

PUC
PAVIMENTO
URBANO DE
CONCRETO



REFERÊNCIAS TÉCNICAS

Termo de Referência para Implantação de PUC **Pavimento Urbano de Concreto**

São Paulo – Junho/2025

MEMORIAL DESCRITIVO

1. Objetivo

O presente memorial tem por objetivo descrever e especificar os materiais, Normas Técnicas e acabamentos que serão utilizados nos serviços de PUC - Pavimento Urbano de Concreto com adição de macrofibra estrutural e demais serviços da obra, no Empreendimento "xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx" em xxxxxx - xx. Para o dimensionamento e análise do pavimento foram utilizados os métodos de cálculo da American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) de 1993; da Portland Cement Association (PCA/1984); conceitos da American Concrete Institute (ACI); ABNT PR1011/2021 – Projeto de Pavimentos Urbanos de Concreto, Rio de Janeiro, 2021; ABNT NBR 16935/21 Projeto de Estruturas de Concreto Reforçado Com Fibras – Procedimento.

2. História

É amplamente aceito que a origem dos pavimentos de concreto começou em 1894 em Bellefontaine, Ohio, USA, no qual ainda está em uso.

No início do século 20, muitas estradas e vias de concreto foram construídas em todo o mundo, e em 1917 as barras de encaixe foram usadas pela primeira vez nas estradas de concreto da Virgínia, nos EUA. Durante este período, muitas configurações diferentes de seções transversais de lajes, tipos de juntas e padrões de reforço para pavimentos rígidos surgiram.

A tecnologia de pavimentação de concreto está em constante evolução e hoje grande parte da ênfase é dada ao uso de materiais de construção ecologicamente corretos no concreto do pavimento e aos aspectos de durabilidade de estradas e ruas de concreto. Nestes aspectos a introdução de pavimentos reforçados com macrofibras auxilia no desenvolvimento deste sistema construtivo, atuando como reforço secundário no concreto, elevando-se seu desempenho de resistência a tração e proporcionando a diminuição da espessura da camada de concreto, mantendo sua resistência, durabilidade e ecologicamente menos poluente que os processos anteriores.

Este desempenho ao longo do tempo, e seus benefícios ambientais se dá por diversas condições do pavimento de concreto de alto desempenho:

- Não deformam quando da aceleração, frenagem e provas de cargas dos veículos;
- Maior durabilidade quando comparado a outros pavimentos;
- Menor interferência de manutenção preventiva e corretiva;
- Melhor distribuição de carga no concreto e no solo;

- Menor custo operacional dos veículos, quanto ao sistema de suspensão, freio e pneus, bem como menor consumo de combustível e menor emissão de CO₂;
- Maior segurança do usuário devido a macro e micro texturas;
- Melhor reflexão da luz na superfície do pavimento;
- Economia de até 30% nos gastos com iluminação pública;
- A superfície clara do concreto contribui para a redução da temperatura ambiente em até 5°C, e redução da temperatura da superfície do pavimento em até 17°C;
- Não sofre ataque de substâncias derivadas de petróleo.

3. Metodologia aplicada no pavimento

Conforme já mencionado, para o dimensionamento e análise do pavimento foram utilizados os métodos de cálculo da American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) de 1993, da Portland Cement Association (PCA/1984) e conceitos da American Concrete Institute (ACI) e ABNT PR1011/2021 – Projeto de Pavimentos Urbanos de Concreto, Rio de Janeiro, 2021. A metodologia de cálculo para a introdução da macrofibra estrutural baseia-se através da determinação dos esforços solicitantes conforme os métodos de cálculo apresentados, o cálculo do dimensionamento do pavimento correlaciona o ganho de desempenho do CRF (Concreto Reforçado com Fibra) através da norma da ABNT NBR 16935/2021 - Projeto de Estruturas de Concreto Reforçado Com Fibras – Procedimento.

4. Apresentação geral do empreendimento

O presente memorial descreve os serviços relativos às obras nas Ruas XXX, localizadas no Município de XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX, compreendendo obras de pavimentação em concreto e serviços complementares.

Previamente, de forma preliminar a qualquer outra atividade, a empresa executora deverá adequar o projeto básico ou referencial que compõe os procedimentos do município, às características reais e condições verificadas in loco para cada via, elaborando um projeto executivo (anexo a este documento) e o submetendo para análise e aprovação do município, no mínimo, com o seguinte corpo documental:

a) Detalhamento da drenagem das vias

Dimensionamento e distribuição de galerias de águas pluviais e/ou outros sistemas utilizados para este fim (ex: pavimento permeável).

b) Detalhamento do pavimento de concreto;

Dimensionamento efetivo para as condições da via e detalhamento da distribuição das placas de concreto (geometria).

c) Detalhamento dos passeios;

Detalhes construtivos do passeio e áreas de apoio.

d) Detalhamento do paisagismo da(s) via(s);

e) Detalhamento da sinalização viária, horizontal e vertical.

5. Condições Gerais

A executora tomará todas as providências e responderá por despesas relativas aos serviços preliminares, compreendendo todos os equipamentos, ferramentas, fechamento e edificações provisórias de apoio contendo no mínimo alojamentos, sanitários e escritório, necessários à correta execução da obra.

A executora atenderá aos preceitos estabelecidos na legislação vigente e em normas da ABNT visando a segurança e a correta execução da obra.

A executora deverá manter permanentemente na obra um profissional responsável técnico e sua equipe de apoio, para o desenvolvimento diário das OSs (Ordens de Serviços). Esta equipe deverá manter o diário de obras atualizado, nomes de todos os profissionais da equipe que esteja trabalhando e suas funções, registros de todas as ocorrências e vistas da fiscalização. A mesma será ainda responsável pelo recebimento e controle dos materiais de jazidas, através de romaneios e conferência de sua aplicação in loco.

A executora manterá nas obras um responsável técnico habilitado, podendo ser o mesmo profissional responsável técnico citado no parágrafo anterior, para que juntamente com a equipe de trabalho possam dirimir eventuais dúvidas. Este profissional não poderá se ausentar das obras por mais de 36 horas.

A executora deverá manter também nas obras, uma cópia de todos os projetos acompanhados das ART(s), dos projetos e orientações fornecidas pelo município e a(s) ART(s) referente a execução. Estes documentos deverão encontra-se de fácil acesso a qualquer fiscalização que se fizer ocorrer.

Os materiais e serviços executados terão obrigatoriedade de possuir as características de resistências, desempenho, dimensões e aspectos estéticos especificados nos projetos, sendo a executora responsável pela garantia por, no mínimo, 05 (cinco) anos, cabendo a esta a substituição e ou reparação em quaisquer aspectos sem ônus ao Município.

Os materiais e serviços impugnados pela fiscalização do município deverão ser retirados da obra, pela executora, num prazo máximo de 72 horas.

