

FATOR DE AJUSTE DE PAGAMENTO EM OBRAS RODOVIÁRIAS: VANTAGENS E DESVANTAGENS E UTILIZAÇÃO NO BRASIL

Leni Figueiredo Mathias Leite¹· Laura Maria Goretti da Motta²

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Coordenação de Programas de Pós-graduação em Engenharia – COPPE, Programa de Engenharia Civil, Laboratório de Geotecnia, Av Pedro Calmon s/n - Cidade Universitária, Rio de Janeiro – RJ, Brasil - CEP 21941-596
e-mail: lenimathias@coc.ufrj.br

<http://www.coppe.ufrj.br/pt.../laboratorio-de-geotecnia-professor-jacques-de-medina-labgeo>

²Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Coordenação de Programas de Pós-graduação em Engenharia – COPPE, Programa de Engenharia Civil – PEC, Av Pedro Calmon s/n - Cidade Universitária, Rio de Janeiro – RJ, Brasil - CEP 21941-596

Sumário

Em geral, a maioria das especificações tradicionais não garantem padrões adequados de qualidade dos pavimentos. Há ainda que considerar o excesso de cargas, métodos de dimensionamento empírico que se reflete na seleção de materiais e no tipo de dosagem das misturas asfálticas. Uma alternativa para melhoria de padrão é aplicar um fator de ajuste de pagamento na aceitação das obras como ferramenta de gestão. No Brasil é pequena a experiência com esta ferramenta, começando o uso em concessionárias. Este trabalho relata sistemáticas de gestão de obras de misturas asfálticas no Brasil e no mundo, focando no fator de ajuste de pagamento.

Palavras-chave: gestão de obras rodoviárias; fator de ajuste de pagamento; especificações de serviço; concessionárias.

1 INTRODUÇÃO

A malha rodoviária brasileira é de 1,72 milhões de quilômetros, sendo apenas 12,4% pavimentada. Manter a conservação das estradas é o principal problema de infraestrutura do país, visto que mais de 60% dos produtos brasileiros escoam por este modal. A exigência por maior durabilidade durante a construção pode reduzir futuros gastos com manutenção precoce, fato que ocorre com muita frequência no Brasil, sendo a sistemática seguida pela gestão das obras, um dos fatores responsáveis pela má execução que reduz a durabilidade das estradas.

No intuito de melhorar as condições do controle da qualidade em obras rodoviárias no Brasil, o Departamento Nacional de Estradas de Rodagens (DNER) elaborou no final dos anos 1980, trabalhos e pesquisas para o aprimoramento das atribuições de responsabilidades das empresas que são contratadas para realizarem serviços de pavimentação. Atualmente, o procedimento DNIT 11/2004 – PRO é a ferramenta que especifica a Gestão da Qualidade em Obras Rodoviárias, e no caso de concreto asfáltico usinado a quente - CBUQ, a especificação de serviço DNIT 031-2006 é a que define a sistemática a ser empregada na fabricação e aplicação do CBUQ, estabelecendo os requisitos e as condições de conformidade e não-conformidade e de medição [1, 2]. Alguns órgãos estaduais têm especificações de serviço próprias, muitas vezes baseadas nas especificações do DNIT, incluindo, eventualmente, outros ensaios de desempenho, ou seguem as especificações de serviço do DNIT [3, 4, 5]. Nem sempre os requisitos impostos nestas especificações estaduais e federais são cumpridos pelas empreiteiras, e mesmo assim as obras são aceitas pelos órgãos, o que justifica em parte o mau estado de conservação das rodovias brasileiras. Há ainda que considerar também o excesso de cargas dos caminhões, os métodos de dimensionamento e a seleção de materiais, entre outras causas possíveis.

