

MANUAL TÉCNICO-INSTRUTIVO PARA EXECUÇÃO DE PAVIMENTOS RÍGIDO: PISO INDUSTRIAL

GONÇALVES, Kinhones P.¹
CALIL, Murilo M.²
MAGDALENA, Rafael A. V. C.³
Universidade São Francisco
murilocalil@hotmail.com

¹ Kinhones Pereira Gonçalves, Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus de Itatiba – SP

² Murilo Massaro Calil, Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus de Itatiba – SP

³ Orientador Professor Mestre Rafael Augusto Valentim da Cruz Magdalena, Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus de Itatiba - SP.

Resumo. A construção de pavimentos que não apresentam patologias e que possam suportar as cargas de resistência é indispensável para o sucesso do piso industrial de pavimentação rígida de concreto, porém diversas são as etapas e os processos para tal. Este artigo tem em vista criar um processo para diminuir a maioria das falhas durante a execução da obra. Para isto será criado um manual técnico-instrutivo como modelo base, o que é necessário para diminuir os custos de retrabalho e prejuízos para o cliente final. As etapas e processos de execução foram baseados em um retrabalho observado, onde houve a má execução e ocorreu de ter retrabalho para ser realizado os processos corretos, incluindo normas e departamentos governamentais que fomentam a área de pavimentação. Os processos finais foram então registrados, discutidos e levantou o sinal de que uma pavimentação realizada de forma correta e eficaz faz com que a empresa que realiza e o cliente que contrata o serviço saiam no lucro em relação aos gastos financeiros e ao tempo.

Palavras-chave: Pavimento, patologia, manual técnico-instrutivo.

Introdução

Este artigo tem por objetivo criar uma proposta voltada para a prevenção da incidência de fissuras e trincas em pavimentos rígidos, mais especificamente em pisos industriais, excluindo conseqüentemente o custo de reparo e retrabalho, assim fazendo com que o problema não se agrave. A solução buscada pretende atender às demandas das indústrias que necessitam de um piso resistente para suportar peso e movimentações, garantindo a satisfação do cliente final ou da empresa responsável pela pavimentação de maneira eficaz.

A pesquisa, que compreende uma análise bibliográfica e dados encontrados em campo, se propõe a apresentar os detalhes construtivos relativos ao uso de revestimento de concreto (pavimento rígido) na pavimentação de pátios de manobras e pisos internos de indústrias e centros logísticos. Na investigação em campo, realizada durante esse artigo, foram feitos

levantamentos em obra, prospectado o custo de dia de operação para realizar o reparo e o custo de materiais, máquinas e funcionários para efetuar o reparo.

Em vista disso, expor sobre a patologia trinca no pavimento rígido e falar sobre possíveis causas onde foi empregado uma execução com falhas no procedimento de emprego dos materiais, gerando assim a patologia. Assim, como parte da solução, será abordada a utilização de um manual técnico-instrutivo para evitar a ocorrência de patologia de fissuras na má execução de barras de transferência.

. Este manual apresentará as formas corretas de preparo, desde as camadas do solo até o posicionamento adequado dos materiais no momento da construção. O objetivo é mitigar as patologias ou amenizar os impactos que uma trinca pode acarretar para o pavimento como um todo, demonstrando os benefícios da adoção de práticas corretas ao utilizar o revestimento de concreto (pavimento rígido).

A raça humana pode ser identificada como nômade até o período neolítico, também conhecido como o período da pedra polida, que data aproximadamente doze mil anos, quando seres humanos notaram que os grãos poderiam ser semeados para cultivo. Tal prática, fez com que os povos sejam identificados como sedentários, pois tal prática permitiu maior amplitude de alimentos para as pessoas. Porém, como os vestígios da agricultura são anteriores a da escrita, não se tem certeza do período exato do seu início. (MAZOYER E ROUDART, 1998).

Em vista disso, segundo Balbo (2007), a busca do ser humano pelo acesso às melhores áreas de cultivo e recursos naturais impulsionou a expansão territorial, dando origem às estradas, sendo a China o local onde se encontram as evidências mais antigas de seu uso. Durante o período do império romano (27 a.C. a 476 d.C.), há relatos de que Roma foi a principal responsável pela pavimentação de mais de 80 mil km. Os romanos procuravam viabilizar as rotas por terra, para poder caminhar por montanhas e chegar até os portos no Mediterrâneo, possibilitando que seus estrategistas fossem os mais eficientes possíveis com os meios de transporte.

“Tamanha foi a importância desses caminhos pavimentados para a sociedade romana que, na época de Otávio Augusto (30 a.C. a 14 d.C.), por solicitação do Senado e da população do Império, o senhor de Roma era o responsável direto pela manutenção das vias de circulação” (ROSTOVITZEFF apud BALBO, 2007). Balbo ainda cita que naquela época já havia o entendimento de que rodovias sofriam degradação ao longo dos anos e a manutenção era indispensável. Assim, com a queda do Império Romano, a decadência dos sistemas de

interligação terrestre ruiu, logo após, a Europa aderiu a sistemas econômicos e políticos mais rudimentares.

A discussão sobre preservação e construção de estradas ganhou destaque novamente durante o governo francês de Luís XIV, fundador da *École Nationale des Ponts et Chaussées*, por volta do meio do século XVIII. Ele expressou o desejo e planejou a construção de seis mil léguas de estradas. Entretanto, somente no final do século XVIII que houve início a construção da estrada pavimentada no Brasil. A iniciativa partiu do primeiro governador da capitania de São Paulo, Bernardo José de Lorena, e contou com a supervisão de engenheiros da Escola de Fortificações de Lisboa. A estrada recebeu o nome do seu idealizador: Calçada do Lorena, estabelecendo a ligação entre o Planalto Paulista e o porto de Santos (BALBO, 2007).

Entre os primeiros povos a criar caminhos abertos como uma real forma de via, estão os egípcios, onde foram construídas vias com drenos laterais e executando até mesmo a pavimentação, ainda que de forma primária (CORINI, 1947).