No caso de necessidade de alteração nas especificações de materiais ou de técnicas construtivas, a executora deverá submeter, previamente, à fiscalização do Município documento informando quais alterações serão realizadas, a motivação e informações comprobatórias com

relatórios técnicos indicando a equivalência no desempenho e nas características estéticas e de resistência do material substituto. Após avaliação da fiscalização, será autorizada ou não a substituição da especificação ou apresentar-se-á indicação de alternativa ao item. Na ocorrência de alterações estas devem ser explicitadas através de registro no “Diário de Obras”. A executora, ao final de cada etapa de obra, apresentará as plantas (as built) e relatório indicando as alterações realizadas.

As eventuais divergências encontradas nos documentos apresentados nesta obra serão comunicadas à fiscalização para as devidas providências.

A executora prezará e atuará com zelo nos locais da intervenção sendo responsável por quaisquer danos ao Município, concessionárias públicas e/ou a terceiros.

No período de execução das obras, no que se refere à segurança da obra e dos funcionários, a executora também será responsável por:

- Fornecer alimentação, uniforme e transporte aos funcionários envolvidos na execuções das obras;
- Fornecer materiais de primeiros socorros;
- Providenciar e exigir o uso, por parte de seus operários, de EPIs (Equipamentos de proteção individual) certificados conforme a peculiaridade e necessidades de cada atividade profissional, havendo ainda treinamento prévio e implantação de sinalização obrigatória de obra conforme a legislação do Ministério do Trabalho e Emprego – MTE;
- Sinalizar as vias em relação à segurança e alerta.

O prazo global para conclusão das obras e serviços estão de acordo com o especificado no cronograma físico-financeiro, parte integrante deste documento.

Quaisquer itens não especificados ou dúvidas serão deliberados pela fiscalização do Município, após avaliação e registro no diário de obras, podendo a executora interpellá-las através de ofício, solicitando informações e sugerindo possíveis soluções. Esta documentação será avaliada e será deliberado observando-se a melhor condição para a qualidade da obra e para o recebimento e administração do Município.

6. Instalação da Obra

A executora providenciará e montará a estrutura provisória para atendimento à obra, nas proximidades da área onde ocorrerão as intervenções, contendo no mínimo sanitários, escritório e alojamentos (se necessário), podendo esta ser substituída por container que atenda aos requisitos mínimos estabelecidos. Deve providenciar também rede elétrica e água, e fechamentos da área, visando o bom andamento dos serviços e respeitando as diretrizes indicadas na Norma Regulamentadora - NR18.

A executora se responsabilizará pela guarda dos materiais em local especificado, sendo vedado a guarda em locais fora do canteiro das obras.

A executora deverá instalar a placa de obras se necessário, no modelo a ser orientado pelo Município, em local visível e seguro, previamente estabelecido pela fiscalização.

7. Locação da Obra

A locação da obra deverá ser realizada pela executora por meio dos serviços de profissional habilitado, equipe de topografia, planilhas e ordens de serviços específicos para cada trecho, sob a supervisão da fiscalização do Município e de acordo com os termos deste Memorial Descritivo e do projeto anexo.

8. Drenagem – Galerias de Águas Pluviais

O sistema de drenagem superficial deverá estar dimensionado e adequado de forma a escoar, de maneira rápida e segura, as águas pluviais que incidam sobre a(s) via(s) integrantes deste escopo bem como de suas adjacências, bem como disciplinar o escoamento para desague seguro.

Para tanto, deverá ser executada rede de galerias de águas pluviais, composta de tubos de concreto tipo ponta e bolsa, bocas de lobo, caixa de ligação e poço de visita, bueiro simples e dissipador de energia, com o objetivo de canalizar e drenar águas pluviais. As bocas de lobos existentes deverão ser cuidadosamente observadas por ocasião da execução das obras de terraplenagem, meio fio e passeio. Qualquer danificação deverá ser corrigida, sem ônus ao Município.

Sistemas alternativos e/ou complementares são bem vindos, como por exemplo, a utilização de pavimentos permeáveis em calçadas, ciclovias e estacionamentos reduzindo assim consideravelmente o escoamento de águas superficiais e, conseqüentemente, reduzindo a estrutura necessária para a rede. Quando utilizado, o pavimento permeável deve atender integralmente à NBR 16.416 no que se refere ao dimensionamento e execução da estrutura.

Deve-se considerar também sistema de drenagem sub-superficial específico ao atendimento do pavimento. Este será responsável por liberar parte da água retida nas camadas inferiores do pavimento, preservando assim essas estruturas e aliviando as tensões que nelas incidem.

9. Corte e escavação:

Carga e transporte (mat. 1ª cat.), cortes são segmentos, cuja implantação requer escavação do terreno natural, nas áreas de alargamento de pista no interior dos limites das seções do projeto, que definem o corpo estradal.

As operações de corte compreendem:

- escavação dos materiais constituintes do terreno natural até o greide de terraplenagem;
- carga e transporte dos materiais para aterros ou botas-foras.

Estes materiais deverão ser transportados para locais previamente indicados pela fiscalização, de forma a não causar transtornos, provisórios ou definitivos, à obra.

Serão empregados tratores equipados com lâminas, carregadoras conjugadas com outros equipamentos, escavadeira hidráulica e transportadores diversos. A operação incluirá, complementarmente, a utilização de tratores e motoniveladoras, para escarificação.

10. Execução do meio fio - guias sem sarjetas:

As guias sem sarjetas serão executadas do tipo pré-moldado ou extrusado no local, executado com concreto com resistência $f_{ck} \geq 20$ MPa.

Na maioria das situações será utilizado meio fio sem sarjeta, visto o concreto do próprio pavimento não possuir irregularidades superficiais e, assim, podendo servir como apoio à drenagem. Contudo, a definição final partirá da especificação do sistema de drenagem projetado para a(s) via(s).

O local que receberá as guias, após as orientações topográficas e devido nivelamento do solo, deverá ser compactado com rolo compressor ou com compactador manual de placa vibratória até atingir o grau de compactação de 100% do proctor normal. Não será permitida a execução dos serviços em dias de chuva, objetivando evitar-se danos na execução.

É responsabilidade da EXECUTORA a proteção dos serviços e materiais contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los.

11. Regularização e compactação do subleito

O subleito local quando apresenta expansão elevada, deverá ser tratado em uma camada com espessura de 20cm com adições de cal calcítica podendo variar entre 2% e 4% e óxido de cálcio igual a 85%. Não é permitida a adição de cal dolomítica e cal derivado de carbureto de cálcio.

O pavimento de concreto necessita de subleito estável, isto é, não sujeito a recalque diferencial. Portanto, o subleito deverá ser regularizado segundo o procedimento ET-DE-P00/001 do DER/SP – Melhoria e Preparo do Subleito e, se necessário, reforçado pelo modo indicado no ET-DE-P00/002 do DER/SP – Reforço do Subleito.

