

# Considerações sobre Pavimento de Concreto Compactado com Rolo Reforçado com Fibras (CCR-F): durabilidade, sustentabilidade, economia e otimização construtiva

**ADRIANO GAMALLO GONDIM** - ENG. - (agondim@intercement.com) – InterCement Brasil

**CARLOS BASSAMINO** - ENG. - (bassaminocarlos@gmail.com) – R9pro Engenharia

**ROMÉRIO SALES PEREIRA** - ENG. - (ROMERIOSALES@GMAIL.COM) – Pedreira Um Valemix

## RESUMO

O PAVIMENTO DE CONCRETO COMPACTADO COM ROLO (CCR) VEM SE CONSOLIDANDO COMO SOLUÇÃO ROBUSTA E ECONOMICAMENTE ATRATIVA PARA VIAS URBANAS E RODOVIÁRIAS [1]. ESTE ARTIGO APRESENTA SÍNTESE DE ESTUDOS DEDICADOS AO DESEMPENHO DO CCR APLICADO À PAVIMENTAÇÃO E DESCREVE DOIS TRECHOS EXPERIMENTAIS: UM EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO REFORÇADO COM FIBRAS (CCR-F), EVIDENCIANDO A ADAPTAÇÃO A EQUIPAMENTOS CONVENCIONAIS [2]; E OUTRO EM CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS (CRF), DEMONSTRANDO SUA VIABILIDADE ECONÔMICA.

OS GANHOS DO CCR SUPERAM OS DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS, COM MAIOR DURABILIDADE, MENORES CUSTOS DE MANUTENÇÃO, MELHOR COMPORTAMENTO TÉRMICO E MITIGAÇÃO DE ILHAS DE CALOR PELO ALTO ALBEDO, ALÉM DE MENOR EMISSÃO DE CO<sub>2</sub> E ELEVADA EFICIÊNCIA CONSTRUTIVA. O USO DE FIBRAS AUMENTA A TENACIDADE E MELHORA O CONTROLE DE FISSURAÇÃO, AMPLIANDO O DESEMPENHO ESTRUTURAL. EM APLICAÇÕES RECENTES, O CCR-F MOSTROU COMPETITIVIDADE ECONÔMICA SUPERIOR EM RELAÇÃO AOS REVESTIMENTOS FLEXÍVEIS, ALINHANDO-SE ÀS EXIGÊNCIAS ATUAIS POR INFRAESTRUTURA RESILIENTE, DURÁVEL E AMBIENTALMENTE RESPONSÁVEL.

**PALAVRAS-CHAVE:** CONCRETO COMPACTADO COM ROLO, PAVIMENTO DE CONCRETO, PAVIMENTO RÍGIDO, SUSTENTABILIDADE, INFRAESTRUTURA.

## 1. INTRODUÇÃO

A infraestrutura rodoviária brasileira enfrenta desafios contínuos de durabilidade e altos custos de manutenção. Nesse cenário, o Concreto Compactado com Rolo (CCR)

surge como alternativa robusta, empregando concreto de consistência seca e equipamentos usuais de terraplenagem e pavimentação [3]. Sua elevada resistência à deformação permanente e menor sensibilidade térmica o tornam superior aos pavimentos flexíveis. Quando reforçado com fibras (CCR-F), alcança maior tenacidade [4] e melhor controle de fissuração, essenciais ao desempenho e à vida útil de pavimentos rígidos [5].

Este trabalho reúne informações técnicas sobre o CCR-F, demonstrando sua capacidade de atender às demandas atuais por eficiência estrutural, durabilidade e sustentabilidade. Inclui-se também a análise de dois trechos experimentais, com custos de implantação e aspectos executivos, fornecendo subsídios para a avaliação prática e econômica dessa solução em infraestrutura viária.

