

## **ESTUDOS SOBRE A RECUPERAÇÃO DE PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS RÍGIDOS**

Victor Braga Rodrigues

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Jisela Aparecida Santanna Greco

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

# RESUMO

Os pavimentos rígidos são tradicionalmente pouco usados no Brasil. Portanto, pouco se sabe sobre a sua forma correta de execução, o que causa diversas patologias quando se executa essa estrutura. Essas patologias impactam no cronograma da obra, no custo da obra e na futura segurança e conforto dos usuários. O objetivo do trabalho é mostrar a maneira correta de execução, os materiais corretos a serem utilizados, patologias, técnicas de recuperação, estudo de caso e motivos pelos quais o pavimento rígido tradicionalmente não é muito utilizado no Brasil. Para o aumento da vida útil de projeto, segurança e conforto dos usuários e menores custos, deve-se realizar um projeto executivo bem detalhado e realizar uma execução criteriosa seguindo à risca as normas executivas, pois há diversas variáveis que comprometem para o surgimento de patologias em pavimentos rígidos.

**Palavras-chave:** Pavimentos Rígidos, Pavimentação, Patologias, Recuperação.

## INTRODUÇÃO

O pavimento rígido não é uma solução que tem sido muito adotada para a construção de pavimentos no Brasil, mesmo oferecendo uma vida útil mais longa ao pavimento.

Devido a pouca utilização do pavimento rígido, as equipes construtivas no Brasil em geral têm pouco conhecimento a respeito do seu método executivo. Isso faz com que ocorram patologias que aparecem um pouco depois da execução ou durante a utilização do pavimento pelos veículos. Assim, há retrabalho, maiores custos e impacto no cronograma da obra. Consequentemente, os engenheiros ficam resistentes a essa solução

Como então superar o desafio da difusão do pavimento rígido no Brasil e estimular a adoção do pavimento rígido como solução para os pavimentos brasileiros?

O objetivo deste trabalho é esclarecer sobre o correto modo de execução de um pavimento rígido, suas possíveis patologias e formas de recuperação. Além disso, apresenta-se também um estudo de caso de uma obra. Dessa forma pretende-se contribuir para a difusão desse tipo de pavimento no Brasil, atualmente ainda pouco utilizado como solução para a pavimentação no país.

De nada adianta adotar uma solução mais cara e trabalhosa, se a execução não for bem feita. Uma boa execução e uma boa manutenção do pavimento são fundamentais para uma vida útil longa, segurança e conforto dos usuários (MEDINA e MOTTA, 2015; YODER e WITCZAK, 1975).

Embora o concreto simples ou armado seja muito utilizado na construção civil e tenha suas técnicas construtivas dominadas, a aplicação desse material em pavimentos de rodovias não tem grande frequência de utilização. A execução de pavimentos rígidos difere bastante em relação aos serviços tradicionais em concreto por usar equipamentos e procedimentos específicos (SENÇO, 2001). Por isso, a probabilidade de surgirem patologias é maior que em processos executivos muito conhecidos e estudados, como o pavimento flexível.

Os defeitos mais comuns nos pavimentos rígidos estão associados ao emprego de técnicas executivas e materiais inadequados, aliados à ausência de uma manutenção apropriada e rotineira (DNIT, 2004d).

Nesse trabalho, são abordados pavimentos com concreto de cimento Portland, com a sua maneira correta de execução, suas possíveis patologias e recuperação.

## **PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS RÍGIDOS**

As patologias em pavimentos rígidos podem ser estruturais ou funcionais. As patologias estruturais afetam a capacidade do pavimento em suportar cargas do tráfego. As trincas transversais e a interseção de trincas são exemplos destas patologias.

As patologias funcionais são aquelas que afetam a segurança e as condições de dirigibilidade do pavimento, colocando em risco o usuário. Exemplos desse tipo de patologia são: rugosidade, o polimento da superfície, ruído e os defeitos da superfície. Essas patologias não se estendem por toda a espessura da placa e em geral se situam no máximo no terço médio superior da placa de concreto (SILVA, 2008).