Em 2016, um levantamento feito pela Transportation Research Board - TRB, intitulado NCHRP Synthesis 492 - Performance Specifications for Asphalt Mixtures (6), se baseou em respostas a questionários enviados aos Departamentos de Transportes dos Estados Unidos da América (EUA) e Canadá. Foram recebidas respostas de 45 estados americanos (90%), de 10 províncias e 3 agências canadenses. Este levantamento mostra os ensaios de desempenho adicionais usados para controle de qualidade e aceitação em conjunto com as propriedades volumétricas. Também mapeia o estado da prática do uso de especificações de desempenho para misturas asfálticas em conjunto com as tradicionais propriedades volumétricas com o propósito de aumentar a durabilidade por meio da seleção de materiais (ligante asfáltico e agregados) e das suas proporções (teor de ligante e granulometria). As especificações por desempenho incluem ensaios de resistência à deformação permanente e à fadiga, além do ensaio de dano por umidade induzida [6]. Metade dos Departamentos rodoviários americanos informaram que utilizam um fator de ajuste de pagamento como ferramenta de gestão nos seus controles de aceitação e rejeição de obras. Esta ferramenta incide diretamente no pagamento realizado às empreiteiras, podendo ser penalidade ou bônus, em função do atendimento parcial ou total aos quesitos de controle construtivo. Os critérios podem se basear tanto em ensaios de desempenho das misturas asfálticas, como em parâmetros volumétricos e até mesmo em requisitos de avaliação funcional de pavimentos. A inclusão mais recente de ensaios de desempenho em misturas asfálticas no controle de qualidade de obras parece ser a tendência futura para obtenção de melhores resultados nesta área da construção civil.

As concessionárias brasileiras operam 19.030 quilômetros de rodovias, o que corresponde a aproximadamente 9,3% da malha rodoviária nacional pavimentada. Os trechos concedidos concentram o fluxo de veículos das grandes regiões produtoras, com elevada movimentação de veículos leves e pesados e são as estradas de melhor qualidade, de maneira geral. Algumas concessionárias têm suas próprias especificações de serviço e outras seguem as especificações de serviço do DNIT [7, 8]. Duas delas já utilizam os fatores de ajuste de pagamento na aceitação de obras rodoviárias e algumas delas têm especificações de serviço mais rigorosas que as do DNIT [9].

Este trabalho tem o objetivo de relatar as sistemáticas de gestão de obras rodoviárias no tocante às misturas asfálticas do tipo concreto asfáltico (CBUQ), no Brasil e no mundo, com foco no fator de ajuste de pagamento. Este assunto é pertinente e relevante por ocasião do lançamento do novo método de dimensionamento de pavimentos asfálticos – MeDiNa em 2018 e da inclusão de diferentes métodos de controle dos agregados e das misturas asfálticas nas normas do DNIT. A qualidade das obras rodoviárias é um fator de grande importância para o sucesso da aplicação desta nova metodologia de dimensionamento, e em se utilizando o fator de ajuste, obtém-se maior garantia do sucesso da construção do pavimento asfáltico, com a obediência aos parâmetros dos materiais e às espessuras determinadas no projeto.

2 CONTROLE E ACEITAÇÃO DE SERVIÇOS DE FABRICAÇÃO E APLICAÇÃO DE CONCRETO ASFÁLTICO

2.1 No Brasil

No caso de concreto asfáltico, a especificação de serviço DNIT 031/2006 é a que define os itens de controle na execução de camada de concreto asfáltico, estabelecendo os requisitos concernentes aos materiais, equipamentos, execução, além das condições de conformidade e não-conformidade e de medição. Vale comentar que esta especificação de serviço está em revisão, e uma proposta feita em 2018 passa atualmente por consulta pública, tendo sido melhorada em vários aspectos.

As especificações de serviço exigidas pelas Concessionárias e Departamentos Estaduais de Rodovias - DERs - seguem as normas do DNIT 031 ou apresentam especificações próprias. Nestas especificações próprias verificam – se itens não requeridos pelo DNIT, tais como a relação fíler - betume, ensaio de dano por umidade induzida e a absorção de asfalto pelos agregados quantificada pela densidade máxima medida – Gmm, lameralidade e adsorção no azul de metileno de agregados miúdos, índice de forma e percentual de partículas fraturadas nos grãos. Em alguns itens, estas especificações incluem limites mais exigentes do que os das especificações do DNIT, tais como tolerância do teor de ligante, índice de atrito no pêndulo britânico, índice de irregularidade – IRI e a proibição de uso de areia natural.