## 2. O CONCRETO COMPACTADO COM ROLO (CCR) E O REFORÇO COM FIBRAS

O Concreto Compactado com Rolo (CCR) difundiu-se no Brasil em obras de barragens [6], caracterizado pelo baixo consumo de cimento e pelo controle rigoroso de lançamento e adensamento [7]. Trata-se de concreto de baixa consistência, conforme descrito por Mehta e Monteiro [8], aplicado desde a década de 1980 em estruturas essencialmente comprimidas, permitindo economia de ligante.

Para uso em pavimentação, contudo, a tecnologia requer ajustes de dosagem, espe-

cialmente no teor de cimento, para garantir desempenho mecânico adequado [9]. Sem norma específica para resistência à tração na flexão, adotam-se valores usuais entre 4 e 5 MPa para CCR e CCR-F [10]. O DNIT recentemente regulamentou sua produção para pavimentos [11]. Nessa aplicação, o CCR exige maior teor de ligante e controle refinado de consistência e compactação, assegurando resistência, durabilidade e regularidade superficial. Estudos de Neville [12] e do IBRACON [13] mostram que o aumento do ligante melhora o módulo de ruptura e resistência residual, essenciais ao desempenho estrutural.

O baixo teor de água confere abatimento de tronco de cone nulo ou muito baixo [14], viabilizando compactação com rolos vibratórios [15]. A tecnologia destaca-se pela rapidez e economia, adotando métodos similares aos de bases granulares, com agregados densamente graduados e pasta otimizada, o que resulta em elevadas resistências mecânicas [4], [9], [10], [16].

### 2.1 O papel das fibras no CCR-F: tenacidade e controle de fissuração

A adição de fibras poliméricas, metálicas ou de aramida ao CCR é fundamental para reduzir fissuração por retração e aumentar a tenacidade, atuando como pontes de transferência de tensão e elevando a resistência à fadiga e ao impacto [17]. Estudos da Portland Cement Association (PCA) e de outros

**TABELA 1**

QUADRO SINÓTICO PAVIMENTO RÍGIDO X PAVIMENTO FLEXÍVEL (CAP)

Pavimento e característica	Comportamento	Referências bibliográficas
Albedo do concreto é maior (0,25-0,45)	Concreto reflete mais radiação solar, permanecendo visualmente mais claro ao longo do tempo.	(23) (24) (25)
Albedo do CAP é baixo (0,05-0,15)	CAP absorve grande parte da radiação solar, escurecendo ainda mais com envelhecimento.	(26) (25)
Temperatura superficial menor no concreto	Geralmente 10-20 °C mais frio que CAP devido ao alto albedo.	(27) (23)
Temperatura superficial mais alta no CAP	Atinge até 70 °C em dias quentes; forte absorção térmica.	(26) (25)
Concreto tem emissões iniciais de CO <sub>2</sub> mais altas	Cimento é o maior contribuinte (250-350 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ).	(28) (29)
CAP tem emissões iniciais menores	Produção de CAP e mistura a quente tem impacto inicial menor.	(30) (31)
Concreto tem menor CO <sub>2</sub> acumulado ao longo da vida (20-30 anos)	Baixa frequência de manutenção e longa durabilidade reduzem emissões totais.	(32) (33) (34)
CAP acumula mais CO <sub>2</sub> ao longo da vida útil	Reciclagens e recomposições frequentes (5-12 anos) aumentam impactos.	(30) (31)
Concreto reduz ilha de calor urbana	Alto albedo → menor aquecimento urbano.	(26) (23)
CAP intensifica ilha de calor urbana	Baixo albedo → esquentar o ambiente ao redor.	(25) (27)
Concreto pode reduzir consumo de combustível de caminhões	Maior rigidez → menor deflexão → menor resistência ao rolamento.	(35) (36)
CAP pode aumentar consumo de combustível em altas temperaturas	Amolecimento térmico aumenta deflexão e resistência ao rolamento.	(36)

FONTE: DOS AUTORES – BASE DE DADOS DAS REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS INDICADAS

centros confirmam que o reforço fibroso melhora o comportamento pós-fissuração, aumentando a resistência à tração na flexão e os índices de tenacidade [18].

