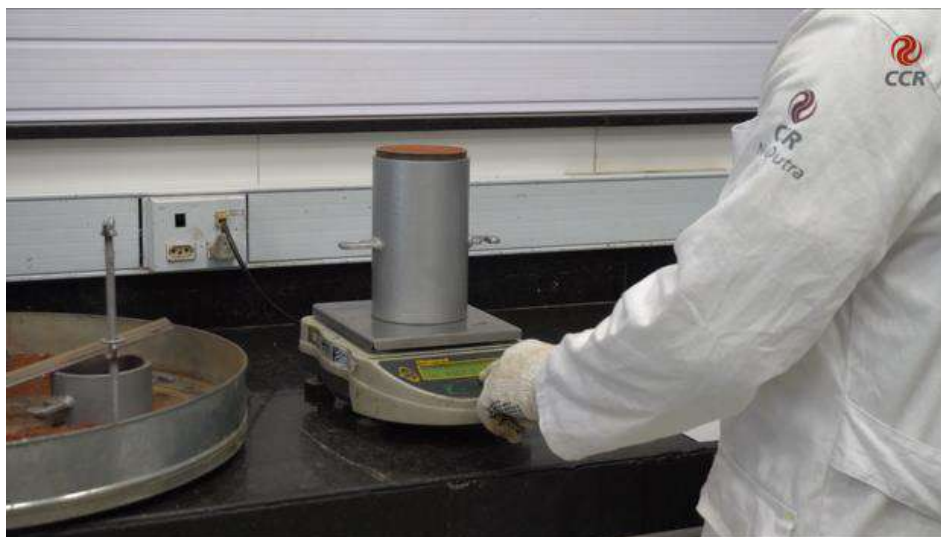
**Figura 7** – Retirar uma amostra para determinar o teor de umidade.



**Figura 8** – Realizar a compactação da primeira camada na energia especificada em projeto.



**Figura 9** – Realizar a compactação da última camada na energia especificada em projeto.



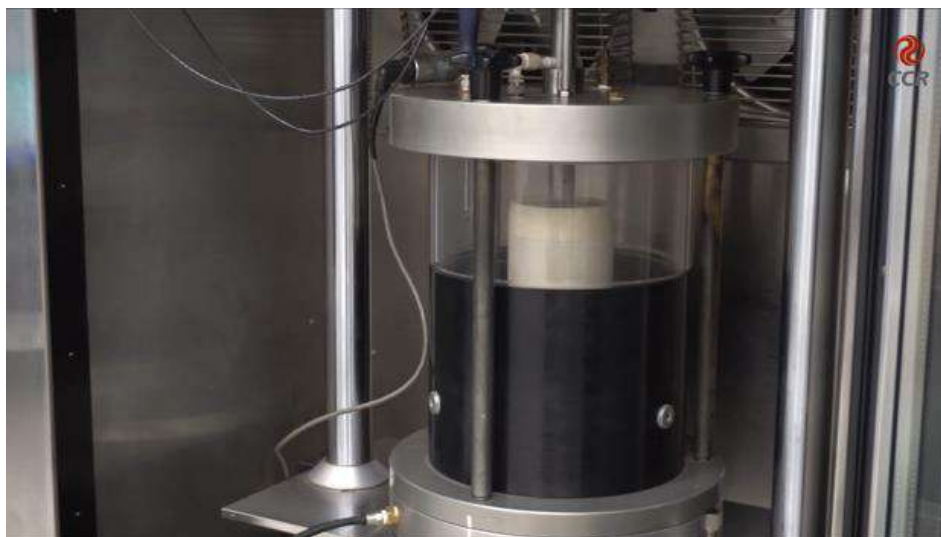
**Figura 10** – Pesar a amostra para calcular a densidade.



**Figura 11** – Extrair os corpos de prova e deixá-los em hidratação na câmara úmida nas idades especificadas em projeto.



