

## ESTUDO DAS PROPRIEDADES E UTILIZAÇÃO DO CONCRETO EM RODOVIAS

YAN ROCHA DE OLIVEIRA<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Dr. Pesquisador, UNIPLAN, Brasília-DF, yanrochaoliveira@gmail.com;

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
4 a 6 de outubro de 2022

**RESUMO:** Este trabalho tem como objetivo o levantamento, análise e quantificação das relações entre as propriedades não só funcionais como sociais no que desrespeito à pavimentos em concreto além do impacto ambiental, tráfego e segurança do usuário, conforto de condução e considerações econômicas (custos). O objetivo é desenvolver um modelo que possa ser usado como instrumento para otimização de projetos de estradas em concreto. Esta pesquisa descreve uma investigação minuciosa com relação a literatura, estudos específicos sobre projetos de iluminação rodoviária e pavimentos de concreto, investigações laboratoriais sobre tempos de corte de serras para articulações e propriedades de ligação de dowels e desenvolvimento de um modelo de otimização. A investigação da literatura resultou em conhecimentos compilados sobre propriedades funcionais de estradas concretas e suas relações a fatores sociais. Uma análise também foi realizada a partir de acompanhamentos de quatro estradas de concreto já construídas. A partir do estudo sobre o projeto de iluminação rodoviária, são feitas propostas para o uso de novos valores para brilho e espelcularidade e alteração da classificação de pavimentos de concreto molhado. As investigações de atuação conjunta têm dado recomendações para o primeiro tempo de corte de serra para articulações em estradas de concreto. Propõe-se um modelo de otimização, e atualmente partes do modelo podem ser utilizadas para comparações econômicas entre diferentes alternativas. O modelo proposto ainda precisa de mais pesquisas com relação a valorização das relações antes que o modelo seja usado como modelo final. Outras áreas interessantes para pesquisas são: projetos de iluminação rodoviárias e especialmente pavimentos molhados, limite superior de tempo de corte de serra para articulações e análises adicionais do desempenho do dowel.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto. Estradas. Estruturas. Estudo.

### STUDY OF THE PROPERTIES AND USE OF CONCRETE IN HIGHWAYS

**ABSTRACT:** The objective of this work is to survey, analyze and quantify the relationships between the functional and social properties of concrete sidewalks and their environmental impact, traffic and user safety, driving comfort and economic considerations (costs). The goal is to develop a model that can be used as a tool for optimizing concrete road designs. This research describes a thorough investigation with regard to literature, specific studies on road lighting and concrete sidewalk designs, laboratory investigations on saw cutting times for joints and dowel binding properties, and development of an optimization model. The literature investigation resulted in compiled knowledge about functional properties of concrete roads and their relationships to social factors. An analysis was also performed from follow-ups of four concrete roads already constructed. From the study on road lighting design, proposals are made for using new values for gloss and spelcularity and changing the classification of wet concrete sidewalks. Joint acting investigations have given recommendations for the first saw cut time for joints in concrete roads. An optimization model is proposed, and currently parts of the model can be used for economic comparisons between different alternatives. The proposed model still needs further research regarding the valuation relationships before the model can be used as a final model. Other interesting areas for research are: road lighting designs and especially wet sidewalks, upper limit of saw cut time for joints and further analysis of dowel performance.

**KEYWORDS:** Concrete. Roads. Structures. Study.

## INTRODUÇÃO

A pesquisa sobre pavimentos rodoviários de concreto tem se concentrado no desenvolvimento de métodos de projeto e estudos de propriedades superficiais como atrito, uniforme longitudinal, resistência ao desgaste e ruído. Algumas pesquisas também foram realizadas sobre as relações entre as propriedades mencionadas e seus efeitos na segurança no trânsito e conforto de pilotagem. Não existem conhecimentos compilados sobre relacionamentos, incluindo propriedades mais funcionais específicas para estradas concretas e fatores sociais como impacto ambiental, conforto de condução, tráfego e segurança do usuário e considerações econômicas.

