

CONTROLE TECNOLÓGICO DE UMA OBRA ASFÁLTICA DA AVENIDA FARQUAR/RO

Igor Oldoni Mancilha (Centro Universitário São Lucas) E-mail: igor.oldman42@gmail.com
Carolina Torriani Lemos (Centro Universitário São Lucas) E-mail: carolemos20063@gmail.com
Alex Gomes Pereira (Centro Universitário São Lucas) E-mail: alexgp885@gmail.com

Resumo: O presente estudo teve como objetivo a realização de um estudo de controle de qualidade de uma obra de pavimentação de um trecho da avenida Farquar, localizada na área central da cidade de Porto Velho/RO. Foram realizados ensaios de caracterização para determinação dos parâmetros Marshall da mistura (estabilidade, fluência, volume de vazios e relação betume-vazios), teor de betume, granulometria da mistura e densidade aparente de campo. Para isto, foram utilizados corpos de prova obtidos com o auxílio de uma sonda rotativa. Ao final do estudo foi possível comparar os resultados com os dados de projeto, assim como as normas brasileiras em vigor.

Palavras-chave: Controle tecnológico, Sonda rotativa, Pavimentação, Mistura asfáltica.

TECHNOLOGICAL CONTROL OF AN ASPHALT WORK ON AVENIDA FARQUAR/RO

Abstract: This study aimed to carry out a quality control study of a paving work on a stretch of Avenida Farquar, located in the central area of the city of Porto Velho/RO. Characterization tests were carried out to determine the Marshall parameters of the mixture (stability, creep, void volume and bitumen-void ratio), bitumen content, mixture granulometry and apparent field density. For this, specimens obtained with the aid of a rotating probe were used. At the end of the study, it was possible to compare the results with the design data, as well as the current Brazilian standards.

Keywords: Technological control, Rotating probe, Paving, Asphalt mix.

1. Introdução

Ao longo da história da humanidade, o homem tem utilizado os sistemas de transportes para locomoção de pessoas e mercadorias. Em particular, nas primeiras décadas do século XX, o governo brasileiro passou a priorizar o modal rodoviário, em relação aos modais ferroviário e aquaviário. Sendo observado nas décadas 50, 60 e 70 uma notável evolução física e tecnológica da infraestrutura rodoviária, impulsionada principalmente pela indústria automobilística e modelo tributário vinculado à conservação e expansão de rodovias, o que proporcionou o desenvolvimento e a consolidação do modal rodoviário como o principal meio de transporte do Brasil.

Conforme as pesquisas realizadas pela Confederação Nacional do Transporte (CNT), no exercício de 2019, o modal rodoviário conta com mais de 1,7 milhões de km de estradas, sendo responsável pela movimentação de 61% de mercadorias e por 95% de passageiros. Ainda de acordo com o dados do CNT, o transporte rodoviário apesar de ser fundamental para matriz de transporte do país, conta com apenas 12,4% (213.453 quilômetros) de rodovias pavimentadas, 78,5% (1.349.938 quilômetros) de rodovias não pavimentadas e 9,1% (157.309 quilômetros) de rodovias planejadas, totalizando, assim, 1.720.700 quilômetros de extensão.

O resultado dessa malha viária apresenta 11,9% em ótimo estado, 29,1% bom, 34,6%

regular, 17,5% ruim e 6,9% péssimo. Regionalmente, o trabalho do CNT (2019), mostra uma pesquisa mais completa, o qual avalia os aspectos geral do pavimento, sinalização e geometria das vias, o que permite classificar os trechos como ótimo, bom, regular, ruim ou péssimo.

Em geral, o pavimento do estado de Rondônia (RO) está classificado da seguinte maneira: 1,1% ótimo, 33,1% bom, 53,2% regular, 10,2% ruim e 2,4% péssimo. Em resumo, o pavimento rodoviário do estado de RO se configura como, 87,5% (1.112 quilômetros) com algum tipo de problema (regular, ruim ou péssimo) e apenas 34,2% (795 quilômetros) de sua extensão estão classificadas como ótima ou boa.

Nesta temática, o objetivo geral do trabalho é avaliar a qualidade final de um pavimento flexível executado na Avenida Farquar (entre as esquinas das ruas Padre Chiquinho e Padre Pasquale Di Paolo), localizada no bairro Panair, no município de Porto Velho, capital do estado de RO.

