

PROJETO DE CONCRETO ASFALTICO USINADO A QUENTE DE ACORDO COM O DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA COM AGREGADOS DE ORIGEM GRANÍTICA.

Hugo Sasha Hoffmann Corrêa (1), Pedro Arns (2)

*UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)hugohc_@hotmail.com, (2)par@unesc.net*

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo a determinação das dosagens de um projeto de Concreto Asfáltico Usinado a Quente, com materiais existentes na região. Estes são de origem granítica e foram caracterizados através de ensaios realizados em laboratório, segundo especificações do Departamento Estadual de Infraestrutura. Contudo, pelos ensaios de granulometria do material granular, o mesmo não se enquadrava em nenhuma das faixas especificadas, aproximando-se da faixa B. Porém para enquadrá-lo nessa faixa de trabalho houve necessidade acrescentar cinza pesada em sete por cento. Uma vez definida, desta forma a faixa da composição dos materiais, iniciou-se a mistura da mesma, com teores variados de betume, para obtenção do seu valor ótimo. Todos os corpos de prova, nos diferentes teores de betume foram realizados pelo Método Marshall. Este fornece todos os parâmetros para verificação da qualidade do traço obtido, que foi confirmada. Moldaram-se, também, três corpos de prova, no teor ótimo para o ensaio de Resistência a Tração por Compressão Diametral, cujos resultados foram os esperados.

Palavras-Chave: CAUQ. Agregados Graníticos. DEINFRA. Teor Ótimo.

1. INTRODUÇÃO

Pavimentos são estruturas de múltiplas camadas, sendo a camada final a do revestimento asfáltico. Esta camada é de grande importância, pois está em contato direto com a superfície do pavimento, sendo destinada a receber os esforços provenientes do tráfego e transferi-los às camadas inferiores, gerando segurança e conforto para o rolamento mesmo em condições climáticas e geométricas adversas.

Pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança (BERNUCCI, et al, 2007, p. 9).

No Brasil utilizam-se, na maioria dos casos, revestimentos de concreto asfáltico, os quais são constituídos, basicamente, por uma mistura de agregados extraídos de jazidas e ligantes asfálticos.

Os agregados são utilizados em misturas asfálticas em associação com o ligante asfáltico e em alguns casos são empregados produtos complementares. Ao serem executadas corretamente, estas associações devem originar estruturas duráveis em sua vida de serviço. Segundo BERNUCCI et al (2007, pág. 115),

Os revestimentos asfálticos diferem-se de acordo com sua maneira de fabricação e seu tipo de ligante. A fabricação da massa asfáltica pode se dar em usina específica, fixa ou móvel, ou preparado na própria pista (tratamentos superficiais). Os ligantes podem ser aplicados a quente CAP (Cimento asfáltico de petróleo), ou a frio EAP (Emulsão asfáltica de petróleo).

Neste trabalho serão avaliados os resultados da dosagem dos materiais utilizados na projeto de CAUQ (Concreto Asfáltico Usinado a Quente), com o objetivo de verificar suas características. Os materiais utilizados são de jazidas da região, de origem granítica e foram caracterizados conforme ensaios realizados no laboratório segundo especificações do Departamento Estadual de Infraestrutura (DEINFRA).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A dosagem do projeto de CAUQ é determinada através de procedimentos experimentais realizados em laboratório, para determinar-se o teor ótimo do betume. Com base nisto, para o presente trabalho iniciou-se, com a coleta do material granular, de origem granítica, na Pavimentadora e Construtora Falchetti LTDA, localizada no município de Tubarão-SC, e do CAP 50/70 na usina asfáltica da empresa Confer-Construtora Fernandes LTDA, localizada no município de Siderópolis-SC, que foram encaminhados para o Laboratório de Mecânica dos Solos e Asfalto (LMSA), do Instituto de Engenharia e Tecnologia (IDT), da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Para a caracterização química da cinza pesada, a mesma, foi enviada ao Laboratório de Aprendizagem e Caracterização dos Materiais (LDMC) do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), ao

Laboratório de Cerâmica Técnica (CerTec) e ao Laboratório de Caracterização de Materiais (CECAM).

No LMSA, os materiais foram submetidos aos ensaios, conforme designam às normas e especificações do DEINFRA, DNIT e ABNT, que determinam os parâmetros exigidos, tanto dos materiais utilizados, quanto da mistura asfáltica de projeto.

2.1 CLASSIFICAÇÃO E ORIGEM DOS MATERIAIS

Os materiais empregados no projeto e sua respectiva origem estão detalhados na tabela 1.

Tabela 1 – Classificação e origem dos materiais utilizados.