As razões eram problemas crescentes com a movimentação em estradas asfálticas muito traficadas e a necessidade de concorrência entre diferentes materiais de pavimento rodoviário. Apesar das boas experiências de estradas de concreto construídas a partir de 1990 e em diante, o aumento do uso de pavimentos de concreto é lento. Menos de 1 % da malha rodoviária consiste em estradas de concreto. Outros países chegam a ter cerca de 20 % de suas principais redes rodoviárias com pavimentos de concreto.

Para aumentar o conhecimento e o uso de estradas concretas é necessário otimizar as diferentes propriedades em relação entre si e aos fatores sociais. Então seria possível criar a melhor solução em relação à economia e à tecnologia para cada projeto individual. A economia não significa apenas custos para construção, manutenção e reabilitação, mas também custos da sociedade, incluindo custos ambientais e de acidentes, bem como custos com os usuários das estradas. Um modelo de otimização também poderia ser utilizado para comparar concreto com outros materiais de pavimentação rodoviária. Até onde o autor sabe, não existe esse modelo hoje.

## MATERIAL E MÉTODOS

Uma investigação minuciosa da literatura tem sido conduzida com o objetivo de quantificar e analisar propriedades funcionais de estradas de concreto. Os resultados da investigação da literatura são apresentados. As partes mais importantes das informações também são apresentadas. As propriedades funcionais são resistência ao desgaste/desgaste, uniforme longitudinal, atrito, ruído, resistência ao rolamento/consumo de combustível e brilho (LIMA,2021).

As propriedades estudadas foram escolhidas com base na definição de propriedades funcionais pela Administração Nacional de Estradas, onde uma propriedade funcional é definida como "uma propriedade que descreve a função do produto e que influencia a segurança no trânsito, acessibilidade, conforto, ambiente, custo do veículo ou custo do ciclo de vida". As propriedades funcionais também incluem textura, deformação, desempenho articular e resistência ao fogo. As razões são que todos eles cumprem os requisitos de uma propriedade funcional e também são partes importantes do modelo de otimização desenvolvido.

A textura da superfície é geralmente dividida em microtextura e macrotextura descreve uma classificação de textura com quatro categorias, com base no comprimento de onda de irregularidades. Microtexture: comprimento de onda < 0,5 mm. Macrotextura: comprimento de onda 0,5-50 mm. Megatextura: comprimento de onda 50-500 mm. Irregularidades: comprimento de onda > 500 mm. A descrição das várias classes de textura dadas abaixo é baseada e, em certa medida a menos que seja declarado o contrário (MARTINS,2021).

A microtextura pode ser descrita como irregularidades que não podem ser vistas a olho nu, por exemplo, a rugosidade superficial de partículas agregadas individuais no pavimento. Clima e tráfego são dois fatores que afetam a microtextura, mas também depende das petrografias do agregado. Com o tempo, o fichário é desgastado, levando a uma microtextura reduzida. No inverno, os pneus cravejados criam uma microtextura que é polida até certo ponto pelos pneus de verão (POLIPISO, 2021).

A megatextura e a rugosidade devem ser evitadas porque têm um efeito negativo sobre a resistência ao rolamento, resistência ao desgaste e nível de ruído. Microtextura e microtextura, por outro lado, geralmente têm efeitos positivos na resistência à derrapagem e à reflexão, por exemplo.

A deformação depende do tráfego, temperatura e materiais no sistema de pavimento. O sistema viário de concreto fornece uma construção rígida sem ou menores deformações permanentes. Altas temperaturas ou cargas de tráfego não afetam a rigidez do pavimento.

Uma compilação dos acompanhamentos das estradas de concreto suacas confirma que não foram observadas deformações permanentes. Isso também é declarado em alguns dos relatórios sobre os follow-ups rotina de um pavimento rodoviário é influenciada pelo desgaste, deformação e formação de geada. (RENNER, 2021).