2. Fundamentação teórica

2.1. Pavimentos

Os pavimentos rodoviários são estruturas de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, que são destinadas a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a proporcionar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança (BERNUCCI et al., 2007).

O Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT, 2006) afirma que o pavimento, por injunções de ordem técnico-econômicas é uma estrutura de camadas de vários materiais de diferentes resistências e deformabilidades que são colocadas em contato resultando em um elevado grau de complexidade no que diz respeito ao cálculo de tensões.

2.2. Tipos de Pavimentos

Os pavimentos rodoviários são classificados em três tipos, flexível, rígido e semirrígido que são diferenciados de acordo com os materiais empregados e a forma de distribuição de tensões e deformações. A escolha de cada um destes tipos de pavimentos dependerá do volume do tráfego, do desempenho do solo de fundação (subleito), bem como da qualidade dos materiais participantes (DNIT, 2006).

De acordo com Balbo (2007) o pavimento flexível é uma estrutura em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, conseqüentemente, a carga é distribuída em partes aproximadamente equivalentes entre as camadas. São formados por um revestimento betuminoso sobre uma base granular ou de solo estabilizado.

Segundo Pinto e Preussler (2002) o pavimento rígido (Figura 3) é aquele onde o revestimento resiste à maior parte dos carregamentos que atuam no pavimento, pois apresenta uma rigidez superior às camadas subjacentes sobre as quais ele foi construído. Entre os pavimentos feitos com lajes de concreto, o de cimento Portland é o tipo mais utilizado. Senço (2001) explica que os pavimentos rígidos são estruturas pouco

deformáveis, formadas principalmente de concreto de cimento Portland.

Pinto e Preussler (2002) pavimento semirrígido é aquele onde a rigidez da base é aumentada devido à adição de materiais quimicamente reativos (cimento e o cal). Entre os tipos de pavimentos semirrígido destacam-se o solo-cal, solo-cimento e solo alcatroado.

2.3. Controle tecnológico do concreto betuminoso usinado a quente

De acordo com Leal et al. (2020) para garantir que o revestimento asfáltico tenha uma dosagem asfáltica que atenda aos requisitos das normas regulamentadoras e de projeto, é necessário ter um controle tecnológico eficiente.

O controle da mistura asfáltica compreende a verificação de uniformidade dos componentes, o controle da temperatura e da qualidade da mistura betuminosa. Sendo a determinação do teor de ligante em misturas asfálticas se posiciona como um dos principais parâmetros de controle de qualidade para garantir eficiência na produção das misturas betuminosas em usina, bem como qualidade da mistura aplicada no campo (LEAL et al., 2020).

Para Fortes e Merighi (2004) o controle tecnológico deve ser realizado de forma correta e em conformidade com plano traçado durante a fase de planejamento da obra, a fim de que, caso ocorra algum problema, este possa ser corrigido em tempo hábil, garantindo assim a conformidade do projeto.

Um erro na fase de controle de qualidade pode acarretar em dois erros: o primeiro relacionado ao fabricante, em caso de não aceitação de um material; e, o segundo afeta diretamente aos usuários da via, no caso de aceitação de um material fora dos limites de projeto (YODER e WITCZAK, 1975).

Dentro do processo de controle de qualidade e aceitação, encontra-se a metodologia de extração de amostra indeformada com extratora rotativa (Departamento de Estradas de Rodagem - DER ET-DE-P00/032, 2006). Essa, é uma metodologia concebida para obtenção de parâmetros de qualidade e quantidade da camada asfáltica e confrontá-los com os dados do projeto, do controle tecnológico e dos boletins de medição (PROC-IBR-ROD 101, 2020).

Fonseca (2016) explica que os controles de qualidade para o revestimento asfáltico são:

- Controle das temperaturas dos agregados (no secador), do ligante asfáltico (no tanque de estocagem) e da mistura asfáltica (na saída do misturador e durante o procedimento de espalhamento do material);
- Controle dos parâmetros Marshall da mistura (estabilidade, fluência, volume de vazios e relação betume-vazios);
- Controle do teor de betume, por meio da extração de betume dos corpos de prova, empregando o extrator de betume rotarex;
- Controle da granulometria da mistura, após a extração do ligante asfáltico;
- Controle de compactação, por meio da comparação da densidade aparente de projeto com a de campo (prova extraído por uma sonda rotativa); e,
- Controle geométrico, onde são verificados o acabamento da superfície e a

espessura do projeto.