Material	Classificação	Origem
Cimento Asfáltico de Petróleo Agregado Mineral	CAP 50-70	Confer Construtora Fernandes LTDA
	Brita 3/4"	Pavimentadora e Construtora
	Pedrisco 3/8"	Falchetti LTDA
	Pó de Pedra	
Enchimento	Cinza Pesada	Complexo Termelétrico Jorge Lacerda

Fonte: Hugo Sasha Hoffmann Corrêa, 2014.

Na Figura 1 está representada a localização da Pavimentadora e Construtora Falchetti LTDA. Suas coordenadas são Lat: -28° 28' 56.6934" Long: -49° 2' 20.8782"

Figura 1 – Localização da Pedreira

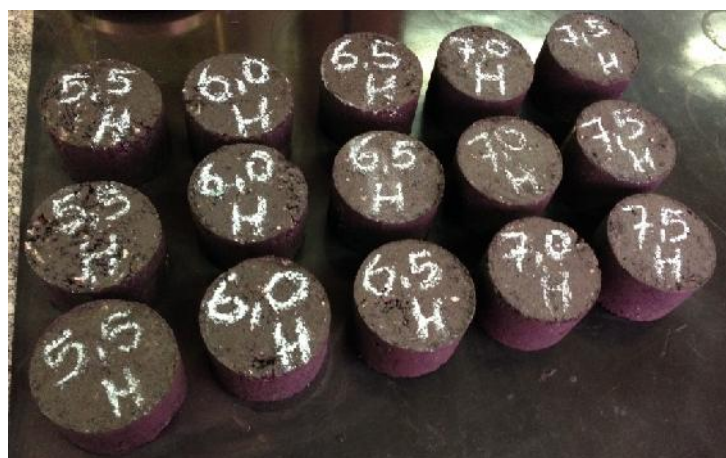


Fonte: Google Earth, 2014.

2.2 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

A pesquisa consistiu na moldagem de três corpos de prova cilíndricos para cada teor de betume (5,5%, 6%, 6,5%, 7% e 7,5%), os quais estão representados na figura 2, cuja composição granulométrica se enquadrou na faixa B do DEINFRA.

Figura 2 – Corpos de prova com valores de betume



Fonte: Hugo Sasha Hoffmann Corrêa 2014.

2.2.1 Agregados

2.2.1.1 Granulometria

O ensaio de granulometria por peneiramento simples determina a distribuição granulométrica do agregado. Onde uma porcentagem da amostra total do material é retida em cada peneira. As malhas utilizadas para o ensaio são definidas segundo a norma DNER-ME 053/94 – Análise granulométrica.

2.2.1.2 Massa Específica

A massa específica de um material é dada pela razão entre a mesma e o volume correspondente, sendo classificada em específica real, aparente e efetiva.

Para o agregado graúdo é utilizada a norma DNER 081/98 – Determinação da absorção e da densidade de agregado graúdo, ela utiliza a terminologia de densidade relativa. Agregado miúdo DNER 084/95 – Determinação da densidade de real e o material fino pulverizado DNER 085/94 – Determinação da massa específica real.

2.2.1.3 Equivalente de areia

Equivalente de areia é o ensaio que determina a proporção relativa de materiais argilosos ou pó em agregados miúdos, para verificar se a proporção dos mesmos não está fora dos limites estabelecidos na norma DNER-ME 054/97 – Determinação do equivalente de areia.

2.2.1.4 Adesividade ao ligante asfáltico

Sem uma boa adesividade entre o agregado e o ligante asfáltico, o pavimento tem uma perda de resistência na camada do revestimento afetando de forma direta sua vida útil. Fatores como a composição química, estrutura mineralógica e características físicas do agregado, presença de água e pó influenciam neste comportamento adesivo.

Para a determinação das características de adesividade do agregado adota-se a norma DNER-ME 078/94 – Adesividade ao ligante asfáltico.

2.2.1.5 Dosagem Marshall

Através do método de dosagem Marshall, é possível determinar o teor ótimo do ligante a ser utilizado no projeto. O procedimento adotado é o DNER-ME 043/95 – Misturas betuminosas a quente - ensaio Marshall. A prensa Marshall também determina a resistência à tração por compressão diametral, através da norma DNER-ME 138/94 – Determinação da resistência a tração por compressão diametral.

2.2.2 Ligante Asfáltico

Para caracterização do ligante asfáltico foram realizados os seguintes ensaios: penetração (NBR 6576/2000), viscosidade Saybolt-Furol (NBR 14950/2001), viscosidade Brookfield (NBR 15184/2001), ponto de amolecimento (NBR 6560/2000), ductilidade (NBR 6293/2001), índice de suscetibilidade térmica, solubilidade em tricloroetileno (NBR 14855) e ponto de fulgor (ABNT NBR 11341/2004).

