

## Influência do Módulo de Resiliência da Mistura Asfáltica na Vida de Projeto de Pavimento Aeroportuário: Estudo de Caso do Aeroporto Regional do Vale Do Taquari

Pedro Eduardo Cremonese (Universidade do Vale do Taquari) E-mail: pedro.cremonese@universo.univates.br

João Rodrigo Guerreiro Mattos (Universidade Federal de Santa Maria) E-mail: joao.mattos@ufsm.br

**Resumo:** Com a aviação desenvolvendo novas aeronaves, os pavimentos aeroportuários necessitam acompanhar a evolução de maneira conjunta, a fim de garantir a resistência às solicitações de pouso e decolagem. A *Federal Administration Aviation* (FAA) vem desenvolvendo métodos de dimensionamento para pavimentos de aeroportos cada vez mais apropriados para os conceitos de mecânica dos pavimentos. Antigamente, o dimensionamento dos pavimentos era baseado em uma aeronave tipo, através do qual todo o tráfego do aeroporto era convertido para essa aeronave, e, assim, eram utilizados ábacos para definir o valor da espessura do pavimento. Atualmente, o método da FAA utiliza o *software* chamado *FAARFIELD* para o dimensionamento do pavimento, abandonando um método puramente empírico com ábacos e aeronaves tipo e inserindo conceitos mecanísticos-empíricos para um conjunto de aeronaves através de uma modelagem computacional para estimar o dano no pavimento. Para este artigo, inicialmente foi dimensionado um pavimento para o aeroporto estudado e, na sequência, foi realizada uma análise da influência do módulo de resiliência do revestimento asfáltico na vida de projeto da estrutura. Os resultados mostraram que uma variação de 1000 MPa a 5000 MPa no módulo de resiliência do revestimento pode aumentar em, aproximadamente, 21 anos a vida de projeto do pavimento, considerando uma composição de aeronaves com o ATR 42 sendo a maior.

**Palavras-chave:** pavimento aeroportuário, módulo de resiliência, vida de projeto.

## Influence of the Asphalt Mix Resilient Modulus on Airport Pavement Design Life: Case Study of Vale Do Taquari Regional Airport

**Abstract:** With aviation developing new aircrafts, airport pavements need to follow developments together, to guarantee resistance to landing and take-off solicitation. The Federal Administration Aviation (FAA) has been developing dimensioning methods for airport pavements that are increasingly appropriate for the concepts of pavement mechanics. In the past, pavement dimensioning was based on a type aircraft, through which all airport traffic was converted to that aircraft, and thus, abacuses were used to define the pavement thickness value. Currently, the FAA method uses software called *FAARFIELD* for dimensioning the pavement, abandoning a method purely empirical with abacuses and type aircraft and inserting mechanistic-empirical concepts for a set of aircraft through a computational modeling to estimate the pavement damage. For this article, a pavement for the studied airport was initially designed and, subsequently, was carried out an analysis of the influence of the resilient modulus of the asphalt surface on the design life of the structure. The results showed that a variation from 1000 MPa to 5000 MPa in the resilient modulus of the surface can increase the design life of the pavement by approximately 21 years, considering an aircraft composition with the ATR 42 being the largest.

**Keywords:** airport pavement, resilient modulus, design life.

### 1. Introdução

Com o passar do tempo e o desenvolvimento aeronáutico cada vez mais aprimorado, foram surgindo novas aeronaves de grande porte e atualizações das versões das aeronaves existentes para melhorar sua autonomia e capacidade de carga. Essas evoluções trouxeram junto a necessidade de desenvolver também as superfícies e estruturas nas quais essas aeronaves estão operando, com isso o dimensionamento de pavimentos aeroportuários vem evoluindo de métodos puramente empíricos para métodos mecanístico-empíricos.

A *Federal Administration Aviation* (FAA), autarquia que administra a aviação civil nos Estados Unidos (corresponde ao que é a Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC - para o Brasil), desenvolveu uma série de padrões de dimensionamento de pavimentos aeronáuticos, tornando-se o principal referencial nessa área. A FAA vem aprimorando seu método de dimensionamento com o passar dos anos e com o surgimento de novas aeronaves, sendo assim, a partir de 2009, foi implementado o modelo mais atual de dimensionamento do pavimento, que faz utilização de um programa computacional para o cálculo de capacidade de suporte do pavimento, trata-se do *software FAARFIELD*.

Dessa forma, este trabalho apresenta o dimensionamento do pavimento da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Regional do Vale do Taquari com auxílio do *software FAARFIELD*. Também foi realizada uma análise da influência do módulo de resiliência do revestimento asfáltico na vida útil do pavimento, visto que o *software* estabelece um valor padrão para o dimensionamento do pavimento e, na prática, sabe-se que as misturas asfálticas podem apresentar comportamento resiliente bem distinto em função dos materiais e da sua dosagem.

### 2. Referencial teórico

O método proposto pela FAA é o mais utilizado e difundido para o dimensionamento de pavimentos de aeródromos, pois é um método que vem sofrendo atualizações conforme o passar dos anos (RAMOS, 2016). No método antigo, era necessário obter o tráfego de aeronaves do aeroporto, definir uma aeronave tipo, converter as outras aeronaves a partir de equações para elas corresponderem às características da aeronave tipo e também era necessário converter as decolagens das aeronaves para corresponderem à aeronave tipo. A definição da espessura do pavimento era realizada utilizando ábacos, onde era cruzado o valor de CBR, o peso bruto da aeronave tipo e o número de decolagem dessa aeronave tipo de projeto (FAA, 2016). Na Figura 1, apresenta-se o ábaco de dimensionamento empregado no método antigo, que era puramente empírico.