Vários tipos de trincas podem surgir em pavimentos rígidos. Fissuras decorrentes de retração plástica ocorrem devido à evaporação de água de amassamento, causada pela ação do vento e sol forte, além de baixa umidade relativa, antes do concreto endurecer (DNIT, 2004a). Essas fissuras se caracterizam por serem finas, aproximadamente paralelas, às vezes aleatórias. Uma cura ineficaz é decisiva para o seu aparecimento, devido ao um produto de cura química de qualidade ruim, ou até mesmo sua ausência, ou taxa de produto da cura muito baixa. Cimentos cujo tempo de início de pega seja superior a 3,5 horas não devem ser usados em pavimentos rígidos, pois o retardamento do início de pega pode contribuir também para o surgimento de fissuras de retração plástica. De acordo com a "American Concrete Pavement Association" (A.C.P.A), as fissuras de retração plástica raramente afetam a qualidade de dirigibilidade do pavimento, pois elas têm uma profundidade inferior a 6,0 cm, e não permitem a entrada significativa de água no pavimento.

A figura 1 mostra uma fissura típica devido ao atraso de corte da junta. Devido a esse erro executivo podem surgir trincas próximas às juntas, no canto da placa ou até no meio dela. É como se a própria placa de concreto

soubesse a localização aproximada da junta e aliviasse a tensão naquele local, criando a fissura.

**Figura 1.** Surgimento de fissura devido ao atraso de corte.



Também pode ocorrer trinca gerada por recalque da fundação. As causas podem ser um subleito executado de forma errada, com grau de compactação e umidade ótima fora do padrão pedido em projeto. A solução para esse tipo de patologia é o reparo total da placa, inclusive a retirada e posteriormente a execução de todas as camadas, porém dessa vez respeitando os parâmetros de projeto. Outro tipo de patologia consiste em trinca resultante de elevada aderência concreto/sub-base. Esse tipo de trinca tem formato de "y". Uma possível causa seria a não imprimação e a posterior não colocação de lona entre a sub-base e a placa de concreto.

Podem ocorrer também trincas por retração hidráulica do concreto da placa. Esse fenômeno ocorre pela perda de água adsorvida e ocorre após o endurecimento do concreto. Quanto maior a água de amassamento, maior será a quantidade de água adsorvida, conseqüentemente maior a retração hidráulica e maior a probabilidade de fissuração. Portanto, traços com menor quantidade de água de amassamento são mais indicados para aplicação em pavimento rígido. A escolha do cimento também é muito importante para evitar esse tipo de patologia, pois menores teores de escória de alto forno reduzem a retração

hidráulica, desde que o consumo de água não se altere. É importante ressaltar que a retração hidráulica é inevitável, a não ser em um ambiente com umidade relativa de 100%, o que é impossível. Portanto, devem-se controlar as variáveis que estão ao alcance do executor, que são não exceder na água no traço do concreto, adotar um cimento com baixo teor de escória de alto forno e fornecer uma cura adequada.

De acordo com Silva (2008), os defeitos de superfície são patologias causadas pela delaminação, erosão, marcas de patas de cachorro e de cavalo. A delaminação consiste na retirada da camada de superfície do concreto, que é causada quando há água exsudada na superfície do concreto, aprisionando-a superficialmente. A erosão superficial pode ser causada pela ação da água de chuva e por um sistema de drenagem mal executado. As marcas de patas ocorrem quando animais ou até mesmo humanos trafegam sobre o pavimento, enquanto o concreto está fresco, causando pequenos defeitos superficiais. De acordo com o A.C.P.A, os defeitos de superfície, cuja largura seja inferior a 3,5 cm e comprimento inferior a 15,0 cm, não afetam a qualidade de dirigibilidade do pavimento.

De acordo com a norma DNIT 061/2004 (DNIT 2004d), quando há ocorrência de deslocamentos verticais diferenciados e permanentes entre uma placa e outra adjacente, na região da junta, ocorre uma patologia chamada escalonamento ou degrau nas juntas.

Ainda segundo a citada norma, o bombeamento é uma patologia que consiste na expulsão de finos plásticos existentes no solo de fundação do pavimento, através de juntas, bordas ou trincas, quando o pavimento está sendo solicitado. Percebe-se a ocorrência desse defeito devido à presença de uma lama fluida, sendo identificados pela presença de manchas terrosas ao longo das juntas, bordas ou trincas.

