

INSTITUTO BRASILEIRO DE AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS - IBRAOP

INSTITUTO RUI BARBOSA – IRB / COMITÊ OBRAS PÚBLICAS

PROC–IBR–ROD 105/2022
Análise do Teor de Ligante de Camadas de Concretos
Asfálticos para Fins de Auditoria

Primeira edição válida a partir de: ___/___/_____

www.ibraop.org.br

www.irbcontas.org.br

1. OBJETIVOS/JUSTIFICATIVAS

O procedimento tem por objetivo orientar a Equipe de Auditoria quanto à avaliação do teor de ligante de camadas de concretos asfálticos.

A determinação do teor de ligante servirá de subsídio para a avaliação:

- a) da compatibilidade entre o concreto asfáltico efetivamente executado e o traço apresentado (PROC-IBR-ROD 107/2019 – Análise da Confiabilidade do Traço Apresentado para as Camadas de Concretos Asfálticos para Fins de Auditoria);
- b) da qualidade do concreto asfáltico executado (PROC-IBR-ROD 112/2018 – Análise da Conformidade Qualitativa de Camadas de Concretos Asfálticos para Fins de Auditoria);
- c) da conformidade dos quantitativos medidos de ligante asfáltico para o concreto asfáltico executado (PROC-IBR-ROD 114/2016 – Análise do Quantitativo Executado de Ligante Asfáltico de Camadas de Concretos Asfálticos para Fins de Auditoria).

A importância dessa aferição está na possibilidade de ocorrência de sobrepreço ou superfaturamento por quantidade em razão da execução de camadas asfálticas com teor de ligante inferior àquele utilizado para fins de medições. Também pelo fato de que a execução de camada asfáltica com teores de ligante em percentuais que ultrapassam as tolerâncias admitidas em norma ou projeto pode ocasionar a redução do desempenho e da vida útil do pavimento, com conseqüente desperdício de dinheiro público e necessidade de intervenções precoces na via.

2. EQUIPAMENTOS/INSTRUMENTOS NECESSÁRIOS

- Aparelho extrator de ligante asfáltico, que pode ser, exemplificativamente, fornos de ignição como NCAT ou Mufla Digital Microprocessado, Rotarex ou Soxhlet, além de outros equipamentos produzidos para o mesmo fim;
- Balança com capacidade mínima de 5 kg, com precisão de 0,1g; e
- Estufa capaz de manter a temperatura de aquecimento em 110 +/- 5 °C;

Caso o procedimento se utilize de Soxhlet, são necessários também os seguintes equipamentos/instrumentos:

- Condensador de vidro resistente ao calor do tipo Allihn, com bulbos e com junta esmerilhada de 55/50, para conexão ao extrator;
- Balão de vidro termorresistente, com capacidade de 1000 ml e com junta esmerilhada;
- Extrator Soxhlet, de vidro termorresistente, com capacidade compatível com a do balão;
- Papel de filtro qualitativo, com dimensões de 50 x 50 cm, com gramatura de 250 g/m², espessura de 0,52 a 0,58 mm e peso específico de 0,40 a 0,50 g/cm³;
- Estufa capaz de manter a temperatura de aquecimento em 110 +/- 5 °C;
- Colher de metal com capacidade de 30 a 50 ml e cabo com cerca de 25 cm;
- Béquer de vidro com capacidade de 1000 ml;
- Manta aquecedora para balão de 1000 ml;
- Bandeja em aço estampado, com dimensões condizentes com a quantidade de amostra;
- Suporte metálico.

Caso o procedimento se utilize de Rotarex, são necessários também os seguintes equipamentos/instrumentos:

- Papel de filtro, gramatura 250 g/m² e diâmetro de 24,8 cm;
- Solvente, conforme especificado na norma referencial do ensaio;
- Proveta (preferencialmente de vidro), com capacidade de 250 ml;

Caso o procedimento se utilize de Forno Tipo Mufla, são necessários também os seguintes equipamentos/instrumentos:

- Forno tipo Mufla com ar forçado para queima da amostra por qualquer método, convecção ou irradiação direta; com forno do tipo convecção e capacidade de manter a temperatura de 578 °C, bem como com dimensão da câmara da Mufla adequada à acomodação de uma amostra de até 3.500g.
- Conjunto de cesta para amostras.