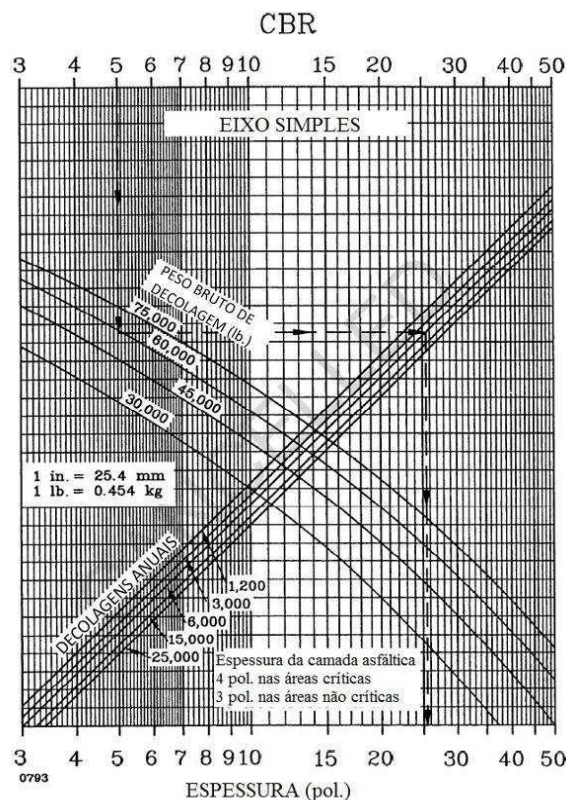


Figura 1 – Ábaco para o dimensionamento pelo método antigo da FAA (adaptado por RAMOS, 2016)

O método atual da FAA, consolidado em 2009, utiliza o *software* chamado de *FAA Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design (FAARFIELD)* e substituiu a utilização de uma aeronave tipo (crítica) pela composição de aeronaves para realizar a análise do dano no pavimento. O *software FAARFIELD*, atualmente, possui dois sistemas para dimensionamento de pavimentos, o modelo LEAF e o modelo NIKE3D. O modelo LEAF é utilizado para o dimensionamento dos pavimentos flexíveis, utilizando-se de modelos multicamadas, já o NIKE3D é utilizado para o dimensionamento de pavimentos rígidos, já que sua operação baseia-se na utilização de elementos finitos tridimensionais. Essa necessidade ocorre devido ao fato de o sistema LEAF não efetuar corretamente o dimensionamento do pavimento rígido. Mesmo o *software* utilizando o módulo de deformação (equivalente ao módulo de resiliência), os ensaios padrões para alimentação de dados do *software* são definidas pela FAA, como o CBR para pavimentos flexíveis e o módulo de reação global do subleito para pavimentos rígidos. A conversão feita pelo *software* é conforme as Equações 1, 2 e 3 (VIEIRA, 2015).

$$E = 1500 \cdot \text{CBR} \quad (1)$$

$$E = 26 \cdot k^{1,284} \quad (2)$$

$$k = \left( \frac{1500 \cdot \text{CBR}}{26} \right) \cdot 0,7788 \quad (3)$$

Sendo que:

E = módulo de deformação, em psi;

CBR = Índice de suporte Califórnia, em %;

k = módulo de reação global, em psi.

O dimensionamento pelo *software* é baseado na solicitação provocada por todas as aeronaves no pavimento, assim cada aeronave contribuirá com alguma fração, baseados nos valores de carga e tipo de trem de pouso. A soma das frações é denominado fator cumulativo de dano (CDF), a expressão que caracteriza esse valor para aplicação em apenas uma aeronave é definida pela Equação 4. Após a determinação do CDF de todas as aeronaves que trafegam pelo aeroporto é realizado o somatório de todos os valores e assim determina-se o CDF total do pavimento pela Equação 5 (VIEIRA, 2015).

$$\text{CDF}_i = \frac{\text{Número de carregamentos aplicados}}{\text{Número de carregamentos para ruína}} \quad (4)$$

$$\text{CDF} = \sum_{i=1}^n \text{CDF}_i \quad (5)$$

Ramos (2016) apresenta uma análise baseada no Aeroporto Internacional Tancredo Neves onde a diferença do método atual para o método de 1978 é indicada pela redução de pelo menos 22% da espessura total do pavimento, sendo que pelo método de 1978 a espessura era de 90 centímetros e para o método atual corresponde a 70 centímetros. Segundo Ramos *et al.* (2017), existe uma boa diferença entre a utilização do método de 1995 e o método de 2009, em estudo realizado no Aeroporto Internacional Presidente Juscelino Kubitschek, para o tráfego existente na época, foi apresentada uma redução de, pelo menos, 25% na espessura total do pavimento, saindo de 84,5 centímetros para um pavimento de 63 centímetros.

