

5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1.

Conclusões

Os ensaios realizados ao longo desta pesquisa, para as condições e materiais empregados, permitem que sejam feitas as seguintes conclusões:

1) Para os corpos-de-prova extraídos do Tanque-Teste de Pavimentos:

- os maiores valores de resistência à tração estática (RT) e de módulo de resiliência (MR) verificaram-se para amostras que apresentam camada de geogrelha (tanto a de poliéster quanto a de fibra de vidro). Isto se refletiu nos valores de energia de fratura (G_f) que foram maiores para as amostras com geogrelha. Entretanto, o maior valor médio de carga máxima no ensaio de tração em disco circular com fenda (DC(T)) foi para as amostras sem a geogrelha e o menor valor médio para as amostras com presença da geogrelha de poliéster.

- desconsiderando os corpos de prova de amostras extraídas que apresentaram valores de V_v discrepantes em relação à maioria, nota-se que a menor energia de fratura média corresponde às amostras sem geogrelha e o maior valor médio de energia corresponde àquelas com geogrelha de fibra de vidro. Para os valores médios de carga máxima suportada, tem-se o maior valor para as amostras com geogrelha de fibra de vidro e menor valor para as amostras com geogrelha de poliéster. Tal fato provavelmente se deve à maior rigidez da geogrelha de fibra de vidro em relação à de poliéster, o que lhe confere maior capacidade de resistir às cargas aplicadas de modo contínuo, ou seja, monotonicamente.

- o fato das amostras com geogrelha de poliéster apresentarem menor valor médio de carga máxima suportada no ensaio DC(T) representa a boa eficácia deste tipo de geogrelha. A geogrelha de poliéster tem influência após atingir certos níveis de deformações na amostra da geogrelha de poliéster, já que esta necessita de se deformar para atuar como elemento de reforço. Nota-se que, apesar do valor de

carga máxima inferior às demais, seu valor médio de energia de fratura foi relativamente próximo à das amostras com geogrelha de fibra de vidro, o que mostra boa influência da geogrelha de poliéster sobre a resistência à fratura dos corpos de prova.

- o parâmetro MR/RT mostrou boa correlação com valores de energia de fratura (G_f). Valores médios maiores de MR/RT correspondem à maiores valores de G_f . O maior valor médio de MR/RT corresponde às amostras com geogrelha de fibra de vidro.

- verifica-se que os valores de teores de vazios (V_v) influenciam os valores de energia de fratura (G_f): menores V_v correspondem a maiores valores de G_f . Isto mostra que uma maior densidade do corpo-de-prova resulta de estrutura mais compacta e maciça, e proporciona maior dificuldade de propagação da trinca que, ao encontrar agregados graúdos, pode ter seu crescimento interrompido por algum intervalo de tempo. Assim, estruturas de misturas asfálticas tipo CBUQ relativamente mais densas resultam em maiores resistências à fratura.

2) Para os corpos-de-prova moldados por compactador giratório:

- os maiores valores de resistência à tração estática (RT) e de módulo de resiliência (MR) verificaram-se para amostras sem geogrelha. Os menores valores de RT ocorreram para amostras com geogrelha de fibra de vidro. Este comportamento foi oposto ao apresentado pelas amostras extraídas. Provavelmente estes maiores valores para os corpos de prova moldados sem geogrelha se devem ao envelhecimento da mistura que pode ter ocorrido durante o processo de moldagem, já que foram as primeiras a serem moldadas no compactador giratório nesta pesquisa. Foi usado tempo adicional da massa na estufa por necessidade de realizar a calibração antes da moldagem, o que deve ter provocado envelhecimento, ocasionando aumento de rigidez da mistura asfáltica.

- os corpos-de-prova correspondentes à situação com geogrelha de fibra de vidro apresentaram o maior valor para a relação MR/RT e o menor valor correspondeu à situação com geogrelha de poliéster.

- de modo geral, menores teores de vazios correspondem a maiores valores de RT. Os menores valores de V_v foram apresentados pelas amostras sem geogrelha. Também se observou correspondência entre valores de V_v e de carga máxima suportada pelos corpos-de-prova no ensaio DC(T): amostra sem geogrelha apresentou maior valor de carga máxima e menor valor de V_v . Já a amostra com fibra de vidro apresentou menor carga máxima suportada no ensaio DC(T) e o maior teor de vazios.

- para os ensaios de fadiga realizados, pode-se concluir que as curvas referentes às amostras com geogrelhas apresentaram inclinações semelhantes, o que é evidenciado pelos valores do parâmetro n que são próximos entre as duas.

Como o parâmetro K para os corpos-de-prova com geogrelha de poliéster foi maior que o da geogrelha de fibra de vidro, acredita-se que a mistura com a geogrelha de poliéster apresente relativamente melhor comportamento de vida de fadiga, se ambas misturas forem empregadas sob iguais condições.

As amostras sem geogrelha apresentam, por meio dos ensaios realizados, melhores comportamentos que os outros dois conjuntos, para níveis de tensões maiores que 30%. Já para níveis de tensões inferiores, (maiores vida de fadiga), a presença das geogrelhas representou melhorias na vida de fadiga, com destaque para as amostras com geogrelha de poliéster. Os corpos de prova sem geogrelha apresentaram, no geral, menores teores de vazios em relação às amostras que apresentavam as geogrelhas (fibra de vidro ou poliéster), o que pode explicar o comportamento relativamente melhor da amostra sem geogrelhas no ensaio de fadiga para níveis de tensão relativamente altos.

