

CONTROLE TECNOLÓGICO DA CAMADA DE REVESTIMENTO EM CAUQ DE ACORDO COM DEINFRA SC-ES-P-05/92 – ESTUDO DE CASO

Ana Helena Pinter Deolindo (1), Pedro Arns (2); Adailton Antônio dos Santos (3)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1) *anahelenapd@hotmail.com*, (2) *par@unescc.net* (3) *adailton@unescc.net*

RESUMO

A pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de realizar o controle tecnológico na camada de revestimento em CAUQ de acordo com a especificação de serviço DEINFRA SC-ES-P 05/92. Foram extraídas quatorze amostras da camada de revestimento, através de sonda rotativa em três ruas: Av. 74, Rua São José e Rua Lino Forgiarini no Município de Forquilha – SC. Através de ensaios laboratoriais realizados no Laboratório de Mecânica do solo (LMS), do Instituto de Engenharia e Tecnologia (IDT), da Universidade do Extremo Sul Catarinense, foram determinados parâmetros da mistura asfáltica como: grau de compactação, verificação da espessura, teor de betume, granulometria, resistência à tração por compressão diametral e os parâmetros físicos como volume de vazios (%V) e relação betume vazios (%RBV). A partir dos resultados dos ensaios laboratoriais, foi possível realizar um controle estatístico possibilitando uma comparação com os dados de projeto e com a especificação de serviço do DEINFRA SC-ES-P 05/92. Diante dos resultados encontrados no controle tecnológico da camada de CAUQ das ruas objeto de estudo, pode-se concluir que a referida camada não atende o projeto e principalmente a especificação de serviço DEINFRA-SC-ES-P-05/92. Logo, esta não poderia ter sido liberada para o tráfego.

Palavras-Chave: Revestimento asfáltico, CAUQ, Controle Tecnológico, DEINFRA

1. INTRODUÇÃO

“A matriz de transporte no Brasil é predominantemente rodoviária, correspondendo cerca de 96,2% da matriz de transporte de passageiros e a 61,8 % da matriz de transporte de cargas” (CNT, 2006 apud Nogueira, 2011, p.17). Daí a importância de se realizar o controle tecnológico executivo do pavimento asfáltico para garantir a vida útil do pavimento.

Com a ausência do controle tecnológico, nem sempre os resultados obtidos em laboratório são atingidos em campo. Partindo desta prerrogativa, surge o interesse de se verificar o desempenho de uma mistura asfáltica quando executada em campo. Neste trabalho serão avaliadas através de ensaios laboratoriais as características mecânicas da camada de revestimento flexível executados com CAUQ (Concreto Asfáltica Usinado à Quente), considerando os critérios normativos vigentes na especificação de serviço DEINFRA-SC-ES-P-05/92.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O controle tecnológico da camada de revestimento foi realizado através de análise estatística, com base no Anexo 1 das Especificações Gerais para Obras Rodoviárias do DEINFRA. Tendo em vista que o pavimento projetado possui um $N \leq 5 \times 10^5$, foi adotado no presente trabalho o controle estatístico tipo brando.

No controle tecnológico foram analisados os parâmetros de projeto como: espessura, teor de betume e granulometria. Também foram analisados os parâmetros da especificação de serviço DEINFRA SC-ES-P- 05/92 como: resistência a tração por compressão diametral, porcentagem de vazios (%V), relação betume vazios (%RBV) e grau de compactação.

O controle tecnológico realizado foi executado três meses após a conclusão dos trabalhos de pavimentação, não sendo possível elaborar o mesmo durante a execução dos serviços.

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho compreende o controle tecnológico da camada de revestimento em CAUQ das ruas: Av, 74; Rua São José e Rua Lino Forgiarini no Município de Forquilha – SC (Figura 1).

Figura 1: Localização das ruas



Fonte: www.google.com.br/earth

2.2 MATERIAIS

2.2.1 Agregados

O agregado utilizado na obra, onde o controle tecnológico foi realizado, se trata de seixo bruto proveniente do Rio Mãe Luzia, no Município de Treviso. A operação de

britagem desse material pétreo foi feita em um sistema de britagem, localizado ao lado direito da SC-445 na Cidade de Siderópolis - SC.

2.2.2 Ligantes Asfálticos

O cimento asfáltico de petróleo utilizado foi o CAP 50-70, proveniente da distribuidora Petrobrás S.A, localizada na Cidade de Araucária – PR. A produção da mistura asfáltica foi executada em usina do tipo DrumMixer, localizada ao lado direito da SC-445, em Siderópolis - SC.