O controle de fissuras é especialmente importante em pavimentos rígidos, onde tenacidade e capacidade de absorção de energia determinam o desempenho sob carregamentos dinâmicos [5]. O CCR-F também apresenta maior integridade estrutural em juntas e bordas, regiões mais solicitadas. A elevação da tenacidade e da resistência à fadiga pode até permitir redução de espessura, favorecendo a otimização do dimensionamento estrutural [4], [5].

### 3. BENEFÍCIOS DE DESEMPENHO DO CCR REFORÇADO COM FIBRAS

#### 3.1 Durabilidade superior e desempenho estrutural

Pavimentos de concreto têm longa vida útil, às vezes superior a 20 anos, exigindo mínima manutenção – em contraste com os pavimentos flexíveis, que demandam intervenções mais frequentes [17], [19]. Como pavimento rígido, o CCR distribui melhor as cargas e resiste à formação de trilhas de roda, evitando deformações permanentes típicas de revestimentos asfálticos.

O CCR-F potencializa esses benefícios por meio de:

- ▶ Maior resistência à fadiga: as fibras elevam o desempenho sob tráfego pesado, reduzindo efeitos acumulados de ciclos de carga [5];
- ▶ Controle de fissuração: a limitação da abertura de fissuras diminui infiltrações e evita degradações prematuras, ampliando a durabilidade estrutural.

#### 3.2 Conforto térmico e mitigação do efeito de ilhas de calor

O concreto possui albedo muito superior ao dos pavimentos tradicionais, fator decisivo para sustentabilidade urbana e conforto térmico [20], [21].

- ▶ Mitigação de ilhas de calor: ao refletir mais radiação solar, o pavimento de concreto mantém temperaturas superficiais mais baixas, ao passo que revestimentos em CAP, de coloração escura, podem atingir até 70 °C;
- ▶ Eficiência energética: o maior albedo

reduz a necessidade de iluminação pública e diminui o consumo de ar-condicionado em edificações próximas, graças à menor absorção térmica do entorno.

#### 3.3 Sustentabilidade e Análise do Ciclo de Vida (ACV)

A sustentabilidade do CCR-F é comprovada por Análises do Ciclo de Vida (ACV), que avaliam impactos desde a extração de matérias-primas até o fim da vida útil do pavimento [14]. Apesar das emissões inerentes à produção de cimen-

to, a ACV indica que o CCR-F apresenta pegada de carbono mais favorável que pavimentos flexíveis [22], em função de:

- ▶ Menor consumo de materiais: a maior eficiência estrutural dos pavimentos rígidos e o reforço com fibras, que melhora o desempenho à tração, permitem reduzir espessuras e eliminar ligantes asfálticos [5].
- ▶ Durabilidade estendida: a maior vida útil diminui intervenções e reconstruções, reduzindo energia e emissões ao longo do ciclo.
- ▶ Incorporação de materiais alternativos: o uso de cinzas volantes e escória de al-

**FOTOS 1 E 2**

LANÇAMENTO CONCRETO NA PAVIMENTADORA

FONTE: DOS AUTORES – PEDREIRA UM VALEMIX



### FOTOS 3 E 4

#### DISTRIBUIÇÃO DE CAMADA DE PAVIMENTAÇÃO

FONTE: DOS AUTORES – PEDREIRA UM VALEMIX



### FOTOS 5 E 6

#### COMPACTAÇÃO COM ROLO SIMPLES

FONTE: DOS AUTORES – PEDREIRA UM VALEMIX



### FOTOS 7 E 8

#### COMPACTAÇÃO COM ROLO PNEUMÁTICO E ASPERSÃO QUÍMICA PARA CURA

FONTE: DOS AUTORES – PEDREIRA UM VALEMIX



### FOTOS 9 E 10

#### MARCAÇÃO DOS CORTES E PAVIMENTO FINALIZADO

FONTE: DOS AUTORES – PEDREIRA UM VALEMIX

to-forno diminui a demanda de cimento Portland e as emissões associadas [22].