2.2.3 Cinza Pesada

Para caracterização da cinza pesada foram realizados os seguintes ensaios: granulometria (DNER-ME 083/98), densidade real (DNER-ME 093/94), composição química, difração de raios-x (DRX) e microscopia eletrônica de varredura (MEV).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Agregados

3.1.1 Massa Específica

As determinações das densidades do agregado gráudo, miúdo e fino pulverizado foram encontradas através da média das três amostras do material. Os dados encontrados seguem nas tabelas 2, 3 e 4 respectivamente.

Tabela 2 – Densidade do agregado graúdo

	Amostra			Média
	1	2	3	
Massa ao ar do agregado saturado e superfície seca (g)	2591,0	2696,0	2616,5	
Massa do agregado saturado imerso mais massa do cesto (g)	1600,0	1668,0	1611,0	
Massa ao ar do agregado seco (g)	2559,3	2666,1	2579,1	
Densidade real (Kg/m³)	2,668	2,671	2,664	2,668
Densidade aparente (Kg/m³)	2,583	2,593	2,565	2,580
Absorção (%)	1,20	1,10	1,50	1,30

Fonte: Hugo Sasha Hoffmann Corrêa, 2014.

Tabela 3 – Densidade do agregado miúdo

	Amostra			Média
	1	2	3	
Peso do picnômetro (g)	136,85	137,36	117,97	
Peso do picnômetro + amostra (g)	286,11	284,95	265,19	
Peso do picnômetro + amostra + água (g)	715,94	712,08	692,42	
Peso do picnômetro + água (g)	625,49	622,52	603,05	
Densidade real a 25° (Kg/m³)	2,542	2,543	2,545	2,544

Fonte: Hugo Sasha Hoffmann Corrêa, 2014.

Tabela 4 – Densidade do material fino

	Amostra			Média
	1	2	3	
Massa do Material (g)	60,00	60,00	60,00	
Leitura Inicial a 20° (Le Chatelier)	0,30	0,60	0,30	
Leitura Final a 20° (Le Chatelier)	24,00	24,00	24,00	
Volume do Material (cm³)	23,70	23,40	23,70	
Massa específica real (g/cm³)	2,532	2,564	2,532	2,542

Fonte: Hugo Sasha Hoffmann Corrêa, 2014.

3.2 Cinza Pesada

A cinza pesada é um rejeito da queima do carvão mineral em usinas de energia termelétrica. A escassez de jazidas de materiais convencionais em grande quantidade de resíduos acaba contribuindo de forma crescente para seu uso.

O agregado natural coletado junto ao britador, após o ensaio granulométrico não se enquadrava na faixa C, objetivo inicial, aproximando-se da faixa B das normas.

Como, havia falta de finos, a solução foi o acréscimo de cinza pesada, na proporção de 7% em peso, na mistura.

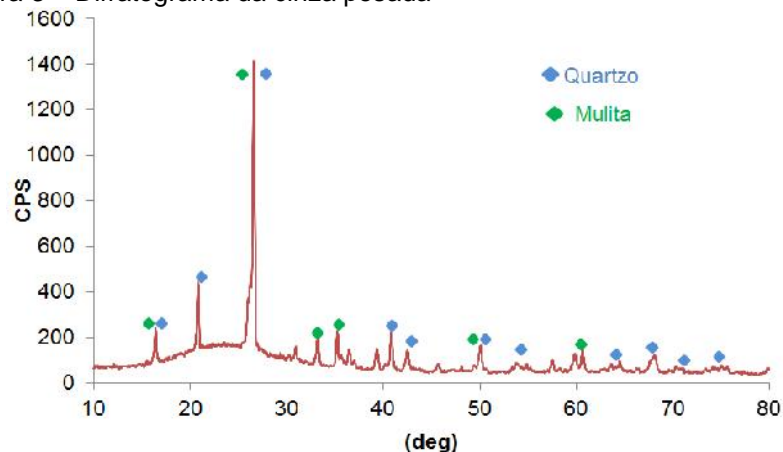
Os resultados da análise química da cinza pesada estão apresentados na figura 3 e sua composição na tabela 5.

Tabela 5 – Composição química da cinza pesada

Elementos	Teor (%)	Elementos	Teor (%)
SiO ₂	58,46	MgO	0,81
Al ₂ O ₃	23,63	Na ₂ O	0,55
Fe ₂ O ₃	5,00	BaO	0,1
K ₂ O	2,83	Co ₂ O ₃	0,09
CaO	1,17	P ₂ O ₅	0,07
TiO ₂	1,01	MnO	< 0,05
Perda fogo		6,06	

Fonte: Laboratório de Desenvolvimento e Caracterização de Materiais – LDCM- SENAI SC 2014