Concluída a operação de preparo do subleito, deverá ser realizada a liberação da camada por meio de controle deflectométrico, feitas aleatoriamente nas bordas e no eixo do futuro pavimento de concreto, onde as deflexões atuantes no subleito deverão ser inferiores às indicadas em projeto para esse fim.

Deve-se verificar as deflexões recuperáveis máximas (D^0) da camada, através da viga Benkelman, conforme DNER ME 024⁽¹⁰⁾, ou FWD, Falling Weight Deflectometer, de acordo com

DNER PRO 273⁽¹¹⁾.

Poderá ser admitido que o controle do coeficiente de recalque seja feito por meio de execução de ensaios de Índices de Suporte Califórnia (ISC), em número estatisticamente significativo, a partir dos quais será avaliado o coeficiente de recalque (k) por meio de curvas de correlação apropriadas.

A camada final de terraplenagem deverá possuir Índices de Suporte Califórnia (ISC) \geq **XX%**, conforme especificado em projeto.

Tabela 1. Classificação AASHTO de Materiais de Subleito da Via

| Classificação Geral | Materiais granulares (35% ou menos passando na peneira nº 200) | | | | | | | Materiais siltosos e argilosos (mais de 35% passando na peneira nº 200) | | | |
|---|---|--------------------|--------------------|----------------------------------|---------|---------|---------|--|---------|-----------------|---------------|
| | A-1 | | A-3 | A-2 | | | | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 |
| Grupo | A-1-a | A-1-b | | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 | | | | A-7-5 / A-7-6 |
| Peneiração: % que passa: Nº 10 Nº 40 Nº 200 (p) | 50 máx. 30 máx. 15 máx. | 50 máx. 25 máx. | 51 mín. 10 máx. | 35 máx. | 35 máx. | 35 máx. | 35 máx. | 36 mín. | 36 mín. | 36 mín. | 36 mín. |
| Características da fração que passa nº 40 Limite de Liquidez - LL (%) Índice de Plasticidade IP (%) | | | | 40 máx. | 41 mín. | 40 máx. | 41 mín. | 40 máx. | 41 mín. | 40 máx. | 41 mín. |
| Índice de Grupo | 0 | | 0 | 0 | | 4 máx. | | 8 máx. | 12 máx. | 16 máx. | 20 máx. |
| Materiais que predominam | Pedra Britada pedregulho e areia | | Areia fina | Areia e areia silosa ou argilosa | | | | Solos Siltosos | | Solos argilosos | |
| Comportamento geral como subleito | Excelente a bom | | | | | | | Fraco a pobre | | | |

- O índice de plasticidade do subgrupo A-7-5 é igual ou menor que LL menos 30. O índice de plasticidade do subgrupo A-7-6 é maior que LL menos 30.

12. Sub-Base

A sub-base do pavimento tem as funções de uniformizar o suporte da fundação, evitar o efeito danoso dos materiais finos, absorver as tensões devidas à expansão do subleito e aumentar o valor de suporte da estrutura. Isto posto, as placas de concreto poderão ser assentadas diretamente sobre o subleito ou sobre uma sub-base que não apresente expansibilidade nem seja bombeável, devendo ser verificado através de ensaios a capacidade mecânica de suporte do solo e sua expansão, sendo aceito como base caso atinja CBR \geq 80% conforme o manual do Dinit, a utilização de estabilização da camada incorporando estabilizantes conforme norma (NORMA DNIT 420/2019 – ES) não utilizar cal reciclada de origem carbureto; está capacidade a assegurando às placas um suporte uniforme ao longo do tempo.

A definição da sua necessidade é confirmada após ensaios do solo e conhecimento do tráfego. Neste caso segue anexo como referência bibliográfica “When do you need to use a subbase under concrete pavements” ACPA - American Concrete Pavement Association – “Quando você precisa usar uma sub-base sob pavimentos de concreto”, com complemento de Subgrades and Subbases for Concrete Pavements – ACPA engineering bulletin.

“Pavimentos para caminhões lentos ou pavimentos de tráfego leve, como ruas residenciais, estradas secundárias, estacionamentos e estradas de alta velocidade somente para automóveis, não são propensos ao desenvolvimento de bombeamento. Uma sub-base não é garantia para proteção de bombeamento em tais aplicações porque essas instalações não estão sujeitas à deflexão e rápido retorno do pavimento, causados por cargas de rodas pesadas

em alta velocidade.

Tráfego * - Um pavimento com previsão de transportar 200 caminhões por dia ou menos geralmente não requer uma sub-base para evitar o bombeamento. Além disso, os pavimentos projetados para transportar menos de 1.000.000 de ESALs de 18 kip (80 kN) ao longo de sua vida útil não requerem sub-bases para evitar danos no bombeamento” pág 43.

A estrutura proposta em projeto, pode ser definida, seguindo como orientação utilização ou não do uso dessa camada conforme, o critério acima, e conforme a verificação e validação de ensaios do solo local.

Caso necessária utilização da sub-base, em carga de trafego pesado e/ou caso especial de drenagem, poderá ser composta por camada de Brita Graduada Simples (BGS) e/ou outra camada complementar.

13. Brita Graduada Simples (BGS)

Brita Graduada é a camada composta por mistura em usina de produtos de britagem, apresentando granulometria contínua e cuja estabilização é obtida através da estabilização in loco.

Para a execução da sub-base em BGS deve ser seguida a especificação técnica “Sub-base ou Base de Brita Graduada – ET-DE-P00/008” do DER/SP, incluindo todo o controle tecnológico exigido.

A superfície que receberá a camada de BGS deve ter atingido o parâmetro deflectométrico de controle apresentado no projeto, e estar desempenada e limpa, isenta de resíduos e outros elementos prejudiciais à adequada execução da mesma.

14. Pavimento Urbano de Concreto - Detalhamento

Pavimento Urbano de Concreto - PUC, para uso em vias urbanas é o pavimento cuja camada é constituída por placas de concreto de cimento Portland com adição de macrofibras estruturais, que atuam como reforço secundário, desta forma elevando-se o desempenho de resistência a tração do concreto e reduzindo-se a espessura da camada de concreto, que desempenham simultaneamente as funções de base e de revestimento.

A execução dos serviços deve seguir rigorosamente a Especificação Técnica “ET-DE-P00/040 – Pavimento de Concreto de Cimento Portland Sobre Plataforma de Terraplenagem – Manual” do DER/SP.

Dentre os procedimentos indicados pelo DER/SP, outros procedimentos construtivos podem ser adotados, oriundos de especificações e referências de apoio, desde que previamente aprovados pela Fiscalização.

A composição (traço) do concreto destinado à execução de pavimentos rígidos deverá ser determinada por método racional, conforme requisitos especificados nas normas NBR 7212, NBR 12655 e NBR 12821, de modo a obter-se com os materiais disponíveis na região uma

mistura fresca de trabalhabilidade adequada ao processo construtivo empregado e, simultaneamente, um produto endurecido compacto e durável, de baixa permeabilidade (alta densidade), e que satisfaça às condições de resistência mecânica e acabamento superficial impostas pela especificação, que deve acompanhar o projeto do pavimento.

