

**Evento:** XV Seminário de Inovação e Tecnologia ▾

CONCRETO ASFÁLTICO USINADO A QUENTE: UMA ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA UMIDADE NA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO A PARTIR DE ENSAIOS LABORATORIAIS¹

**Laura Valentini Dessoy², Lia Geovana Sala³, André Luiz Bock⁴, Laura de Fátima Nunes
da Luz⁵**

¹ Programa de Educação Tutorial, desenvolvido pela Unijuí e financiado pelo Ministério da Educação.
Grupo Novos Materiais e Tecnologias para Construção Civil e Infraestrutura - GMATEC

² Bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET), graduanda do curso de Engenharia Civil da UNIJUÍ.

³ Tutora do Programa de Educação Tutorial (PET), professora do curso de Engenharia Civil da UNIJUÍ.

⁴ Professor do curso de Engenharia Civil da UNIJUÍ.

⁵ Estudante do curso de graduação em Engenharia Civil da UNIJUÍ.

INTRODUÇÃO

Historicamente, o Poder Executivo brasileiro tendeu a incentivar o desenvolvimento do modal rodoviário em detrimento dos demais. Atrelado a isso, os saltos na motorização reforçam a demanda existente e crescente por rodovias no Brasil (De Paula e Bartelt, 2016; Bernucci *et al*, 2022; CNT, 2024).

No contexto nacional, o modal rodoviário é responsável por cerca de 65% do escoamento de cargas e 95% do transporte de passageiros. A malha rodoviária conta com 1.720.909 km de extensão, dos quais apenas 12,4% são pavimentados (CNT, 2024).

Estes dados mostram, ao mesmo tempo, a importância das rodovias para o transporte e o déficit de infraestrutura rodoviária em um país com proporções continentais. Além disso, as condições atuais dos pavimentos são classificadas como regular, ruim ou péssimas em 56,9% das rodovias avaliadas pelo CNT (2024). O desgaste dos pavimentos acarreta impactos socioeconômicos negativos, entre eles o aumento do risco de acidentes, aumento dos custos de transporte e desgaste dos veículos, e redução da eficiência do transporte (CNT, 2024).

Ainda, mais de 99% das vias pavimentadas utilizam concreto asfáltico como revestimento, o que evidencia a predominância dessa tecnologia no setor viário nacional (CNT, 2017). Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006, p. 13), “o revestimento asfáltico é o tipo mais comum de pavimento utilizado nas rodovias brasileiras, devido à sua flexibilidade, custo e facilidade de manutenção”.



Dentre os múltiplos fatores existentes que favorecem a degradação dos pavimentos flexíveis, pode-se colocar em evidência: o uso predominante do método de dimensionamento DNER, considerado empírico e desatualizado; consideração de um único fator climático para todo o país, sem abranger as variações climáticas; execução sem a técnica adequada e descumprimento das normas; priorização do custo na escolha das técnicas de execução e materiais empregados; falta de manutenção preventiva; veículos com sobrecarga e falta de fiscalização eficiente (CNT, 2017; Bernucci *et al*, 2022; CNT, 2022).

Assim, nota-se a importância de buscar pavimentar de forma a garantir a eficiência, durabilidade e segurança, indo de encontro ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 9 da ONU: *Indústria, inovação e infraestrutura*. Logo, este estudo tem como objetivo principal analisar a influência da temperatura e da umidade na resistência à tração do concreto asfáltico usinado a quente, por meio de ensaios laboratoriais padronizados. A partir dessa análise, buscou-se compreender o impacto da variável na durabilidade do pavimento de forma a contribuir para a melhoria dos processos de projeto e manutenção das rodovias brasileiras.

METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida por meio de ensaios laboratoriais normatizados, em conformidade com as normas 178/2018-PRO e 180/2018-ME (DNIT, 2018a; 2018b), e com respaldo na literatura técnica especializada. A preparação das amostras e a execução dos ensaios de resistência à tração por compressão diametral a 25°C (RT 25°C) e de dano por umidade induzida (Lottman) ocorreram nas instalações do Laboratório de Engenharia Civil do campus de Ijuí da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Para ambos os ensaios, doze amostras foram moldadas utilizando o método de compactação Marshall, com compactador manual, conforme o DNIT (2018a). Cada amostra consistia em aproximadamente 1200g de mistura asfáltica, contendo 5,8% de cimento asfáltico de petróleo, densidade máxima medida (DMM) de 2,885g/cm³, e agregados de granulometria fina, configurando uma mistura de faixa A. A separação das amostras foi a seguinte: quatro para o ensaio de RT 25°C, compactadas com 75 golpes em cada face; e oito para o Lottman, compactadas com 10 golpes por face, das quais quatro foram condicionadas

conforme a norma DNIT (2018b) e quatro não foram. As amostras de número 1 a 8 foram reservadas para o Lottman, enquanto as demais foram destinadas ao ensaio RT 25 °C.

Após o resfriamento, as amostras foram desmoldadas com auxílio de um macaco hidráulico e tiveram suas dimensões aferidas com paquímetro digital. A determinação dos pesos ao ar, submerso e saturado superficialmente seco (SSS) foi realizada com uma balança digital de precisão 0,01 g, possibilitando o cálculo das massas específicas e dos volumes de vazios (VV) das amostras. De acordo com a norma DNIT 180/2018-ME, o ensaio Lottman requer VV entre 6% e 8%. Todavia, as amostras obtiveram valores superiores, indicando baixo nível de compactação. Apesar disso, optou-se por dar continuidade ao ensaio a fim de observar o comportamento da mistura nessas condições.

Prosseguiram-se os ensaios conforme as normativas mencionadas, realizando as secagens, banhos-maria e o condicionamento como devido, possibilitando submeter as amostras ao ensaio de resistência à tração por compressão diametral, gerando os resultados deste estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos pelo ensaio de RT 25°C podem ser vistos na tabela 1, onde observa-se que as resistências à tração foram uniformes e satisfatórias, visto que a média encontrada é de 1,91MPa, e a norma DNIT 031/2024 ES estabelece resistência à tração mínima de 0,65MPa para revestimentos asfálticos (DNIT, 2024), o que pode indicar que a mistura asfáltica pode ser empregada em solicitações de tráfego elevadas.

Tabela 1: Resultados do ensaio de RT 25°C.

Geometria			Pesos		Densidades			Vazios		Res. Tração		
Nº CP	h (cm)	d(cm)	ao ar	submerso	volume	D aparente	DMM	ar	agregado	RBV	Leit.	Rt (MPa)
9	5,964	10,180	1199,85	766,90	433,0	2,771	2,885	3,9	6,8	42,2	1120	1,94
10	5,963	10,151	1195,95	765,60	430,4	2,779	2,885	3,7	6,6	44	1080	1,88
11	5,915	10,166	1195,94	764,72	431,2	2,773	2,885	3,9	6,8	42,7	1110	1,94
12	5,982	10,145	1200,20	740,73	459,5	2,612	2,885	9,5	12,2	22,3	1090	1,89
média	5,96	10,16	1197,99	759,49	438,5	2,73	2,89	5,24	8,08	37,81	1100	1,91

Fonte: Autores (2025).

Já o ensaio Lottman resultou nos parâmetros das tabelas 2 e 3, mostrando que a razão de resistência à tração retida (RRT) encontrada com o ensaio foi de 0,48, o que não atende aos



0,70 requisitados pela norma (DNIT, 2024), indicando uma alta influência da umidade na resistência à tração da mistura e uma baixa adesividade entre agregados e ligante. Também pode-se analisar as diferenças encontradas nas resistências à tração em ambos os ensaios, quando compara-se os resultados das amostras que foram mais compactadas, e que portanto possuem menor VV, com as amostras menos compactadas e que não foram condicionadas

Tabela 2: Características físicas das amostras 1 a 8.