As estradas de concreto são consideradas pavimentos rígidos, o que significa que o tráfego não causa nenhuma (ou desprezível) deformações permanentes, e que a rotina em um pavimento de concreto deve-se unicamente ao desgaste dos veículos, grande parte desse desgaste está relacionada ao uso de pneus cravejados durante o inverno. O desgaste depende da intensidade do tráfego, quantidade de tráfego pesado, grau de canalização do tráfego, proporção de veículos com pneus cravejados, pneus, vigas, clima e tipo de pavimento e material etc. (VILLANUEVA, 2019).

As influências das diferenças na resistência ao desgaste e os níveis de ruído medidos também são observadas. O nível de ruído parece aumentar um pouco à medida que a resistência ao desgaste do material agregado aumenta. Fatores de atrito de importância primária: Material de pavimento, superfície do pavimento, textura, estradas antigas construídas antes da década de 1970 foram às vezes consideradas barulhentas devido a articulações não-funcionais. No entanto, as experiências das estradas de concreto construídas nas décadas de 1970 e 1990 mostram que não há problemas com o desempenho conjunto que poderia criar ruído irritante.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A resistência ao rolamento é descrita como a força de frenagem experimentada entre o pneu e a via. A resistência ao rolamento é influenciada por vários fatores, especialmente pela temperatura dos pneus, que por sua vez é afetada pela temperatura do ar, temperatura da superfície da estrada, velocidade e a distância percorrida. (LEVY, S. (2016).

As investigações mostram que, além do tipo de veículo, comportamento de condução etc, as influências das calçadas no consumo de combustível são de resistência ao rolamento e rigidez do pavimento (deformação). Quanto mais suave o pavimento, menor a resistência ao rolamento, o que por sua vez leva a menor consumo de combustível. (SILVA, 2016).

O consumo de combustível é geralmente menor. Fatores de ruído de importância primária: Material de pavimento, superfície do pavimento, fatores de textura de importância secundária: Resistência a danos articulares. Resistência ao rolamento Fatores de importância primária: Superfície do pavimento, textura pavimento.

Figura 1. mostra o efeito da suavidade do pavimento e resistência ao rolamento no consumo de combustível



Fonte: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Valores-da-profundidade-media-da-macrotextura-de-todos-os-aeroportos-Segundo\\_fig2\\_309124465](https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Valores-da-profundidade-media-da-macrotextura-de-todos-os-aeroportos-Segundo_fig2_309124465)

As influências da rigidez do pavimento no consumo de combustível foram relatadas pela primeira vez por Zaniwski (1989). Para veículos pesados, o consumo de combustível foi menor para pavimentos rígidos em comparação com pavimentos flexíveis. A diferença pode ser de até 20 % a favor de pavimentos rígidos. Uma explicação pode ser que os veículos pesados causem maior deformação em um pavimento flexível, ou seja, mais energia é necessária para dirigir em um pavimento flexível que, por sua vez, tem um efeito negativo sobre o consumo de combustível.

Medições de campo realizadas em estradas de concreto suecas construídas na década de 1990 mostram que o valor de brilho utilizado para pavimentos de concreto no processo de projeto não é adequado para os pavimentos em uso hoje, esses resultados também são confirmados por medições de campo. O brilho é muitas vezes maior, e varia com a cor do agregado e do cimento.

A proposta é feita para o uso de três valores diferentes de brilho para pavimentos de concreto, dependendo do tipo agregado. Tabela 1 Proposta para novos valores Q0 atualizados (Qd-valores) em comparação com os antigos para pavimentos rodoviários de concreto.