Tal composição (carta traço) sendo acrescido pela inserção de macrofibras estruturais para reforço secundário que atenda as normas (ABNT NBR 16935/16940/16942-21) assim como as especificações de resistência dos projetos, sendo imprescindível que as fibras atendam as normas específicas da ABNT bem como o desempenho mínimo exigido do material na pós fissuração, conforme recomendado neste manual.

Sendo imprescindível que seja verificado através da realização de ensaios (Segundo a norma ABNT 16940) que o material atende as exigências mínimas de desempenho, sendo de responsabilidade do projetista e do responsável técnico pela execução a verificação.

A Central Dosadora do Concreto, fazendo o fornecimento do concreto com adição de macrofibras (Concreto reforçado com fibra, CRF), não tendo o projeto e com fornecimento direto, obrigatoriamente deverá emitir o Relatório de Carregamento de Carga e ART (Acervo de Responsabilidade Técnica) do concreto fornecido.

15. Materiais constituintes do concreto

São considerados adequados quaisquer tipos de cimento que atendam aos requisitos estabelecidos pela **ABNT NBR 16697**. Normalmente, utilizam-se os cimentos do tipo **CP II** e **CP III**, por apresentarem menor finura (Blaine máximo de 4000 g/cm²).

Valores Recomendados de Resistencia del Concreto según rango de Tráfico

| RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE | RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (MR) | RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c) |
|--|---|---|
| ≤ 5'000,000 EE | 40 kg/cm ² | 280 kg/cm ² |
| > 5'000,000 EE ≤ 15'000,000 EE | 42 kg/cm ² | 300 kg/cm ² |
| > 15'000,000 EE | 45 kg/cm ² | 350 kg/cm ² |

Os agregados, água, aditivos e aço deverão atender aos requisitos definidos no item 5 da **norma DNIT 047**, e seu recebimento e armazenamento na obra deverão seguir as orientações contidas nas normas **DNIT 050/2004-EM** e **DNER-EM 037**.

Nos projetos que utilizarem **macrofibra estrutural**, esta deverá atender às exigências das normas **ABNT NBR 16935**, **ABNT NBR 16940** e **ABNT NBR 16942**, além de atender aos parâmetros mínimos de projeto ($FR_4 \geq 1,3$ MPa com $K \geq 90\%$), conforme estabelecido nas normas **ACI 544.4R** e **ACI 330**.

O concreto do pavimento urbano deverá atender aos seguintes requisitos:

- **Resistência característica mínima à tração na flexão (fctM,k):** $\geq 4,2$ MPa ou $\geq 4,5$ MPa aos 28 dias, conforme condições de solo e tráfego previstas no projeto. A resistência à tração será determinada em corpos de prova prismáticos conforme **ABNT NBR 5738**, **NBR 12142** e **NBR 16940**.

- Alternativamente, poderá ser considerada a **resistência à compressão axial (fck)** ≥ 30 MPa ou ≥ 35 MPa, desde que demonstrada a correlação entre tração e compressão utilizando os mesmos materiais aplicados na obra, conforme **NBR 5738** e **NBR 5739**.
- **Consumo mínimo de cimento (Cmin):** 320 kg/m³, conforme especificado no projeto, quando da utilização de macrofibra estrutural.
- **Relação água/cimento máxima (A/C):** 0,50 l/kg.
- **Abatimento (Slump):** determinado conforme **NBR 16889** (antiga NM 67), devendo ser adequado ao tipo de equipamento de execução e às condições de declividade da obra.
- **Dimensão máxima característica do agregado:** não deve exceder 1/3 da espessura da placa do pavimento ou 50 mm, prevalecendo o menor valor.
- **Teor de ar incorporado:** $\leq 4,0\%$, conforme **NBR 16897** (antiga NM 47).
- **Exsudação:** $\leq 3,0\%$, conforme **NBR 16891** (antiga NM 102).
- **Teor de argamassa:** entre 50% e 53%, ou ajustado conforme o equipamento utilizado para lançamento e adensamento do concreto.

16. Reforço do concreto com fibras poliméricas

Quando da utilização de macrofibras e microfibras na composição do concreto, estas devem atender às normas:

- **ABNT NBR 16940:2021** – Concreto Reforçado com Fibras – Determinação da Resistência à Tração na Flexão.
- **ABNT NBR 16942:2021** – Fibras Poliméricas para Concreto – Requisitos e Métodos de Ensaio.

Todos os ensaios devem ser realizados por laboratórios acreditados pelo **INMETRO**. Caso não seja possível, os laboratórios devem comprovar a rastreabilidade de seus procedimentos e a calibração de seus equipamentos, atendendo as normas vigentes.

As macrofibras têm como principal função **aumentar a resistência residual pós-fissuração do concreto**, proporcionando maior ductilidade ao material e, em muitos casos, permitindo a **redução da espessura das placas** de pavimento.

As características mínimas exigidas para as macrofibras são:

- **Diâmetro equivalente:** $\geq 0,30$ mm.
- **Comprimento:** entre 30 mm e 50 mm.
- **Módulo de elasticidade:** $\geq 3,0$ GPa.
- **Material:** poliolefinas derivadas de polipropileno, com tratamento superficial conforme norma.

- **Resistência à alcalinidade:** conforme NBR 16942.
- **Fator de forma:** atendendo às condições de desempenho estabelecidas.

O teor de macrofibra, em quilogramas por metro cúbico de concreto (kg/m^3), deverá ser suficiente para garantir a resistência residual média mínima de:

- **$FR_4 \geq 1,3 \text{ MPa}$**
- **$K \geq 90\%$** (índice de confiabilidade)

para um concreto de referência com resistência à tração na flexão de **$4,2 \pm 0,3 \text{ MPa}$** .

Importante: Caso o projeto preveja valores de desempenho superiores aos mínimos estabelecidos acima, **deverão ser respeitados integralmente os requisitos de desempenho definidos em projeto**, sem qualquer redução dos parâmetros especificados.

Reforçamos a importância de utilizar fibras **certificadas pela ABNT**. A dosagem adequada deverá ser verificada por meio de ensaios de caracterização realizados em laboratório e validados em campo, preferencialmente junto a laboratórios certificados ou qualificados, conforme premissas do **INMETRO**.

De forma geral, recomenda-se a utilização **de 3 e $5,5 \text{ kg/m}^3$ de macrofibra estrutural**, devendo o valor exato ser definido com base nos resultados de projeto e verificação de desempenho.