2.2 Na América Latina

No México, Colômbia e Venezuela, as especificações de serviço de pavimento flexível estabeleceram um protocolo que admite três a quatro níveis de desempenho em função do tráfego, como os europeus e americanos [10, 11, 12]. As especificações de materiais e as propriedades da camada asfáltica obedecem aos níveis de tráfego correspondentes. No México, a classificação do ligante asfáltico é feita pelo grau de desempenho - PG - do Superpave, sendo a escolha do ligante efetuada de acordo com o clima, o volume de tráfego e a velocidade dos veículos. A dosagem é feita por compactador giratório. A granulometria é classificada por tamanho máximo nominal - TMN e utilizam o método Rice para determinação da densidade máxima medida - Gmm. Além disso, apresentam requisitos relativos aos agregados, tais como adsorção no azul de metileno e angularidade para agregados miúdos, percentual de partículas fraturadas para agregados graúdos e relação filer - ligante efetivo para mistura asfáltica.

Alguns países da América Latina, incluindo Argentina e Costa Rica são bem mais exigentes quanto ao índice de irregularidade - IRI, limitando o valor máximo de 2,0 m/km [13, 14].

2.3 Nos EUA

Levantamentos feitos junto aos DOT americanos quanto ao controle de qualidade na usina, na pista e uso do fator de ajuste de pagamento (FAP) em 2002, mostraram que mais da metade deles já empregavam fator de ajuste de pagamento que se relacionavam basicamente aos parâmetros volumétricos, dano por umidade induzida, IRI e espessura [15]. A gestão de qualidade da execução na usina e pista até então realizada, ainda não era considerada boa, necessitando de ajustes para atender aos seguintes requisitos:

- Implementar a especificação de construção mais orientada ao desempenho, podendo relacionar a aceitação da obra com aplicação de fatores de ajuste de pagamento mais indicativas ao desempenho no fim da vida do pavimento;
- Determinar o período de garantia;
- Trabalhar com empreiteiros, fora dos limites de seus contratos, para investir no pavimento.

Alguns DOT passaram a trabalhar com especificações baseadas em desempenho (PBS) e especificações relacionadas ao desempenho (PRS).

Especificações baseadas em desempenho (PBS)

As PBS são especificações que apresentam propriedades mecânicas de aceitação de qualidade, sem modelo de previsão de vida de serviço, baseado, no entanto, em ensaios de previsão de desempenho, aplicando o conhecimento mecanístico-empírico para prever o desempenho. Descreve os níveis desejados de propriedades fundamentais de engenharia que são previsoras de desempenho e aparecem nas relações primárias de previsão.

Especificações relacionadas ao desempenho (PRS)

As PRS descrevem as características de qualidade que são relacionadas com o desempenho, baseando-se em propriedades-chave que se correlacionam com propriedades fundamentais de engenharia para previsão de desempenho. Apresentam propriedades volumétricas de aceitação de qualidade, com modelo de previsão baseado em propriedades mecânicas, e ainda com ensaio de previsão de desempenho, havendo o conhecimento empírico em desempenho. São especificações que usam características de qualidade e relações com custo de ciclo de vida correlacionadas ao desempenho do produto. Ou seja, é uma ponte entre o projeto, qualidade de construção e desempenho do produto por longo tempo. É uma abordagem mais racional que emprega modelos de previsão para estimar fatores de ajuste de pagamento baseados na diferença entre o "como projetado" e o "como construído" do custo de ciclo de vida do pavimento [16].

Os levantamentos feitos junto aos DOT americanos mais recentemente quanto ao uso do fator de ajuste de pagamento (FAP), empregando especificações baseadas em desempenho levaram aos seguintes resultados [6]:

- A maior parte deles julga que as propriedades volumétricas devem estar juntas aos ensaios de desempenho;
- 80% dos DOTs utilizam o ensaio de dano por umidade induzida (este considerado de desempenho)

- Os ensaios de desempenho mais citados são os simuladores de tráfego APA (Asphalt Pavement Analyser) e HWTD (Hamburg wheel tracking device) para deformação permanente e dano por umidade induzida para adesão, não havendo consenso ainda para fadiga;
- 19 DOTs e 3 órgãos canadenses possuem os equipamentos para medir propriedades relativas a deformação permanente e adesão;
- Aproximadamente 27% dos DOTs relataram o emprego de especificação baseadas em desempenho (PBS) para controle da mistura asfáltica e emprego de fator de ajuste de pagamento;
- 33% dos DOTs consideram que o custo e tempo de execução do teste são fatores determinantes para implementação das especificações baseadas em desempenho;
- Alguns DOTs reportaram benefícios em pesquisar modelos de previsão para eventual adoção do PBS, por meio da realização de ensaios de desempenho.