De acordo com Silva (2008), há agregados como a areia e brita que na presença de elevados teores de álcalis do cimento ( $K_2O$ ,  $Na_2O$ ) geram uma reação expansiva, desde que a umidade relativa seja superior a 80%. Esta reação é denominada reação Álcali-Agregado e pode ser do tipo álcali-silica, álcali-silicato ou álcali-carbonato. Para evitar esse tipo de patologia deve-se realizar o ensaio de expansão, para saber se os agregados tendem a reagir com os álcalis do cimento.

## ESTUDO DE CASO DE UMA OBRA DE PAVIMENTO RÍGIDO

Apresenta-se um estudo de caso de uma obra de pavimentação rígida que apresentou patologias e necessidade de recuperação. O local da obra é urbano e com grande fluxo de veículos, em sua maioria veículos pesados. Por isso, há grande exigência de que seu comportamento durante a sua vida de serviço seja excelente, além de um alto rigor quanto ao seu nivelamento.

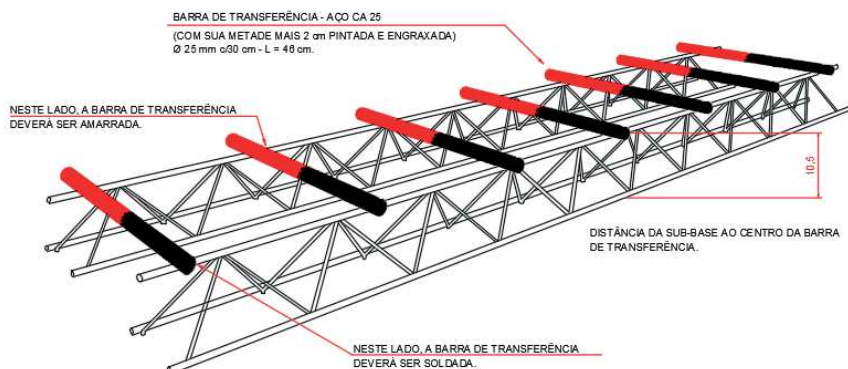
O trecho de pavimento rígido é pequeno, com 1 quilômetro de extensão. Nas suas extremidades se interliga com pavimento flexível já existente. Foi adotado o pavimento rígido, ao invés do flexível, buscando maior durabilidade do pavimento, considerando que o tráfego no pavimento em questão é realizado por veículos pesados.

A seção típica do pavimento de concreto simples é composta por três camadas, placa de concreto com 21 cm de espessura, sub-base de concreto compactado com rolo (CCR) com 10 cm e o subleito com CBR maior ou igual a 5% (DNT, 2004b). As placas de concreto possuem 5000 milímetros de comprimento. O concreto deve ter resistência à tração na flexão característica de 4,5 Mpa. O CCR deve atingir 5 Mpa aos sete dias.

Nas regiões de curva, o projeto solicita a colocação de armadura, com a colocação de telas soldadas na parte superior e na parte inferior, separadas por treliças ou caranguejos. Isso ocorre porque regiões de curva são mais solicitadas à tração. As regiões próximas às canaletas solicitam a colocação de armadura também.

O suporte das barras de transferência deve seguir o esquema da figura 2.

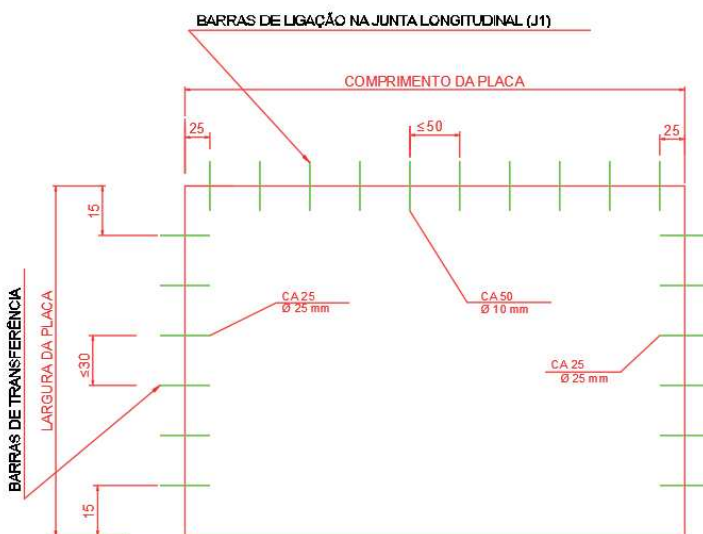
**Figura 2.** Suporte de fixação das barras de transferência.