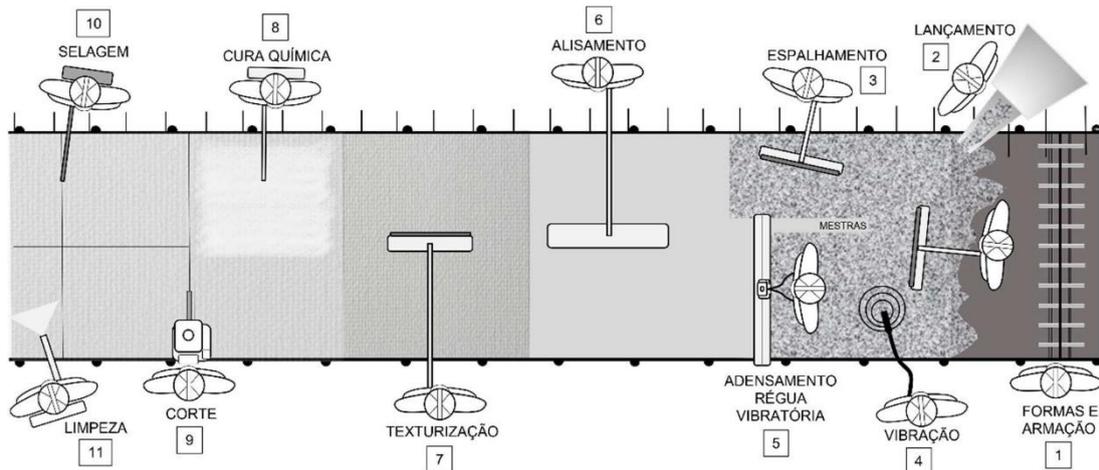
Notas Explicativas:

- **FR_4 :** Resistência Residual no quarto ponto da curva carga-deflexão (resistência pós-fissuração).
- **K:** Fator de confiabilidade, normalmente aplicado para garantir desempenho mínimo estatisticamente seguro.
- **LOP (Limit of Proportionality):** Limite de proporcionalidade da resistência à tração do concreto.

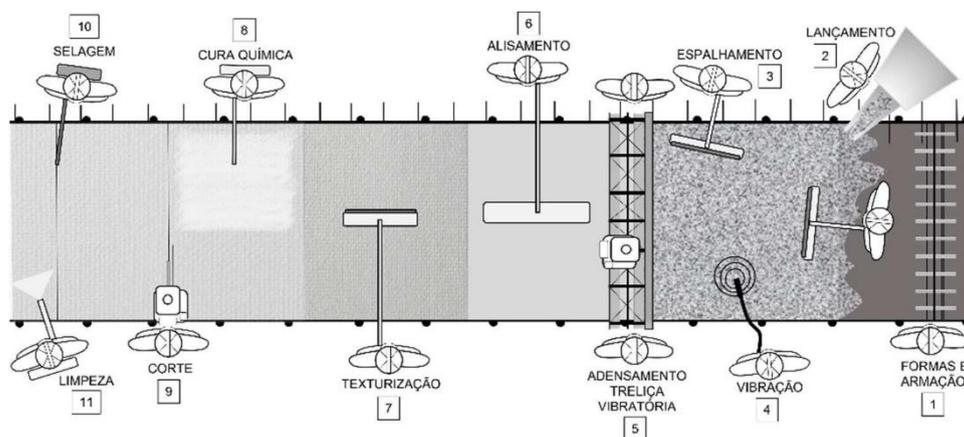
17. Equipamentos para execução

Para a execução do pavimento rígido deverá ser utilizado equipamento compatível com as características da obra e necessidade de produtividade para a situação em questão. Esses equipamentos estão descritos e especificados no procedimentos ET-DE- P00/040 DER/SP, e na norma DNIT 047/2004 – ES, que apoia este documento, e podem ser do tipo régua vibratória, treliça vibratória ou rolo vibratório (roller screed). Serão aceitos equipamentos de maior porte (fôrmas-trilho e/ou pavimentadoras de formas deslizantes) desde que aplicáveis à obra, podendo ser utilizados alisadora acabadora de concreto (bambolê). Neste caso, para outros equipamentos, devem ser seguidas as normativas específicas para tais equipamentos, ET-DE- P00/039 DER/SP ou ET-DE- P00/041 DER/SP.

Execução com régua vibratória



Execução com treliça vibratória



Além do equipamento principal de espalhamento (adensamento/alisamento) do concreto, a executora fará uso dos seguintes equipamentos complementares para a correta execução do pavimento:

- Formas metálicas ou similar, para contenção lateral do concreto em quantidade suficiente para 2 dias de produção, se for utilizada. Estas formas deverão servir de furos para instalação das barras de ligação. No caso de concretagem em toda largura/seção transversal da pista/rua, em um mesmo momento, poderão ser utilizadas mestras/taliscas de nível, substituindo as formas, para referência de cota e apoio do equipamento de adensamento/alisamento do concreto;
- Formas metálicas ou similar, para contenção frontal do concreto em final de jornada (juntas transversais). Estas formas deverão servir de furos para instalação das barras de transferência;
- Plataforma de apoio ou ponte de serviço: Necessária para eventuais acabamentos do concreto após a passagem do equipamento de espalhamento. Normalmente fabrica-se este equipamento na obra, prevendo-se possíveis mudanças de larguras;
- Lona plástica, para em caso de chuva proteger-se o concreto fresco em fase de pega;

- Ferramentas manuais de pedreiro e armador (equipamento de nível, linhas, linhas marcadoras de juntas, pontaletes, pás, enxadas, puxadores de concreto em frente ao equipamento, turquesas, etc) em quantidade suficiente para o bom andamento da obra;
- Vibradores de imersão (motor a gasolina), diâmetro > 50mm (mínimo dois);
- Desempenadeira metálica de cabo longo - Float manual (mínimo dois);
- Rodo de corte de secção retangular (mínimo 3m) de cabo longo (caso necessário);
- Elementos para texturização: Vassoura de piaçava, nylon ou pente metálico;
- Bomba de pulverização costal manual para aplicação do agente de cura (mínimo duas);
- Equipamento de corte e serras de disco diamantado (conforme espessura e profundidade do corte), auto-propelidas (corta e anda) em quantidade suficiente para atendimento à demanda de cortes (mínimo duas – considerando o não funcionamento de uma no momento do corte – contingência);
- Sistema de iluminação auxiliar. Dependendo do planejamento da obra, grande parte dos cortes das juntas pode vir a ser executado a noite;
- Réguas de alumínio de comprimento $\geq 3\text{m}$ com secção retangular, para aferição do nivelamento da superfície acabada (mínimo duas);
- Aplicadores manuais de selantes (mínimo um). Deve-se prever também equipamento para limpeza do corte para melhor aderência do selante, neste caso podendo ser por pressão de ar ou água. Em caso onde o projeto possua no reservatório das juntas cordão de respaldo, este deve ser introduzido por ferramenta adequada que permita constante nivelamento deste dentro das juntas;
- Equipamento para limpeza de ferramentas e entrega do pavimento, inclusive a limpeza e remoção do agente de cura sobre o concreto, para posterior pintura de sinalização sobre o mesmo (pressurização de água).