2.3 COLETA DAS AMOSTRAS “IN LOCO”

Nas ruas objeto de estudo foram coletadas através de sonda rotativa (Figura 2), quatorze amostras denominadas de AM-01 à AM-14.

Figura 2: Sonda Rotativa



Fonte: Do Autor

As amostras AM-01 à AM-08 foram coletadas obedecendo às informações e recomendações das especificações gerais do DEINFRA, item 15.2, que determina que as coletas sejam feitas na seguinte ordem de posicionamento: bordo direito (BD), eixo, bordo esquerdo (BE). Já as amostras AM-09 à AM-14, foram extraídas somente nos bordos. As amostras coletadas e devidamente identificadas foram transportadas ao laboratório de Mecânica dos Solos (LMS), do Instituto de Engenharia e Tecnologia (IDT), da Universidade do Extremo Sul Catarinense

(UNESC), onde foram acondicionadas em temperatura ambiente. A tabela 1 apresenta as coordenadas e a localização dos pontos amostrados.

Tabela 1: Localização dos pontos amostrados.

Amostra Nº	Localização	Ponto de Coleta	Coordenadas (UTM)	
			E (m)	N (m)
01	Av. 74	BE	652662	6818469
02	Av. 74	Eixo	652662	6818268
03	Av. 74	BD	652663	6818116
04	Av. 74	Eixo	652667	6818001
05	R. São José	Eixo	652612	6818049
06	R. Lino Forgiarini	BE	652596	6818078
07	R. Lino Forgiarini	Eixo	652594	6818224
08	R. Lino Forgiarini	BD	652584	6818410
09	Av. 74	BE	652667	6818373
10	Av. 74	BD	652665	6818165
11	Av. 74	BE	652674	6818033
12	R. Lino Forgiarini	BE	652595	6818158
13	R. Lino Forgiarini	BD	652590	6818295
14	R. Lino Forgiarini	BE	652594	6818468

Fonte: Do Autor

2.4 LIMPEZA DAS AMOSTRAS

Após a coleta das amostras, estas foram preparadas para realização dos ensaios, retirando-se os fragmentos existentes da camada de base do pavimento, impurezas e regularizando-as com o auxílio de uma escova de aço e de uma talhadeira para posteriores medições de espessuras.

2.5 MEDIDAS DE DIÂMETRO E ESPESSURAS

Todas as quatorze amostras passaram pelo processo de medidas de diâmetro e espessuras, utilizando como equipamento de medição um paquímetro digital. Quanto à espessura, em cada amostra foram demarcados quatro pontos com ângulo de 90° entre eles, executando-se a medida da espessura de cada amostra, obtendo-se a média da mesma.

2.6 DENSIDADE APARENTE E GRAU DE COMPACTAÇÃO

De acordo com o Método de Ensaio DNER-ME 117/94, as amostras foram submetidas à pesagem no estado seco ao ar e submersas, para obtenção das suas densidades aparentes. A seguir, foi feita a relação entre a densidade obtida em laboratório, com a densidade do projeto, para obtenção do grau de compactação.

2.7 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE BETUME

A determinação do teor de betume da camada de revestimento, foi feita através de três ensaios, executados de acordo com o método de ensaio DNER ME 053/94 (misturas betuminosas – percentagem de betume).

2.8 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Para obtenção da composição granulométrica existente nas amostras, utilizou-se o material pétreo resultante dos ensaios de determinação de teor betume por peneiramento simples, de acordo com o método de ensaio DNER ME 083/98 (Agregados – Análise Granulométrica). Foram realizados três ensaios para determinação da granulometria para posterior comparação com a faixa granulométrica de projeto (faixa “D” do DEINFRA).

2.9 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

A determinação da resistência à tração por compressão diametral foi feita de acordo com o método de ensaio DNER – ME 138/94. Para tanto, foram extraídas em campo cinco amostras de capa asfáltica, através de sonda rotativa. Essas amostras foram retiradas nos bordos esquerdo e direito, pelo fato das mesmas apresentarem o seu grau de compactação próximo da situação inicial, ou seja, antes da abertura do tráfego. Foi utilizada a prensa Marshall, com ajuste automático de velocidade.