**Figura 12** – Preparar o corpo de prova para realizar o teste de Módulo de Resiliência.



**Figura 13** – Realizar o ensaio aplicando as tensões desvio e confinante.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Especificação para Cal Rápida e Cal Hidratada para Estabilização do Solo

NORMA: ASTM C 977 - 03

#### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Peneiras Nº 30 e Nº 200;
- Bandejas;
- Pincel;
- Balança com sensibilidade de 0,01 g.



**Figura 1** – Pesar a amostra de cal hidratada.



**Figura 2** – Realizar a granulometria da amostra de cal hidratada.



**Figura 3** – Pesar a amostra de cal hidratada que passa na peneira nº 200.

## **ENSAIOS DE FRESADO ASFÁLTICO**



## Análise Granulométrica de Concreto Asfáltico Fresado

NORMA: AASHTO T 30-06

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 110°C;
- Bandejas metálicas;
- Pá de pedreiro;
- Balanças para 5.000 g, com precisão de 0,1 g;
- Peneiras de 25 mm, 19 mm, 9,5 mm, 4,8 mm e 2,0 mm;
- Escova de aço e trincha pincel.



Figura 1 – Realização da fresagem parcial da camada de revestimento asfáltico



Figura 2 – Retirada de uma fração do material fresado para a realização do ensaio.



**Figura 3** – Realização do processo de quarteamento do material fresado.



**Figura 4** – Realização do processo de peneiração do material fresado.



**Figura 5** – Registrar os pesos retidos em cada peneira do material fresado.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Reciclagem de Pavimento em Usina com Espuma de Asfalto

**NORMA: DNIT 169 / 2014 - ES**

#### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 115°C;
- Balanças com capacidade de 20 kg, com precisão de 1,0 g e de 1 kg, com precisão de 0,1 g;
- Equipamento para produzir asfalto espuma em câmara de expansão;
- Molde cilíndrico de compactação metálico de 15,24 +/- 0,05 cm de diâmetro interno e 17,78 +/- 0,02 cm de altura;
- Disco espaçador metálico de 15,00 +/- 0,05 cm de diâmetro e 6,35 +/- 0,02 cm de altura;
- Soquete de compactação metálico grande com 5,08 +/- 0,01 cm de diâmetro e 4.536 g de massa e altura de queda de 45,72 cm;
- Base de Compactação;
- Extrator de corpos de prova, provetas de vidro;
- Regua de aço biselada de 30 cm, espátulas e colher de pedreiro;
- Paquímetro, bandejas metálicas, recipientes cilíndricos e papel filtro.



**Figura 1** – Equipamento para dosagem de asfalto espuma.



**Figura 2** – Adicionar o ligante especificado no projeto no equipamento.



**Figura 3** – Verificar a taxa de espuma do ligante.



**Figura 4** – Adicionar os agregados e aditivos especificados no misturador.



**Figura 5** – Mistura após o tempo especificado.



**Figura 6** – Adicionar água na quantidade especificada na mistura.



**Figura 7** – Retirar a mistura para ensaios de compactação.



**Figura 8** – Pesar uma fração da mistura para determinar o teor de umidade.



**Figura 9** – Realizar a compactação da amostra.



**Figura 10** – Extrair o corpo de prova.



**Figura 11** – Pesar e medir os corpos de prova e levá-los para a estufa, onde devem ser mantidos por 72 horas.



**Figura 12** – Deixar os corpos de prova na incubadora a 25 °C, com e sem imersão.



**Figura 13** – Realizar a ruptura dos corpos de prova com e sem imersão, a 25 °C.





## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Dosagem de Misturas Asfálticas a Quente com Adição de Fresado Asfáltico Estabilizado

**NORMA: Procedimento CCR**

#### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 200°C;
- Balança para 5 kg com precisão de 0,01 g;
- Jogo de peneiras;
- Molde de compactação e cilindro de aço;
- Misturador mecânico;
- Chapa elétrica ou fogareiro a gás;
- Soquete de compactação de aço, com 4.540 g de massa e altura de queda de 45,72 cm e base de compactação ou compactador eletromecânico;
- Extrator de corpos de prova;
- Espátulas e colher de metal com capacidade entre 30 a 50 ml e cabo de 25 cm;
- Reservatório de banho d'água na temperatura de 60°C;
- Bandejas metálicas de 50 cm x 30 cm x 5 cm e recipientes cilíndricos;
- Termômetro e cronômetro;
- Prensa de compressão.