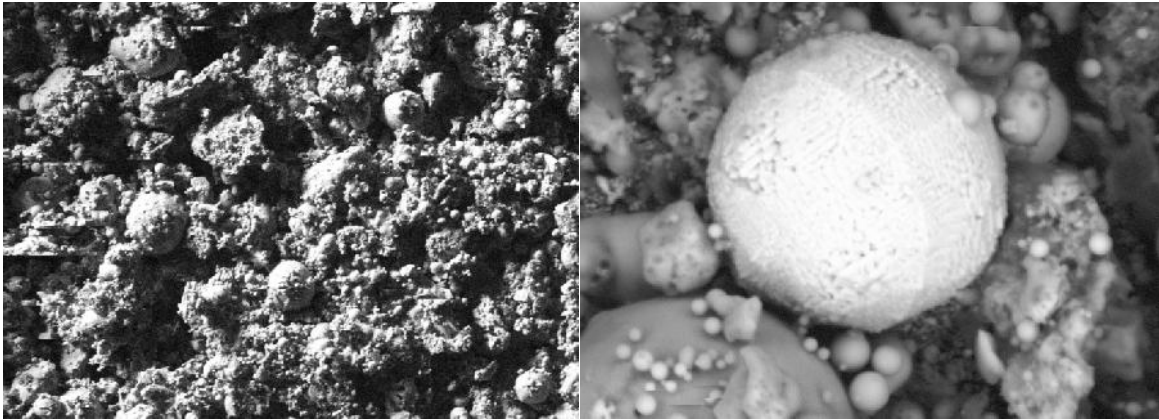
Figura 3 – Difratoograma da cinza pesada



Fonte: CECAM – IDT 2014

A figura 4 traz microfotografias da cinza pesada.

Figura 4 – Microfotografias da cinza pesada



Fonte: Laboratório de Cerâmica Técnica – CerTec.

3.3 Adesividade ao ligante asfáltico

Figura 5 – Ensaio de adesividade do agregado



Fonte: Hugo Sasha Hoffmann Corrêa, 2014.

O ensaio de adesividade com o ligante asfáltico com 0,07% de “Dope” não envolveu o agregado. Foi necessário aumentar a porcentagem de “Dope” para atendimento das normas, qual seja, o envolvimento total do agregado. Foram preparadas três amostras, acrescentando mais 0,07% em cada uma. Como mostra a figura 5. Todas as amostras ficaram satisfatórias e optou-se por usar 0,14% de “Dope” no ligante, pela questão econômica.

Para as misturas asfálticas é inaceitável a perda de adesividade, pois dessa forma a vida útil do pavimento se reduz consideravelmente devido a perda de resistência da

camada do revestimento asfáltico ocasionando trincamentos ou deformações permanentes, desagregação e a abertura de buracos (CERATTI;REIS, 2011).

3.4 Composição da mistura

3.4.1 Composição granulométrica

Após o estudo da granulometria dos agregados, elaborou-se a composição dos mesmos para que se enquadrassem na faixa B. A tabela 6 apresenta a porcentagem de cada agregado e da mistura.

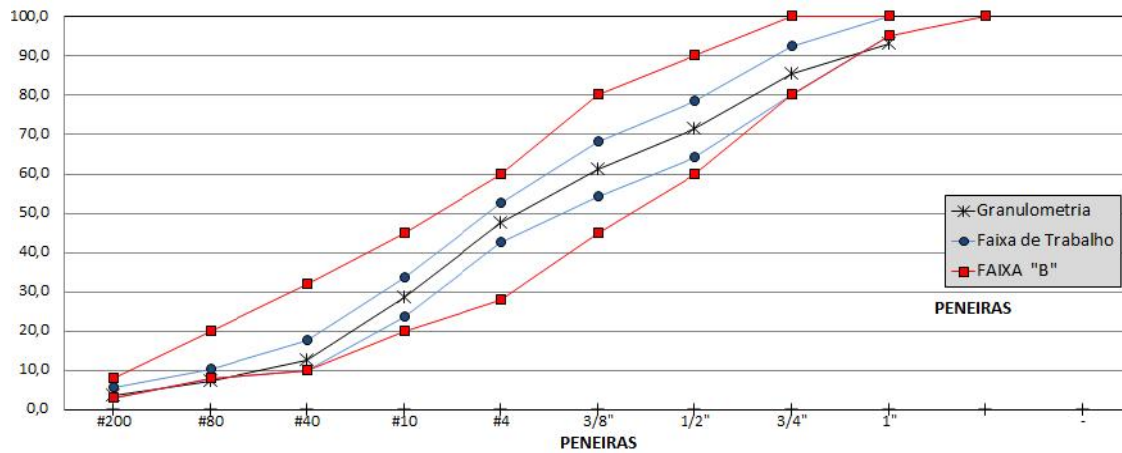
Tabela 6 – Composição granulométrica da mistura.