### 3. Métodos

Inicialmente, realizou-se um pré-dimensionamento para definir uma estrutura de pavimento, que foi usada analisar a influência do módulo de resiliência do revestimento asfáltico na vida de projeto. Para fazer esse pré-dimensionamento, foi necessário definir o CBR do subleito, o tempo de vida útil do projeto, o tráfego de aeronaves compatível com o aeródromo ou com a

área de possível ampliação, a previsão de crescimento de demanda e os módulos de resiliência das camadas do pavimento. De posse dessas informações, foi utilizado o *software FAARFIELD* para definir as espessuras das camadas que atendam aos critérios do dimensionamento, ao qual foi refinado para valores com espessuras das camadas inferiores ao revestimento com números inteiros. Com a estrutura do pavimento definida, foi alterado o módulo de resiliência do revestimento asfáltico e o tráfego de aeronaves, sendo que para o revestimento foram considerados 5 valores diferentes de módulo e a composição do tráfego de aeronaves foi definido de duas formas diferentes alterando apenas a aeronave mais pesada.

### 3.1. Aeroporto Regional do Vale do Taquari

O aeródromo analisado neste estudo de caso situa-se no município de Estrela, no Estado do Rio Grande do Sul. Atualmente, a pista existente é de grama e possui um comprimento de 570 metros e uma largura de 18 metros, fica a uma altitude de 32 metros e suas cabeceiras são a 06 e 24, sendo possível a operação de aeronaves com peso máximo de 4000 kg e pressão dos pneus de 0,5 MPa (DECEA, 2020). Na Figura 2, é possível observar a situação atual da pista de pouso e decolagem e decolagem do aeródromo, bem como a pista de táxi existente no local.



a) Pista de pouso e decolagem

b) pista de táxi

Figura 2 – Situação atual das pistas do Aeroporto Regional do Vale do Taquari

### 3.2. Vida de projeto

A vida útil considerada na análise foi a padrão do *software* que é de 20 anos, essa vida de projeto consiste no tempo em que foi previsto o dimensionamento do pavimento para que não ocorra defeitos. A verificação da vida de projeto dos pavimentos é estabelecida pela Equação 5, sendo que quando o CDF for igual a 1 indica que a vida de projeto especificada é correspondida pelo tráfego de aeronaves, já quando for menor que 1 indica que o pavimento possui vida útil prolongada e quando o valor for superior a 1 indica que o pavimento terá sua vida de projeto reduzida em relação ao tempo previsto.

### 3.3. Taxa de crescimento do tráfego aéreo

Para a definição da taxa de crescimento, foram utilizados os dados divulgados pela ANAC (2020) de oferta e demanda de voo, mostrando a variação dos movimentos anuais de pousos e decolagens no Estado do Rio Grande do Sul, conforme pode ser visto na Figura 3. O ano de 2020 foi desconsiderado devido à queda abrupta de voos devido a pandemia de COVID-19.

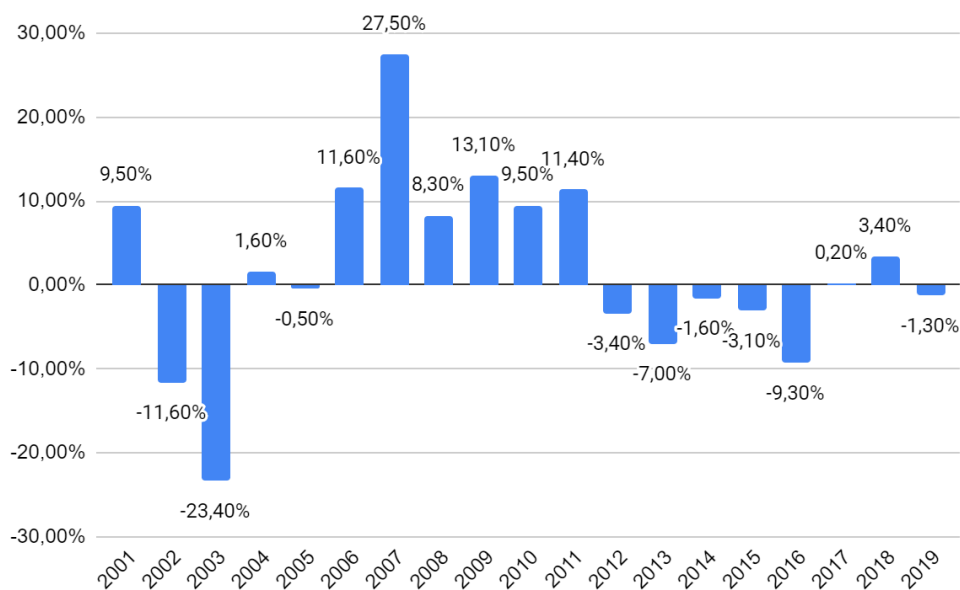


Figura 3 – Variação da movimentação de aeronaves no Rio Grande do Sul (baseado em ANAC, 2020)

A partir dos dados apresentados, foi calculada a média da porcentagem de movimento, chegando ao valor de 1,84% de crescimento ao ano. Tomou-se como referência os dados de movimentação de aeronaves no Estado do Rio Grande do Sul por entender que, após as melhorias e ampliação do aeródromo estudado, o tráfego atual sofrerá uma grande mudança. Por questão de segurança no projeto do pavimento, para a utilização no *software*, a taxa considerada nas análises foi arredondada para o valor de 2% de crescimento anual do tráfego aéreo no Aeroporto Regional do Vale do Taquari.

### 3.4. Aeronaves e número de decolagens

O número de decolagens de cada modelo de aeronave foi definido com base em dados do Aeroporto Regional Hugo Cantergiani (SBCX), no município de Caxias do Sul/RS. Tal escolha se deu devido ao fato dele possuir um movimento considerável de aeronaves de linha aérea e apresentar características de desenvolvimento e importância para região parecido com o aeroporto utilizado neste estudo de caso.