Quando o pavimento encontrar com qualquer outro tipo de estrutura (poço de visita, canaleta etc.), há necessidade de colocar um isopor entre a mesma e o pavimento. Nesse encontro, em uma profundidade de 1 cm deve-se colocar selante a frio.

A figura 3 mostra o esquema de distribuição das barras de transferência, ao longo da junta transversal e de barras de ligação ao longo da junta longitudinal.

**Figura 3.** Esquema das barras de transferência e de ligação.



## Patologias

Logo um dia depois da execução do pavimento rígido já se percebiam fissuras. Com a volta do trânsito no local, as fissuras só aumentaram e foi necessária uma intervenção. Assim, o pavimento foi inspecionado placa por placa, ou seja, por amostragem total. Os defeitos visualizados no pavimento estão mostrados na figura 4.

**Figura 4.** Fissuras lineares por acomodação do concreto.



Nas curvas, a borda e a junta longitudinal do pavimento foram executadas no formato de poligonal, o que não era previsto em projeto. Assim, formam-se ângulos agudos, que são locais onde acumulam-se tensões, induzindo o surgimento de fissuras nas placas e nos locais de ângulos agudos. Esse ângulo agudo é perceptível nas figuras 5 e 6.

**Figura 5.** Geometria da placa com ângulo agudo.



**Figura 6.** Geometria da placa com ângulo agudo e curva em poligonal.



A geometria irregular como mostra a figura 7, forma pontos frágeis que tendem a se quebrar quando solicitadas pelo tráfego. No caso dessa obra, o tráfego é pesado, o que aumenta a probabilidade de quebra.

**Figura 7.** Placa com geometria irregular.



Na figura 8, percebe-se um desalinhamento da junta de construção devido a uma provável movimentação das fôrmas ou a sua retirada prematura. Consequentemente, as barras de transferência se desalinham e as barras diminuem sua eficácia estrutural.

**Figura 8.** Junta de construção com provável movimentação de fôrma.



A fissura transversal no meio da placa, figuras 9, decorre da retração do concreto nas primeiras idades (principalmente pela retração hidráulica), atraso no corte das juntas, pouca profundidade de corte das juntas ou condições climáticas não previstas.

**Figura 9.** Fissura transversal no meio da placa.



A figura 10 a seguir mostra pegadas no pavimento, o que evidencia pouco cuidado por parte dos colaboradores ao longo da execução e cura.

**Figura 10.** Pegadas no pavimento.



### **Recuperações propostas**

Para cada patologia foram propostas recuperações a fim de aumentar a vida útil do pavimento.

### **Inserção de barras lisas de aço CA 25**

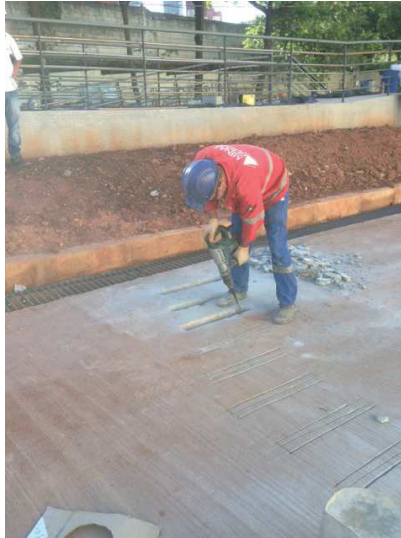
A patologia referente a esse reparo é a fissura transversal próxima à junta de retração. Essa patologia indica um mau funcionamento das barras de transferência. A metodologia indicada foi a de inserção de barras lisas, aço CA 25.