### 3.4 Quadro sinótico comparativo entre os pavimentos rígidos e flexíveis

A comparação entre pavimentos de concreto e revestimentos em CAP evidencia dife-

renças marcantes em albedo, temperatura superficial e emissões de CO<sub>2</sub> ao longo do ciclo de vida, fatores determinantes na avaliação ambiental e energética. O pavimento de concreto, com albedo mais elevado, reflete maior radiação solar, mantém superfícies mais frias, contribui para mitigar ilhas de calor e reduz o consumo energético associado ao tráfego pesado. Embora apresente emissões iniciais

superiores devido ao cimento, tende a gerar menor CO<sub>2</sub> acumulado pela reduzida necessidade de manutenção.

Já o pavimento em CAP possui baixo albedo, absorve mais calor e atinge temperaturas mais altas, intensificando o aquecimento urbano e elevando o consumo de combustível, especialmente em dias quentes. Sua menor durabilidade implica intervenções frequentes, aumentando as emissões totais ao longo da vida útil. Assim, compreender a relação entre albedo, aquecimento superficial e emissões é essencial para a escolha da solução mais adequada ao contexto climático e operacional. A Tabela 1 sintetiza essas diferenças.

### 4. ESTUDO DE CASO - ACESSO PÁTIO DOS AGREGADOS DA CENTRAL DE CONCRETO (PEDREIRA UM VALEMIX - TIMÓTEO / MG) - OTIMIZAÇÃO CONSTRUTIVA: COMPATIBILIDADE DE EQUIPAMENTOS

A execução do CCR caracteriza-se pela rapidez e simplicidade, pois utiliza o mesmo conjunto de equipamentos empregado em terraplenagem e pavimentação [2], [16]. No trecho experimental da Pedreira Um Valemix - Timóteo / MG, o CCR-F foi produzido conforme as normas brasileiras para dosagem, lançamento, adensamento e cura.

O material foi dosado em central na própria mineração, em conformidade com a ABNT NBR 7212:2023, e homogeneizado em caminhões betoneira, garantindo a correta dispersão das fibras – fundamental para tenacidade, controle de fissuras e desempenho pós-fissuração. A uniformidade da mistura foi controlada segundo a DNIT 460/2025 ES.

Após a descarga em caminhões basculantes, o concreto foi lançado continuamente sobre a pavimentadora (Fotos 1 e 2), que distribuiu e regularizou a camada dentro das tolerâncias de espessura, planicidade e textura (Fotos 3 e 4). A compactação foi realizada com rolo liso simples, podendo ser complementada por rolo vibratório Tandem e, em seguida, por rolo pneumático para fechar a superfície e reduzir porosidade (Fotos 5 e 6).

Finalizada a compactação, aplicou-se composto de cura para evitar perdas de água e retrações iniciais, assegurando o desenvolvimento das propriedades mecânicas (Fotos 7 e 8). Por fim, marcaram-se as juntas induzidas, indispensáveis ao controle de fissuras decorrentes de variações térmicas e



higroscópicas, resultando no pavimento concluído (Fotos 9 e 10).

#### 4.1 Detalhes da execução e compactação

A execução do CCR-F é contínua e altamente produtiva: o material é transportado por caminhões basculantes e distribuído por vibroacabadoras ajustadas à sua consistência seca. A etapa mais crítica é a compactação, realizada com rolos vibratórios de cilindro liso [1].

O processo deve iniciar imediatamente após o espalhamento e ser finalizado antes da pega do cimento, pois a energia de

compactação é decisiva para atingir a densidade e a resistência especificadas, conforme fundamentos de mecânica dos solos e tecnologia do concreto [10]. A elevada produtividade do CCR proporciona taxas de assentamento superiores às de pavimentos rígidos convencionais, reduzindo o tempo de execução e os custos indiretos da obra.