Os dados dos movimentos de aeronaves foram retirados de planilhas existentes nos arquivos físicos do aeroporto sendo o ano de referência de 2019, foi desconsiderado para a contagem aeronaves de pequeno porte e aeronaves que não possuem desempenho para decolarem nas dimensões da pista máxima para área do aeroporto atualmente. Na Tabela 1, apresenta-se a composição de aeronaves e decolagens anuais estimadas para o aeroporto estudado.

Tabela 1 – Composição de aeronaves e suas decolagens anuais

Aeronave	Peso bruto de táxi (kg)	Decolagens anuais
ATR-72	22680	273
ATR-42	18144	273
Cessna Grand Caravan C208	3969	15
King-Air C90	4404	200
Super King-Air 350	6849	20



Para a utilização no *software*, os trens de pouso utilizados para representar o ATR 72 E ATR 42 foram respectivamente os trens de pouso genéricos do *software* D-50 e D-40, que apresentaram características de peso parecido com as aeronaves em questão. Na Figura 4, estão representadas as aeronaves definidas para o dimensionamento do pavimento.

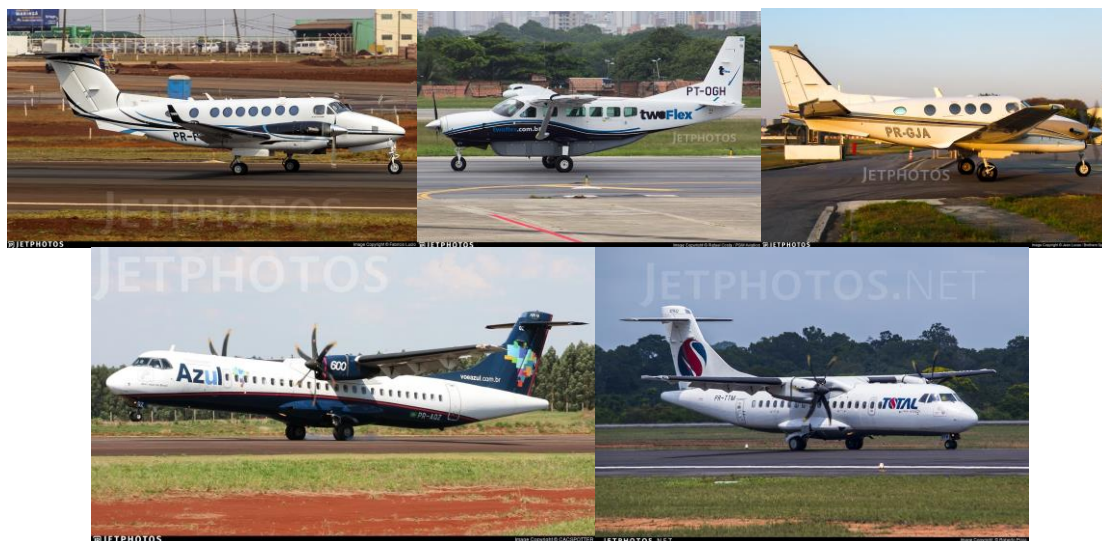


Figura 4 – aeronaves consideradas para o mix (Jetphotos, 2020)

### 3.5. Estrutura do pavimento

Para definir as espessuras das camadas que constituem o pavimento, foi realizado o dimensionamento utilizando a opção *user defined* do *software*, por permitir simulações com a espessura do revestimento inferior a 10 cm e a alteração dos módulos representativos dos materiais de cada camada. Conforme os materiais padrões existentes no *software* para serem empregados nas camadas do pavimento, foi utilizado o coeficiente de Poisson no valor de 0,35 para todas as camadas. Neste dimensionamento, foi fixado o módulo do revestimento em 4000 MPa, módulos da base e sub-base também foram fixados, deixando os valores de espessuras livres para a definição do *software*, tendo como parâmetro para dimensionamento valor de 20 anos de vida de projeto. O revestimento terá espessura de 50,8 milímetros (2 polegadas), sendo o mínimo permitido pelo *software* para a modelagem. Os demais valores encontrados foram arredondados para realizar a análise da influência do módulo de resiliência do revestimento asfáltico na vida de projeto. Na Figura 5, é possível observar a estrutura dimensionada para o pavimento do Aeroporto Regional do Vale do Taquari.

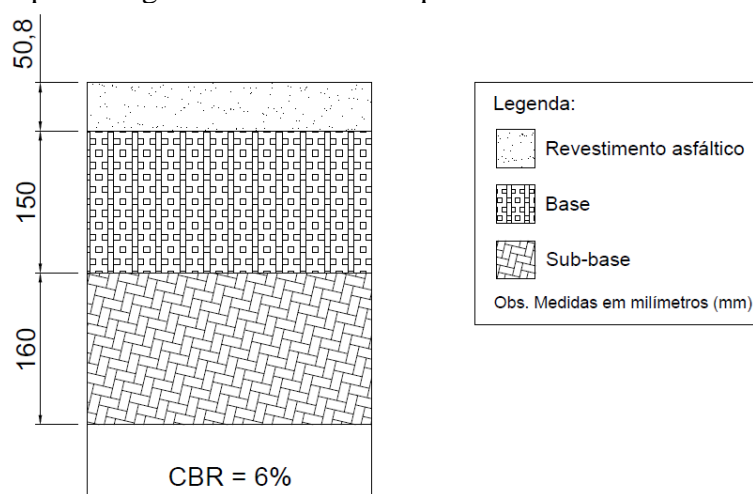


Figura 5 –Estrutura do pavimento utilizado nas simulações.