O professor Richard Kim da Universidade Estadual de Carolina do Norte [17] está realizando projetos conjuntos com diferentes DOTs de modo a aplicar a metodologia PRS. A partir de dados volumétricos da mistura asfáltica de um determinado pavimento, os resultados de ensaios efetuados no equipamento denominado AMPT (módulo complexo, resistência à deformação permanente e fadiga), dados de clima e tráfego, o software Flexmat e Flexpave efetuam uma análise viscoelástica tridimensional para cargas móveis e tensões térmicas, utilizando o modelo do dano viscoelástico contínuo para previsão do tempo de vida do pavimento em estudo. Esta previsão está sendo validada em 65 trechos experimentais, incluindo seções na pista experimental NCAT (National Center for Asphalt Technology) e simuladores de tráfego do FHWA. Os estudos estão sendo conduzidos pelos estados de Maryland, Missouri, Maine, Carolina do Norte, Oklahoma e Ontário (Canadá). Por enquanto, os fatores de ajuste de pagamento destes DOT não mudaram ainda, mas a meta é que após a validação da metodologia PRS, o tempo de vida previsto durante o projeto seja comparado com o previsto na construção para cálculo do FAP. O tempo de vida em serviço previsto durante a construção será baseado em dados volumétricos (teor de ligante e teor de vazios - Gmm e grau de compactação) e resultados de ensaios AMPT em amostras obtidas por moldagem de corpos de prova oriundos de misturas asfálticas coletadas das usinas [17].

2.4 Em Portugal

O órgão rodoviário “Estradas de Portugal S.A.” preconiza, por meio do “Caderno de Encargos de tipo de obras volume 15.03 – Métodos Construtivos”, os tipos de controle que devem ser realizados para aceitação do serviço de pavimentação. Vários controles resultam em penalização ao empreiteiro [18] tais como:

- IRI
- Coeficiente de atrito (fricção)
- Espessura
- Deflexões
- Macrotextura
- Teor de vazios ou porosidade
- Aderência entre camadas.

No caso específico de diferença de espessura, as diferenças entre o valor de projeto e os valores reais afetam a qualidade final do pavimento e a sua vida útil. Costa [19] efetuou uma análise para um pavimento típico com camada de ligação com AC 20 de 7 cm de espessura e camada de desgaste com AC 14 com 5 cm de espessura. Foi feito um cálculo mecanicista com o software Alizé, fazendo-se variar as espessuras das camadas até o limite de aceitação com penalização (camada ligação – 7 até 6,4 cm e camada desgaste – 5 até 4,7 cm), levando em conta o limite final para a espessura total das camadas. Na tabela 1 apresentam-se os dados obtidos de Cálculo da vida útil com variação de espessura. Nesta simulação, o critério de ruptura que causa maior dano é a deformação permanente, chegando-se a obter no caso mais desfavorável uma perda de vida útil superior a 15% (3 anos).

Tabela 1 – Cálculo da vida útil com variação de espessura (19)

Situação	Esp. Camadas (cm)			Fadiga			Deformação Permanente		
	AC20 bin	AC14 surf	Total MB	ϵ_t (10^{-6})	N_{adm130}	Dano (%)	ϵ_{dp} (10^{-6})	N_{adm130}	Dano (%)
Projeto	7,0	5,0	12,0	137	8.975.824	64,62	336	8.236.314	70,42
Variação Combinada (Ligação + Desgaste)	6,8	4,9	23,7	139	8.348.399	69,47	341	7.763.767	74,71
	6,8	4,8	23,6	140	8.054.471	72,01	343	7.584.266	76,47
	6,8	4,7	23,5	141	7.772.874	74,62	345	7.409.922	78,27
	6,6	4,9	23,5	141	7.772.874	74,62	345	7.409.922	78,27
	6,6	4,8	23,4	141	7.772.874	74,62	347	7.240.559	80,10
	6,6	4,7	23,3	142	7.503.009	77,30	349	7.076.008	81,97
	6,4	4,9	23,3	142	7.503.009	77,30	349	7.076.008	81,97
	6,4	4,8	23,2	143	7.244.310	80,06	351	6.916.105	83,86
	6,4	4,7	23,1	144	6.996.240	82,90	353	6.760.693	85,79

2.5 Na África do Sul e na Nova Zelândia

As especificações de concreto asfáltico da África do Sul são controladas pelo South African National Roads Agency e incluem a presença de fresado [20]. Existe um controle rigoroso quanto ao teor de vazios, teor de ligante e filer e grau de compactação. Na pista, os controles de aceitação são: a espessura, a irregularidade e a densidade. Os requisitos de controle se assemelham aos da Austrália e Nova Zelândia, onde se inclui o controle de grau de polimento, azul de metileno, dano por umidade induzida, forma e desgaste de agregados. Em 2008, foi proposto o emprego do fator de ajuste de pagamento para quatro itens [21 e 22], sendo que o cálculo deste fator leva em conta:

- densidade
- teor de ligante
- granulometria
- IRI.