**Figura 1** – Secar os agregados na temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 2** – Realizar o quarteamento dos agregados.



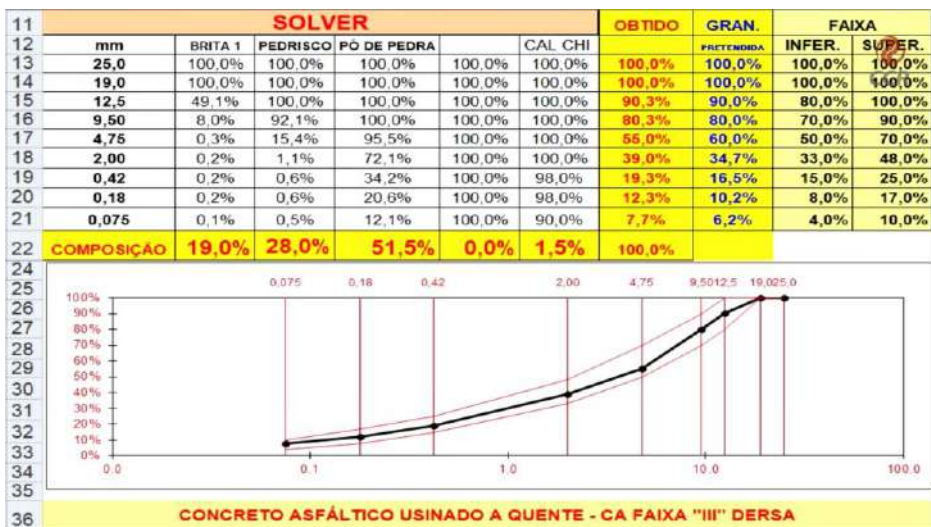
**Figura 3** – Lavar os agregados e deixá-los imersos em água por 15 horas.



**Figura 4** – Determinar a densidade real, densidade aparente e absorção dos agregados graúdos.



**Figura 5** – Determinar a densidade real, densidade aparente e absorção dos agregados miúdos.



**Figura 6** – Calcular as percentagens referente a faixa especificada.

CONCRETO ASFÁLTICO USINADO A QUENTE - CA FAIXA "III" DERSA						
	PENEIRAS		PESO ACUMULADO (g)		PESO DE CADA AGREGADO PARA FRACIONAMENTO	
44	2"		0,0	0,0	BRITA 1 11.573,6	
45	1"		0,0	0,0	PEDRISCO 17.055,8	
46	3/4"		0,0	0,0	PÓ DE PEDRA 31.370,6	
47	1/2"		112,2	145,1	0,0	
48	3/8"		228,5	295,5	SOMA 60.000,0	
49	CAL CHI		245,9	318,0	TEOR ÓTIMO	
50	Nº 4		539,0	697,0	D.M.T.	
51	FUNDO		974,0	1259,5	D. Ef.Agreg.	
52	Nº 10		1160,0	1500,0		
53	TOTAL		1160,0	1500,0		
54	LIGANTE ASFÁLTICO		CPs	DMT		
55	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
56	48,3	54,7	61,1	67,5	74,0	80,6
57	DMT					
58	62,5	70,7	78,9	87,3	95,7	104,3
59						
60						
61						
62						

Figura 7 – Calcular os pesos individuais da composição da faixa especificada.



Figura 8 – Realizar o peneiramento total para a composição da dosagem para cinco teores de asfalto.



Figura 9 – Realizar as pesagens individuais dos agregados e aditivos para os cinco teores de asfalto.