3. Metodologia

3.1. Área de estudo

A área de estudo corresponde a um trecho da Avenida Farquar (entre as esquinas das ruas Padre Chiquinho e Padre Pasquale Di Paolo), localizada no bairro Panair, no município de Porto Velho/RO.

O trecho em estudo se insere nas obras de melhoria da infraestrutura viária da capital rondoniense. A Figura 1 mostra o trecho estudado.



Figura 1 - Local de estudo

As coordenadas médias da área são: $8^{\circ}44'52.5''S$ $63^{\circ}54'42.9''W$. A Figura 2 apresenta uma imagem de satélite do local.

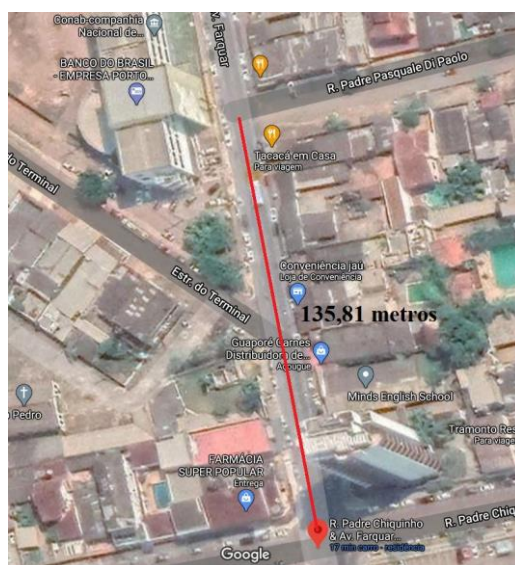


Figura 2 – Imagens de satélite da área estudada (Google Maps)

3.2. Coleta da amostra de asfalto

Com objetivo de avaliar o trecho monitorado, extraiu-se 3 amostras de asfalto a cada 100 metros do revestimento asfáltico. No total foram extraídos 9 corpos de provas ao longo do trecho estudado.

Os procedimentos de retirada das amostras constituíram na extração dos corpos de prova por meio da extratora rotativa a gasolina e transporte das amostras para o laboratório da empresa Betontech Tecnologia de Concreto Ltda, conforme as orientações da especificação técnica da norma ET-DE-P00/032 (DER, 2006). A Figura 3 mostra os procedimentos de retirada das amostras.



Figura 3 – Extração das amostras por meio da extratora rotativa a gasolina

3.3. Métodos

3.3.1. Caracterização tecnológica

A Tabela 1 mostra os ensaios que serão contemplados no programa experimental desta pesquisa. Estes ensaios seguirão as especificações das normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNER/DNIT).

Tabela 1 – Ensaios que serão realizados na pesquisa e as correspondentes normas de regulamentação

Ensaios	Normas
Estabilidade Marshall	DNER-ME 043/1995
Fluência Marshall	DNER-ME 043/1995
Porcentagem de vazios (Va), %	DNIT-ES 031/2006
Relação betume/vazios (RBV), %	DNIT-ES 031/2006
Vazios do Agregado Mineral (VAM), %	DNIT-ES 031/2006
Granulometria	DNER-ME 83/1998
Densidade Aparente	DNER-ME 117/1994

4. Resultados e discussões

4.1. Parâmetros Marshall e GC

Na Tabela 2 é mostrado os resultados do material coletado durante o processo de construção do trecho da Avenida Farquar/RO.

Analisando os resultados obtidos, pode-se concluir que, os valores de Va, RBV e VAM se mostraram fora dos limites estabelecidos pela norma ES 031 (DNIT, 2006) para camada de ligação e de rolamento. Todavia, para os resultados de fluência e estabilidade Marshall, observa-se que todas as amostras ficaram dentro dos limites estabelecidos pelo ES 031 (DNIT, 2006).