3. PROCEDIMENTO

Este procedimento abordará a aferição do teor de ligante do concreto asfáltico a partir da obtenção de amostras por extratora rotativa, podendo ser adaptado para outros meios de extração (por exemplo, abertura de janelas ou coleta na usina ou vibroacabadora), realizando-se as adaptações necessárias.

Para fins de auditoria, a massa utilizada no ensaio pode ser menor do que a indicada na norma específica de cada ensaio, podendo ser realizados ensaios para cada corpo de prova extraído ou, a depender da situação fática da auditoria, da união de corpos de prova distintos, desde que do mesmo trecho homogêneo.

Serão detalhados quatro métodos de ensaios de extração de ligantes, referentes ao forno NCAT, forno Mufla, Rotarex e Soxhlet. Quanto aos ensaios relativos aos fornos NCAT e Mufla, poderá haver a necessidade de obtenção de fator de correção, cujo procedimento será detalhado na sequência.

A Equipe de Auditoria, de posse das especificações do Projeto Básico e/ou Executivo de Pavimentação, deve, primeiramente, tomar nota do valor do teor de ligante da camada de concreto asfáltico especificado, geralmente indicado no traço apresentado e que teria sido executado.

De posse das medições contratuais, a Equipe de Auditoria, sempre que possível, deve tomar nota do método de ensaio utilizado e dos teores de ligante medidos pela fiscalização, supervisora ou empresa executora.

A análise da Equipe de Auditoria pode também levar em conta os demais dados disponíveis sobre a execução da obra, por exemplo, os quantitativos obtidos de notas fiscais da empresa executora do serviço.

Após extraídos os corpos de prova da camada de concreto asfáltico, conforme PROC-IBR-ROD 101/2020 – Plano de Amostragem, Extração e Preparação de Amostras de Concreto Asfáltico para Fins de Auditoria, e uma vez realizados os ensaios que demandam a existência do corpo de prova íntegro (ainda não destruído), a Equipe de Auditoria deverá obter os valores dos teores de ligante, adotando, conforme o equipamento utilizado para esse fim, os seguintes procedimentos básicos:

3.1. Utilização do forno NCAT

O ensaio, descrito sucintamente a seguir, está definido na Norma *ASTM D6307 – Standard Test Method for Asphalt Content of Hot Mix Asphalt by Ignition*.

No que tange à realização do ensaio propriamente dito, a Equipe de Auditoria deve aquecer a amostra na estufa a 110 +/- 5°C até que possa ser destorroada e seja obtida a constância de massa, indicando a retirada da umidade da amostra.

Em seguida, deve colocar o material no cesto perfurado em aço inox, pesá-lo e digitar o resultado no forno NCAT.

O material deve ser inserido no forno, já previamente aquecido. Uma vez evaporado todo o ligante, o forno identificará o momento da estabilização da massa e encerrará automaticamente o ensaio, indicando o percentual de ligante asfáltico na mistura.

A Equipe de Auditoria deverá, então, transcrever todos os resultados determinados para cada corpo de prova em ficha elaborada para tal fim.

3.2. Utilização do forno Mufla

O ensaio descrito a seguir baseia-se na Norma *AASHTO T 308 Determining the Asphalt Binder Content of Hot Mix Asphalt (HMA) by the Ignition Oven Method - Test method B*, referente a fornos sem balança incorporada.

No que tange à realização do ensaio propriamente dito, a Equipe de Auditoria deve aquecer a amostra na estufa a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ até que possa ser destorroada e seja obtida a constância de massa, indicando a retirada da umidade da amostra.

Em seguida, deve colocar o material no cesto metálico pré-aquecido, realizar as pesagens e tomar nota dos valores.

O material deve ser inserido no forno, já previamente aquecido.

A operação de queima deve ser repetida até que se verifique a estabilização da massa, indicando a finalização do ensaio.

A Equipe de Auditoria deverá, então, transcrever todos os resultados determinados para cada corpo de prova em ficha elaborada para tal fim.