2.10 PARÂMETROS FÍSICOS

Com base nos resultados dos ensaios laboratoriais foram calculados os parâmetros físicos das amostras coletadas tais como: volume de vazios (%V), vazios cheios de betume (%VCB), vazios do agregado mineral (%VAM), e a relação betume vazios (%RBV).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 GRAU DE COMPACTAÇÃO

A tabela 2 apresenta o resumo dos resultados do grau de compactação e do controle estatístico unilateral.

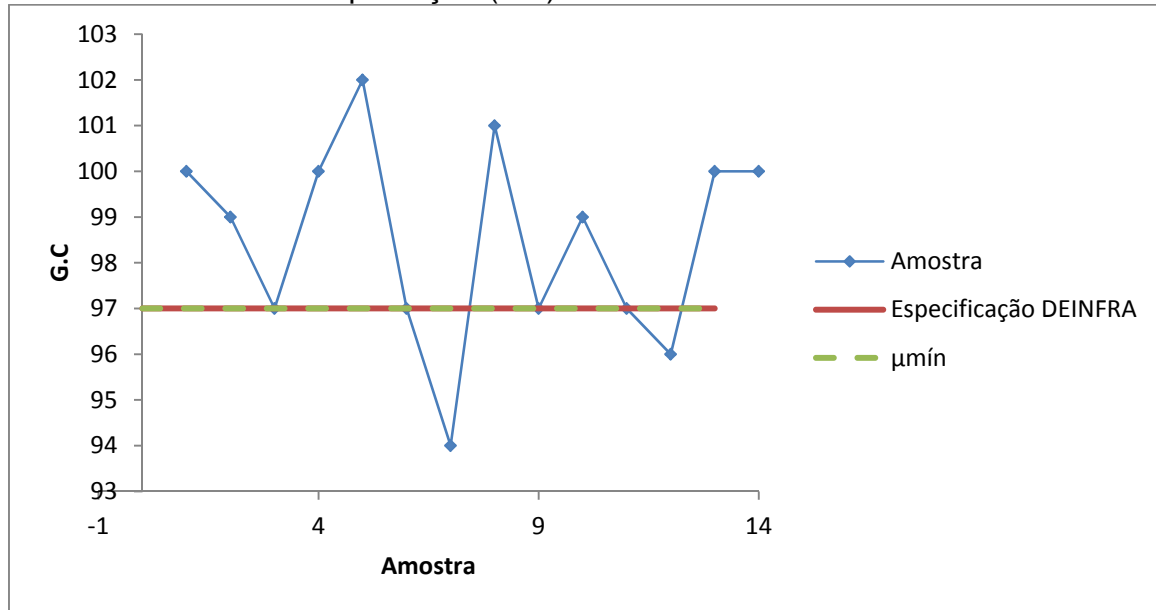
Tabela 2: Grau de Compactação das amostras.

CP N°	Dens. Ap. (g/cm ³)	Densi. Ap. Projeto (g/cm ³)	G.C (%)	Controle Estatístico	
01	2,499	2,505	100	N° Amostras	14
02	2,483	2,505	99	Média	98,50
03	2,438	2,505	97	Desvio Padrão	2,21
04	2,491	2,505	100	t	0,87
05	2,550	2,505	102	µmín.	97%
06	2,422	2,505	97	Especificação	
07	2,350	2,505	94	DEINFRA mín.	97 %
08	2,521	2,505	101		
09	2,430	2,505	97		
10	2,481	2,505	99		
11	2,421	2,505	97		
12	2,394	2,505	96		
13	2,500	2,505	100		
14	2,510	2,505	100		

Fonte: Do autor

Com base nos dados da tabela 2 elaborou-se o gráfico 1.

Gráfico 1: Grau de Compactação (GC).



Fonte: Do Autor

O gráfico 1 demonstra, que pelo controle estatístico ($\mu_{\text{mín.}} = 97\%$), o GC da camada de revestimento está atendendo a especificação do DEINFRA ($GC \geq 97\%$). Logo, a mesma encontra-se aprovada quanto a esse parâmetro. O não atendimento do grau de compactação conforme o especificado, provocaria o aparecimento de trilhas de roda, ocasionadas por deformação permanente, devido a pós compactação gerada pelo tráfego.

3.2 TEOR DE BETUME

O resumo dos resultados do teor de ligante e do controle estatístico bilateral constam na tabela 3.