As especificações de serviço por desempenho de CBUQ contém características dos agregados, mostrando requisitos de grau de polimento, resistência ao desgaste tanto para agregados miúdos como graúdos e ainda as especificações de aceitação em campo e na usina. Nestas especificações de aceitação são incluídos critérios de permeabilidade, percentual de vazios e irregularidade na pista e de resistência à deformação (simulador de tráfego), dano por umidade induzida, vazios, vazios nos agregados minerais (VAM) e índice de recobrimento de ligante na mistura [23]. Nas especificações de CBUQ são relatados cinco tipos de misturas classificadas por tamanho máximo nominal com seus critérios de granulometria, espessura, teor de ligante e VAM. Estas especificações têm critérios de aceitação da mistura quanto à granulometria e ao teor de ligante em relação ao projeto de dosagem [24]. Ainda não foram propostos FAP nas especificações de serviço da Nova Zelândia, mas já existem discussões sobre a forma mais adequada a ser empregada, baseando-se em estudos da África do Sul e EUA.

3. FATOR DE AJUSTE DE PAGAMENTO - FAP

A história do FAP tem início nos anos 1950 [25]. As primeiras especificações AASHTO com o acompanhamento em campo da Pista da AASHO, nos anos 1960, revelou a variabilidade dos processos construtivos com possibilidade remota de 100% de atendimento às especificações vigentes. Nos anos 1970, bases estatísticas foram introduzidas nas especificações de serviço. Nesta época, os conceitos de especificações baseadas em desempenho e fator de ajuste de pagamento foram estabelecidos. Em 1980, o FHWA efetuou uma pesquisa para identificar parâmetros relacionados ao desempenho e desenvolveu um plano de aplicação de FAP. Em 1986, o PRS já era uma realidade e o FAP era calculado considerando a diferença de tempo de ciclo de vida do projeto com o construído em comparação ao previsto. Em 1995, as especificações relativas ao desempenho

PRS baseadas em parâmetros volumétricos de mistura asfáltica e espessura começaram a ser utilizadas, melhorando não só a qualidade da construção das vias, como influenciando os limites das especificações. Com o advento da pista Westrack em Nevada, foram testados diferentes agregados e ligantes tendo como variáveis a granulometria, a espessura, o teor de vazios e o de ligante, que propiciaram o estabelecimento de modelos de previsão de fadiga e de deformação permanente.

Ferramenta PWL

O conceito PWL (percentual entre limites) é empregado para aceitação de obras e estimativa de FAP de misturas de CBUQ. O PWL é definido como percentual do lote que se situa entre o valor limite superior - LSE e valor limite inferior - LIE, ou abaixo do LIE ou acima do LSE. Se refere tanto ao valor da amostragem ou ao valor estimado da amostragem, sendo $PWL = 100 - PD$, onde PD significa percentual insatisfatório [26]. O PWL usa a média e o desvio padrão de uma determinada propriedade da mistura asfáltica para estimar o percentual de materiais conformes, representado pela amostra que está dentro dos limites das especificações. Em outras palavras, o processo PWL considera tanto o valor atual da propriedade medida como sua variabilidade. O PWL tem a tendência de remunerar o empreiteiro que trabalha com valores próximos aos da especificação e com pouca variabilidade. A variabilidade dos dados é dada pelas expressões seguintes, denominadas índices de qualidade Q_i e Q_s :

$$Q_i = \frac{X - LIE}{\sigma} \quad \text{e} \quad Q_s = \frac{LSE - X}{\sigma}$$

Onde:

Q_i = índice de qualidade relativo ao limite inferior da especificação

Q_s = índice de qualidade relativo ao limite superior da especificação

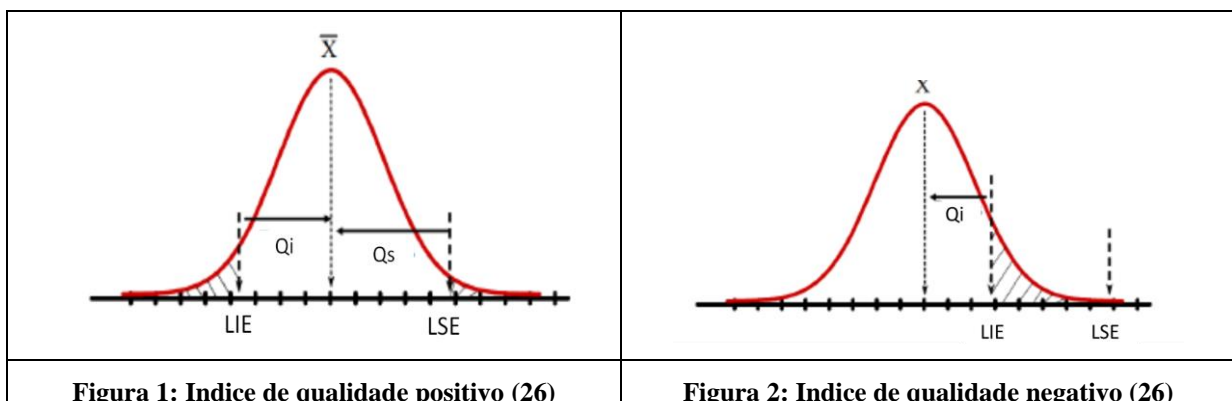
LSE = limite superior da especificação

LIE = limite inferior da especificação

X = média do lote

σ = desvio padrão

O valor Q indica a distância em unidades de desvio da amostra que a média é deslocada do limite da especificação. Um valor positivo de Q representa o número de unidades de desvio padrão que a média se situa dentro dos limites da especificação. Um valor negativo representa o número de unidades de desvio padrão que a amostra se situa fora dos limites de especificação. Esses casos estão ilustrados nas Figuras 1 e 2.



Os valores calculados de Qi e Qs são usados em tabelas estatísticas ou função de distribuição normal padrão para identificar o percentual que se situa acima do LIE (ou PWLi) e o percentual de dados que se situa abaixo do LSE (ou PWLs) respectivamente. Como exemplo, a tabela padrão estatística para um número de amostras de 5, denominada Estimativa de PWL está apresentada na Tabela 2. O percentual total PWLt de dados que se situam entre o LIE e LSL é calculado conforme a equação seguinte:

$$PWL_t = PWL_s + PWL_i - 100$$

Tabela 1: Estimativa de PWL – tabela para número de amostra n=5 (26)

Ql or Qu	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	50.00	50.36	50.71	51.07	51.42	51.78	52.13	52.49	52.85	53.20
0.1	53.56	53.91	54.27	54.62	54.98	55.33	55.69	56.04	56.39	56.75
0.2	57.10	57.46	57.81	58.16	58.52	58.87	59.22	59.57	59.92	60.28
0.3	60.63	60.98	61.33	61.68	62.03	62.38	62.72	63.07	63.42	63.77
0.4	64.12	64.46	64.81	65.15	65.50	65.84	66.19	66.53	66.87	67.22
0.5	67.56	67.90	68.24	68.58	68.92	69.26	69.60	69.94	70.27	70.61
0.6	70.95	71.28	71.61	71.95	72.28	72.61	72.94	73.27	73.60	73.93
0.7	74.26	74.59	74.91	75.24	75.56	75.89	76.21	76.53	76.85	77.17
0.8	77.49	77.81	78.13	78.44	78.76	79.07	79.38	79.69	80.00	80.31
0.9	80.62	80.93	81.23	81.54	81.84	82.14	82.45	82.74	83.04	83.34
1.0	83.64	83.93	84.22	84.52	84.81	85.09	85.38	85.67	85.95	86.24
1.1	86.52	86.80	87.07	87.35	87.63	87.90	88.17	88.44	88.71	88.98
1.2	89.24	89.50	89.77	90.03	90.28	90.54	90.79	91.04	91.29	91.54
1.3	91.79	92.03	92.27	92.51	92.75	92.98	93.21	93.44	93.67	93.90
1.4	94.12	94.34	94.56	94.77	94.98	95.19	95.40	95.61	95.81	96.01
1.5	96.20	96.39	96.58	96.77	96.95	97.13	97.31	97.48	97.65	97.81
1.6	97.97	98.13	98.28	98.43	98.58	98.72	98.85	98.98	99.11	99.23
1.7	99.34	99.45	99.55	99.64	99.73	99.81	99.88	99.94	99.98	100.00

Vários DOTs nos EUA empregam a ferramenta PWL para cálculo do FAP por meio de equações ou tabelas. No Brasil, as duas concessionárias que utilizam FAP empregam a ferramenta PWL.