### 3.5.1. Subleito

O CBR do subleito utilizado no projeto teve como base estudos geotécnicos do solo presente no local do aeroporto, esse foi efetuado pela Prefeitura Municipal de Estrela/RS visando a possível ampliação e pavimentação do aeroporto. O valor médio do CBR para a modelagem será o valor de 6%. O *software* converte o valor de CBR do subleito para módulo de resiliência empregando a Equação 1.

### 3.5.2. Sub-base

O material definido para utilização na sub-base foi o cascalho, por ser um material abundante e de fácil aquisição, assim como possuir uma boa capacidade de suporte. O módulo de resiliência definido para a modelagem foi baseado em estudos semelhantes, como a pesquisa de Araújo (2009), que obteve por retroanálise o valor de 135 MPa. Assim, o valor definido para a modelagem do pavimento foi o valor de 150 MPa como sendo representativo para o material da sub-base do pavimento.

### 3.5.3. Base

Para a base, optou-se por usar como material uma brita graduada simples, já que sua utilização é amplamente difundida no Brasil. Esse material comumente possui módulo de resiliência variando de 100 a 400 MPa (BERNUCCI et al., 2010). Dessa forma, para a modelagem realizada neste estudo de caso, foi adotado o valor intermediário de 250 MPa.

### 3.5.4. Revestimento

O revestimento foi definido como sendo de mistura asfáltica, e o intervalo de módulos foi baseado nos valores médios a 25°C pesquisado no Brasil, que, de maneira geral, mostram módulos variando de 2000 MPa a 8000 MPa, sendo possível a existência de valores menores de 2000 MPa e maiores que 8000 MPa (BERNUCCI et al., 2010). Para a simulação, foi definido um intervalo de valores de 1000 MPa a 5000 MPa, variando em 1000 MPa para cada modelagem para estimativa da vida de projeto do pavimento.

## 4. Resultados e análises

A partir das simulações efetuadas no *software FAARFIELD*, foi possível identificar a contribuição de cada tipo de aeronave no dano causado no pavimento, ou seja, no CDF. Na Figura 6, é possível verificar o gráfico gerado pelo *software* após o dimensionamento inicial da estrutura do pavimento, gráfico esse que indica o valor de CDF do subleito de cada aeronave que interage com o pavimento para a determinação do CDF total.

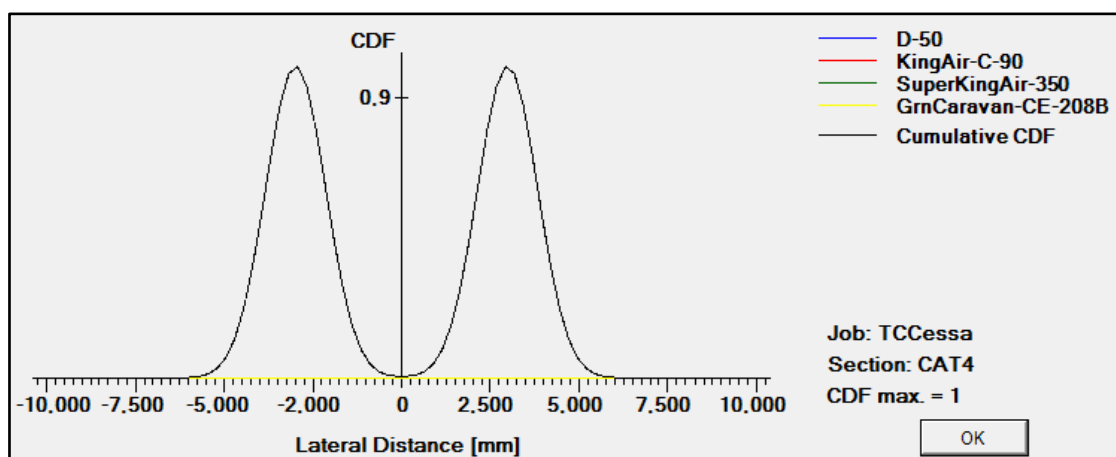


Figura 6 – Gráfico de contribuição das aeronaves para o CDF para o dimensionamento inicial

Conforme pode-se observar na Figura 6, a aeronave nomeada como D-50 representa o valor total de CDF do subleito da estrutura, ou seja, as outras aeronaves não contribuem em nada para a falha do pavimento devido ao peso bruto e número de decolagens serem muito baixos. Destaca-se que as análises realizadas, para este caso em específico, mostraram que a falha do pavimento acontece somente no subleito, já que o valor do CDF do revestimento asfáltico é zero, ou seja, a falha do pavimento, se houver, acontecerá somente devido à tensão vertical no subleito e não pela fadiga do revestimento asfáltico. Esse padrão de comportamento se repetiu para todas as análises variando o módulo de resiliência e a maior aeronave, sendo o ATR 72 (D-50) ou o ATR 42 (D-40) considerado como a maior aeronave da composição do tráfego aéreo de cada uma das simulações realizadas.