Peneira	Brita 3/4"	Pedrisco	Pó de Pedra	Cinza	Projeto (% Passante)			Especificação		
mm	Malha	35,0%	12,0%	46,0%	7,0%	Granulo	Faixa de Trabalho	Faixa "B"	CAUQ	
		% Passante	% Passante	% Passante	% Passante	metria				
25,400	1"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,0	100,0
19,100	3/4"	78,6	100,0	100,0	100,0	92,5	85,5	99,5	80,0	100,0
12,700	1/2"	38,1	100,0	100,0	100,0	78,3	71,3	85,3	60,0	90,0
9,500	3/8"	11,4	93,3	100,0	100,0	68,2	61,2	75,2	45,0	80,0
4,800	#4	-	18,8	98,7	100,0	54,6	49,6	59,6	28,0	60,0
2,000	#10	-	2,9	61,4	97,9	35,4	30,4	40,4	20,0	45,0
0,420	#40	-	2,5	26,6	90,4	18,9	13,9	23,9	10,0	32,0
0,180	#80	-	2,3	15,4	74,7	12,6	9,6	15,6	8,0	20,0
0,075	#200	-	1,6	7,2	46,1	6,7	4,7	8,0	3,0	8,0

Fonte: Hugo Sasha Hoffmann Corrêa, 2014.

Na figura 6, consta a curva granulométrica da mistura sem cinza a qual não se enquadrou dentro da faixa B especificada pelo DEINFRA.

Figura 6 – Composição granulométrica da mistura com cinza.

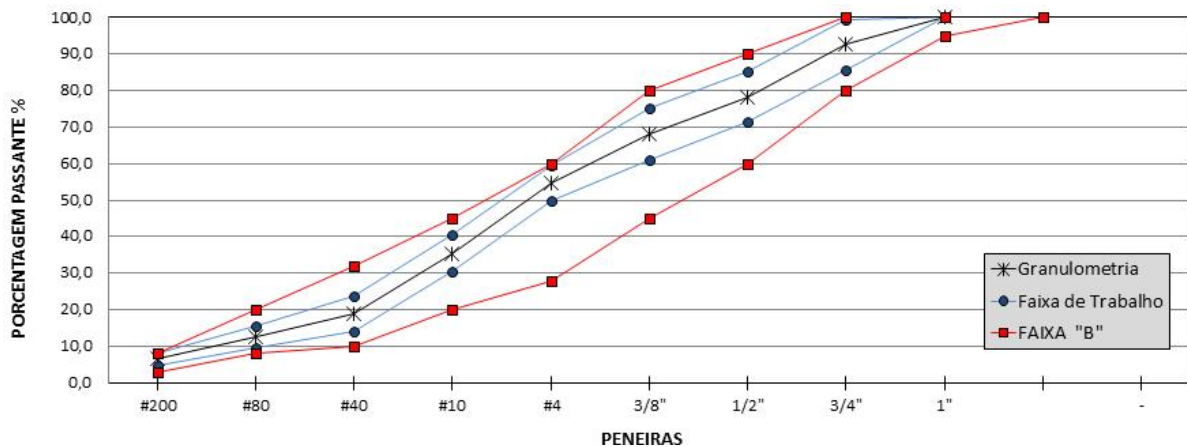


Fonte:

Hugo Sasha Hoffmann Corrêa, 2014.

Na figura 7, consta a curva granulométrica corrigida com a adição da cinza, à faixa de trabalho e a faixa B especificada pelo DEINFRA.

Figura 7 – Composição granulométrica da mistura sem cinza.



3.4.2 Equivalente de areia

Com a mistura dos agregados dosada, realizou-se o ensaio de equivalência de areia para verificar a limpeza da mistura. Os resultados estão na tabela 7.

Tabela 7 - Equivalente de areia da mistura dos agregados

	Amostra			Média
	1	2	3	
Leitura no topo da areia	8,50	9,00	8,70	
Leitura no topo da argila	11,30	11,80	11,90	
Equivalente de areia (%)	75,00	76,00	73,00	75,00

Fonte: Hugo Sasha Hoffmann Corrêa, 2014.

3.4.3 Cimento asfáltico de petróleo

Tabela 8 apresenta os resultados da caracterização do ligante utilizado nas misturas asfálticas. Os ensaios de caracterização foram realizados pela empresa Petrobrás que fornece o Certificado de Garantia às empresas distribuidoras do asfalto.