**Figura 10** – Adicionar o ligante asfáltico aos agregados referente a cada teor e efetuar a mistura.



**Figura 11**– Adicionar o material fresado e iniciar a mistura



**Figura 12** – Mistura asfáltica.



**Figura 13** – Colocar a mistura asfáltica no cilindro de aço para realizar a compactação.



**Figura 14** – Compactar a mistura asfáltica utilizando o soquete mecânico.



**Figura 15** – Extrair o corpo de prova após compactação Marshall.



**Figura 16** – Determinar a densidade aparente referente a cada teor de ligante.



**Figura 17** – Determinar a densidade máxima teórica referente a cada teor de ligante.



**Figura 18** – Determinar a estabilidade e fluência de cada teor de ligante a 60 °C.



Figura 19 – Determinar a resistência à tração por compressão diametral para cada teor de ligante a 25 °C.

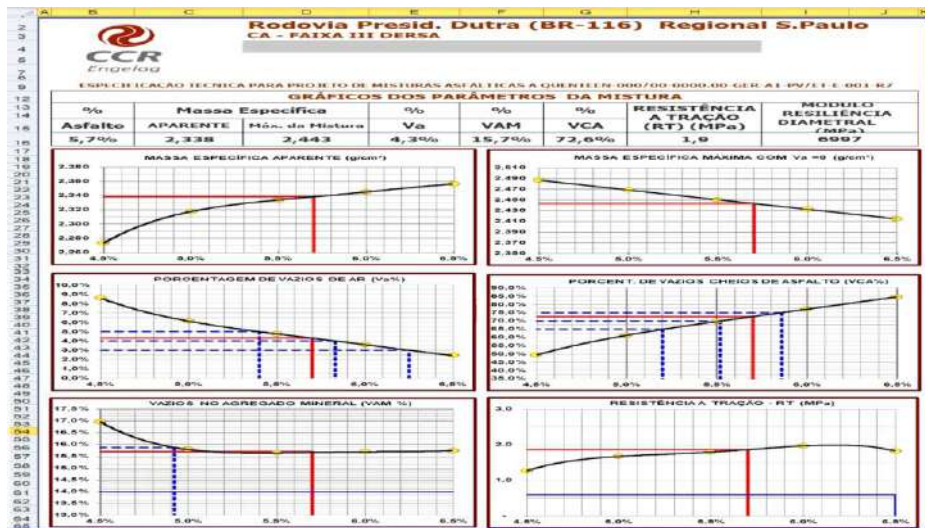


Figura 20 – Calcular as densidades, as resistências e teor ótimo do ligante em função da quantidade de vazios de ar.





## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Compressão Simples de Corpos de Prova Cilíndrico com Material Fresado de Revestimento Asfáltico

**NORMA: ABNT NBR 5739**

#### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Peneiras;
- Concha metálica reta de cano curto;
- Molde cilíndrico;
- Soquete de compactação Proctor;
- Base de compactação;
- Espátula;
- Régua biselada;
- Balança com capacidade para 20 kg com precisão de 1,0 g;
- Câmara úmida;
- Suporte de base com borracha de neopreme;
- Prensa de compressão;
- Bandeja metálica;



**Figura 1** – Extração do material freado.



**Figura 2** – Compactação da mistura para camada de base com freado.



**Figura 3** – Inserção do corpo de prova cilíndrico na prensa de compressão.



**Figura 4** – Ruptura por compressão simples do corpo de prova cilíndrico.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Compressão Diametral de Corpos de Prova Cilíndrico com Material Fresado de Revestimento Asfáltico

**NORMA: ABNT NBR 7222 / 2011**

#### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Peneiras;
- Concha metálica reta de cano curto;
- Molde cilíndrico;
- Soquete de compactação Proctor;
- Base de compactação;
- Espátula;
- Régua biselada;
- Balança com capacidade para 20 kg com precisão de 1,0 g;
- Câmara úmida;
- Suporte metálico para corpo de prova;
- Prensa de compressão;
- Bandeja metálica;



**Figura 1 – Extração do material freado.**



**Figura 2 – Compactação da mistura para camada de base com freado.**



**Figura 3** – Inserção do corpo de prova cilíndrico na prensa de compressão.



**Figura 4** – Ruptura por compressão diametral do corpo de prova cilíndrico.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Resistência ao Dano por Umidade Induzida de Fresado Asfáltico Estabilizado com Espuma de Asfalto