Na sequência, foram elaboradas a Figura 7, que relaciona o módulo de resiliência do revestimento com o CDF para a composição de aeronaves, e a Figura 8, que relaciona o módulo de resiliência do revestimento com a vida de projeto do pavimento.

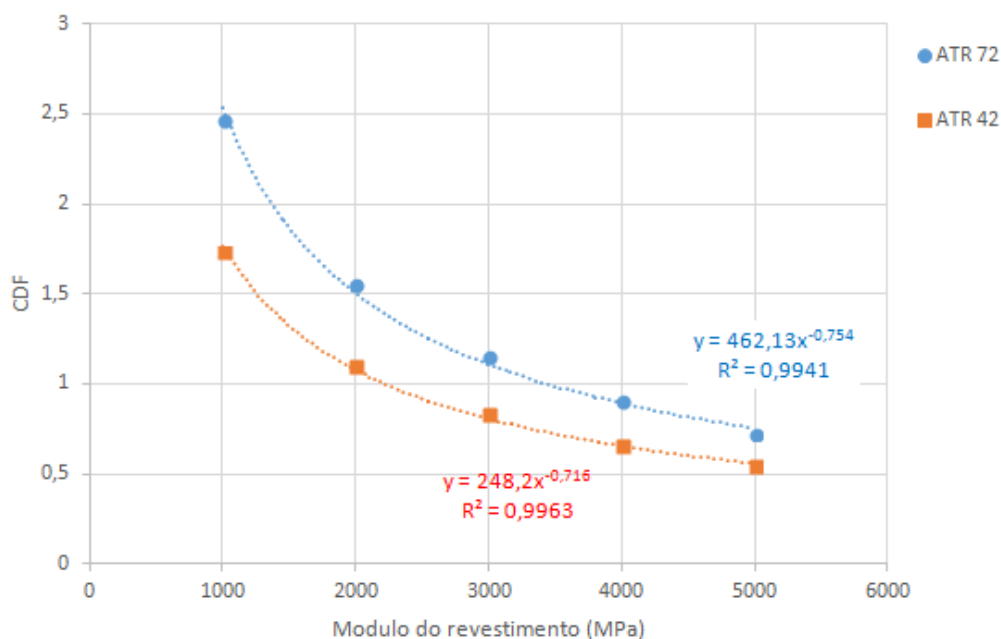


Figura 7 - Relação do módulo de resiliência do revestimento com o CDF

Na Figura 7, é possível verificar o comportamento da linha de tendência para ambas as aeronaves, ATR 72 (D-50) e ATR 42 (D-40), com um comportamento de potência que apresenta elevado coeficiente de determinação ( $R^2$ ), no qual os valores do CDF tendem a se estabilizar em aproximadamente 0,5 com o aumento dos módulos de resiliência. Em relação ao CDF, analisando a aeronave ATR 72, o decréscimo entre os módulos de 1000 MPa e 2000 MPa é de 0,91, entre os módulos 2000 MPa e 3000 MPa a diminuição é de 0,40, entre 3000 MPa e 4000 MPa é de 0,25 e para o intervalo de 4000 MPa e 5000 MPa a diminuição do CDF é de 0,18. Analisando esse mesmo fator agora para a aeronave ATR 42, a diminuição do CDF que ocorre entre os módulos de 1000 MPa e 2000 MPa corresponde a 0,63, entre os módulos 2000 MPa e 3000 MPa, 0,27, para o intervalo de 3000 MPa e 4000 MPa a redução é de 0,17 e para os módulos 4000 MPa e 5000 MPa o decréscimo é de 0,12. Essas diferenças obtidas demonstram que o comportamento resiliente da mistura asfáltica tem um impacto importante no dano previsto para o pavimento, visto que materiais asfálticos muito deformáveis (baixos módulos de resiliência) resultam em decréscimos mais acentuados no valor do CDF, o que pode resultar em deformações permanentes (afundamentos) prematuros e/ou mais severos nas pistas do aeródromo.



Comparando as duas aeronaves, o CDF diminui 0,73 entre o ATR 72 e ATR 42 para um módulo de 1000 MPa, 0,45 para o módulo de 2000 MPa, para o módulo de 3000 MPa a redução é de 0,32, para o módulo de 4000 MPa a redução é de 0,24 e para o módulo de 5000 MPa a redução do CDF é de 0,18. Essas diferenças indicam que o dano causado por aeronaves maiores, para os casos estudados, pode ser atenuado por misturas asfálticas menos elásticas (com maiores módulos de resiliência).