3.3. Utilização do equipamento do tipo Rotarex

A extração do betume contido na massa asfáltica pode ser realizada tomando-se por base a Norma ABNT NBR 16208/2013 – Misturas Asfálticas – Determinação do Teor de Betume pelo Soxhlet, pelo Rotarex ou pelo Refluxo Duplo, ou Norma DNER-ME 053/94 – Percentagem de Betume – Método de ensaio.

3.3.1. Procedimento baseado na Norma ABNT NBR 16208/2013

A Equipe de Auditoria deve aquecer a amostra na estufa a 110°C , até que se obtenha constância de massa, com variação máxima de 1 g entre duas pesagens sucessivas, e que se possa fazer a desagregação das partículas da mistura asfáltica.

Os papéis de filtro a serem utilizados devem ser secos em estufa, a $60 \pm 5^\circ\text{C}$, até constância de massa.

Em seguida, deve-se pesar o prato extrator, juntamente com o papel de filtro seco, e anotar como massa (A).

Posteriormente, a Equipe de Auditoria deve pesar a amostra dentro do prato extrator, juntamente com o papel de filtro seco, e anotar como massa (B).

A mistura asfáltica deve ser conduzida ao aparelho extrator de ligante, onde se farão sucessivas centrifugações com adições de solvente, até que a cor do líquido drenado indique que não há mais ligante na mistura, restando apenas o agregado.

Esgotada a última descarga, o prato com o agregado limpo e o papel de filtro, sem a tampa, são colocados na estufa, até se obter uma massa constante.

Também deve ser pesado o conjunto (agregado limpo + prato + papel de filtro seco) e anotar essa medida como massa (C).

O percentual de betume será determinado mediante a seguinte equação:

$$\%betume = \frac{(B-A)-(C-A)}{(B-A)} \times 100$$

Onde:

A é a massa do prato mais papel de filtro seco, expressa em gramas (g);

B é a massa do prato mais papel de filtro seco mais amostra, expressa em gramas (g); e

C é a massa do prato mais papel de filtro mais agregado após extração e secagem, expressa em gramas (g)

Caso a Equipe de Auditoria pretenda realizar a análise granulométrica da massa asfáltica, conforme PROC-IBR-ROD 106/2016 – Análise da Granulometria de Camadas de Concretos Asfálticos para Fins de Auditoria, deverá tomar o cuidado de remover do filtro todo o material a ele aderido, juntando-o ao restante do agregado.

3.3.2. Procedimento baseado na Norma DNER-ME 053/94

A Equipe de Auditoria deve aquecer a amostra na estufa de 100 a 120°C, por uma hora, até que se obtenha constância de massa e ela possa ser destorroadada.

Deve-se obter a massa inicial da mistura asfáltica (A) a ser colocada no recipiente côncavo do aparelho extrator de betume.

A mistura asfáltica deve ser conduzida ao aparelho extrator de ligante, onde se farão sucessivas centrifugações com adições de solvente, até que a cor do líquido drenado indique que não há mais ligante na mistura, restando apenas o agregado.

O agregado, depois de seco, será pesado (B), tomando-se o cuidado de remover do papel de filtro todo o material a ele aderido, juntando-o ao restante do agregado.

A massa inicial da mistura asfáltica (A) subtraída da massa do agregado seco (B) corresponde à massa do betume extraído (C).

O percentual de betume será determinado mediante a seguinte equação:

$$\%betume = \frac{(A-B)}{(A)} \times 100 = \frac{(C)}{(A)} \times 100$$

Onde:

A é a massa inicial da mistura asfáltica, expressa em gramas (g);

B é a massa do agregado seco, expressa em gramas (g); e

C é a massa do betume extraído ($C = A - B$), expressa em gramas (g)

3.4. Utilização do equipamento do tipo Soxhlet

O ensaio descrito a seguir baseia-se na Norma DNIT 158/2011 - Mistura asfáltica – Determinação da porcentagem de betume em mistura asfáltica utilizando o extrator Soxhlet – Método de ensaio.

A Equipe de Auditoria deve aquecer a amostra na estufa a 110 °C, até que se obtenha uma massa constante, com variação máxima de 1 g entre duas pesagens sucessivas, e se possa desagregar as partículas da mistura asfáltica.