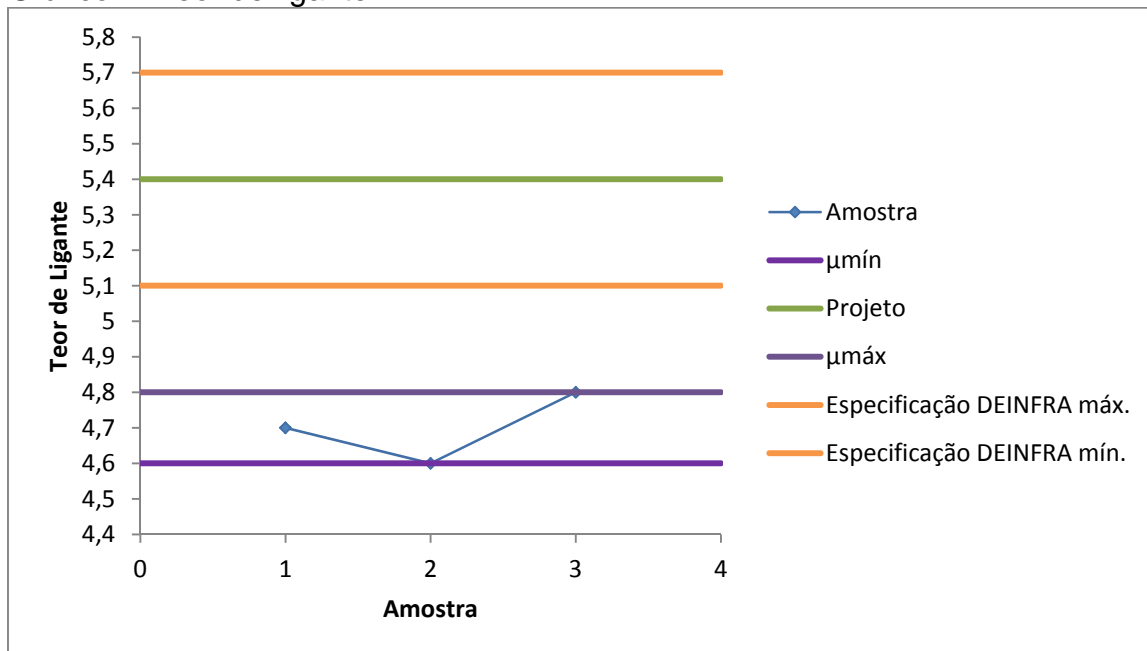
Tabela 3: Teor de Ligante

Ensaio	Teor de Lig. Real (%)	Teor de Lig. De Proj. (%)	Especificação DEINFRA	Controle Estatístico
1º	4,7	5,4	máx. 5,7%	Nº Amostras 3
2º	4,6	5,4	mín. 5,1%	Média 4,70
3º	4,8	5,4		Desvio Padrão 0,10
				t 0,62
				$\mu_{\text{mín.}}$ 4,6
				$\mu_{\text{máx.}}$ 4,8

Fonte: Do Autor

Com base nos dados da tabela 3 elaborou-se o gráfico 2.

Gráfico 2: Teor de ligante



Fonte: Do Autor

A análise do gráfico 2 deixa claro que os teores de betume encontrados não se enquadram nos limites estipulados pela especificação de serviço do DEINFRA para o presente caso (5,4% + 0,3%). “A falta de ligante gera um enfraquecimento da mistura e de sua resistência à formação de trincas, uma vez que a resistência à tração é bastante afetada e sua vida de fadiga fica muito reduzida”. (Bernucci et al. 2008, p. 165).

3.3 VERIFICAÇÃO DA ESPESSURA

Foram medidas as espessuras das quatorze amostras extraídas através da sonda rotativa, cujo os valores constam nas tabelas 4 e 5.

Tabela 4: Espessuras dos corpos de prova

CP N°	01	02	03	04	05	06	07
Espessura (cm)	3,8	4,4	3,6	4,4	4,5	4,2	4,3

Fonte: Do Autor

Tabela 5: Espessuras dos corpos de prova

CP N°	08	09	10	11	12	13	14
Espessura (cm)	4,7	3,8	3,4	2,8	2,6	3,2	3,2

Fonte: Do Autor

A tabela 6 apresenta o controle estatístico unilateral da espessura:

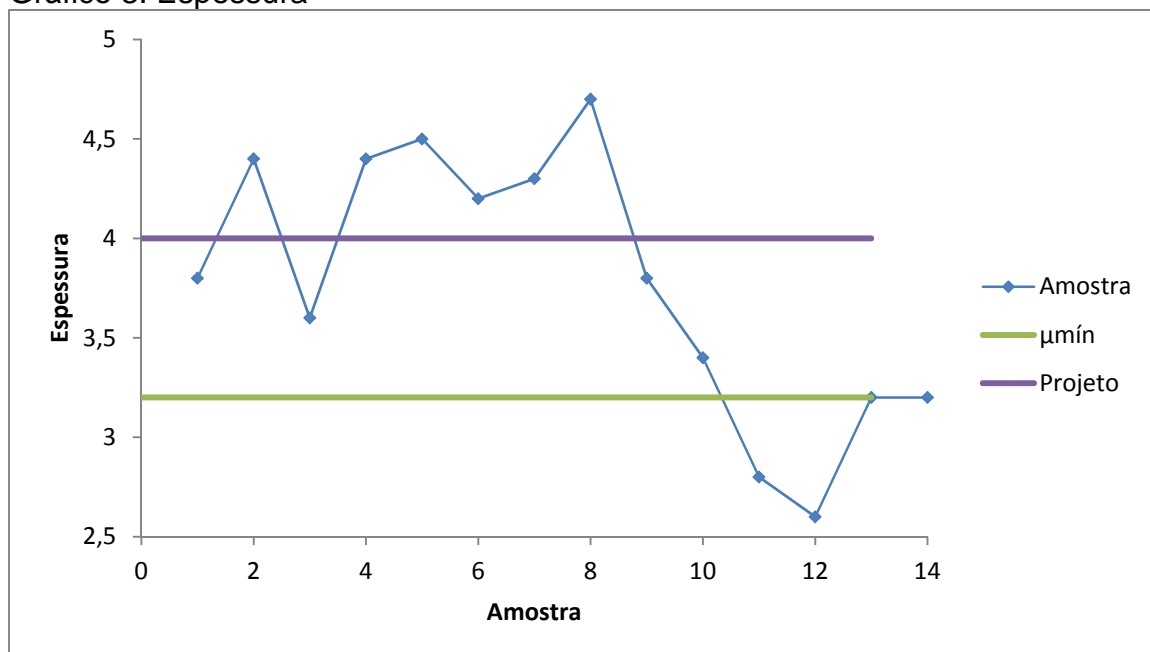
Tabela 6: Controle Estatístico

Controle Estatístico	
Nº Amostras	14
Média	3,78
Desvio Padrão	0,67
t	0,87
μmín.	3,2

Fonte: Do Autor

Com base nos dados das tabelas 4, 5 e 6 elaborou-se o gráfico 3.