**NORMA: AASHTO T 283-03**

#### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

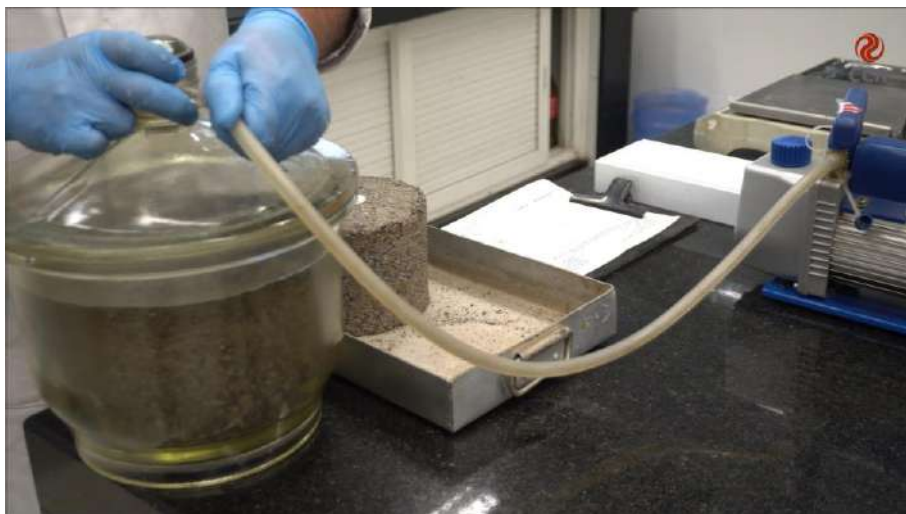
- Estufa com capacidade para manter a temperatura até 200°C;
- Balanças para 5.000 g, com precisão de 1,0 g;
- Molde de compactação e compressão de aço;
- Soquete de compactação de aço, com 4.540 g de massa e altura de queda de 45,72 cm;
- Base de Compactação;
- Extrator de corpos de prova;
- Bomba de vácuo e filme de pvc;
- Relógio comparador;
- Freezer com capacidade para manter a temperatura a  $-18^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$
- Prensa de compressão;
- Espátulas e colher de metal ;
- Reservatório de banho d'água na temperatura de  $60^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ;
- Bandejas metálicas de 50 cm x 30 cm x 5 cm;



**Figura 1** – Previamente deve-se preparar a mistura com fresado seguindo o procedimento especificado na norma, na quantidade mínima para moldagem de 6 corpos de prova.



**Figura 2** – Realizar a compactação da mistura com fresado.



**Figura 3** – Colocar o corpo de prova dentro do dessecador de vidro totalmente imerso na água; ligar a bomba de vácuo por 1 a 5 minutos.





**Figura 4** – Levar o corpo de prova para o congelador na temperatura de  $-18 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$



**Figura 5** – Ajustar a prensa de compressão para que aplique o carregamento com crescimento constante a uma velocidade de 50 mm por minuto até a ruptura do corpo de prova, sendo 3 corpos de prova seco e 3 corpos de prova em condições úmidas.



## Ensaio de Laboratório de Infraestrutura Rodoviária

### Determinação do Módulo de Resiliência de Misturas Asfálticas Fresadas

**NORMA: DNIT 135 /2010 ME**

#### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- Prensa hidráulica ou pneumática de carregamento cíclico;
- Sistema de aquisição de dados;
- Computador e software específico;
- 02 LVDTs (Linear Variable Differential Transformer);
- Quadro de suporte para fixação dos suportes para LVDTs.
- Reservatório que permita a imersão total do corpo de prova;
- Balança para 5.000 g, com precisão de 0,1 g;