Os papéis de filtro a serem utilizados devem ser secos em estufa, a 60 ± 5 °C, até a constância de massa.

Em seguida, deve-se pesar o béquer com os papéis de filtro secos, e anotar como massa (A).

Na sequência, deve-se pesar a amostra dentro do béquer com os papéis de filtro secos e anotar como massa (B).

A mistura asfáltica deve ser conduzida ao aparelho extrator Soxhlet, onde se farão sucessivas descargas com solvente, até que a cor do líquido drenado indique que não há mais ligante na mistura, restando apenas o agregado.

Esgotada a última descarga, deve-se resfriar o conjunto à temperatura ambiente, transferir o cartucho de papéis de filtro contendo a amostra para o béquer utilizado, levando o conjunto à estufa a 110°C até que se obtenha massa constante.

Posteriormente, deve-se proceder a pesagem do béquer com o cartucho de papéis de filtro mais a amostra (C).

O percentual de betume será determinado mediante a seguinte equação:

$$\%betume = \frac{(B-A)-(C-A)}{(B-A)} \times 100$$

Onde:

A é a massa do béquer mais cartucho de papéis de filtro secos, expressa em gramas (g);

B é a massa do béquer mais cartucho de papéis de filtro secos mais amostra, expressa em gramas (g); e

C é a massa do béquer mais cartucho de papéis de filtro mais agregado após extração e secagem, expressa em gramas (g).

Caso a Equipe de Auditoria pretenda realizar a análise granulométrica da massa asfáltica, conforme PROC-IBR-ROD 106/2016 – Análise da Granulometria de Camadas de Concretos Asfálticos para Fins de Auditoria, deverá tomar o cuidado de remover do cartucho de papéis de filtro todo o material a ele aderido, juntando-o ao restante do agregado.

3.5. Análise dos dados

A Equipe de Auditoria, em conformidade com os resultados dos teores de ligante dos corpos de prova, deverá reavaliar os trechos homogêneos considerados no plano de amostragem e, se for o caso, dividir novamente a via em diferentes trechos homogêneos. Para cada trecho homogêneo, deverá ser obtida a média dos teores de ligante dos corpos de prova daquele trecho, denominado de Teor de Ligante Médio Auditado em Campo (T_{LC}).

O teor de ligante a ser adotado (T_{LA}) pela Equipe de Auditoria será, em regra, o obtido do controle tecnológico realizado pela equipe de fiscalização, supervisão ou execução da obra caso não pesem dúvidas sobre a sua validade material e documental, desde que a diferença entre o Teor Médio do Controle Tecnológico da obra e o Teor de Ligante Médio Auditado em Campo não supere 0,5 pontos percentuais. Essa tolerância pode ser minorada ou majorada, a depender do caso concreto.

Para fins de definição do T_{LA} , a validação dos dados do controle tecnológico, levando em conta a amostra da auditoria, também pode ser feita por meio de outros testes estatísticos selecionados a critério da Equipe de Auditoria.

Para os valores de T_{LA} , se decorrente do controle tecnológico realizado pela equipe de fiscalização, supervisão ou execução da obra, deve ser efetuado o tratamento estatístico previsto no item 7.5 na Norma DNIT 031/2006 – ES – Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de serviço ou outro critério definido em norma pertinente ao caso concreto.

Se T_{LA} for decorrente das medições em campo (T_{LC}), esse valor pode, a depender do caso concreto, ser diretamente comparado com o valor especificado, sem tratamento estatístico, ou seja, considerar, de maneira conservadora, $ks = 0$, onde s é o desvio padrão da amostra e k , o coeficiente tabelado em função do número de determinações.

A Equipe de Auditoria deve comparar o teor de ligante adotado (T_{LA}) com o teor de ligante definido em projeto ou indicado no traço apresentado e que teria sido executado.

Sob o enfoque qualitativo, são considerados não-conformes os trechos que possuam valores de $T_{LA} \pm ks$ fora das faixas estabelecidas em contrato e na norma pertinente ao caso concreto. No caso da Norma DNIT 031/2006 – ES – Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de serviço, as variações, para mais ou para menos, não podem ser superiores a 0,3 pontos percentuais em relação ao percentual do teor de ligante de projeto, conforme item 7.2.1, alínea 'a' da referida norma.