Gráfico 3: Espessura



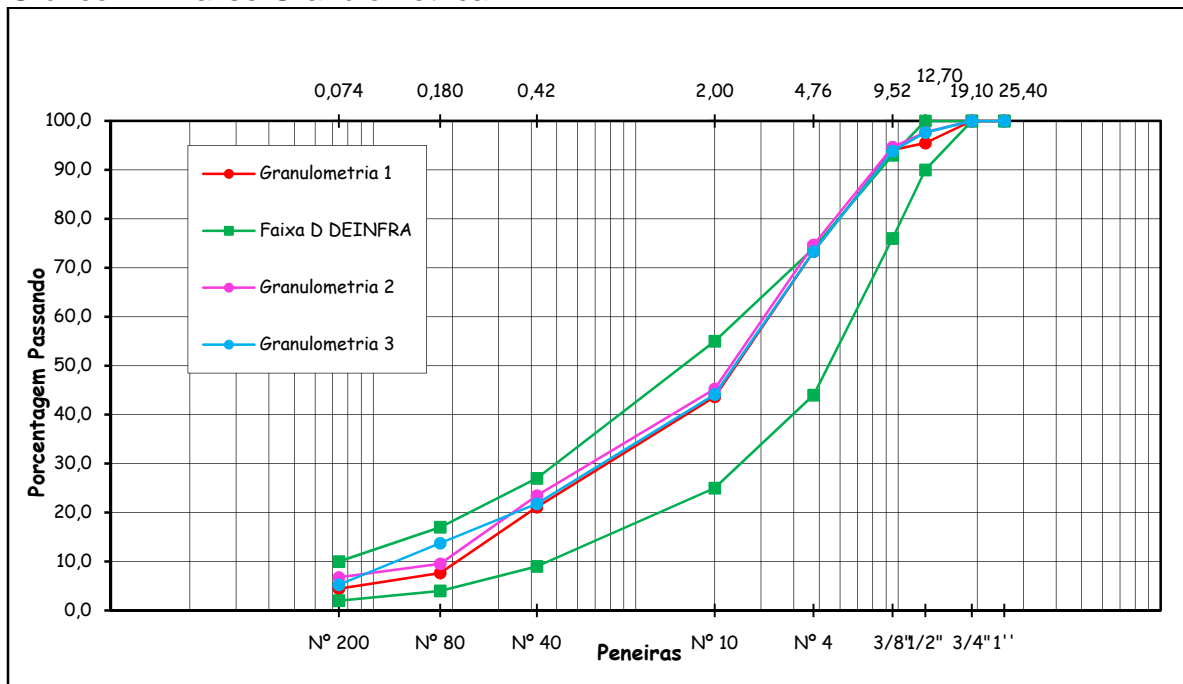
Fonte: Do Autor

A análise do gráfico 3 demonstra estatisticamente que a espessura da camada de revestimento ($\mu\text{mín.} = 3,2 \text{ cm}$), não atende a espessura de projeto (4cm). O não atendimento da espessura de projeto, poderá comprometer a vida útil do pavimento devido a redução da resistência as deformações.

3.4 GRANULOMETRIA

Os resultados dos ensaios de granulometria executados conforme o método de ensaio DNER ME 083/98 (Agregados – Análise Granulométrica) estão apresentados no gráfico 4.

Gráfico 4: Análise Granulométrica



Fonte: Do Autor

Como pode ser observado no gráfico 4, a peneira 3/8" (9,52mm), não atendeu a faixa granulométrica de projeto ("D" do DEINFRA). Nas demais peneiras o limite foi respeitado. Misturas com a composição granulométrica próximas ou superiores ao limite máximo da faixa especificada tendem apresentar baixa estabilidade.

3.5 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

De acordo com o método de ensaio DNER-ME 138/94 (Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral), as amostras submetidas a este ensaio devem ter espessura entre 3,5 e 6,5 cm, como as amostras coletadas não se enquadraram dentro desta faixa de espessura, o ensaio não foi realizado.

3.6 PARÂMETROS FÍSICOS

3.6.1 Volume de Vazios

A tabela 8 apresenta os resultados dos parâmetros físicos encontrados, e o controle estatístico bilateral.

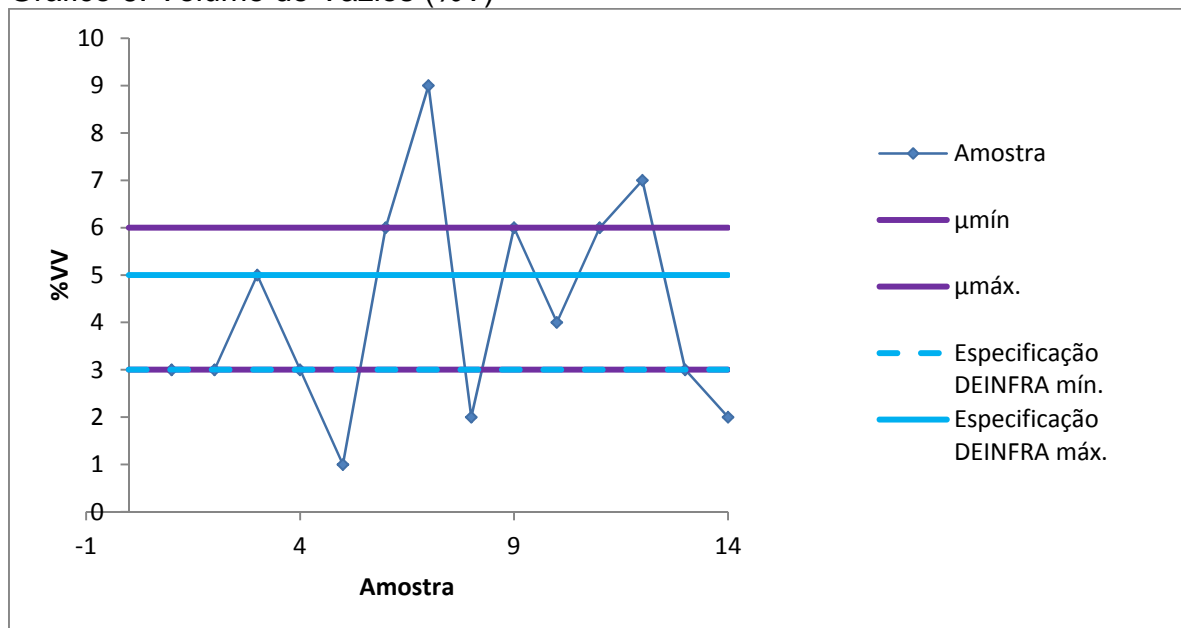
Tabela 8: Volume de Vazios da mistura asfáltica