Tabela 8 – Especificação do Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) 50/70

Características	Unidades	Especificação	Resultados	Método
Penetração (100g, 5s, 25°C), mín.	0,1mm	50 a 70	59	NBR 6576
Ponto de amolecimento	°C	46	47,5	NBR 6560
Viscosidade Saybolt-Furol				
a 135°C, mín.		141 mín.	158,5	
a 150 °C, mín.	s	50	84,5	NBR 14950
a 177°C, mín.		30	37,2	
Viscosidade Brookfield				
a 135°C, mín. SP 21, 20 rpm, mín.		274	305	
a 150 °C, mín.	cP	112	159	NBR 15184
a 177°C, SP 21.		57	68	
Ductilidade a 25°C, mín.	cm	600	>100	NBR 6293
Índice de Suscetibilidade Térmica		(-1,5) a (+0,7)	-1,5	
Ponto de Fulgor, mín.	°C	235	>300	NBR 11341
Solubilidade em triclorotileno, mín.	% massa	99,5	99,9	NBR 14855

Fonte: REPAR/OT/QP - PETROBRAS 2014

No LMSA foi realizado o ensaio de viscosidade de acordo com a norma DNER 081/98 – Determinação da viscosidade “Saybolt Furol” a alta temperatura. A tabela 9 mostra os valores encontrados.

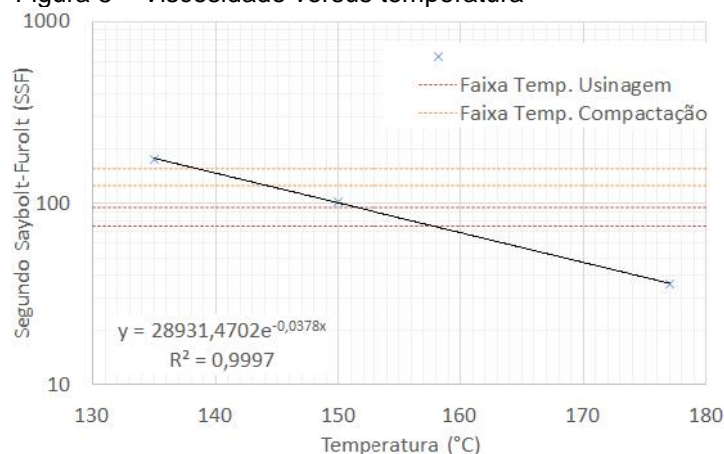
Tabela 9 – Resumo do ensaio

Temperaturas (°C)	Ensaio		Viscosidade média (SSF)
	1	2	
135,00	165,00	185,00	175,00
150,00	95,00	109,00	102,00
177,00	34,00	38,00	36,00

Fonte: Hugo Sasha Hoffmann Corrêa, 2014.

Com os resultados do ensaio traçou-se o gráfico temperatura versus viscosidade, figura 8, onde foram encontradas as temperaturas máximas e mínimas do ligante, agregado e da mistura. Os valores utilizados estão na tabela 10.

Figura 8 – Viscosidade versus temperatura



Fonte: Hugo Sasha Hoffmann Corrêa, 2014.

Tabela 10 – Temperaturas do ligante asfáltico utilizadas no projeto

Temperaturas	Ótima	Faixa de Trabalho		
Aquecimento do ligante (°C)	155,0	151,2	-	158,5
Aquecimento dos agregados (°C)	165,0	165,0	-	170,0
Compactação da mistura (°C)	140,0	138,0	-	143,5

Fonte: Hugo Sasha Hoffmann Corrêa, 2014.

3.4.4 Características Marshall

Para os valores do teor de betume proposto foi necessário encontrar uma nova fração para os agregados, que passaram de 100% para 94,5%, 94%, 93,5%, 93%, 92,5%, e assim executar as misturas. Na tabela 11, estão os valores encontrados para cada teor de betume.

Tabela 11 – Fração dos componentes para a mistura asfáltica

Teor de betume (%)	Peso (g)		Peso total (g)
	Betume	Agregado	
5,50	66	1134	1200
6,00	72	1128	1200
6,50	76	1122	1200
7,00	84	1116	1200
7,50	90	1110	1200

Fonte: Hugo Sasha Hoffmann Corrêa, 2014.

2.2.5 Cálculo dos parâmetros Marshall

A tabela 12 apresenta os valores dos parâmetros Marshall para cada teor de betume.