Destaca-se, ainda, que os resultados de GC's não estão de acordo com as especificações da norma ES 031 (DNIT, 2006), o qual estabelece que o valor mínimo de GC seja de 97%. À vista disso, por meio da Tabela 2, observa-se que os resultados das referidas amostras asfálticas se mostraram abaixo deste valor, não atendendo, assim, o limite imposto pela citada norma. Apesar do critério de dosagem empregado na escolha do teor ótimo de cimento asfáltico de petróleo (CAP) das misturas asfálticas ser fundamentado no atendimento total desses parâmetros, verifica-se que as misturas não atenderam totalmente tais critérios, tornando-se inadequadas para utilização em revestimento asfáltico.

Tabela 2 – Parâmetros Marshall da camada de rolamento

Amostras	Fluência (0,1 mm)	Estabilidade (kgf)	Va (%)	RBV (%)	VAM (%)	GC (%)
Trecho 1						
1	2,91	632	10,6	54,8	23,5	89,4
2	2,60	748	10,0	56,3	23,0	90,0
3	2,90	563	10,1	56,1	23,1	89,9
Média	2,80	648	10,23	55,7	23,2	89,7
Trecho 2						
1	2,26	873	8,8	59,5	21,7	91,2
2	2,55	793	10,9	53,8	23,5	89,1
3	2,80	835	10	56,0	22,8	90,0
Média	2,54	834	9,9	56,4	22,7	90,1
Trecho 3						
1	2,40	761	9,8	56,9	22,8	90,2
2	3,41	645	11,2	53,3	24,0	88,8
3	2,70	671	10,4	55,3	23,3	89,6
Média	2,84	692	10,5	55,2	23,4	89,5

4.2. Teor de betume

Na Tabela 3, apresentam-se os dados resultantes do ensaio de extração de betume pelo equipamento rotarex.

Nota-se que uma diferença entre o resultado de campo e em projeto (teor de projeto igual a 5,2%). Estes resultados mostram que os teores de ligantes obtidos das misturas asfálticas não estão de acordo com as especificações da norma ES 031 (DNIT, 2006), o qual estabelece uma variação $\pm 0,3\%$.

Tabela 1 - Resultados do ensaio de teor de betume

Amostra	Teor de betume (%)
1	5,8
2	5,7
3	5,8
Média	5,8

4.3. Granulometria

Os resultados da análise granulométrica são mostrados na Figura 4, onde traz um comparativo com as frações das amostras de asfalto retiradas ao longo do trecho da Avenida Farquar. Na Figura 8 é possível observar o enquadramento de todas as curvas nos limites estabelecidos para a faixa C da norma ES 031 (DNIT, 2006).