CP N°	%V	Controle Estatístico	
1	3	N° Amostras	14
2	3	Média	4,29
3	5	Desvio Padrão	2,27
4	3	t	0,54
5	1	$\mu_{\text{mín.}}$	3
6	6	$\mu_{\text{máx.}}$	6
7	9	Especificação	3%
8	2	DEINFRA mín..	
9	6	Especificação	5%
10	4	DEINFRA máx.	
11	6		
12	7		
13	3		
14	2		

Fonte: Do Autor

Com base nos dados da tabela 8 elaborou-se o gráfico 6.

Gráfico 6: Volume de Vazios (%V)



Fonte: Do Autor

O controle estatístico, o valor mínimo ($\mu_{\text{mín.}} = 3\%$), se enquadra na especificação do DEINFRA, já o valor máximo ($\mu_{\text{máx.}} = 6\%$) ultrapassa o limite dessa especificação (5%). A necessidade de se manter os vazios nos limites especificados se deve ao risco de exsudação da camada de revestimento. Esta patologia pode ocorrer devido a pós compactação causado pelo tráfego, e/ou pela variação de volume do asfalto por influência da temperatura, fazendo com que o mesmo migre para a superfície. No caso da camada de revestimento objeto de estudo, é pouco provável que isso

ocorra, já que o mesmo apresenta um teor de betume abaixo do especificado pelo DEINFRA. No entanto, no presente caso o não atendimento do limite especificado, e o fato do grau de compactação estar no limite especificado, poderá comprometer a durabilidade do revestimento asfáltico, provocando trilhas de roda, desgaste e desagregação, já que, com a liberação do tráfego, poderá haver uma pós compactação.

3.6.2 Relação Betume Vazios

A tabela 9 apresenta os resultados dos parâmetros físicos encontrados:

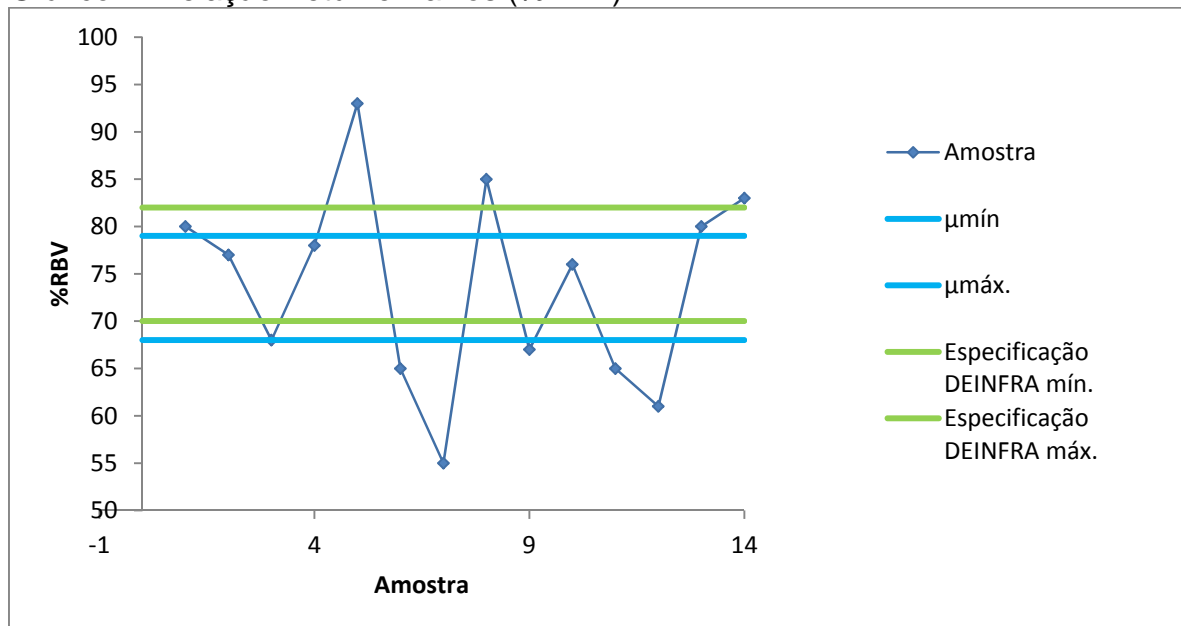
Tabela 9: Relação Betume Vazios da mistura asfáltica