Balbo (2007) cita que no final do século XIX, deu-se um crescimento muito grande na utilização de veículos tracionados mecanicamente, evidenciando deficiências ao se utilizar somente uma camada simples e granular nos pavimentos, como já planejavam os franceses e ingleses cem anos antes. Somente na década de 1920 que o foco das pesquisas aplicadas à pavimentação notou a importância sobre Mecânica dos Solos, especialmente por pesquisadores ligados a universidades e agências viárias norte-americanas.

Entre os anos de 1928 e 1929, O. J. Porter, engenheiro da *California Division of Highways*, realizou pesquisas para identificar e definir algumas das principais causas da ruptura dos pavimentos flexíveis. Como resultado, ele apresentou a primeira curva empírica para dimensionamento com base em um critério de resistência ao cisalhamento do subleito indiretamente obtido pelo ensaio do *California Bearing Ratio* (CBR) – Índice de Suporte Californiano. Nos mesmos anos e local, registrava-se também o ensaio de Proctor (nome em homenagem ao autor) para a compactação de solos. Esses trabalhos tiveram um papel fundamental no futuro desenvolvimento da pavimentação.

Na década de 1950, deu-se início a um grande plano de pavimentação na América do Norte, pretendendo construir uma ligação entre os Estados americanos de cidades de médio e grande porte, chamando-se de *Interstate System*. Esse projeto resultou no planejamento dos experimentos realizados pela AASHO (atual AASHTO, *American Association of State Highway and Transportation Officials*). A pesquisa teve como foco sobre desenvolvimento de pavimentos, compreendendo seis pistas experimentais com dezenas de seções de pavimentos,

empregando diversos tipos de materiais de construção. Toda a operação foi supervisionada pelos engenheiros da AASHTO (tratou-se da maior pesquisa já realizada, sendo inclusive integrada ao *Museu Smithsonian*, em 2004) (BALBO, 2007).

Balbo (2007) elabora que, em 1966, foi oferecido à comunidade rodoviária da América do Norte um método de dimensionamento de pavimentos de concreto simples (placas), sem barras de transferência de cargas em juntas. Esse método foi desenvolvido pela *Portland Cement Association* (PCA), fundamentado nos modelos analíticos de Westergaard, além de na experimentação à fadiga do concreto. Posteriormente, o método seria reformulado nos anos seguintes. Em 1984, foi publicado pela PCA um novo critério para o cálculo de tensões de tração na flexão em placas de concreto, porém aderindo ao método dos elementos finitos e considerando a presença de barras de transferência de cargas em juntas. Além disso, Balbo menciona o processo de danificação por erosão de camadas granulares, baseado em fundamentos empíricos e resultados de desempenho verificados no AASHTO *Road Test*..

No início do século XX, deu-se início no Brasil a expressão “macadamizar”. Esse procedimento consistia em executar uma camada de macadame hidráulico ou betuminoso sobre o subleito, pavimentando, mesmo que de forma rudimentar para os padrões da época, as estradas de terra. A primeira construção de porte expressivo no país, foi a pavimentação da estrada conhecida como Caminho do Mar, ligando São Paulo a Cubatão, já considerando as condições geométricas gerais da rodovia e registros precisos sobre a obra (BALBO, 2007).

Em 1927, uma das primeiras estradas onde se empregou a construção com cimento Portland para a confecção de uma pavimentação rígida, foi a estrada que liga as cidades do Rio de Janeiro e Petrópolis. Assim, houve início a utilização de pavimentação rígida em território nacional. Por volta de 1938, se iniciou a construção da atual BR-232, ligando as cidades de Recife a Caruaru, no estado de Pernambuco. Na década de 1950, foi quando uma grande quantidade de pavimentos de concreto foi construída, muitos dos quais continuam em uso até os dias atuais, sem apresentarem problemas estruturais graves. Ademais, há muitas outras estradas marcantes para a história da pavimentação no Brasil, tal qual a Rodovia Porto Alegre-Osório (Rio Grande do Sul, 1974), as Rodovias Presidente Castello Branco (São Paulo, 1967) e a Rodovia dos Imigrantes (São Paulo, 1973), demonstrando a grandiosidade das obras pavimentadas e a infraestrutura nessa época (BALBO, 2007).

A inspiração para a construção das primeiras auto estradas brasileiras veio das autobahns alemãs e das autos-trade italianas, ambas datadas na década de 1930. No Brasil, a Via Anhanguera e a Via Anchieta, localizadas no estado de São Paulo, são as primogênitais na

utilização de técnicas de pavimentação em concreto de cimento Portland. Os estudos das mesmas datam de 1934, logo após a criação do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo. Em 1939, deu-se início a construção da Via Anchieta; em 1940, da Via Anhanguera, onde o primeiro trecho pavimentado, em concreto, foi inaugurado em abril de 1948 (São Paulo-Jundiaí). O trecho ligando as cidades de Jundiaí e Campinas, foi inaugurado em 1950, onde foi construído com revestimento asfáltico (BALBO, 2007).

No final da década de 1950, um fato fundamental para a evolução das construções de pavimentos, foi a criação de uma comissão técnica especial no âmbito do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER).

Balbo (2007) cita que na década de 1990, os governos estaduais e federais começaram a planejar um processo de concessão à iniciativa privada, para as operações e manutenção das rodovias, visando a melhoria de condições de trafegabilidade e de técnicas alternativas que permitam ampliar a qualidade das mesmas. Essa alternativa de investimento privado é bastante discutida e questionada, contudo não será objeto de aprofundamento neste trabalho.

“O pavimento de uma rodovia é a superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentes sobre um semi-espaço considerando teoricamente como infinito – a infraestrutura ou terreno de fundação, a qual é designada de subleito” (DNIT, 2006, p.98).