Tabela 12 – Parâmetros Marshall

Teor de betume (%)	Corpo de Prova	Densidade aparente (g/cm ³)	Volume de vazios (%)	Relação betume vazios (%)	Vazios do agregado mineral (%)	Estabilidade (Kgf)	Fluência (Pol.)
5,5	1	2,253	5,16	70,38	17,44	1724,39	3,82
	2	2,246	5,47	69,1	17,70	1293,00	2,05
	3	2,250	5,32	69,73	17,57	1487,67	3,31
	Média	2,250	5,32	69,74	17,57	1501,70	3,06
6,0	1	2,288	3,02	81,84	16,12	1465,79	2,24
	2	2,293	2,81	82,88	16,43	1482,55	2,24
	3	2,290	2,92	82,35	16,52	1477,44	2,20
	Média	2,290	2,91	82,36	16,52	1475,30	2,23
6,5	1	2,261	3,48	80,72	18,03	1281,13	3,86
	2	2,294	2,06	87,78	16,82	1085,30	2,24
	3	2,278	2,77	84,09	17,43	1201,47	3,27
	Média	2,278	2,77	84,19	17,43	1189,30	3,12
7,0	1	2,305	0,93	94,52	16,90	1059,45	3,90
	2	2,303	0,98	94,24	16,94	899,02	3,98
	3	2,304	0,95	94,41	16,92	1014,50	4,06
	Média	2,304	0,95	94,39	16,92	990,99	3,98
7,5	1	2,300	0,41	97,65	17,49	970,64	4,02
	2	2,298	0,53	96,98	17,59	1011,59	3,94
	3	2,299	0,47	97,31	17,54	985,29	3,98
	Média	2,299	0,47	97,31	17,54	989,17	3,98
Especificação	Mínima	-	3,00	75,00	-	500,00	2,00

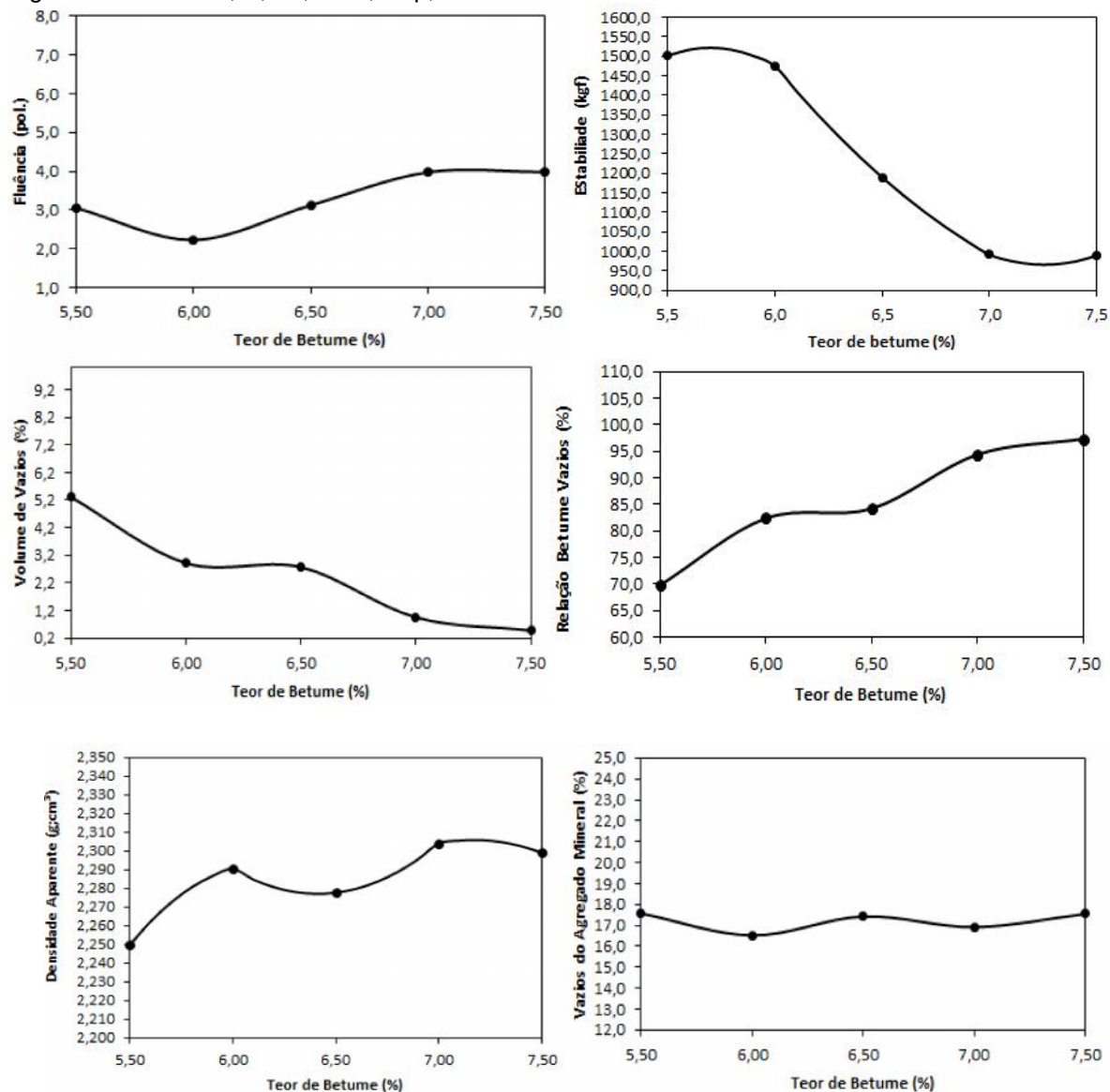
CAUQ Faixa B	Máxima	-	5,00	82,00	-	-	4,50
-----------------	--------	---	------	-------	---	---	------

Fonte: Hugo Sasha Hoffmann Corrêa, 2014.