#### 5. CONCLUSÃO

O Pavimento de Concreto Compactado com Rolo Reforçado com Fibras (CCR-F) configura-se como solução capaz de conciliar desempenho estrutural, sustentabilidade e viabilidade econômica.

A combinação entre a elevada resistência do CCR e a tenacidade proporcionada pelas fibras resulta em infraestrutura durável, com baixa demanda de manutenção.

A vantagem ambiental – refletida no alto albedo e na menor emissão de CO<sub>2</sub> ao longo do ciclo de vida – alinha o CCR-F às estratégias de desenvolvimento urbano sustentável e mitigação de ilhas de calor. Somam-se a isso a facilidade de execução com equipamentos amplamente disponíveis e a competitividade econômica, consolidando o CCR-F como alternativa tecnicamente robusta e ambientalmente responsável para o futuro da pavimentação no Brasil. ☺

#### ▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PORTLAND CEMENT ASSOCIATION – PCA. Roller-Compacted Concrete Pavements for Highways and Streets. 2005. Disponível em: <https://www.cement.org/wp-content/uploads/2024/08/is328.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2025.
- [2] —. Production of Roller Compacted Concrete. 2006. Disponível em: <https://www.cement.org/wp-content/uploads/2024/08/is332.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2025.
- [3] DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO PARANÁ – DER/PR. Pavimentação: Manual de Especificações de Serviços Rodoviários. 2023.
- [4] NANNI, A. Properties and Design of Fiber Reinforced Roller Compacted Concrete. Washington, DC: Transportation Research Board, 1989. ISSN 0361-1981.
- [5] SILVEIRA, A. J. B.; BASSAMINO NETO, C. S.; PAROLIN, F. J. T. Emprego de Macrofibras Estruturais de Polipropileno na Pavimentação Rígida com Concreto Compactado com Rolo. Belo Horizonte: 27ª ENACOR; 50ª RAPv, out. 2025.
- [6] GOMES, F. M. P.; LIDUÁRIO, A. S.; FURNAS. CCR e sua contribuição para energia renovável sustentável – aplicação na UHE Serra do Facão. Concreto & Construções, ed. 108, out./dez. 2022.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 16312: Concreto Compactado com Rolo. Partes 1, 2 e 3. Rio de Janeiro, 2014-2015.
- [8] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concrete: Microstructure, Properties, and Materials. 4. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2014.
- [9] RAMBABU, D.; SHARMA, S. K.; AKBAR, M. A. Evaluation of roller compacted concrete for its application as high traffic resisting pavements with fatigue analysis. Construction and Building Materials, Elsevier, 19 out. 2023.
- [10] KHAYAT, K. H.; LIBRE, N. A.; WU, Z. Roller Compacted Concrete for Rapid Pavement Construction. Missouri Department of Transportation (SPR), Research Section – Construction and Materials Division, 2019. Projeto MoDOT # TR201518.
- [11] DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE – DNIT. Norma DNIT 460/2025: Pavimento rígido – Concreto de cimento Portland compactado com rolo – Especificação de serviço. 2025.
- [12] NEVILLE, A. M. Properties of Concrete. 5. ed. London: Pearson Education, 2011.
- [13] INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO – IBRACON. Manual de Pavimentos de Concreto. São Paulo: IBRACON, 2018.
- [14] TELFORD, A. et al. Transport Transitions: Advancing Sustainable and Inclusive Mobility – Life Cycle Analysis of Low Carbon Roller Compacted Concrete Pavements. Dublin: Springer, 2024. v. IV.
- [15] DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE – DNIT. Manual de Pavimentos Rígidos. 2. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2005.