Os pavimentos de concreto são aqueles cuja primeira camada de rolamento, ou revestimento, é elaborada com concreto, isto é, produzido com agrado ou ligantes hidráulicos. O concreto pode ser feito com diversas técnicas de manipulação e elaboração, cada uma apresenta suas particularidades de projeto, execução, operação e manutenção (BALBO, 2007). Na estrutura, o concreto constitui a primeira camada, com o restante do corpo estradal composto por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados a parte do subleito, suportando os esforços para atender estrutural e operacionalmente ao tráfego, buscando durabilidade e custos mínimos. Isso envolve a consideração de diferentes métodos para serviços de manutenção preventiva, corretiva e de reabilitação, obrigatório. (BALBO, 2007).

Há diversas camadas na estrutura de um pavimento, sendo muito discutido e variado de autor para autor. No entanto, o que o DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) define é que atualmente podemos ter até 08 camadas distintas. Essas camadas incluem o sub-leito, o leito, o greide do leito, regularização, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento.

O subleito é normalmente constituído de solo e não se deve ignorá-lo, pois é uma importante camada constituinte da estrutura do pavimento. Embora não seja considerado uma

camada de engenharia, por ser material existente in-loco, deve-se ao menos analisar se o solo é pobre, por exemplo, turfa. Se esse for o caso, é preciso requisitar sua substituição por outro material de melhor qualidade (NETO, 2023).

“Subleito é o terreno de fundação do pavimento [...] Leito é a superfície obtida pela terraplanagem ou obra de arte e conformada ao seu greide e perfis transversais” (DNIT, 2006, p.106). Greide do leito é o perfil do eixo longitudinal do leito e a regularização é a camada posta sobre o leito, destinada a conformá-lo transversal e longitudinalmente.

O reforço do subleito é uma camada de espessura constante, integrada ao dimensionamento do pavimento. Por questões técnico-econômicas, é realizada acima da camada de regularização do subleito. Sempre terá material com características inferiores aos que são utilizados na camada superior, porém melhores do que o material do subleito (DNIT, 2006).

Sub-base é a camada que completa a base, sendo utilizada quando não for recomendável executar a base diretamente sobre o subleito regularizado ou o reforço do subleito, tendo em vista circunstâncias técnico-econômicas (DNIT, 2006). Nos pavimentos rígidos, a placa de concreto de cimento desempenha o papel simultâneo de base e revestimento, embora ainda sejam realizados os processos de regularização e, quando necessário, o reforço do subleito.

“Base é a camada destinada a resistir e distribuir os esforços oriundos do tráfego e sobre a qual se constrói o revestimento” (DNIT, 2006, p.106).

A camada isolante em si é um filme plástico preto de 0,5 mm de espessura, destinado a prevenir o contato direto do concreto, revestimento ou base de concreto com as camadas inferiores. Por conta disso, evita-se que o concreto perca água de amassamento para o solo por absorção e, ao longo do tempo, cria-se uma barreira que impede a ascensão de umidade pela água de capilaridade através dos microporos do solo. (XEREZ NETO, 2023).

“Revestimento é a camada, tanto quanto possível impermeável, que recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos e destinada a melhorá-la, quanto à comodidade e segurança e a resistir ao desgaste” (DNIT, 2006, p.106).

As barras de transferência de carga são posicionadas exatamente nas juntas transversais, ou juntas serrilhadas. Deste modo, os esforços resultantes das cargas aplicadas sobre a placa, próximas à junta, têm seus efeitos aliviados pela presença das BT, que deslocam parte do esforço para a placa subsequente. Isso faz com que placas sucessivas trabalhem solidariamente naquela região, esse efeito é chamado de “transferência de carga” (BALBO, 2007).

As barras de ligação estão dispostas nas juntas longitudinais da placa de concreto, evitando o deslocamento horizontal relativo entre placas lateralmente dispostas, o que ocorre devido ao engastamento da armadura em ambas as placas de concreto (BALBO, 2007).

Com a constante evolução da tecnologia, os carregamentos tiveram um aumento significativo, resultando no conseqüente acréscimo de peso nos pisos industriais, sendo uma preocupação recorrente. Diversas soluções de dimensionamento são estudadas, porém, todas elas ampliam a responsabilidade das juntas, devido ao impacto direto no aumento das cargas nas tensões das juntas e das deformações dos pisos industriais (RODRIGUES, BOTACINI E GASPARETTO, 2006).

A junta, em geral, é um detalhe construtivo que deve garantir as movimentações de retração e dilatação do concreto, além de se certificar da adequada transferência de carga entre placas contíguas, mantendo a planicidade e qualidade do piso e o conforto do rolamento (RODRIGUES, BOTACINI E GASPARETTO, 2006).

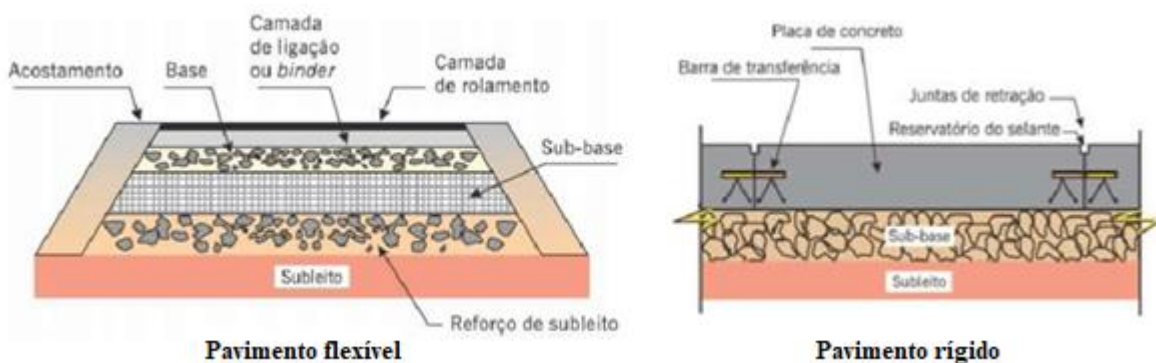


Figura 1 – Estrutura dos pavimentos (Fonte: Pavimentos rígidos em rodovias, 2014).