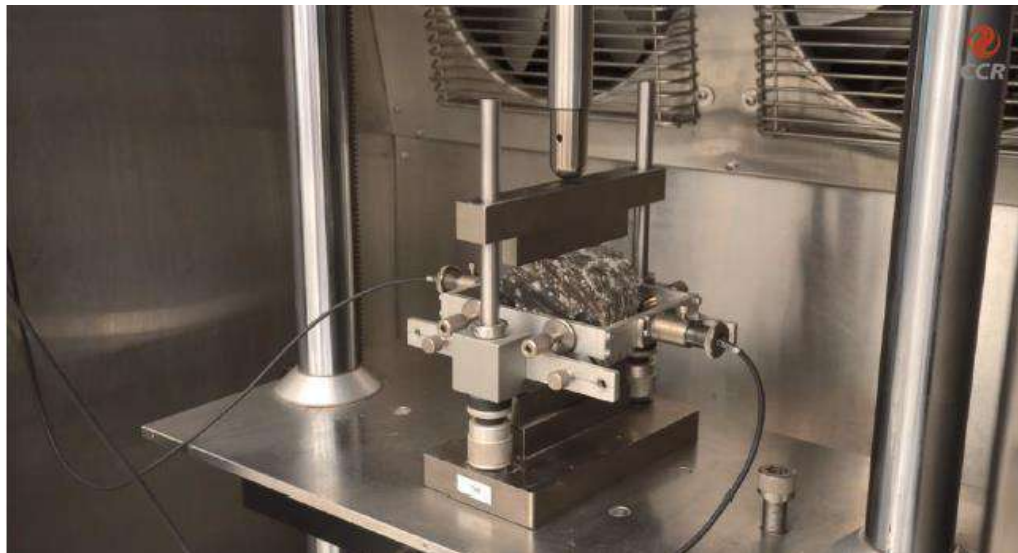
**Figura 1** – Realização da fresagem parcial da camada de revestimento asfáltico.



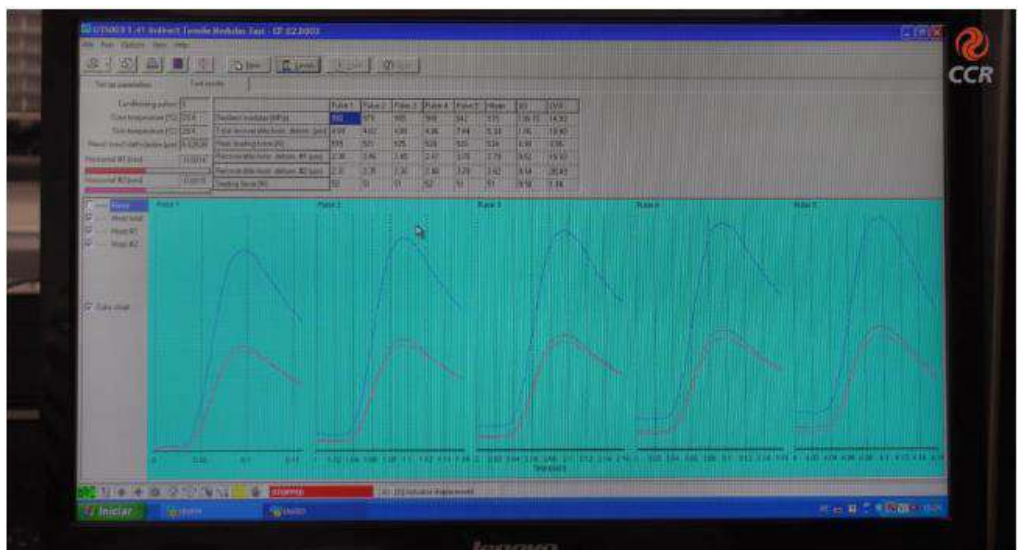
**Figura 2** – Coletar uma fração do material fresado para a realização do ensaio.