Para fins de avaliação dos quantitativos dos serviços executados, o teor de ligante adotado (T_{LA}) pela Equipe de Auditoria deve subsidiar o procedimento PROC-IBR-ROD 114/2016 – Análise do Quantitativo Executado de Ligante Asfáltico de Camadas de Concretos Asfálticos para Fins de Auditoria.

Os cálculos do teor de ligante também devem ser considerados pela Equipe de Auditoria para fins de utilização no Procedimento PROC-IBR-ROD 107/2019 – Análise da Confiabilidade do Traço Apresentado para as Camadas de Concretos Asfálticos para Fins de Auditoria, situação em que uma eventual desconformidade qualitativa pode ser reforçada.

A não-conformidade também pode impactar a qualidade do pavimento, o que merece avaliação no âmbito do procedimento PROC-IBR-ROD 112/2018 – Análise da Conformidade Qualitativa de Camadas de Concretos Asfálticos para Fins de Auditoria.

Além dos procedimentos indicados acima, cabe à Equipe de Auditoria verificar a aplicabilidade de normas técnicas específicas e efetuar análises complementares segundo sua experiência profissional e situação fática.

4. DOS POSSÍVEIS ACHADOS DE AUDITORIA

a) Camada de concreto asfáltico com teor de ligante não-conforme em relação ao contrato, projeto, traço apresentado e que teria sido executado e/ou às normas técnicas, em afronta ao disposto nos artigos 66 e 76 da Lei n° 8.666/93;

b) Medição contratual com apropriação de teor de ligante não-conforme em relação ao teor de ligante adotado (T_{LA}) pela Equipe de Auditoria, contrariando os artigos 66 e 76 da Lei n.º 8.666/1993 e artigos 62 e 63 da Lei n.º 4.320/1964.

5. DOCUMENTOS PARA INSTRUÇÃO PROCESSUAL

a) Cópia das especificações do Projeto de Pavimentação, bem como do traço apresentado e que teria sido executado;

b) Fichas de aferição dos teores de ligante médios dos corpos de prova extraídos da pista;

c) Boletins de Medição dos serviços de concreto asfáltico (dos trechos detectados com teores médios desconformes), respectivas memórias de cálculo e fichas de ensaios laboratoriais da fiscalização, supervisora ou empresa executora.

d) Controle tecnológico contendo os ensaios laboratoriais da fiscalização, supervisora ou empresa executora.

6. NORMAS TÉCNICAS RELACIONADAS

A relação apresentada a seguir não é exaustiva, sendo necessário que a Equipe de Auditoria considere as atualizações, revisões, exclusões e inclusões de novas orientações, normas e aspectos legais:

- a) Norma *ASTM D6307 – Standard Test Method for Asphalt Content of Hot Mix Asphalt by Ignition*;
- b) Norma *AASHTO T 308 - Determining the Asphalt Binder Content of Hot Mix Asphalt (HMA) by the Ignition Oven Method*;
- c) Norma ABNT NBR 16208/2013 – Misturas Asfálticas – Determinação do Teor de Betume pelo Soxhlet, pelo Rotarex ou pelo Refluxo Duplo;
- d) Norma DNER-ME 053/94 – Percentagem de Betume – Método de ensaio;
- e) Norma DNIT 158/2011 - Mistura asfáltica – Determinação da porcentagem de betume em mistura asfáltica utilizando o extrator Soxhlet – Método de ensaio;
- f) Norma DNIT 031/2006 – ES – Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de serviço;

- g) PROC-IBR-ROD 101/2020 – Plano de Amostragem, Extração e Preparação de Amostras de Concreto Asfáltico para Fins de Auditoria;
- h) PROC-IBR-ROD 107/2019 – Análise da Confiabilidade do Traço Apresentado para as Camadas de Concretos Asfálticos para Fins de Auditoria;
- i) PROC-IBR-ROD 112/2017 – Análise da Conformidade Qualitativa de Camadas de Concretos Asfálticos para Fins de Auditoria;
- j) PROC-IBR-ROD 114/2016 – Análise do Quantitativo Executado de Ligante Asfáltico de Camadas de Concretos Asfálticos para Fins de Auditoria.