Obs: Deve-se prever a instalação de protetores para não permitir o acesso ao concreto fresco, por pessoas ou animais, bem como também prever a proteção ao vento quando necessário.

18. Preparo da pista para a concretagem e assentamento de fôrmas

A superfície que receberá a camada de CONCRETO, deve ter atingido o parâmetro deflectométrico de controle apresentado no projeto, e estar desempenada e limpa, isenta de resíduos e outros elementos prejudiciais à adequada execução da mesma.

As fôrmas, quando utilizadas, deverão ser alocadas anteriormente à execução do pavimento e estarem de acordo com a topografia. Deverão ser assentadas na camada subjacente com base no alinhamento da pista, bem como serem fixadas com ponteiros de aço, no máximo a cada metro, de modo a suportar sem quaisquer deslocamentos os esforços inerentes ao trabalho. Para o perfeito assentamento, as fôrmas ainda devem ser calçadas em toda a sua extensão, não sendo permitidos apoios isolados.

O topo das fôrmas deverá coincidir com a superfície de rolamento prevista, fazendo-se

necessária a verificação do alinhamento e do nivelamento, admitindo-se desvios altimétricos de até 3mm e diferenças planialtimétricas não superiores a 5mm com relação ao projeto.

Deverá também ser efetuada verificação do fundo de caixa (no centro da pista) não se admitindo espessura, ao longo de toda a seção transversal, inferior à especificada no projeto.

19. Colocação de lona plástica

Logo abaixo das placas de concreto com o objetivo de manter a água de amassamento do concreto, evitando a perda desta para a camada de base, é recomendado o uso de lona impermeável ou produto similar. A lona precisa ser resistente, com alta micragem entre 150 e 200 micras.

A colocação da lona deve ser feita com sobreposição de no mínimo de 15 cm em relação a camada adjacente.

20. Mistura, transporte, lançamento e espalhamento do concreto

O concreto deverá ser produzido em centrais de concreto, com o atendimento integral das condições estipuladas na norma NBR 7212.

O transporte do concreto deverá ser feito em caminhões betoneira ou basculantes.

O período máximo entre a mistura (a partir da adição da água) e o lançamento do concreto será de trinta minutos, no caso de caminhões basculantes, sendo proibida a redosagem sob qualquer forma. Quando utilizados caminhões betoneira (com agitação) para o transporte este período poderá ser de 90 minutos.

A introdução da macrofibra estrutural e microfibra pode ser realizada diretamente durante o carregamento na usina, inserindo as mesmas na esteira, ou diretamente em obra, lançando as fibras conforme sua dosagem especificada em projeto diretamente no caminhão betoneira, devendo proceder a homogeneização batendo o caminhão durante 2 min para cada m³ de concreto, observar se os caminhões que encontram-se na linha estão com as facas em boas condições, para garantir a boa homogeneização do material.

O espalhamento do concreto pode ser feito com auxílio de ferramentas manuais (pás, enxadas, etc) ou executado de forma mecanizada (escavadeira de pequeno porte, etc) porém, qualquer que seja o processo utilizado, deve-se garantir uma distribuição homogênea de modo a regularizar a camada na espessura a ser adensada.

A pavimentação poderá ser realizada numa faixa contínua sem a necessidade de juntas longitudinais de construção. Caso estas sejam necessárias, devem coincidir com as previstas em projeto.

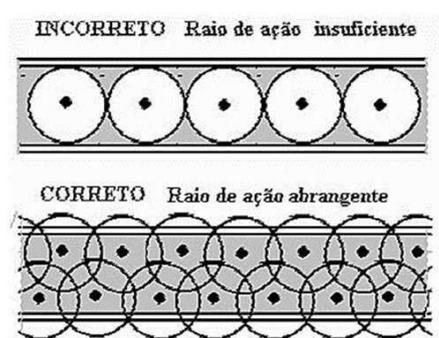
21. Adensamento e conformação do concreto

O equipamento para execução do pavimento de concreto deverá ser, preferencialmente, de pequeno porte, do tipo régua vibratória, treliça vibratória ou rolo vibratório (roller screed). Eventualmente, caso as características da via permitam, podem ser utilizados equipamentos com maior produtividade (Fôrmãs-trilho ou pavimentadoras de fôrmãs deslizantes), adequando-se, neste caso, as condições de execução e canteiro.

Além do adensamento superficial realizado pelos equipamentos vibratórios deverá ser realizado adensamento complementar com vibradores de imersão em toda a largura concretada, respeitando-se o raio de vibração do equipamento, e inserindo o mesmo em ângulos de 45° graus a fim de melhor adensar o concreto reforçado com fibra e direcionando o posicionamento horizontal da mesma. Atentar para a sobreposição dos pontos de adensamento, conforme figura que segue:

A verificação da regularidade longitudinal da superfície deverá ser feita por meio de uma régua de alumínio com mais de 3m de comprimento. Qualquer variação na superfície, superior a 5 mm, seja uma depressão ou saliência, deverá ser corrigida de pronto, sendo as saliências cortadas e as depressões preenchidas com concreto fresco.

22. Acabamento e texturização do concreto



O acabamento final do concreto deverá ser realizado, primeiramente, por meio da utilização do rodo de corte (para retirada de irregularidades na superfície) e, na sequência com a utilização do float manual (desempenadeira de cabo longo) para o desempenho final do pavimento. Estes serviços devem ser executados imediatamente após o adensamento do concreto.

Logo a seguir, deve-se proceder com a texturização do pavimento, que deve estar de acordo com os parâmetros definidos em projeto e validados pelo Município. Para regiões de baixa velocidade, vias locais e coletoras, admitisse como acabamento, nível de rugosidade simples como alisamento camurçado, grosso ou superior, não sendo admitido acabamento lapidado ou polido. Para regiões com declive é recomendada o acabamento vassourado ou superior nestes casos é importante reforçar o adensamento do concreto para diminuir o afloramento das macrofibras estruturais. Para regiões com velocidade acima de 40 km/h deve se utilizar acabamento com textura vassourado ou utilização de pentes metálicos que provocarão ranhuras na superfície das placas.

A vassoura ou o pente metálico devem ser passados na direção transversal à faixa concretada, de forma homogênea e constante, a fim de obter ranhuras contínuas, uniformes e alinhadas ao longo do pavimento como um todo.

As ranhuras devem ser leves para não comprometer o acabamento final do pavimento e evitar geração acentuada de ruídos. As ranhuras devem ser verificadas através do ensaio de macha de areia, onde a altura das ranhuras deve ficar entre 0,6 e 1,2 mm.