**Figura 3 –** Moldar o corpo de prova e colocá-lo na prensa UTM-25 para a realização do ensaio.



**Figura 4 –** Realização do ensaio de módulo de resiliência.



**Figura 5 –** Aquisição dos dados do ensaio de módulo de resiliência.

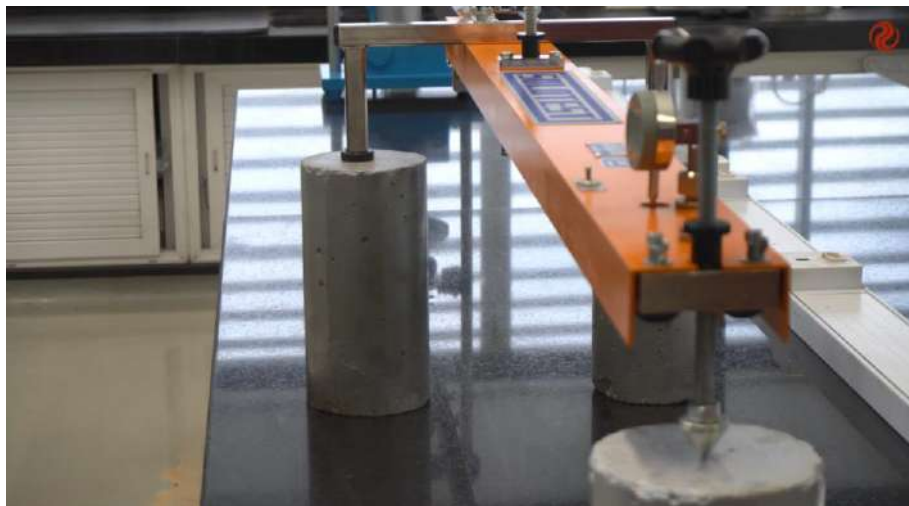
## **ENSAIOS DE VIGA BENKELMAN**

## Aferição de Viga Benkelman

NORMA: DNER-PRO 175/94

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Prensa de compressão do tipo CBR;
- Extensômetro digital ou relógio comparador com sencibilidade de 0,01 mm;
- Suporte para Extensômetro Dígital ou para relógio comparador.



Nivelar os pés dianteiros e o suporte traseiro com o prato da prensa, aqui foram utilizados blocos cilíndricos de concreto já moldados para esta finalidade



As 15 leituras são em centésimos de milímetros:10..20..30..40..50..60...70...80... 100... 120... 140... 160... 180... 200... e...por último... 220. Repetir as 15 leituras mais uma vez com o objetivo de caracterizar melhor a constante.

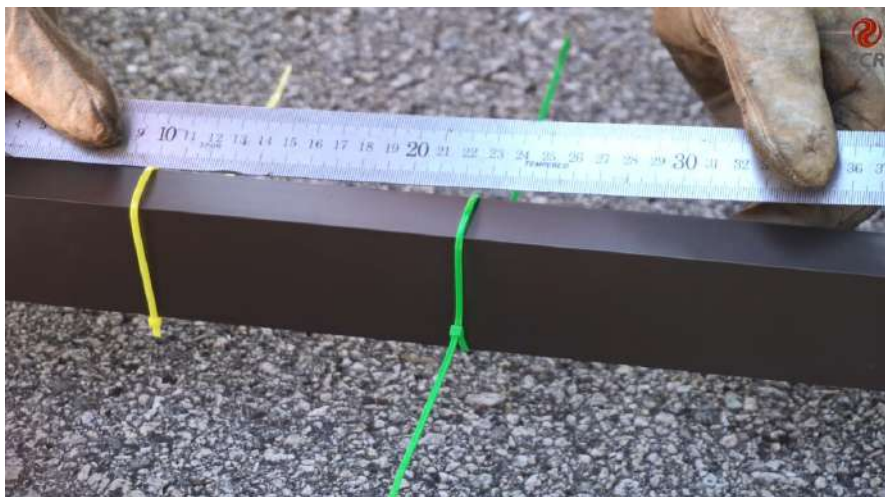
**NORMA: DNIT 133 / 2010**

### **EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- **Viga Benkelman;**
- **Caminhão com 8,2 t. de carga no eixo traseiro e pneus calibrados à pressão 0,56 MPa;**
- **Extensômetro de preferencia digital com sensibilidade de 0,01 mm;**
- **Régua graduada de 3,0 m de comprimento;**
- **Régua de referência;**
- **Termômetro.**