Conforme mostrado na **Figura 1** acima, o pavimento rígido é composto apenas por subleito, sub-base e placa de concreto. Já o pavimento flexível tem as camadas: subleito, reforço de subleito, sub-base, base, camada de ligação ou blinder e camada de rolamento ou revestimento- pavimento ao qual não será abordado neste artigo.

Para os pavimentos rígidos de concreto, a camada da base pode ser dispensada, devido à possibilidade de substituição da mesma pelo revestimento de concreto de cimento Portland (CCP). Esse método funciona para ambos os casos, tanto para a camada de revestimento quanto para a de base. Em outras palavras, basta-se utilizar a camada de sub-base imediatamente abaixo do revestimento. A utilização do cimento Portland aumenta consideravelmente o módulo de elasticidade do CCP (XEREZ NETO, 2023).

Existem diversos tipos de pavimentos de concreto, sendo o mais comum o Pavimento de Concreto Armado (PCA). Entretanto, ainda pode-se encontrar os tipos: pavimento de concreto simples (PCS), pavimento de concreto armado com armadura contínua (PCAC), pavimento de concreto protendido (PCPRO), pavimento de concreto pré-moldado (PCPM) e também as camadas de revestimento de restauração, como a Whitetopping e a Whitetopping ultradelgado.

A distribuição de carga dos pavimentos de concreto no geral funciona com uma carga pontual para a placa; posteriormente, a placa promove a distribuição para as camadas subsequentes de forma que abrange uma área maior. A placa é o maior elemento estrutural dentro desse modelo de pavimentação (BALBO, 2007).

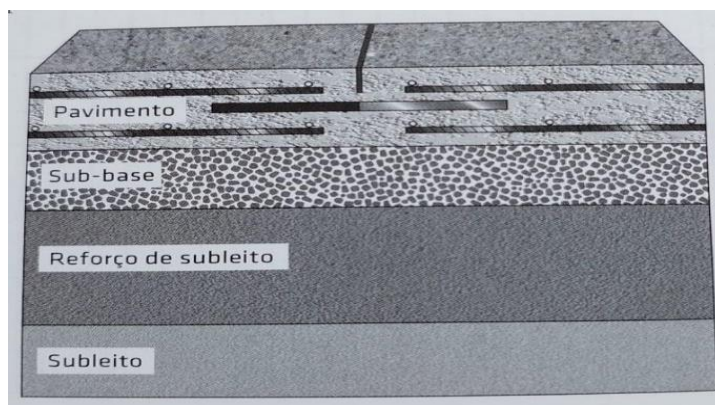


Figura 2 – Camadas constituintes do pavimento rígido de concreto armado (Fonte: Pavimentos industriais em concreto, 2023).

A **Figura 2** acima mostra o exemplo de um pavimento de concreto armado (PCA) com todas as suas camadas bem definidas. Todavia, vale a pena ressaltar que ainda há entre a camada do pavimento e a sub-base o filme plástico.

CAVALCANTI E PIRES SOBRINHO (2019) citam que diversos tipos de manifestações patológicas podem ser observados em pavimentos rígidos, de modo que é possível diferenciar os pavimentos que foram ou não realizados as devidas manutenções. A correta execução dos cuidados necessários nas placas de concreto corrobora para uma alta durabilidade. A falta de tais atitudes ou a má execução das etapas construtivas afetam negativamente a vida útil dos pavimentos rígidos.

A evolução na ocorrência de patologias nas placas dos pavimentos é bastante complexa, pois cada tipo de ação provoca uma alteração específica sobre os materiais constituintes dos pavimentos. A maioria das manifestações patológicas encontradas em tais pavimentos estão

associadas diretamente à execução de materiais inadequados, em conjunto com a falta de manutenção de rotina. Tais fatores, podem ocorrer com diferentes frequências e graus de severidade, e tendem a se agravar com o passar dos anos. Logo, algumas das manifestações mais comuns em obras incluem: alçamento de placas, fissura de canto, placa dividida, escalonamento ou degrau nas juntas, falha na selagem das juntas, pavimento desnível – acostamento, fissuras lineares, desgaste superficial, bombeamento, quebras localizadas, passagem de nível, fissuras superficiais (rendilhado) e escamação, fissuras de retração plástica, esborçamento ou quebra de canto, esborçamento de juntas, assentamento e buracos.

Conforme apontado por BAUER (2019), existem quatro grupos de causas que podem comprometer uma estrutura, independente da sua natureza. Esses erros são destacados a seguir:

- a. Erro no projeto estrutural: durante a etapa inicial de projeto, o planejamento e dimensionamento da estrutura, pode ocorrer falta de detalhamento ou mal especificados, cargas não consideradas no cálculo estrutural, variações nas seções dos elementos, falta de projetos complementares como de drenagem, impermeabilização, reforço complementar etc.
- b. Erro no emprego de materiais inadequados na execução: tal erro inclui a especificação errônea dos materiais a ser utilizado na execução, materiais não fabricados conforme a normatização vigente, adaptações de materiais em canteiro de obra, falta de controle tecnológico dos materiais empregados e entre outros.
- c. Erro por má execução: a má interpretação de plantas/detalhes pelo pessoal de campo, a adoção de equipamentos inadequados para a prática, erros na montagem de formas, a má colocação de armaduras e a falta de cobertura mínima das mesmas, a segregação do concreto devido ao lançamento errôneo ou vibração excessivamente, bem como interferências externas ou próximas durante a execução da concretagem, como vibrações causadas por tráfego de veículos pesados ou execução de terraplenagem com rolos compactadores a distâncias inferiores às especificadas pelo Manual de Pavimentos Rígidos 2005 ed.2 do DNIT e pelo item 5.3. 4.8 da Norma DNIT 047/2004 – ES, que regulamenta o emprego das barras de transferência e obrigações de tolerâncias máximas e mínimas, são fatores que alteram a ocorrência de problemas em estruturas.

- d. Falta de consideração ambiental sobre a estrutura de concreto: onde no passar do tempo degradam a estrutura gerando deslocamento ocorrendo a corrosão das armaduras ou abrasão por intempéries climáticas.