Primeiramente, foram abertas valas na placa, utilizando serra clipper (figura 11) e martetele de pequeno porte (figura 12). Posteriormente, limpou-se com jatos de ar comprimido para retirar as partículas soltas da vala.

**Figura 11.** Corte das valas com serra clipper.



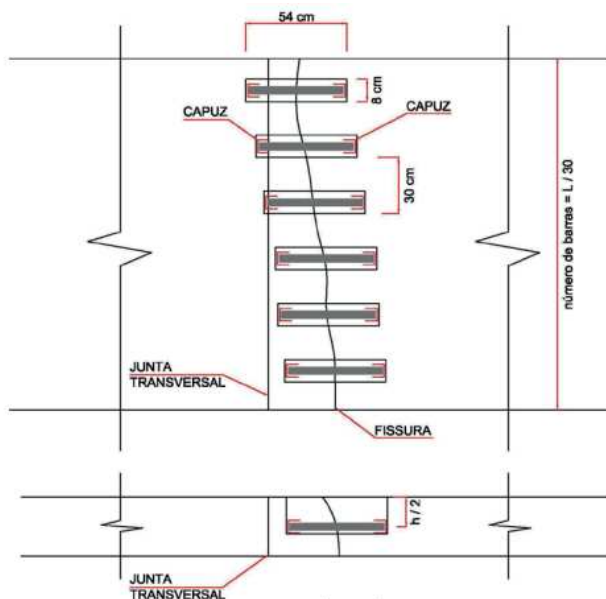
**Figura 12.** Execução de vala com martetele.



Aplicou-se adesivo epóxi na superfície das valas, com objetivo de garantir aderência em relação ao graute. Posteriormente, foram inseridas as barras de aço CA-25, bitola de 25 mm, a cada 30 cm, e no mínimo, afastadas 15 cm das bordas da placa. A barra tinha um comprimento de 50 cm. As barras foram

inseridas paralelas ao eixo longitudinal e ao plano superficial da placa. Em relação à fissura, seu comprimento ficou metade de cada lado da fissura. Na figura 13 observa-se o desenho esquemático da montagem do reparo.

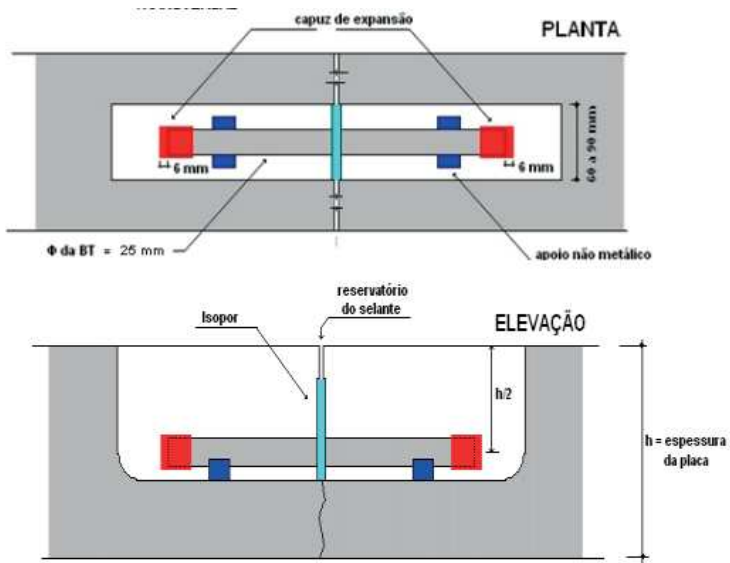
**Figura 13.** Desenho esquemático do reparo.



As barras de aço foram totalmente pintadas e engraxadas para não permitir a sua aderência com o concreto, diferentemente do processo executivo do pavimento, em que as barras eram metade mais 2 cm pintadas e engraxadas. As barras foram dotadas de capuz nas duas extremidades. No local da fissura, foi colocada folha de isopor de 5 mm, com objetivo de formar uma junta no local da fissura, como mostrado na figura 14.