- [16] DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – DER/SP. Concreto Compactado com Rolo para Sub-base ou Base de Pavimento de Concreto de Cimento Portland. São Paulo, 2006. (A. ET-DE-P00/044).
- [17] SCHETTINO, R. M. Concreto com Adição de Fibras de Politereftalato de Etileno. Volta Redonda: UniFOA, 2012. Dissertação.
- [18] OLIVEIRA, M. A.; FERNANDES, R. C. P.; PACHECCO, R. F. R. Análise comparativa de custos entre pavimentos rígidos e flexíveis. Concreto & Construção, ed. 113, 2024. DOI: 10.4322/1809-7197.2024.113.0003.
- [19] CAVALET, V. N. et al. Análise Comparativa do Custo-Benefício entre Pavimentos Flexíveis em Concreto Asfáltico e Pavimentos Rígidos em Concreto de Cimento Portland Aplicado em Rodovia de Alto Tráfego. 33º ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte, Balneário Camboriú – SC, 2019.
- [20] SOUZA, J. A. P.; MENIM, B. F.; KOWALSKI, L. F. Influência do albedo na temperatura de superfície de pavimento asfáltico urbano. Revista Tecnologia e Ambiente, v. 26, 2020. ISSN 2358-9426.
- [21] TERRA NETWORKS. Como cidades do Ceará combatem o calor pavimentando ruas com concreto. 13 jan. 2025. Disponível em: <https://www.terra.com.br/byte/ciencia/como-cidades-do-ceara...> Acesso em: 3 nov. 2025.
- [22] TELES, A. et al. Método para cálculo do consumo energético e da emissão de CO<sub>2</sub> dos serviços de infraestrutura de transportes do SICRO: análise comparativa entre pavimentos asfáltico e de concreto de cimento. 2024.
- [23] POMERANTZ, M.; AKBARI, H.; CHANG, S. The Effect of Pavements' Temperatures on Air Temperatures in Large Cities. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2000.
- [24] LI, H.; HARVEY, J.; KENDALL, A. Field measurement of albedo for different pavement surfaces and its impact on urban heat island. Journal of Cleaner Production, v. 52, p. 234-242, 2013.
- [25] FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION – FHWA. Pavement Surface Characteristics: Albedo. Washington, D.C.: FHWA, 2016.
- [26] SANTAMOURIS, M. Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island – A review. Solar Energy, v. 103, p. 68-94, 2013.
- [27] SEN, S.; ROESLER, J. Effects of pavement albedo on urban heat island. Transportation Research Record, v. 2673, n. 9, p. 448-459, 2019.
- [28] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Sixth Assessment Report (AR6): Materials and Industrial Processes – Emission Factors. Geneva: IPCC, 2021-2022.
- [29] PORTLAND CEMENT ASSOCIATION – PCA. Sustainability of Concrete Pavements. Skokie, IL: PCA, 2018.
- [30] NATIONAL ASPHALT PAVEMENT ASSOCIATION – NAPA. Environmental Product Declaration for Asphalt Mixtures. Greenbelt, MD: NAPA, 2017-2023.
- [31] HARVEY, J. et al. Life-Cycle Assessment of Pavements. Davis: University of California Pavement Research Center (UCPRC), 2016.
- [32] AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS – AASHTO. Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide: A Manual of Practice. Washington, D.C.: AASHTO, 2008-2015.
- [33] SANTERO, N.; MASANET, E.; HORVATH, A. Life-cycle assessment of pavements – Part I: Critical review; Part II: Data needs and availability. Resources, Conservation and Recycling, v. 55, p. 801-809; 810-818, 2011.
- [34] FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION – FHWA. Concrete Pavement Design and Construction Manual. Washington, D.C.: FHWA, 2015.
- [35] TAYLOR, P.; VAN DAM, T. et al. Energy Use and Fuel Efficiency in Rigid vs. Flexible Pavements. Cambridge: MIT Concrete Sustainability Hub, MIT, 2012.
- [36] AKBARIAN, M. et al. Pavement-vehicle interaction and its influence on fuel consumption. Transportation Research Record, v. 2588, p. 41-52, 2016.