Diante desses equívocos, a FCAPNS (2012) discute a gestão de processos e como ela influencia a organização. No método, o conteúdo é direcionado à criação de manuais, os quais estão vinculados aos processos, explicando como realizar uma dada tarefa. Essa abordagem não impacta apenas aspectos específicos, mas também pode afetar a estrutura organizacional como um todo.

É relevante destacar que diversos indicadores sinalizam a necessidade de manuais. Entre eles estão a presença de filas, perguntas recorrentes por parte dos usuários, o desconhecimento do funcionamento interno de determinada unidade, a demanda por fortalecimento da imagem de um serviço ou atividade, desafios nos processos de coordenação entre diferentes funções organizacionais, a necessidade de comunicação mudanças nos processos, avaliar e analisar a gestão de processos, criar manuais para fins de treinamento, formalizar políticas e diretrizes organizacionais relacionadas aos direitos e deveres dos agentes, além da necessidade de definir procedimentos para admissão, treinamento e avaliação (ARAÚJO, 2008).

Diante desse contexto, o objetivo de criar um manual é reunir informações e dispô-las de forma sistematizada, criteriosa e segmentada de forma a construir um instrumento facilitador da gestão de processos.

Material e Métodos

Foram realizadas diversas visitas a campo com o intuito de acompanhar a metodologia executiva dos pavimentos rígidos. As visitas sempre ocorriam em conjunto com a execução de pátio externo de manobras de galpão logístico. Através de registros, foram levantados os parâmetros de execução correta, criando uma sistematização de padrão de execução especificado e regido pelas normas e manuais de execução de pavimentos rígidos de concreto. Esses padrões incluem pavimento simples armado com armadura projetado para combater a retração, armado com armadura simples com função estrutural e pavimento com adição de fibra sintética com proporção de 4kg/m^3 nas espessuras de $H=10\text{cm}$ e 5kg/m^3 nos trechos com espessura de $H=15\text{cm}$.

Entre as exigências do procedimento correto está o posicionamento adequado das barras de transferência no processo de execução dos pavimentos rígidos. As barras de

transferência tem como papel fundamental transferir cargas uniformemente entre uma placa e outra, são dispositivos mecânicos fabricados em aço CA-25 liso devendo seguir todos os padrões exigido na norma brasileira NBR 7480/2007 que especifica características mecânicas e tolerância de massa e dimensão, com secção circular ou quadrada a depender do tipo de emprego e juntas que ela irá atuar.

Quadro 29- Diâmetro da barras de transferência

Espessura do pavimento - h (cm)	Diâmetro das barras (mm)
$h \leq 12,5$	16
$12,5 < h \leq 15,0$	20
$15,0 < h \leq 20,0$	25
$h > 20,0$	32

Figura 3 – Tabela de bitola das barras de transferência de acordo com a espessura do piso – Fonte: Manual de pavimento rígidos. 2.ed. – Rio de Janeiro, 2005.

As barras de transferência são empregadas exatamente no eixo da espessura da placa, separadas por juntas de construção (JC) que delimitam as concretagens. Elas são posicionadas nas formas metálicas que têm aberturas a cada 30 cm, nas quais a barra de transferência é inserida até a metade do seu comprimento para ancorar no concreto. Uma outra metade com mais de 2 cm deve ser engraxada para mitigar a aderência com o concreto da próxima concretagem, que será aplicada contígua à que ela está inserida. Nas juntas serradas (JS), as barras são aplicadas por meio de montagens em espaçadores soldados (treliças) em cada extremidade, formando o que comumente é conhecido no Brasil como “caranguejo”. Nesse caso, as barras são engraxadas por sua totalidade. Após a concretagem, é causada uma junta por meio de um corte com profundidade de $1/3$ da espessura da placa de concreto, dividindo a placa no eixo da barra de transferência, isso permite a dilatação e retração da mesma sem sofrer fissuramento. Nas juntas serrilhadas, as barras são engraxadas por sua totalidade para evitar a aderência do concreto, possibilitando o movimento da placa, sempre na horizontal e perpendicular a juntas serrada e nunca verticalmente, evitando assim o empenamento da borda da placa.

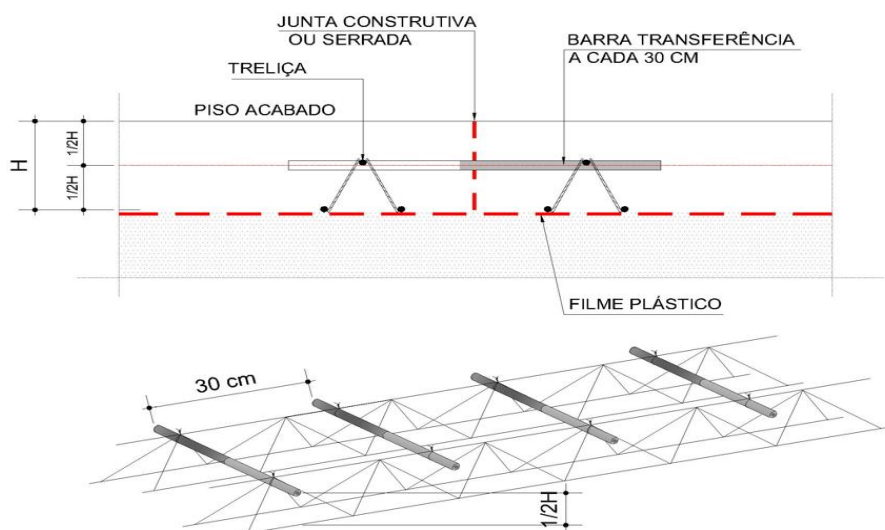


Figura 4 – Detalhe construtivo das barras de transferência - Itatiba, São Paulo (Fonte: Próprio autor).

Durante o acompanhamento das diversas obras visitadas foi tido como parâmetro as normas de aplicabilidade do Manual de Pavimento Rígido do DNIT 2005 e Norma do DNIT 047/2004 – ES. Em uma das vistorias foi acompanhado a execução do posicionamento errôneo das barras de transferência como mostrado na **Figura 5** abaixo.