Assim, foi preenchida a vala com graute e texturizado, como mostra a figura 15. O graute usado foi do tipo Emckrete 50, com fck superior a 40 Mpa, fator água/cimento menor ou igual a 0,12. A liberação pôde ser feita após 24 horas, tempo em que o graute atinge 20 Mpa. Posteriormente, abriu-se um corte com profundidade de 2 cm e largura de 6 mm, para apoiar um tarucel em seu fundo e por último preencher com selante vasado a frio, à base de poliuretano, conforme figuras 16 e 17.

**Figura 14.** Desenho esquemático em planta e corte da vala.



**Figura 15.** Preenchimento das valas com graute.



**Figura 16.** Preenchimento da fissura com poliuretano.



**Figura 17.** Reparo finalizado e acabado.



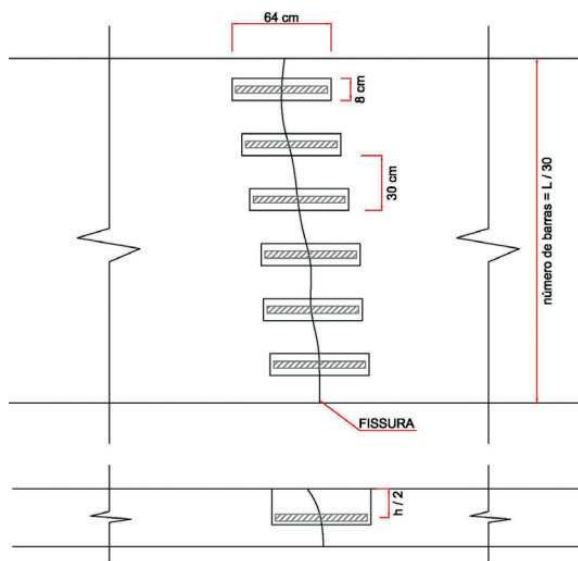
### **Inserção de barras corrugada de aço CA 50**

A patologia referente a esse reparo é a fissura transversal no meio da placa. O procedimento de reparo iniciou-se de maneira parecida ao anterior,

abertura de valas na placa, limpeza com jato de ar e preenchimento das paredes da vala com adesivo epóxi.

Em seguida, foram inseridas barras corrugadas CA50, bitola de 20 mm, a cada 30 cm e, no mínimo, 15 cm afastadas das bordas da placa, com comprimento de 60 cm. As barras foram inseridas perpendiculares às fissuras, de modo que cada metade ficou de um lado da fissura. Na figura 18 observa-se o desenho esquemático do reparo.

**Figura 18.** Desenho esquemático do reparo de inserção de barras corrugadas.



## Esborcimento

Foi delimitada a região do reparo com as dimensões de 20 cm x 10 cm x 5 cm. O concreto existente foi cortado com serra de disco diamantado em uma profundidade de 5 cm na direção da região delimitada. Com um martelo leve, foi demolido o concreto da região marcada. Com equipamentos manuais, esse concreto demolido foi retirado e a vala foi nivelada. Esse processo foi feito com muito cuidado para não esborcinar as juntas. Assim, foi feita uma limpeza utilizando jato de ar comprimido. As figuras 19 e 20 mostram em planta e corte de forma esquemática o reparo.

Figura 19. Desenho esquemático em planta do esborcinamento.