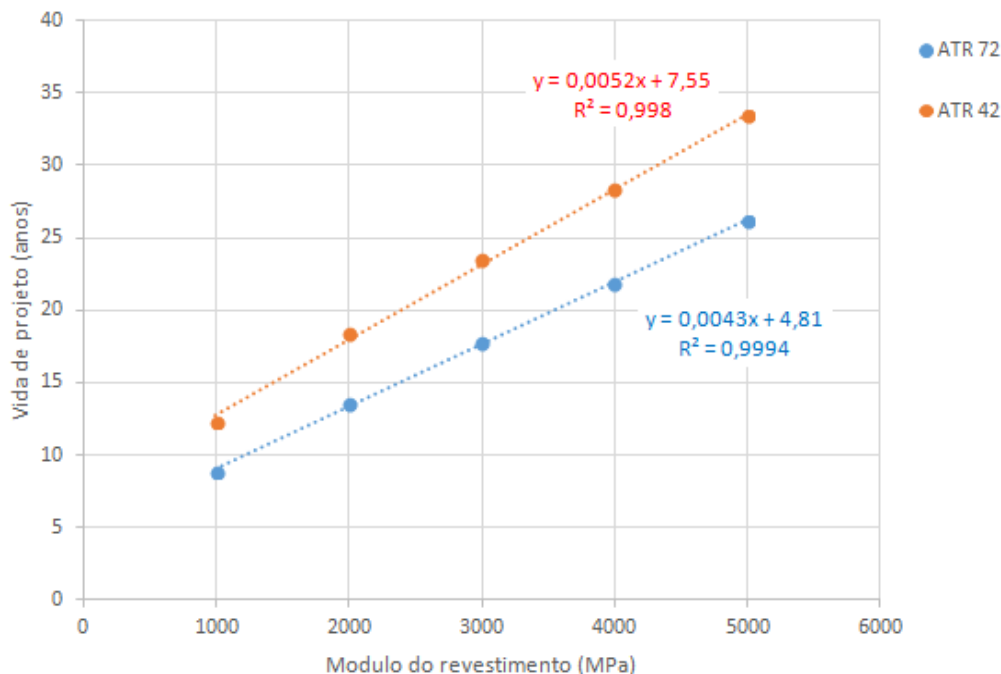


Figura 8 - Relação do módulo de resiliência do revestimento com a vida de projeto.

Na figura 8, as linhas de tendência relacionando a vida de projeto com o módulo de resiliência do revestimento são lineares, com elevado valor de  $R^2$ , e apresentando um aumento crescente na vida de projeto do pavimento com o aumento do módulo de resiliência do revestimento. Levando em consideração a aeronave ATR 72 o aumento da vida útil na comparação entre os módulos de 1000 MPa e 2000 MPa é de 4,70 anos, já para os módulos de 2000 MPa e 3000 MPa o crescimento é de 4,20 anos, para os módulos 3000 MPa e 4000 MPa o aumento é de 4,10 anos e para os módulos 4000 MPa e 5000 MPa o aumento da vida útil é de 4,30 anos. Já para a aeronave ATR 42 o aumento teve um comportamento similar ao anterior para os módulos de 1000 MPa e 2000 MPa é de 6,10 anos, os módulos 2000 MPa e 3000 MPa teve um crescimento de 5,10 anos, entre os módulos 3000 MPa e 4000 MPa o aumento da vida útil teve um acréscimo de 4,80 anos e para o intervalo de módulos 4000 MPa e 5000 MPa o aumento foi de 5,10 anos.

Na comparação entre as aeronaves para o módulo 1000 MPa, o crescimento da vida útil para a modelagem utilizando o ATR 42 em comparação ao ATR 72 é de 3,40 anos, para o módulo de 2000 MPa é de 4,80 anos, no módulo de 3000 MPa o aumento é de 5,70 anos, para o módulo de 4000 MPa o acréscimo é de 6,40 anos e para o módulo de 5000 MPa o crescimento é de 7,20 anos. Tal comportamento em função da vida de projeto, estão em conformidade com as análises realizadas comparando o módulo de resiliência com o CDF.

Por fim, a partir dos dados obtidos, gerou-se o gráfico da Figura 9, no qual se relacionam os valores de vida de projeto com os valores do CDF do subleito. Para essa análise, como era de se esperar, verificou-se uma tendência geral que independe do tipo de aeronave.

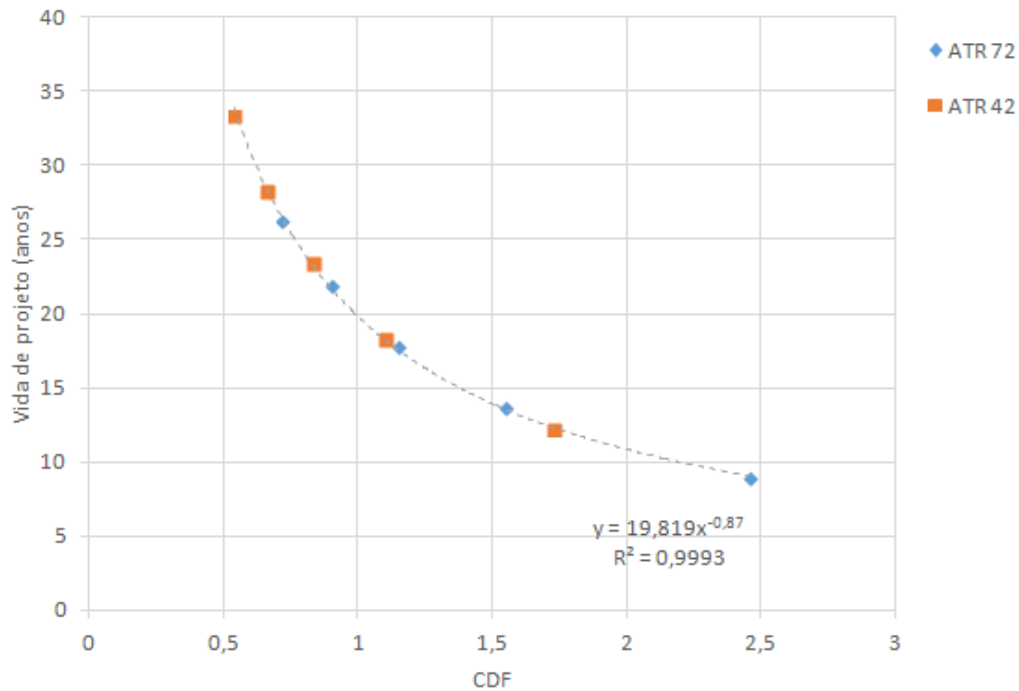


Figura 9 – Relação da vida de projeto com o CDF.