Figura 5 – Foto das barras de transferência desalinhada durante o lançamento do concreto. Obra Prologis logistics Real States - Cotia, São Paulo (Fonte: Próprio autor).

A equipe que ali emprega a mão de obra, negligenciava a importância deste item no corpo do pavimento, muito pela necessidade de aplicação do concreto para não correr risco de vencimento, uma vez que o mesmo percorria 1h20 minutos de percurso da usina até a obra e

levava mais 10 minutos em média para fazer o Slump test e moldagem dos corpos de prova, restando assim somente 60 minutos para a aplicação do concreto de cada caminhão.

Após a execução completa e a cura do pavimento apareceram fissuras, conforme **Figura 6**,



Figura 6 – Foto de trinca se abrindo devido a posicionamento irregular como mostrado na foto anterior. Cotia, São Paulo (Fonte: Próprio autor).

Tendo assim que ser realizado uma ação corretiva, que exigiu a demolição de toda seção do pavimento fragilizado pela fissura, conforme **Figuras 7, 8, e 9** abaixo:



Figura 7 – Foto após a etapa de demolição. Cotia, São Paulo (Fonte: Próprio autor).



Figura 8 – Foto de evidência das barras de transferência posicionada de forma paralela à junta serrada (corte), e não no eixo. Cotia, São Paulo (Fonte: Próprio autor).



Figura 9 – Foto de evidência das barras de transferência posicionada além de forma descentralizada com maior que 90° em relação a junta serrada (corte). Cotia, São Paulo (Fonte: Próprio autor).

Nas **Figuras 10,11,12, e 13** mostram etapas de concretagem de trechos já demolidos recebendo a concretagem e piso já acabado respectivamente,



Figura 10 – Foto da execução de reparo de trinca. Cotia, São Paulo (Fonte: Próprio autor).



Figura 11 – Foto de processo de vibração por imersão durante a execução de reparo de trinca. Cotia, São Paulo (Fonte: Próprio autor).



Figura 12 – Foto após a etapa de reconstrução de 103,00 m² piso para veículos leves com adição de fibra sintética estrutural 4kg/m³ com espessura H=10cm. Cotia, São Paulo (Fonte: Próprio autor).



Figura 13 – Foto após a etapa de reconstrução de 33,50m² piso para veículos pesados com adição de fibra sintética estrutural 5kg/m³ com espessura H=15cm. Cotia, São Paulo (Fonte: Próprio autor).

Resultados e Discussão

Ao longo do acompanhamento, notou-se a ausência de boas práticas construtivas, destacando-se o desalinhamento e mau posicionamento das barras de transferência, que sejam montadas nos espaçadores soldados (treliças) ou nas formas de juntas de construção como mostra **Figura 14** abaixo.



Figura 14 – Foto de evidência das barras de transferência posicionada de forma desnivelada, fora do eixo e com ângulo maior que 90° em relação a junta serrada (corte). Cotia, São Paulo (Fonte: Próprio autor).

Esses erros são os maiores vilões quando se fala no aparecimento de fissuras, trincas ou até mesmo rachaduras no piso. Essas constatações obrigam a intervenção por meio de sistemas que amenizem os impactos fornecidos pela patologia.

No caso apresentado, as duas fissuras que ocorreram no pavimento calharam por meio de erros executados no posicionamento das barras de transferência, isso sem contar das repetidas negligências voltadas às boas técnicas construtivas com relação às barras de transferência.

As fissuras no piso tem uma parcela importante na degradação do pavimento. Quando não tratadas com rapidez e eficácia, permitem a infiltração de água no interior da placa, ocasionando a corrosão da armadura. Isso resulta no bombeamento de finos da camada de suporte da placa a base, fazendo com que a mesma perca a sua eficácia e deixe a estrutura como um todo fragilizada. Essa fragilidade pode resultar em mais fissuras, pois quando solicitado por cargas o pavimento não terá a mesma eficiência de suporte que deveria atingir.

Logo, além da atenção a detalhes estruturais, também é preciso se atentar aos custos financeiros, que segundo valores do segundo semestre de 2023, ficam em torno de:

103,00 m ² de Piso industrial H=10 cm com mácrofibra sintética estrutural 4,0 kg/m ³	Custo/m ²	Custo total = R\$
Custo inicial	R\$ 139,53/m ²	R\$ 14.371,59
Custo do reparo	R\$ 251,80/m ²	R\$ 25.935,79

Tabela 1. Tabela de composição de valor/m² do piso com espessura de 10cm.

Portanto, conforme dados coletados de planilha de orçamento da empresa executora, Fernandes Engenharia de Pisos Industriais, nota-se na **Tabela 1** acima que o custo do m² do reparo foi 80,4657% mais caro em relação à primeira execução.

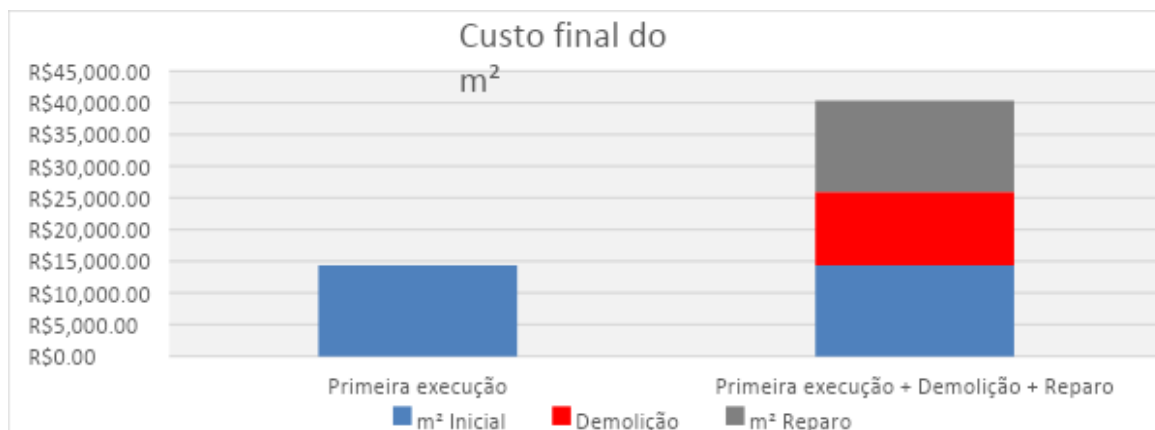


Gráfico 1. Gráfico demonstrativo de ação x custo, piso com espessura de 10cm. (Fonte próprio autor).