Identificação Nº CP	Geometria		Pesos (g)			Densidades (g/cm³)		
	h (cm)	d(cm)	Seco	Imerso	Sss	volume (cm³)	D aparente	Dmáx medida
1	6,833	10,173	1200,83	760,66	1236,97	440,17	2,521	2,885
2	6,952	10,148	1205,94	748,36	1243,73	457,58	2,434	2,885
3	6,858	10,202	1191,13	753,2	1229,05	437,93	2,503	2,885
4	6,894	10,154	1204,98	766,6	1244,09	438,38	2,524	2,885
5	6,984	10,158	1200,37	733,33	1239,62	467,04	2,371	2,885
6	7,03	10,158	1213,19	743,5	1251,52	469,69	2,388	2,885
7	6,967	10,182	1211,07	737,44	1253,07	473,63	2,349	2,885
8	6,888	10,166	1203,01	732,82	1240,5	470,19	2,370	2,885

Fonte: Autores (2025).

Tabela 3: Parâmetros e resistências à tração das amostras 1 a 8.

Nº CP	vv (%)	55% Saturação (g)	80% Saturação (g)	55% Controle Sat.	80% Controle Sat.	Grupo	Leitura	RT (Mpa)
1	12,613	30,536	44,415	1231,4	1245,2	Sem condicionamento	580	0,878
2	15,618	39,305	57,172	1245,2	1263,1	Condicionado	320	0,478
3	13,235	31,879	46,369	1223	1237,5	Sem condicionamento	530	0,798
4	12,528	30,206	43,936	1235,2	1248,9	Sem condicionamento	590	0,887
5	17,819	45,773	66,579	1246,1	1266,9	Condicionado	280	0,416
6	17,224	44,966	64,721	1257,7	1277,9	Condicionado	250	0,369
7	18,589	48,423	70,433	1259,5	1281,5	Sem condicionamento	580	0,861
8	17,864	46,197	67,196	1249,2	1270,2	Condicionado	245	0,368

Fonte: Autores (2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho revelaram que, embora a mistura asfáltica apresente resistências à tração satisfatórias para suportar elevadas solicitações de tráfego, a umidade exerce uma influência significativa na sua resistência, conforme evidenciado pela RRT que não atendeu aos requisitos normativos. Este achado sugere uma baixa adesividade entre os agregados e o ligante asfáltico, um fator crítico para a durabilidade dos pavimentos. Esta interferência traz a reflexão de que os fatores climáticos regionais devem ser levados em consideração no dimensionamento dos pavimentos e dosagens de concreto asfáltico.

Adicionalmente, verificou-se que o VV influencia diretamente a resistência: amostras



com menor VV apresentaram melhor desempenho, reforçando a importância de um controle rigoroso da execução da compactação de obras rodoviárias.

Em um contexto onde a malha rodoviária brasileira enfrenta desafios significativos em termos de infraestrutura, com uma parcela considerável de pavimentos classificados como regulares, ruins ou péssimos, os resultados deste estudo são de grande relevância. Reforçam também a importância da pesquisa científica para aprimoramento do conhecimento técnico na área e a necessidade da realização de ensaios laboratoriais normatizados para tentar prever o desempenho desses materiais e contribuir para o controle dos processos de execução dos pavimentos, a fim de garantir durabilidade e sustentabilidade.

Palavras-chave: Pavimentação. Concreto asfáltico. Rodovias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNUCCI, Liedi Bariani *et al.* **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros.** 2ª ed. Rio de Janeiro: Petrobras; ABEDA, 2022.

CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias 2024.** Brasília: CNT, 2024.

CNT. **Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?** Brasília: CNT, 2017

DE PAULA, Marilene; BARTELT, Dawid Danilo (org.). **Mobilidade urbana no Brasil: desafios e alternativas.** Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Böll, 2016.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de pavimentação.** IPR 719. 3. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 031/2024 - ES:** Pavimentação – Concreto asfáltico – Especificação de serviço. DNIT, 2024.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 178/2018 - PRO:** Pavimentação asfáltica - Preparação de corpos de prova para ensaios mecânicos usando o compactador giratório Superpave ou o Marshall – Procedimento. DNIT, 2018a.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 180/2018 - ME:** Pavimentação - Misturas asfálticas - Determinação do dano por umidade induzida – Método de ensaio. DNIT, 2018b.