-Entretanto, para uma análise mais completa e decisiva sobre qual material tem melhor comportamento à fadiga, deve-se realizar simulação numérica, utilizando revestimentos com mesmas características, pois assim seria considerada a deformabilidade do conjunto de camadas do pavimento. Ao analisar o comportamento à fadiga das diferentes misturas por meio das expressões obtidas pelos ensaios, somente através dos parâmetros n e K , podem ser feitas conclusões equivocadas, pois valores diferentes de rigidezes conduzem a diferentes estados

de tensões, e os resultados de fadiga são influenciados pelos valores de tensão de tração (σ_t) ou diferenças de tensões ($\Delta\sigma$) geradas na camada.

- o maior valor de energia de fratura obtido pelo ensaio de tração em disco circular com fenda (DC(T)) corresponde ao corpo de prova com geogrelha de poliéster e o menor valor sem geogrelha. Entretanto, o maior valor de carga máxima suportada no ensaio DC(T) foi apresentado sem geogrelha e o menor valor foi com geogrelha de fibra de vidro, o que mostra que este parâmetro tem relação com a rigidez da amostra, visto que maiores valores de RT e MR foram obtidos pelas amostras sem geogrelha e provavelmente o pico de carga se deve à resistência inicial do corpo de prova à ruptura.

- a amostra com geogrelha de poliéster, que apresentou o maior valor para a energia de fratura foi a que obteve, no ensaio de fadiga, o melhor comportamento (numa análise apenas através da expressão obtida do ensaio) para os níveis de tensão mais baixos. A amostra com geogrelha de fibra de vidro apresentou menor carga máxima suportada no ensaio DC(T), e também, no ensaio de fadiga, o desempenho inferior.

- pode-se depreender dos resultados obtidos uma relação entre os parâmetros de fadiga (n e k) e a carga máxima suportada no ensaio DC(T), pois os valores máximos de k e n foram obtidos pelos corpos-de-prova sem geogrelha, o que também se verificou para a carga máxima suportada no ensaio DC(T). Tais parâmetros mostram influência da rigidez das amostras, que neste caso foi maior para a situação sem geogrelha.

- buscou-se fazer correlação entre a energia de fratura (G_f) e a resistência à tração estática (RT), como apresentado em HIRSCH (2009). Para os corpos-de-prova extraídos, verifica-se que tais parâmetros são diretamente proporcionais. De modo geral, aumentando o valor de RT, o valor de G_f tende a aumentar. Isto está coerente com dados obtidos por HIRSCH (2009).

- nos ensaios de tração em disco circular com fenda (DC(T)) não se pôde fazer uma análise mais profunda de modo a se obter melhor diferenciação entre a

presença da geogrelha de fibra de vidro e de poliéster, pois o *clip-on-gage* disponível possuía a limitação de abertura máxima igual a 10 mm, o que foi alcançado por praticamente todas as amostras com presença de geogrelha.

- a partir dos valores dos parâmetros obtidos nos ensaios realizados nos corpos de prova extraídos, constata-se a influência das geogrelhas elevando a rigidez e a resistência à fratura das amostras. Portanto, as amostras com presença de reforço por geogrelha de poliéster apresentaram melhor comportamento que as demais amostras.

5.2.

Recomendações

Como recomendações para futuros trabalhos, apresentam-se as seguintes sugestões:

- aperfeiçoar o modelo físico (“Tanque-Teste de Pavimentos”), de modo a se realizar ensaios dinâmicos que conduzam à ruptura do pavimento experimental, e quantificar o comportamento de diferentes geogrelhas na estrutura de pavimento especial.

- realizar tomografia em corpos de prova submetidos aos ensaios de fadiga e DC(T) em vários estágios de crescimento da trinca para visualizar a evolução e a propagação do trincamento, com presença de diferentes geogrelhas;

- no ensaio de fadiga, realizar instrumentação (por meio de LVDTs, por exemplo) para obter medidas de deformações, de modo a obter maiores informações sobre a influência da presença da geogrelha na mistura asfáltica;

- no ensaio de DC(T), tentar utilizar outras configurações de modo a se procurar evitar a ruptura de corpos-de-prova através dos furos de carregamento. Pode-se utilizar para isto menores diâmetros destes furos, sendo que o utilizado nesta pesquisa foi aquele recomendado pela ASTM D 7313-07: 25 mm;

- no ensaio DC(T), estudar a influência da temperatura de condicionamento das amostras na propagação da trinca e nos parâmetros do ensaio (energia de fratura e carga máxima);
- buscar uma correlação entre os parâmetros fornecidos pelo ensaio DC(T) e o de Fadiga: energia de fratura, carga máxima, n, k;
- utilizar não somente o *clip-on-gage*, no ensaio de DC(T), mas também outro tipo de medida de evolução do trincamento, como *crack foil*, em análises com amostras com geogrelhas;
- realizar ensaios cíclicos em pistas experimentais com seções utilizando diferentes geogrelhas como reforço ao trincamento por reflexão, de modo a se obter extrapolação dos dados obtidos dos ensaios em laboratório.