23. Cura do concreto

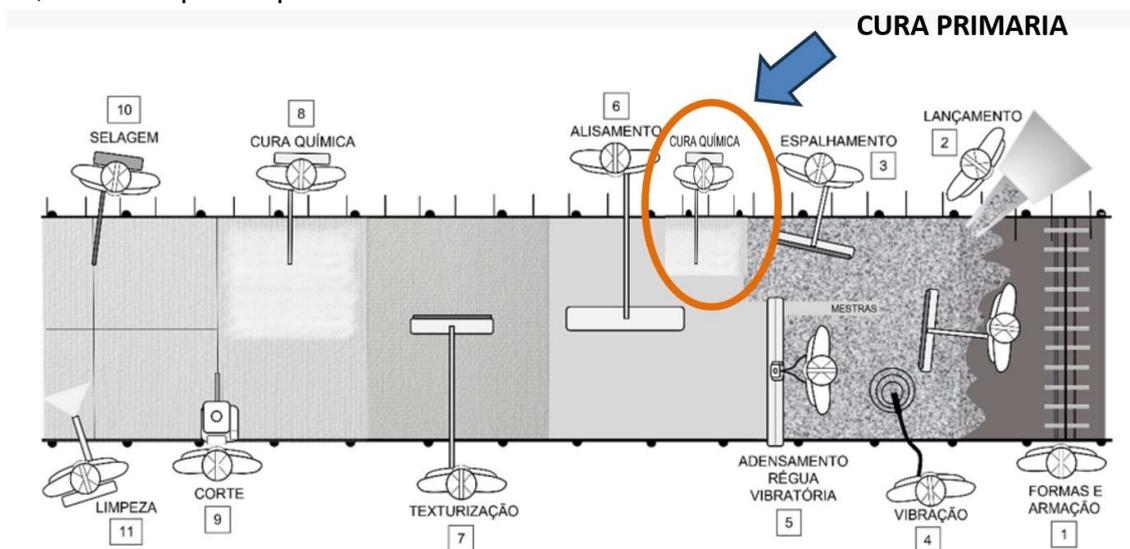
A vida útil das estruturas tornou-se um tema essencial na engenharia, impulsionado pela busca por sustentabilidade. Quando projetamos algo com planejamento adequado e estruturado — no caso do concreto, envolvendo a composição dos materiais, a execução e a cura — estamos garantindo a longevidade da construção, além de assegurar o seu monitoramento constante.

A Norma ABNT NBR 14931 descreve que a cura de concreto envolve o conjunto de medidas que visam evitar sua secagem prematura e prover a pasta de cimento de água suficiente para sua hidratação, particularmente nas camadas superficiais das peças.

O concreto deve ser hidratado para que, a partir das reações de hidratação do cimento, este possa adquirir no futuro as propriedades desejadas, como resistência, baixa permeabilidade, baixa difusividade, alta estabilidade do volume não retraindo, resistência à abrasão e resistência a produtos químicos.

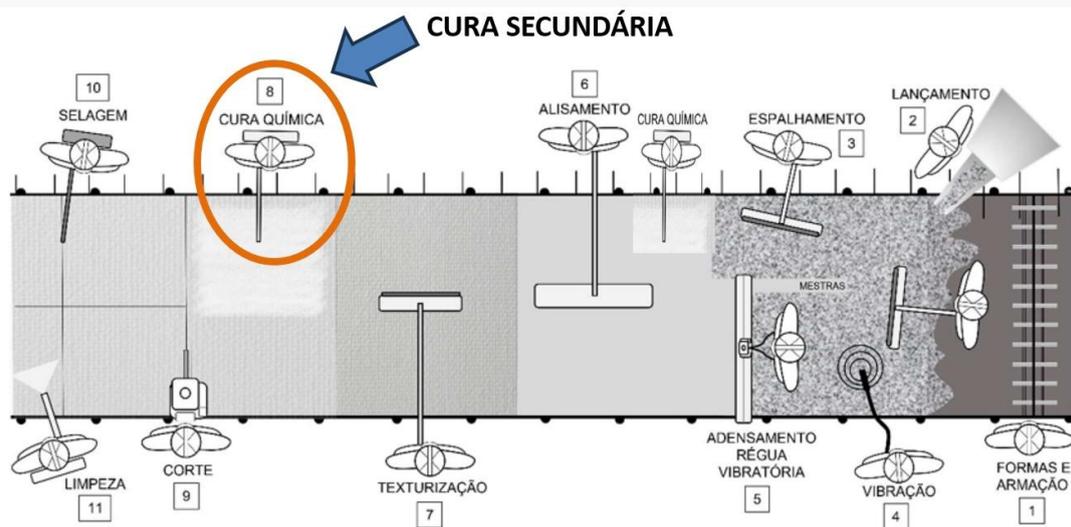
Segundo a Norma ABNT 14931 a cura do concreto se divide em cura primária e cura secundária. A cura primária é aplicada durante o lançamento do concreto (em uma laje ou piso, por exemplo, imediatamente após o seu sarrafeamento) e o fim de pega do concreto (endurecimento ao tato), enquanto a cura secundária é aplicada a partir do fim de pega do concreto. Para projetos de Pavimento Urbano de Concreto – PUC, recomenda-se sempre a utilização da cura primária e cura secundária para garantir a durabilidade do pavimento.

Deve ser empregada a cura química nas duas etapas, seguindo a norma ABNT NBR 1493 1. A cura primária é aplicada durante o lançamento do concreto, imediatamente após o seu adensamento por régua / treliça vibratória. Geralmente se usa uma dosagem de 0,15 L / m² até 0,35 L / m² para o produto.



Aplicação da Cura Primária.

Enquanto a cura secundária é aplicada a partir do momento quando a superfície perde o brilho, ou seja, esteja com o aspecto fosco (sem brilho), geralmente depois da execução do serviço da texturização. Para a cura secundária encontra-se consumo comum de 0,35 L / m² a 0,50 L / m² visando a formação de película contínua, cujo objetivo é impedir a perda de água de amassamento do concreto para o ambiente.



Aplicação da Cura Secundária.



Aplicação da Cura Secundária.

Os produtos para a cura primária e para a cura secundária devem ser aplicados em toda a superfície do pavimento conforme orientações do fabricante. Normalmente, ambos os agentes de cura, primária e secundária, têm uma pigmentação branca (clara) após a aplicação na superfície. Principalmente a cura secundária, deve obedecer aos requisitos descritos na norma ASTM-C 309 com uma taxa de evaporação $\leq 0,55 \text{ kg/m}^2$.

A aplicação dos agentes de cura deve ser executada por meio de aspersão. O período total de cura é o período no qual recomenda-se a não circulação de qualquer tráfego sobre o pavimento recém executado.

O período total de cura deverá ser de 7 dias, período no qual recomenda-se a não circulação de qualquer tráfego sobre o pavimento recém executado.