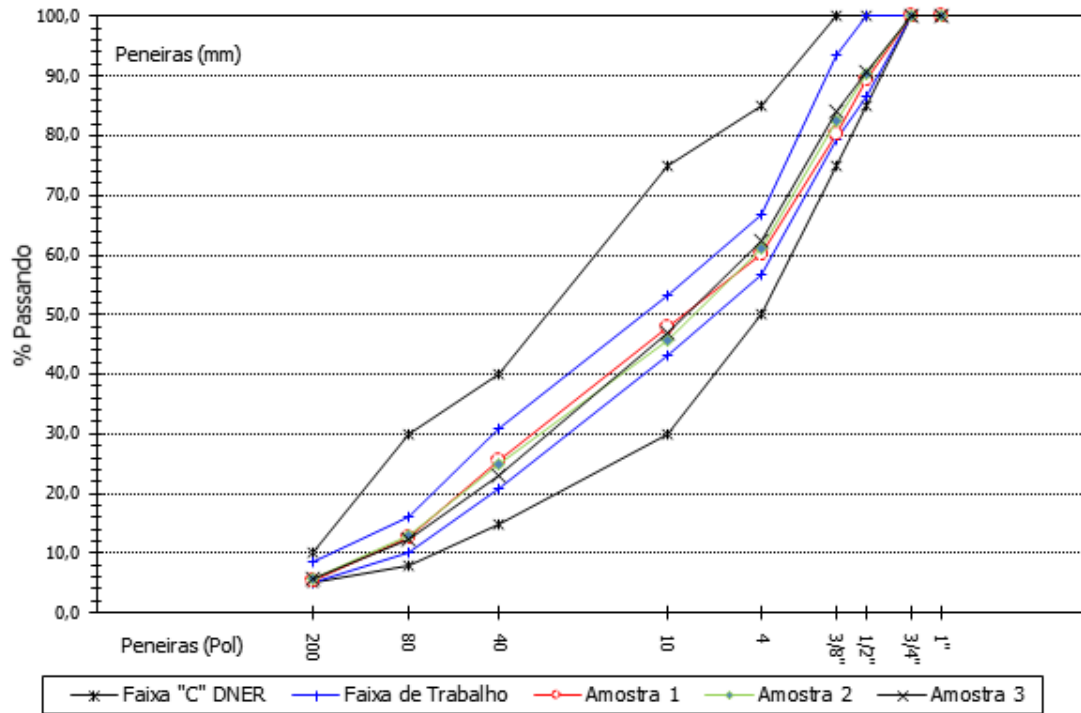


Figura 4 - Curvas granulométricas média das amostras

5. Considerações Finais

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o controle tecnológico de uma obra asfáltica da avenida Farquar, em Porto Velho/RO. Com a análise de seus resultados permitiram algumas conclusões listadas e resumidas abaixo.

- Considerando uma análise conjunta dos parâmetros volumétricos (V_a , RBV e VAM), conclui-se que: a mistura estudada não atende às especificações estabelecidas por norma;
- Para os valores correspondentes a estabilidade e fluência pelo método Marshall, os resultados foram superiores ao mínimo especificado por norma; e,
- Em relação aos resultados de GC's, todas as amostras asfálticas não atenderam as especificações da ES 031 (DNIT, 2006), o qual especifica como valor mínimo de GC igual a 97%.

À vista disso, o revestimento asfáltico estudado não atende totalmente os requisitos mínimos estabelecidos pelas normas de regulamentação, tornando-se assim inadequado para seu emprego.

Por fim, vale salientar a importância do controle de qualidade das obras de pavimentação, visto que o controle do processo de produção e execução das misturas

asfálticas empregados nos revestimentos asfálticos das vias urbanas contribui para pavimentos mais duráveis e de maior custo/benefício.

Para trabalhos futuros, sugere-se analisar outras obras de pavimentação asfáltica do município de Porto Velho.

Referências

BERNUCCI, L. B. MOTTA, L. M.G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro, Brasil: Petrobras, 2008.

BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica - materiais, projeto e restauração**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM (DER). **ET-DE-P00/032: Concreto asfáltico reciclado a quente em usina**. São Paulo, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **ME 043/95: Misturas betuminosas a quente - ensaio Marshall**. Rio de Janeiro, 1995.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. (DNER). **ME 053/94: Misturas betuminosas - percentagem de betume**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. (DNER). **ME 83/1998: Agregados – análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **ME 117/94: Mistura betuminosa - determinação da densidade aparente**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **ES 031/2006: Pavimentos flexíveis: concreto asfáltico: especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES (DNIT). **EM IP-DE-POO/003: Avaliação funcional e estrutural do pavimento**. Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (Brasil) *et al.* **Manual de Pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro: 2006. 274 p. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf>. Acesso em: 5 maio 2021.

FONSECA, A. M. **Avaliação da Influência do Controle Tecnológico na Qualidade de Obras de Pavimentação - Estudo De Caso: Viário Do Parque Olímpico**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

FORTES, R. M.; MERIGHI, J. V. Controle tecnológico e controle de qualidade - um alerta sobre sua importância. **Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**, 2004. Brasília. Anais do Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS (IBRAOP)/INSTITUTO RUI BARBOSA (IRB)/COMITÊ OBRAS PÚBLICAS. **PROC-IBR-ROD 101/2020: Plano de Amostragem, Extração e Preparação de Amostras de Concreto Asfáltico para Fins de Auditoria**. Santa Catarina, 2020.

LEAL, K. S.; ALMEIDA, M. S. S.; SOUZA, T. A.; NETO, F. A. S.; COSTA, W. G. S. Avaliação da eficiência da mufla na extração de ligantes de misturas asfálticas densas. **34º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET**, 2020.

PINTO, S.; PREUSSLER, E. **Pavimentação Rodoviária: conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis**, 2ª ed., Rio de Janeiro, 2002.

SENÇO, W. **Manual de Técnicas de Pavimentação**, Editora PINI, 1ª ed., v.2, São Paulo, 2001.

YODER, E. J.; WITCZAK, M. W. **Principles of pavement design**. 716 p. 2ª ed. John Wiley & Sons, 1975.