Tabela 1. Proposta para novos valores Q0 atualizados

Material agregado	Novo valor Qd	ew Qd-valor traduzido para Q <sub>0</sub>	Antigo 1 Q <sub>0</sub> -valor
<b>Porphyry</b>	00.9	0.10	0.10
<b>Durapslit2</b>	0.11	0.12	0.10
<b>Granite</b>	0.12	0.13	0.10

1 = valor de acordo com VU94,

2 = um diorito de quartzo deformado com textura de mlonita.

Durasplit foi usado em duas estradas de concreto construídas durante a década de 1990.

Como não foi possível fazer medições quanto à especulação das calçadas rodoviárias, foi realizado um estudo teórico sobre a especulação das estradas de concreto a partir das medições de campo conduzidas. Os resultados mostram que as estradas de concreto modernas parecem ser menos especuladas do que as mais antigas. Portanto, uma proposta é feita para alterar a classificação de pavimentos de concreto molhado de W4 para W2 ou W3.

A partir dos resultados de medição de campo pode-se observar que os valores de brilho na pista da roda são mais elevados em comparação com os valores obtidos na borda da estrada, ou seja, o valor de brilho aumenta à medida que a superfície é usada pelo tráfego. Cálculos realizados mostram que o brilho do pavimento tem um impacto considerável no projeto de iluminação da estrada para superfícies secas e que as vantagens se sustentam por valores mais elevados.

O corte de articulações em estradas de concreto é feito em duas etapas. O primeiro corte é feito logo após o derramamento possível e o segundo corte é feito algumas semanas depois, quando a articulação é ampliada. Após o segundo corte, a junta é preenchida com composto selante articular ou lista conjunta. O fator crítico no corte de articulações em estradas de concreto é o tempo do primeiro corte. O corte não deve ser realizado tão cedo em uma etapa que o concreto não teve tempo de endurecer adequadamente, mas por outro lado não se deve esperar tanto tempo que rachaduras irrestritas apareçam no pavimento. Não existem recomendações sobre o tempo do primeiro corte (RENNER, 2021).

Dois tipos de superfícies foram incluídos no teste, com ou sem agregado exposto. O objetivo do julgamento foi recriar danos articulares semelhantes aos que ocorreram na estrada, e tentar determinar a causa/mecanismo do dano. Os resultados do teste laboratorial mostram que o tempo ideal de corte pode ser identificado pela relação entre a resistência compressiva do concreto e a área de dano externo (TUCCI, 2021).

Os dowels usados em pavimentos de concreto muitas vezes consistem em barras de aço lisa com um comprimento de 600 mm e eles são espaçados cerca de 300 mm de distância. O diâmetro varia em torno de 20 a 25 mm, mas há menores também, com um diâmetro de cerca de 17 mm. Para evitar a ligação entre o dowel e o concreto circundante e proteger o dowel contra corrosão, um revestimento é usado no dowel. É importante que o revestimento dure no dowel porque se o revestimento não estiver funcionando corretamente o dowel ficará preso no concreto e rachaduras podem aparecer no meio da laje ou na seção transversal onde termina o dowel (VILLANUEVA, 2019).

O objetivo do teste foi investigar a diferença nas propriedades de ligação em relação a dowels de aço com dois diâmetros diferentes e revestimentos diferentes, bem como dowels feitos de material composto (éster de vinil) com dois diâmetros diferentes. A força máxima de saque para uma viagem de saque de 1,5 mm foi medida (TUCCI, 2021).

O teste foi repetido quatro vezes e terminou com um ciclo final para estabelecer a força constante necessária para uma viagem de saque de 5 mm. Os resultados alcançados mostram que para a força inicial de saque os valores mais baixos foram obtidos para as dowels de aço com revestimento betumeto. Para dowels de aço com revestimento plástico, um aumento de 50 % do diâmetro aumenta a força de saque de 2 a 3 vezes.