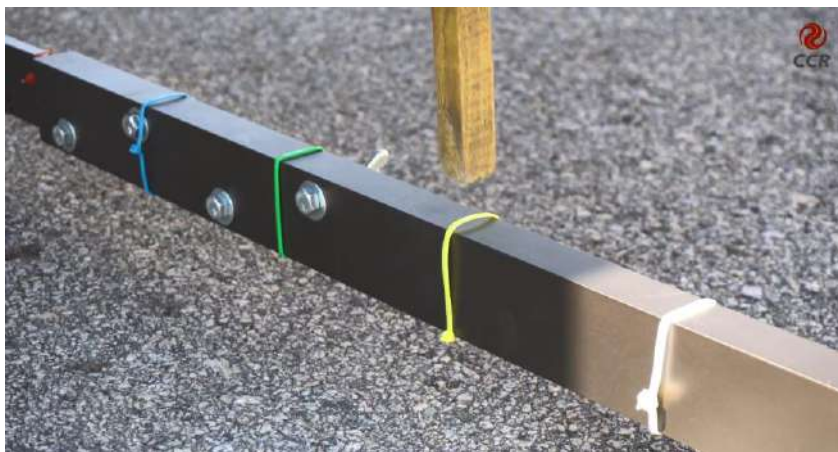
Assegurar o perfeito posicionamento da ponta de prova da Viga na vertical do eixo traseiro



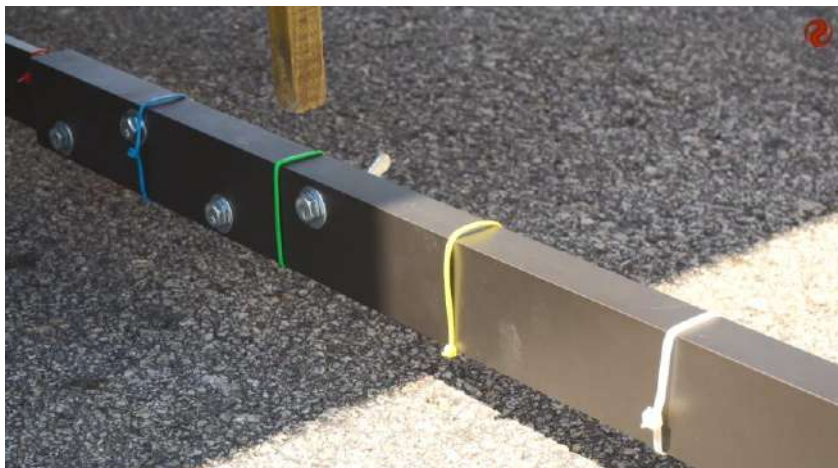
Realizar uma marcação do ponto inicial, posteriormente a 12,5 centímetros, seguido de 12,5 centímetros, ou seja a 25 cm do ponto inicial e depois marcações a cada 40 centímetros.



A régua de referencia deve ser acoplada de forma fixa ao pára-choque do caminhão.



Solicitar ao motorista do caminhão, avançar lentamente para frente até a segunda marcação feita na viga.



Avançar o caminhão nas próximas marcações registrando os valores mostrados no visor do extensômetro. Com estes dados já poderá desenhar a Bacia de Deformação do Pavimento



NORMA: DNER-ME 024/94

### EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- Viga Benkelman;
- Caminhão com 8,2 t de carga no eixo traseiro e pneus calibrados à pressão 0,56 MPa;
- Extensômetro de preferencia digital com sensibilidade de 0,01 mm;
- Termômetro.



É importante medir a temperatura do revestimento do pavimento, caso seja necessário reajustar as deflexões para uma determinada temperatura.



É necessário um caminhão com eixo traseiro simples de rodas duplas com carga de 8,2 t e pneus calibrados à pressão de 5,6 kgf/cm<sup>2</sup>.



Assegurar o perfeito posicionamento da ponta de prova da Viga na vertical do eixo traseiro.



Ligar o vibrador e esperar que o extensômetro não mostre variação no visor da ordem de 0,01 milímetros e seguidamente zerar o extensômetro.



Solicitar ao motorista do caminhão, avançar lentamente para frente até 10 metros; Ler o extensômetro e registrar o valor.