CP Nº	%RBV	Controle Estatístico	
1	80	Nº Amostras	14
2	77	Média	73,95
3	68	Desvio Padrão	10,43
4	78	t	0,54
5	93	µmín.	68
6	65	µmáx.	79
7	55	Especificação	70%
8	85	DEINFRA mín.	
9	67	Especificação	82%
10	76	DEINFRA máx.	
11	65		
12	61		
13	80		
14	83		

Fonte: Do Autor

Com base nos dados da tabela 9 elaborou-se o gráfico 7.

Gráfico 7: Relação Betume Vazios (%RBV)



Fonte: Do Autor

O controle estatístico demonstra que o valor mínimo ($\mu_{\text{mín.}} = 68\%$), não se enquadra no limite da especificação do DEINFRA, já o valor máximo ($\mu_{\text{máx.}} = 79\%$), se enquadra na mesma.

O aumento do volume de vazios, gera uma queda na relação betume vazios, e pode ocasionar os mesmos problemas vistos quando o volume de vazios não se enquadra nos limites especificados.

4. CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que:

1. O grau de compactação existente na obra está atendendo a especificação do DEINFRA. Logo, a mesma encontra-se aprovada quando a esse parâmetro. O não atendimento do grau de compactação conforme o especificado implicaria em futuras patologias no revestimento, como o aparecimento de trincas ou trilhas de roda, diminuindo a resistência à deformação permanente do mesmo.
2. O teor de betume do revestimento asfáltico da obra analisada, não se enquadra nos limites estipulados pela especificação de serviço do DEINFRA. “A falta de ligante gera um enfraquecimento da mistura e de sua resistência à formação de trincas, uma vez que a resistência à tração é bastante afetada e sua vida de fadiga fica muito reduzida”. (Bernucci et al. 2008, p. 165).

3. A análise estatística da espessura da camada de revestimento analisada, não atende a espessura de projeto e poderá comprometer a vida útil do pavimento devido a redução da resistência as deformações.

4. A faixa granulométrica encontrada através do ensaio de granulometria por peneiramento, não atendeu a faixa granulométrica “D” do DEINFRA. Misturas com a composição granulométrica próximas ou superiores ao limite máximo da faixa especificada tendem apresentar baixa estabilidade.

5. Os resultados obtidos para resistência a tração por compressão diametral ultrapassaram o limite máximo da especificação de serviço do DEINFRA.

6. O volume de vazios e a relação betume de vazios não se enquadram na especificação do DEINFRA. Nas amostras em que o volume de vazios se encontra acima do limite, a relação betume vazios sofre uma queda. No presente caso o não atendimento dos limites especificados, e o fato do grau de compactação estar no limite especificado, poderá comprometer a durabilidade do revestimento asfáltico, provocando trilhas de roda, desgaste e desagregação, já que, com a liberação do tráfego, poderá haver uma pós compactação.

Diante dos resultados encontrados no controle tecnológico da camada de CAUQ das ruas objeto de estudo, pode-se concluir que a referida camada não atende o projeto e principalmente a especificação de serviço DEINFRA-SC-ES-P-05/92. Logo, esta não poderia ter sido liberada para o tráfego.

5. REFERÊNCIAS

DEINFRA – Departamento Estadual de Infra Estrutura (2002). *Especificações Gerais para Obras Rodoviárias*, Santa Catarina, Brasil.

Matheus Lemos Nogueira. **Avaliação do controle de qualidade de misturas asfálticas e análise do reflexo do nível de qualidade no desempenho dos revestimentos asfálticos**. 2011. 86. Tese – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

DEINFRA – Departamento Estadual de Infra Estrutura (2002). Especificação de serviço DEINFRA-SC-ES-P-05/92, SC, Brasil.

DNER-ME 053/94 (1994) - Misturas Betuminosas – Percentagem de Betume - DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, IPR, Rio de Janeiro.

DNER-ME 083/98 (1998) - Agregados – Análise Granulométrica - DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, IPR, Rio de Janeiro

DNER-ME 117/94 (1994) - Mistura Betuminosa - Determinação da Densidade Aparente - DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, IPR, Rio de Janeiro.

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