Pela Figura 9, é possível verificar uma linha tendência de potência com elevado valor de  $R^2$  para o conjunto de dados obtidos no estudo de caso desenvolvido neste trabalho, na qual é possível verificar uma queda acentuada da vida de projeto até o valor de CDF 1 e, após esse valor, a tendência é de que o valor vá diminuindo com menor intensidade até uma vida de projeto baixa. Como era de se esperar, existe uma relação inversa entre a vida de projeto e o dano no pavimento, expresso através do CDF. Isso demonstra a tendência de que a vida de projeto diminui potencialmente com o aumento do CDF até uma possível estabilização dos valores próximos de zero. Tendo em vista isso, enquanto existir tráfego existirá CDF e enquanto tiver uma estrutura trafegável terá uma vida útil do pavimento aeroportuário.

## 5. Conclusão

A mudança na metodologia do dimensionamento de pavimentos aeroportuários aumenta a acurácia dos projetos, pois abandona métodos puramente empíricos e passa a adotar conceitos da mecânica dos pavimentos para prever danos devido à deformações excessivas no subleito e fadiga do revestimento asfáltico. Dessa forma, elaborar projetos utilizando o *software* FAARFIELD permite o dimensionamento de pavimentos que possuem boa capacidade de carga e otimização da sua espessura final.

Estimar um tráfego futuro que seja compatível com o aeroporto aumenta a chance de sucesso do dimensionamento, garantindo a vida de projeto definida. O tráfego de aeronaves fora do estimado, tendo elas cargas maiores que as originais, pode acarretar em danos prematuros e diminuir bastante a expectativa de vida do pavimento. Conforme as análises apresentadas neste estudo, o efeito negativo pode ser reduzido ao empregar misturas asfálticas com maiores valores de módulo de resiliência, entretanto, salienta-se que deve-se atentar para que elas não sejam tão rígidas a ponto de alterar o mecanismo de dano principal para a fadiga do revestimento asfáltico.

No presente estudo, o CDF do revestimento não sofreu qualquer modificação permanecendo zerado para todas as análises, isto significa que o revestimento tem desempenho satisfatório na estrutura de pavimento adotada e não representa risco de ruptura por fadiga para as aeronaves escolhidas. Entretanto, o CDF do subleito variou durante as análises e, nesse caso, quando o

valor for superior a 1, representa um pavimento funcionando fora dos limites aceitáveis, ocasionando a perda da vida de projeto, ou seja, apresenta ruptura ou deformações excessivas do subleito antes do previsto, quanto maior o valor de CDF, mais rápido ocorre essa ruptura.

Com o aumento do módulo de resiliência, conforme esperado, as análises mostraram que o valor da vida de projeto também aumenta e o valor do CDF diminui. Os valores ideais para o módulo do revestimento, que corresponderiam ao CDF igual a 1, seriam de, aproximadamente, 3500 MPa para a aeronave ATR 72 e 2500 MPa para a aeronave ATR 42, valores superiores ao valor padrão que automaticamente é fornecido pelo *software* FAARFIELD. Assim, foi possível concluir que o módulo de resiliência das misturas asfálticas tem uma importante influência na vida de projeto dos pavimentos aeroportuários e devem ser levadas em conta no momento do dimensionamento.

### Referências

**AGÊNCIA NACIONAL DA AVIAÇÃO CIVIL.** *Indicadores do Mercado de Transporte Aéreo.* ANAC, 2020. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-de-transporte-aereo/consulta-interativa/demanda-e-oferta-origem-destino>. Acesso em: 29 out. 2020.

**ARAÚJO, J.L.** *Características Funcionais E Mecânicas De Misturas Asfálticas Para Revestimento De Pavimentos Aeroportuários.* 2009. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

**BERNUCCI, L.B.; MOTTA, L.M.G.; CERATTI, J.A.P. & SOARES, J.B.** *Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros.* Rio de Janeiro: Petrobrás, 2010.

**DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO.** *AISWEB.* DECEA, Brasília, 2020.

**FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION.** *Airport Pavement Design and Evaluation.* AC No.: 150/5320-6F. U. S. Department of Transportation, FAA, Washington, DC, USA, 2016.

**JETPHOTOS.** *ATR 72, ATR 42, Cessna Caravan, King Air C90 e Super King Air.* Acesso: <<https://www.jetphotos.com/>>. em: 05 out. 2020.

**RAMOS, B.A.S.; LIMA, D.C.; PITANGA, H.N. & DA SILVA, T.O.** *Aplicação de métodos de dimensionamento de pavimentos aeroportuários da FAA ao Aeroporto Internacional Presidente Juscelino Kubitschek.* Transportes, [S.L.], v. 25, n. 4, p. 57-67, 30 dez. 2017.

**RAMOS, B.A.S.** *Estudo de casos com o emprego de métodos de dimensionamento de pavimentos aeroportuários da Federal Aviation Administration (FAA).* 2016. 163 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

**VIEIRA, R.A.C.** *Dimensionamentos de Pavimentos Aeroportuários: a consideração de novas orientações.* 2015. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico de Lisboa, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2015.