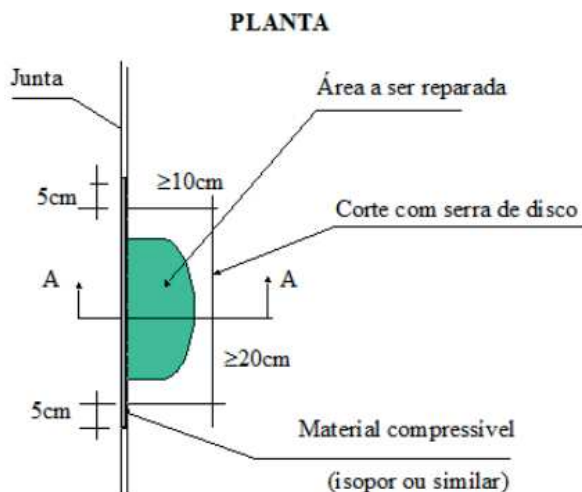
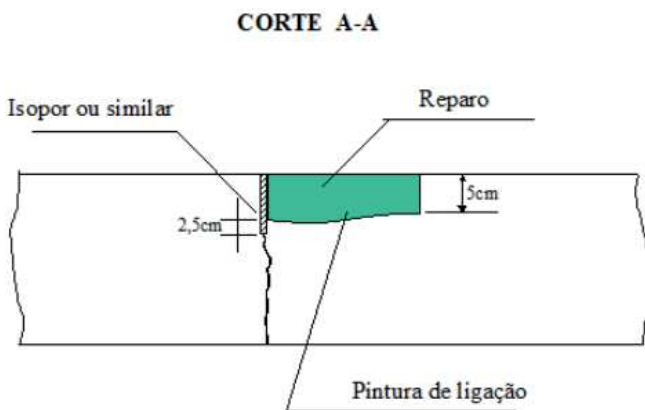


Figura 20. Desenho esquemático em corte do esborcinamento.



Na parede formada pela placa adjacente foi colocado um material compressível, uma talisca de estípor, para recompor a junta. Com a região do reparo limpa, foi aplicada resina epóxi para garantir aderência do graute, exceto na parede da placa adjacente. Logo em seguida, foi lançado, adensado e texturizado o graute não retrátil com 50% de pedrisco. Por último, foi aplicada a cura química. Após a cura, foi feito um corte da junta reconstituída de dimensões de

6 mm de largura por 12 mm de profundidade. Assim, esse corte foi preenchido com selante vasado a frio.

## RESULTADOS

Houve falhas na execução do pavimento rígido que causaram patologias e conseqüentemente necessitaram de intervenções. Essas patologias já se apresentaram até mesmo um dia após a concretagem, ou seja, surgiram mesmo com o pavimento não sendo solicitado.

Um dos erros executivos foi a maneira que foram feitas as concretagens. As concretagens foram realizadas de montante para jusante, o que não é correto. O correto é concretar de jusante para montante, pois dessa forma o concreto ao ser adensado se acomoda nos pontos mais baixos por gravidade. Da forma que foi feito, ao vibrar o concreto ele se segregou e não houve boa acomodação. Isso causou fissuras lineares por má acomodação do concreto.

Outra falha executiva foi na execução das juntas de construção. O certo seria finalizar a concretagem até a junta de construção, deixando a fôrma nessa junta. No dia posterior fixar o isopor e reiniciar a concretagem. Na obra em estudo, as concretagens das regiões de junta de construção foram realizadas sem interrupção. Assim, colocava-se isopor não muito bem fixado às barras de transferência e ao jogar concreto, a força da bomba de concreto derrubava os isopores. Portanto, grande parte das juntas de construção não trabalhavam da forma para a qual foram projetadas, pois não havia isopor na interface entre placas, surgindo patologias devido a isso.

O corte das juntas não foi realizado no tempo correto, acarretando algumas patologias. Além disso, as juntas não foram indicadas pela equipe de topografia, sendo dessa forma cortadas fora do alinhamento ideal. Assim, surgiram patologias, pois nos locais em que as barras de transferência deveriam trabalhar não havia junta. Conseqüentemente, o próprio pavimento aliviava tensões nos locais corretos em que deveriam existir as juntas. Os resultados foram algumas trincas próximas à junta transversal.

O fator climático atrapalhou a execução, pois os dias em que as placas foram concretadas estavam muito quentes, de forma que o concreto perdeu água nas primeiras idades e assim surgiram fissuras lineares.

Após 6 meses de uso do pavimento, com passagem de tráfego pesado, vários reparos já haviam sido realizados. A figura 21 mostra o estado do reparo de inserção de barras corrugadas (aço CA50). Percebe-se que a trinca reparada está muito bem selada com epóxi, portanto o reparo em si está funcionando de maneira correta. Entretanto, percebe-se surgimento de nova fissura muito próximo ao reparo.