2.2.5 Teor ótimo do ligante asfáltico

O teor ótimo de asfalto de projeto é definido através dos parâmetros volumétricos e mecânicos obtidos ao longo do trabalho. Na figura 9, têm-se os gráficos de teor de betume versus fluência (F), estabilidade (E), volume de vazios (Vv), relação betume vazios (RBV), densidade aparente (Dap), vazios do agregado mineral (VAM).

Figura 9 – Curvas F, E, Vv, RBV, Dap, VAM



Fonte: Hugo Sasha Hoffmann Corrêa, 2014.

Através dos gráficos gerados e dos valores especificados pela faixa B, observa-se que os parâmetros encontrados estão dentro das especificações exigidas para o traço B do DEINFRA. Também foi encontrado o valor do teor ótimo de betume. Contudo como as normas nos facultam optou-se por utilizar o valor mínimo admitido de menos três pontos percentuais. Após esta definição foram moldados mais três corpos de prova de prova. Além dos testes anteriores foi medida a resistência à tração por compressão diametral. Os valores correspondentes aos ensaios estão na tabela 13.

Tabela 13 – Parâmetros Marshall para a mistura encontrada

Teor de betume (%)	Corpo de Prova	Densidade aparente (g/cm ³)	Volume de vazios (%)	Relação betume vazios (%)	Vazios do agregado mineral (%)	Estabilidade (Kgf)	Resistência a tração por compressão diametral (Mpa)
6,9	1	2,310	2,94	84,28	18,69	1268,13	0,8
	2	2,300	3,26	82,79	18,97	1261,75	0,8
	3	2,320	2,51	86,33	18,33	1319,13	0,8
	Média	2,310	2,90	84,47	18,66	1283,00	0,8
Especificação CAUQ Faixa B	Mínima	-	3,00	75,00	-	500,00	0,7
	Máxima	-	5,00	82,00	-	-	1,2

Fonte: Hugo Sasha Hoffmann Corrêa, 2014.

Com a utilização da cinza como material de enchimento foi possível corrigir o traço e encontrar o valor ótimo de projeto. Caso não fosse corrigido no futuro o pavimento poderia sofrer com patologias.

4. CONCLUSÕES

O presente estudo realizado possibilitou as seguintes conclusões:

- O agregado de origem granítica necessita de um valor maior de “Dopp”;
- Produz pouco material fino, acarretando no aumento dos vazios entre os agregados;
- O teor ótimo apresentou um elevado teor de betume, aumentando o custo final do pavimento;

- d) Ao utilizar a faixa B, maior granulometria, tem-se uma maior aderência entre pneu e asfalto, aumentando a segurança;
- e) Todos os valores encontrados se encaixaram na faixa B do DEINFRA.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT): NBR 6293. Materiais betuminosos – Determinação da ductilidade. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 14855**: Determinação da solubilidade em tricloroetileno. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR 14950**: Determinação da viscosidade Saybolt Furol. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 15184**: Determinação da viscosidade em temperaturas elevadas usando um viscosímetro rotacional. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT): NBR 6576. Materiais asfálticos – Determinação da penetração. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT): NBR 11341. Derivados do petróleo – Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso de Cleveland. Rio de Janeiro, 2004.

BERNUCCI, L. B. et al. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras: ABEDA, 2006. 501 p.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas e Rodagens. **DNER-ME 053/94**. Misturas betuminosas – percentagem de betume - método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.

_____. **DNER-ME 081/98**. Determinação da absorção e da massa específica de agregado graúdo - método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1998.

_____. **DNER-ME 084/95**. Agregado miúdo - determinação densidade real: método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1995.

_____. **DNER-ME 085/94**: Material finamente pulverizado: determinação da massa específica real: método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.

_____. **DNER-ME 054/97**: Equivalente de areia - método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1997.

_____. **DNER-ME 078/94**: Agregado graúdo - adesividade a ligante betuminoso: método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.

_____. **DNER-ME 083/98:** Agregados - análise granulométrica: método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1998.

_____. **DNER-ME 093/94:** Solos - determinação da densidade real: método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.

_____. **DNER-ME 138/94:** Pavimentos flexíveis - determinação da resistência à tração por compressão diametral: método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.

CERATTI, J. A. P.; REIS, R. M. M. de. Manual de dosagem de concreto asfáltico. São Paulo: oficina de textos; Rio de Janeiro: Instituto pavimentar, 2011. 151p.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação, volume I** – 1ª ed. - São Paulo: Pini, 1997.