FAP no Brasil

Numa das duas Concessionárias brasileiras que já aplicam FAP, o critério de fator de pagamento é aplicado nos seguintes parâmetros de controle:

- Granulometria;
- Teor de asfalto;
- Grau de compactação
- Irregularidade (QI).

Os resultados do controle dos parâmetros devem ser analisados por grupo de ensaios através da Análise de Nível de Qualidade, que determina a proporção do lote que está fora dos limites das especificações. A análise do Nível de Qualidade é um procedimento estatístico para estimar a variação que estes elementos fora da especificação podem causar na média e no desvio padrão da amostra, permitindo definir um risco aceitável para esta variação em cada um dos parâmetros envolvidos. Em função do nível de risco encontrado, serão aplicados fatores de pagamento (penalização), variando de 0,90 a 1,00. O valor limite de 0,90 representa o máximo risco permissível e abaixo do qual todo lote deve ser rejeitado. Pode ocorrer, também, fatores de pagamento (bonus) quando o nível de qualidade atingir valores superiores a 1,00 para cada um dos parâmetros de controle acima, sendo adotado o fator final de pagamento, como o valor individual mais baixo.

Na outra Concessionária, a ferramenta PWL é aplicada apenas ao teor de vazios.

Vale comentar que o DNIT está fazendo uma revisão de várias especificações de serviço, considerando vários parâmetros que antes não estavam definidos de forma clara, motivados pela iminente implantação do novo método de dimensionamento de pavimentos asfálticos.

Outras formas de cálculo de FAP

Alguns DOT norte-americanos e a Venezuela empregam tabelas para cálculo do FAP a partir do valor da propriedade medida. São tabelas específicas para cada propriedade tais como grau de compactação, IRI, granulometria e teor de asfalto. Portugal e África do Sul empregam equações específicas para cada propriedade de controle da obra.

4. SUGESTÃO DE FAP PARA CONTROLE DE GESTÃO DE APLICAÇÃO DE CBUQ

Dos parâmetros empregados para cálculo do fator de ajuste de pagamento (FAP) levantados nas várias referências consultadas, percebe-se que alguns itens são consenso, e assim, recomenda-se a escolha de uma ou várias das propriedades seguintes:

- IRI
- Parâmetros volumétricos – teor de ligante, granulometria e teor de vazios
- Espessura.

O IRI diz respeito a qualidade da construção e ao conforto do utente, por isso é um fator muito importante, mas os parâmetros volumétricos e a espessura incidem na durabilidade, na resistência a deformação permanente e na fadiga, sendo portanto muito relevantes numa obra rodoviária. Outros fatores importantes a serem selecionados e que fazem parte da estimativa do FAP são os tamanhos dos lotes e sublotes, frequência de amostragem em cada sublote, nº de amostras em cada sublote, e as tolerâncias a serem adotadas para cada propriedade controlada.

A escolha do método de cálculo de FAP é outro ponto de discussão que cada órgão deve fazer. O sistema PWL parece ser interessante e pode ser aplicado de diferentes maneiras. Tem-se ainda a obtenção do valor do FAP diretamente por meio de tabelas, gráficos ou equações, dependentes do valor da propriedades controlada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresenta um levantamento sobre aspectos relacionados ao fator de ajuste de pagamentos – *Pay Factor* – aplicado ao controle tecnológico de construção de pavimentos asfálticos. Este tema está na ordem do dia em vários países, alguns já aplicam e outros estudam como começar a aplicar. É uma técnica que tem sido considerada muito eficiente para garantir o melhor desempenho dos pavimentos a partir do controle efetivo de parâmetros fundamentais de verificação da qualidade dos serviços de aplicação de misturas asfálticas, e se estão sendo cumpridos os critérios previstos no projeto. Também é possível correlacionar estes aspectos com o que se perde de vida útil quando não se cumprem os requisitos. O fator de pagamento pode ser punitivo (desconto) ou bônus (acréscimo) de pagamento a partir dos critérios verificados, em geral de forma estatística, podendo inclusive definir até que ponto pode ser aceite a não conformidade e quando será necessário refazer o serviço.