O custo por metro quadrado do trecho, apresentado na **Figura 7**, após o reparo foi de 391,33 reais, um aumento de 251,80/m², ou seja, 180,46% mais caro em relação ao custo previsto.

Durante os processos de reparo foram utilizados alguns insumos que são de suma importância para a devida aderência e travamento do trecho reparado com o piso existente. A título de exemplo, as barras de aço CA-50 corrugado fazem a ligação da placa recém reparada com o corpo da placa maior, assim corpos concretados em momentos diferentes se movimentam em conjunto durante o processo de dilatação e retração do piso, fato esse que deixa o reparo ainda mais oneroso por se tratar de um elemento estrutural que não há necessidade de existir na aplicação inicial do pavimento.

33,50 m² de Piso industrial H=15 cm com macrofibra sintética estrutural 5,0 kg/m³	Custo/m²	Área total x Custo/m²
Custo inicial	507,04	16.986,02
Custo do reparo	778,87	26.092,47

Tabela 2. Tabela de composição de valor/m² do piso com espessura de 15cm.

Portanto, conforme dados coletados de planilha de orçamento da empresa executora, a Fernandes Engenharia de Pisos Industriais, nota-se na **Tabela 2** acima que o custo do m² do reparo foi 53,6115 % mais caro em relação a primeira execução.

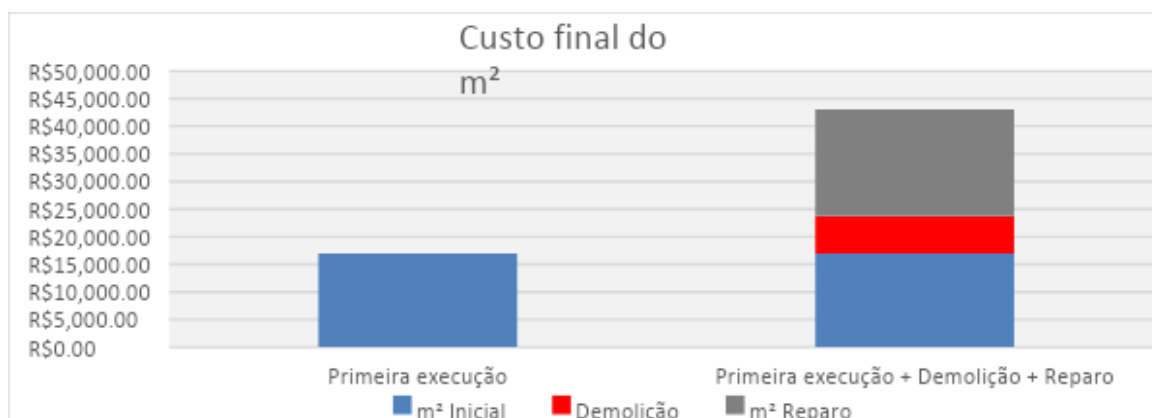


Gráfico 2. Gráfico demonstrativo de ação x custo, piso com espessura de 15cm. (Fonte próprio autor).

O custo por metro quadrado do trecho apresentado na **Figura 13** após o reparo foi de 1.285,91 reais, um aumento de 778,87/m², ou seja, 153,6112% mais caro em relação ao custo projetado inicialmente.

Conclusão

Diante dos valores obtidos e das informações disponíveis no momento da conclusão deste artigo, as seguintes conclusões podem ser elaboradas, sendo a importância de adotar práticas corretas na construção de pavimentos rígidos, enfatizando a necessidade de um manual-técnico instrutivo para evitar patologias e trincas. Isso não apenas economiza recursos financeiros, mas também contribui para a segurança e a eficácia dos pavimentos, apoiando o desenvolvimento contínuo da infraestrutura de transporte e logística. Como a sociedade e as demandas de tráfego continuam a evoluir, a pesquisa e a inovação na área da pavimentação desempenham um papel vital na garantia de pavimentos duráveis e eficientes.

O objeto de estudo do posicionamento das barras de transferência no processo de execução de pavimentos rígidos é o grande segredo para evitar os custos e retrabalhos levantados neste artigo. A falta de boas práticas construtivas, desalinhamento e má posição das mesmas, emergem como os principais fatores desencadeantes do aparecimento de fissuras, trincas e rachaduras no pavimento, um problema que exige ações corretivas dispendiosas.

A análise dos custos financeiros é igualmente significativa. Os dados apresentados indicam um aumento substancial nos custos associados ao reparo de pavimentos danificados. Esse aumento é preocupante, especialmente considerando os desafios financeiros enfrentados em projetos de construção e manutenção de infraestrutura.

Por fim, espera-se que esse artigo e manual-técnico, encontrado no apêndice no final deste artigo, possam servir de referência para futuras pesquisas, ajudando a melhorar o processos construtivos dos pavimentos rígidos, permitindo que os próximos profissionais tenham maior desempenho e êxito em suas carreiras profissionais.

Referências Bibliográficas

ARAUJO, L.C.G de. **Organização, sistemas e métodos**. São Paulo: Atlas, 2008. Vol. I.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: Materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentos de concreto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BAUER, L. A. Falcão. Materiais de construção 6. Ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2019

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Pavimentos Rígidos.** 1ª Edição. Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Pavimentos Rígidos.** 2ª Edição. Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL. NORMA DNIT 047/2004 - ES DNIT - Pavimento rígido – Execução de pavimento rígido com equipamento de pequeno porte - Especificação de serviço.

BRASIL. Fundação coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior. Agência Governamental. Manuais de organização. Disponível em https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/176156/24/texto-base_manuais%20final.pdf. Acesso em 03/11/2023.