Comparando os resultados para as dowels compostas mostrou que um aumento no diâmetro do dowel com um terço aumentou a força de saque 2 a 5 vezes. As forças de saque medidas estão causando tensões inferiores à resistência à tração das lajes, o que significa que nenhum dano, por exemplo, rachaduras, ocorreria nas lajes do pavimento. A rachadura nas lajes de concreto reparadas provavelmente terá outra causa, mas encontrá-la não fazia parte dessa pesquisa.

## CONCLUSÃO

A análise dos resultados da investigação da literatura mostra que o concreto é um material adequado para calçadas rodoviárias, especialmente para estradas com alta intensidade de tráfego e cargas pesadas. O concreto fornece uma superfície rodoviária durável em combinação com pouca necessidade de manutenção que muitas vezes torna as estradas de concreto econômicas se todos os custos durante toda a vida forem considerados.

As vantagens se sustentam para pavimentos rígidos quando se considera menor consumo de combustível para os usuários da estrada. Os investimentos ambientais dos produtores de cimento e concreto resultaram em grande economia de energia nos últimos dez anos. O uso de concreto dá uma superfície brilhante que não é inflamável.

## AGRADECIMENTOS

Ao orientador Luiz Soares Correia pela orientação e indicação a realização do artigo.

## REFERÊNCIAS

- LIMA, Daniel. A MANUTENÇÃO NA CONSERVAÇÃO DO BOM DESEMPENHO DAS EDIFICAÇÕES AO LONGO DE SUA VIDA ÚTIL. Disponível em: <https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/3091/6/manutencao-conservacao-desempenho-Lima-Monografia.pdf>. Acesso em: 11 de setembro de 2021.
- MARTINS, Bruno. Plano de Manutenção Predial Preventiva e Corretiva. Disponível em: <https://www.unifesp.br/campus/osa2/images/PDF/Infraestrutura/ANEXO%202.pdf>. Acesso em: 11 de setembro de 2021.
- POLIPISO. Endurit AN - Revestimento autonivelante de base uretano. Disponível em: <https://www.polipiso.com.br/literatura/ENDURIT%20AN.pdf>. Acesso em: 09 de outubro de 2021.
- RENNER. OxibarDST535. Disponível em: [http://www.rennercoatings.com/uploads/14954770830526\\_Oxibar%20DST%20535V03.pdf](http://www.rennercoatings.com/uploads/14954770830526_Oxibar%20DST%20535V03.pdf). Acesso em: 10 de outubro de 2021.
- RENNER. RethaneDHG652. Disponível em: [http://rennercoatings.com/hotsite/site/imagens/bt/BT\\_852.pdf](http://rennercoatings.com/hotsite/site/imagens/bt/BT_852.pdf). Acesso em: 10 de outubro de 2021.
- VILLANUEVA, Marina. A importância da manutenção preventiva para o bom desempenho da edificação. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufjf.br/monografias/monopoli10013451.pdf>. Acesso em: 07 de setembro de 2021.
- LEVY, S. (2005), SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: A CONTRIBUIÇÃO DO CONCRETO. IN: ISAIÁ, G. C. CONCRETO: ENSINO, PESQUISA E REALIZAÇÕES. SÃO PAULO: INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO IBRACON. VOLUME 2, CAPÍTULO 50, P. 1551-1579
- SILVA, I. S. CONCRETO DE ALTA RESISTÊNCIA: COMPOSIÇÃO, PROPRIEDADES E DIMENSIONAMENTO. 1995. 128 F. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM ENGENHARIA) – ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2016.
- KARLSEN, G. G. WODEN STRUCTURES. MOSCOW: MIR PUBLISHERS, 1967. 638P.
- TUCCI, Antonella. Superfícies Cerâmicas com Ação Microbiológica para Ambientes Hospitalares. Disponível em: <https://www.ceramicaindustrial.org.br/article/5876572f7f8c9d6e028b4719/pdf/ci-12-3-5876572f7f8c9d6e028b4719.pdf>. Acesso em: 10 de outubro de 2021.