Levando em consideração o que foi relatado neste trabalho, tem-se muito o que discutir e avaliar a respeito dos parâmetros de controle a serem selecionados para incluir num eventual fator de ajuste de pagamento, FAP, e das estimativas de cálculo de FAP, individual e combinado, para ser implantado nas obras rodoviárias no Brasil, motivado especialmente agora pela implantação do novo método de dimensionamento (mecânico-empírico) que permite estabelecer previsão de desempenho.

6. REFERÊNCIAS

1. DNIT 011-2004 Gestão da qualidade em obras rodoviárias
2. DNIT 031-2006 Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de serviço.
3. DEINFRA SC ES –P 05/16 Pavimentação: camadas de misturas asfálticas usinadas a quente
4. DER/PR ES-P 21/17 – Pavimentação: concreto asfáltico usinado a quente.

5. DER/SP ET-DE-P00/027 Especificação Tecnica : concreto asfáltico. 2005.
6. NCHRP (2016) Performance specification for asphalt mixtures. A synthesis of highway Practice 492.
7. Arteris - Concreto Asfáltico Usinado a Quente - CA Especificação Particular, C D T - Centro de Desenvolvimento Tecnológico. Outubro de 2017.
8. CCR Especificação particular de serviço da CCR Engelog (Rev.11), para Concreto Asfáltico.
9. Ecorodovias - Especificação particular para Concreto Asfáltico com asfalto borracha. 2017.
10. SCT – Secretaria de Comunicaciones y Transportes – Guia de procedimientos y técnicas para la conservacion en carreteras en Mexico.
11. INVIAS – Instituto Nacional de Vias da Colombia - Especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras. 2018.
12. INVEAS. Instituto Venezolano del Asfalto — Norma INVEAS versión revisada diciembre 2004.
13. Alyami Z., Tighe S., Gransberg, D. – Performance measures for pavement assets under performance based on contracts – 9th International Conference on Management pavement assets December 2014.
14. CR 2010 – Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes - Ministerio de Obras Públicas y Transportes – Costa Rica.
15. Butts N. & Ksaibati, K. (2003) Asphalt pavement quality control / Quality assurance Programs in the US Paper nº 0123 presented at 82nd Transportation Research Board Annual Meeting.
16. Mohammad L., Kim M., Hasharvardhan, C. Development of performance-based specification for Louisiana asphalt mixtures. Final report 558 – 2016.
17. Kim R. – Test methods and performance prediction models for FHWA’s asphalt mixture performance related specifications and their validation presented XXXI ANPET Recife November 2017.
18. Estradas de Portugal S.A. Cadernos de Encargos 2014 - 15.03 Métodos construtivos
19. Costa G., Micaelo R., Ferreira A. (2013) IAG174-04-2013 Análise dos critérios de aceitação/rejeição do caderno de encargos tipo obra para pavimentação Conference Paper. November. 2013.
20. South African Pavement Engineering Manual – Chapter 13- Quality management South Africa National Roads Agency Ltd 2013
21. Taute A. - Proposed pay factors for hot mix asphalt quality control - Asphalt News Sabita volume 22 issue 2, 2008
22. Vos R. - Australian Asphalt Pavement Association - 2007 Pavements Industry Conference - International Overview – Latest in Asphalt Surfacing CAPSA 2007 – Conference Highlights - Asphalt Quality & Performance
23. New Zealand Transport agency - TNZ P/23: 2005 Transit – Performance based specification for hot mix asphalt wearing course surfacing.
24. New Zealand Transport agency - TNZ M/10: 2005 Transit –Specification for asphaltic concrete.
25. Budhvarapu P., Smit A., Prozzi J., Fan W., Gurmu Z. (2014) Revised pay adjustment factors for HMA and concrete pavements Texas DOT & Center for Transportation Research – University Texas Austin
26. Nevada Department of Transportation - Develop a PWL system for dense graded hot mix asphalt construction, including pay factors - NDOT Research Report N° 206-10-803. January. 2015