**Figura 21.** Estado do reparo de inserção de barras corrugadas (aço CA 50).



Na figura 22 observa-se o estado do reparo de inserção de barras lisas CA25. Percebe-se que o reparo está abrindo e criando pontos de fraqueza. Ressalta-se que esse local se localiza em uma curva, onde há alta sollicitação à tração, e o local é armado com tela dupla soldada.

**Figura 22.** Estado do reparo de inserção de barras lisas (CA25).



## **CONCLUSÃO**

Conclui-se que para um aumento da vida útil de projeto, segurança e conforto dos usuários e menores custos, deve-se realizar um projeto executivo bem detalhado e realizar uma execução criteriosa seguindo à risca as normas executivas, pois há diversas variáveis que podem acarretar o surgimento de patologias em pavimentos rígidos.

Falhas executivas levaram a patologias no estudo de caso apresentado no presente trabalho. Tais patologias foram recuperadas para aumentar a vida útil do pavimento. Entretanto, como as referidas patologias surgiram antes da liberação do pavimento ao tráfego de veículos, torna-se de extrema importância que a conservação seja realizada de forma extremamente rigorosa. Caso contrário, o pavimento não irá atingir sua vida útil de projeto. Assim, deve-se elaborar um programa global de gerenciamento de manutenções e intervenções do pavimento, com o objetivo de aumentar a vida útil do mesmo. Indica-se realizar manutenções preventivas para não agravar possíveis patologias. De acordo com DNIT (2004c), a reabilitação de um pavimento quando executada na época em que se identifica uma patologia e de acordo com os procedimentos citados neste trabalho, irá influenciar de maneira significativa a vida útil do pavimento, além

de mantê-lo em condições de conforto e segurança do usuário. É importante conservar elementos como juntas, barras de transferência, drenagem adequada e o próprio concreto da placa.

Uma boa execução do pavimento depende de um planejamento detalhado de diversas variáveis, como o planejamento das placas concretadas, cura úmida, corte das juntas, limpeza e selagem das juntas. O não planejando desses serviços resulta em alta probabilidade de surgimento de fissuras e trincas. Essas irão necessitar de recuperações, o que significa tempo e recursos perdidos.

A partir dos resultados apresentados após a solicitação do pavimento às cargas de tráfego, conclui-se que a execução do pavimento em estudo não foi correta, gerando patologias. Essas necessitaram de reparos, os quais também não estão em bom estado, de uma forma geral. Como após seis meses de solicitação o pavimento se encontra com diversas fissuras e reparos comprometidos, conclui-se que sua vida útil prevista não será atingida, pois necessitará de novas intervenções antes do previsto. Destaca-se assim a importância do controle rigoroso da execução e dos reparos realizados em pavimentos rígidos, pois caso contrário todas as vantagens inerentes a esse tipo de construção, como vida útil prolongada e menores necessidades de manutenções, não serão concretizadas.

## **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) pelo apoio recebido.

## **REFERÊNCIAS**

DNIT. Manual de Pavimentos Rígidos. 2. ed. Rio de Janeiro, 2004a.

DNIT 059/2004 – ES – Pavimento Rígido – Pavimento de concreto de cimento compactado com rolo – Especificação de Serviço. 2004b.

DNIT 067/2004 – ES – Pavimento Rígido – Reabilitação – Especificação de Serviço. 2004c.

DNIT 061/2004 – TER – Pavimento Rígido – Defeitos nos Pavimentos Rígidos – Terminologia. 2004d.

DNIT 049/2013 – ES – Pavimento Rígido – Execução de pavimento Rígido com equipamento de fôrmas deslizantes – Especificação de serviço. 2013.

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

DNIT 137/2010 – ES – Pavimentação – Regularização do subleito – Especificação de serviço. 2010.

Medina, J.; MOTTA, L.M.G. Mecânica dos pavimentos. 3º ed. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2015.

SENÇO, W. Manual de técnicas de pavimentação, volume II. 2ª edição – São Paulo: Pini, 2001.

SILVA, P.F.A. Manual de patologia e manutenção de pavimentos. 2 ed. – São Paulo: Pini, 2008.

YODER, E.J.; WITCZAK, M.W. Principles of pavement design. New York: Ed. John Wiley & Sons, 1975.