CAVALCANTI, Monique Montarroyos; PIRES SOBRINHO, Carlos Welligton. Patologias em pavimentos de concreto – Método icp de avaliação. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, v. 4, n. 1, 1 jan. 2019.

CORINI, Felice. Scienza e tecnica delle costruzioni stradali e ferroviarie. Milano: Editore Ulrico Hoepli, 1947.

CRISTIANO, Brayan Rodrigues; MAIA, Rodrigo Dias. Pavimentos rígidos em rodovias. Trabalho de conclusão de curso - Instituto Doctum de Educação e Tecnologia de Caratinga, 2014.

MAZOYER, Marcel; ROUDART, Laurence. História das agriculturas do mundo: do neolítico à crise contemporânea. Lisboa: Instituto Piaget, 1998.

RODRIGUES, Públio Penna Firme; BOTACINI, Silvia Maria; GASPARETTO, Wagner Edson. Manual Gerdau de pisos industriais. São Paulo: Pini, 2006.

XEREZ NETO, Jary de. Pavimentos industriais em concreto. São Paulo: Oficina de Textos, 2023.

Apêndice

MANUAL TÉCNICO-INSTRUTIVO PARA POSICIONAMENTO DE BARRAS DE TRANSFERÊNCIA EM PAVIMENTOS RÍGIDOS

Montagem das barras de transferência nos espaçadores soldados (caranguejo)



Deve ser montado de forma alinhada e bem fixo, mantendo o espaçamento de 30cm.

Engraxar toda extensão da barra de modo que não fique excesso de graxa na barra de transferência

Desvio máximo de 0,7% do comprimento da barra de transferência para a esquerda ou direita, para cima ou para baixo, em no máximo 1/3 da extensão da junta.

Desalinhamento das extremidades máximo permitido de 1% do comprimento da barra de transferência.

Seguir norma DNIT 047/2009-ES (item 5.3.8.5).

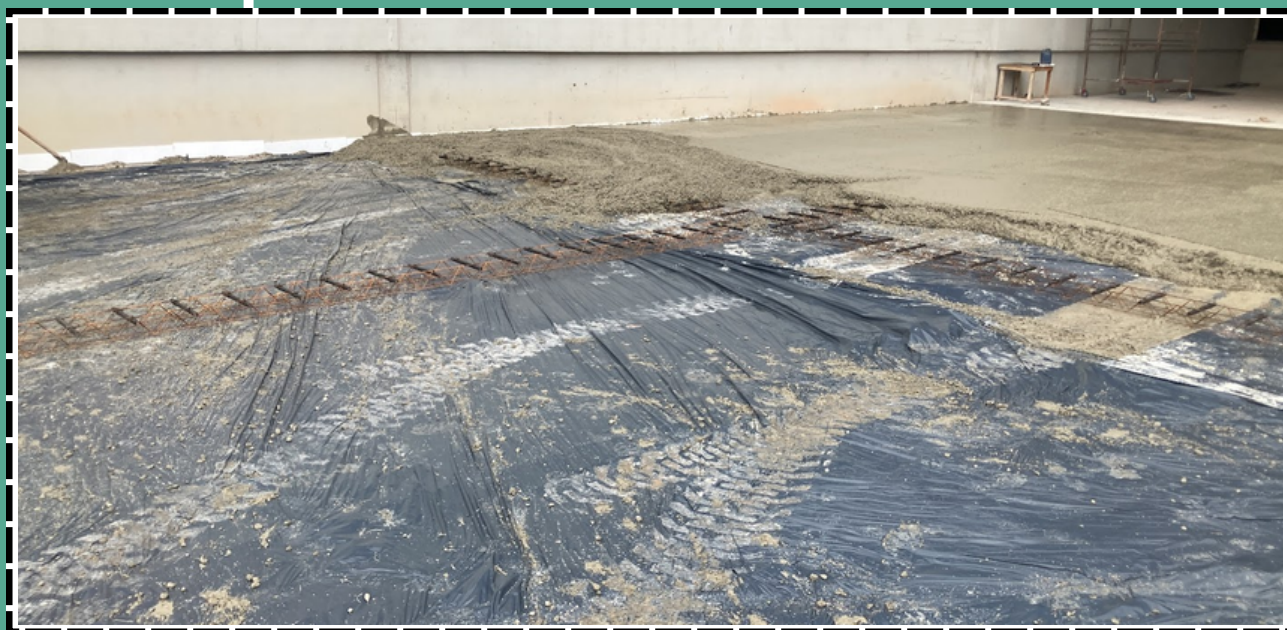


Posicionamento das barras de transferência nas juntas serradas (JS)

Posicionar as barras a exatamente 50% do seu tamanho para cada lado onde será cortado a junta após a concretagem.

Travar as barras de transferência (caranguejo) no chão com ganchos de ferro nos espaçadores para não desalinhar durante o lançamento do concreto.

Atentar para que não desalinhe nenhuma barra durante o processo, sendo assim quando ocorrer deve ser descartado ou reparado imediatamente para dar seguimento na concretagem.



Posicionamento das barras de transferência nas juntas de construção (JC)

Inserir as barras alinhadas na forma de forma que metade mais 2 cm seja pintada ou engraxada, essa parte deslizante não pode ser danificada de modo a deixar as placas de concreto se movimentarem livremente.

Alinhar e nivelar as barras de transferência utilizando sempre uma linha e nível bolha.

Nunca deve retirar as barras de transferência para desenformar a placa concretada, pois a mesma nunca volta para a posição original.



Corte das juntas serradas (JS) e bordas de juntas de construção (JC)

Os cortes devem ser feitos com profundidade de no máximo $\frac{1}{3}$ na espessura da placa, afim de não danificar as barras que se encontram a $\frac{1}{2}$ (eixo) da espessura da placa

As juntas devem ser seladas de forma total com materiais de qualidade para que não tenha infiltração de líquidos e outros agentes que possa danificar a acamada deslizante que se encontra na barra de transferência.