Caso as condições climáticas apresentem-se muito exacerbadas, calor ou frio em demasiado e/ou muito vento, deve-se proceder com cura úmida adicional neste período de 7 dias, espalhando-se mantas de geotêxtil umidificadas sobre o pavimento recém executado.

No final da obra, após passado o período de cura, deve-se prever a limpeza do pavimento com pressão de água para remoção da película de cura, assim permitindo a pintura de sinalização no pavimento.

24. Desmoldagem

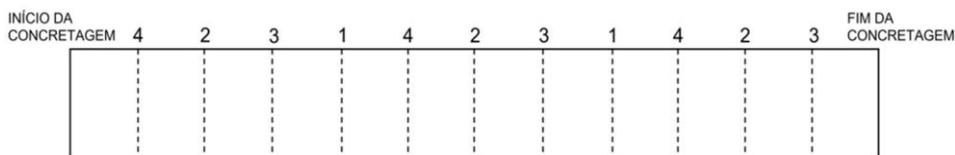
As formas só poderão ser retiradas decorridas ao menos 12 horas da finalização da concretagem (atentar para especificações do concreto) e, desde que o concreto possa suportar sem nenhum dano a operação de desmoldagem. Durante a desmoldagem deverão ser tomados os cuidados necessários para evitar o esborcinamento nos cantos das placas.

Recomenda-se que as faces laterais das placas, ao serem expostas pela remoção das fôrmas, sejam imediatamente protegidas por processo que lhes proporcione condições de cura análogas às da superfície do pavimento.

25. Juntas

A locação das seções onde serão executadas as juntas deverá ser feita por medidas topográficas, devendo ser determinadas as posições futuras por pontos fixos estabelecidos nas duas margens da pista, ou ainda, sobre as formas estacionárias.

Deve-se estabelecer um Plano de Corte no qual se determine o momento adequado e a ordem de abertura das juntas transversais, que devem ser trabalhadas de modo a aliviar as tensões no pano concretado. Em síntese, deve-se adotar uma estratégia de corte na qual os panos venham sendo reduzidos, aliviando assim as tensões incidentes.



As juntas deverão obedecer a paginação do projeto e serem serradas no primeiro momento possível após o início de pega do concreto, momento no qual o concreto jovem já se encontra endurecido e assim possível apoiar o equipamento de corte sem provocar depressões no concreto e esborcinamento nos cortes. Esse momento específico vai depender das condições climáticas, do concreto e diversos outros aspectos, mas na grande maioria dos casos ele se dá por volta de 4 - 8h após a concretagem (janela de serragem).

A profundidade do corte será de 1/3 da espessura da placa e sua largura será de 2 a 3mm. Para as condições finais das juntas deverão ser atendidas as recomendações especificadas no detalhamento do projeto, inclusive as condições de preenchimento (selagem) das juntas, quando necessários (juntas de construção).

Ao fim de cada jornada de trabalho, ou sempre que a concretagem tiver de ser interrompida por mais de 60 minutos, deverá ser executada uma junta de construção cuja posição deve coincidir com a de uma junta transversal indicada no projeto.

Entre a placa de concreto e o meio fio poderá ser inserido EPS (isopor) de espessura de mínimo 3mm, para que não aja aderência entre o pavimento e o meio fio, assim não formando um único elemento e possibilitando a pequena movimentação de ambos.

Caso o meio fio seja moldado in loco recomenda-se que suas juntas coincidam com as

juntas transversais do pavimento, evitando-se assim fissuras induzidas nesse elemento.

26. Selagem das Juntas

Para a aplicação do material de selagem das juntas (quando especificadas), limpar as juntas cuidadosamente com a ponta de um cizel, vassouras de fios duros e ar comprimido.

O material de selagem das juntas deve ser elástico, de silicone autonivelante, resistente a ações climáticas, raio ultravioleta e intempéries, e deve ser aplicado cuidadosamente no interior dos sulcos, de modo a preencher a junta sem transbordamento. Os excessos e respingos na superfície devem ser removidos.

A profundidade de penetração do material selante e suas características devem ser executadas conforme definidas no projeto.

“Para ruas de cidades com espaçamentos de juntas curtos, a quantidade de abertura e fechamento de juntas é pequena. Como resultado, a eficácia da vedação de juntas para vias urbanas não é tão crítica quanto para espaçamentos de juntas longos e para pavimentos de rodovias com alto volume de caminhões” ACPA – Projeto e construção de juntas para ruas de concreto. Assim quando encontrado tal situação, concentra-se a selagem para as áreas com corrente de águas próximas ao meio fio e entre placas com barras de transferência e ligação.

27. Abertura ao tráfego

O pavimento pronto só pode ser aberto ao tráfego quando atingida a resistência mínima de aceitação. Recomenda-se a aceitação de 80% da resistência especificada do concreto.

28. Controle de qualidade e ensaios

A empresa executora deverá apontar laboratório que irá realizar os ensaios e controle de qualidade para a prefeitura que terá poder de veto, caso este laboratório não apresente os requisitos técnicos necessários.

Os ensaios que serão exigidos para o controle tecnológico são baseados e indicados nas Especificações Técnicas “ET-DE-P00/040 – Pavimento de Concreto de Cimento Portland Sobre Plataforma de Terraplenagem – Manual”. Definidas conforme tipologias de projeto.

29. Controle do acabamento superficial

O IRI foi desenvolvido no International Road Roughness Experiment (IRRE, 1986), utilizando um modelo matemático de veículo ("quarter-car") trafegando a 80 km/h, o que define sua maior aplicabilidade para vias de velocidade média e alta.

Segundo a ASTM E1926 e AASHTO R 43, o IRI é apropriado para avaliação funcional de pavimentos em rodovias e aeroportos, onde o conforto e a segurança são afetados significativamente pela irregularidade longitudinal.

A Federal Highway Administration (FHWA) recomenda o IRI como principal índice para vias com velocidades acima de 80 km/h. Em velocidades entre 40 e 60 km/h, sua aplicação ainda é válida, mas os efeitos das irregularidades são menos pronunciados e devem ser seguidas as recomendações conforme especificações de projeto.

Para vias com velocidades inferiores a 40 km/h, o IRI perde sensibilidade e representatividade, sendo preferível recorrer a outros parâmetros como perfil longitudinal detalhado, medidas de textura, ou índices de planicidade (FF/FL), especialmente em pisos industriais e vias urbanas.

A DNIT 442/2023 – PRO adota o IRI conforme metodologias internacionais, pressupondo sua aplicação para condições de tráfego típicas de rodovias.

Publicações técnicas como "The Little Book of Profiling" (Sayers & Karamihas, 1998) reforçam que o IRI foi concebido para representar o conforto em tráfego a 80 km/h, e que sua utilização para velocidades muito baixas pode resultar em avaliações pouco representativas.

Assim, o IRI é altamente recomendado para vias com velocidade ≥ 80 km/h, recomendado entre 40-60 km/h, e não recomendado isoladamente para velocidades < 40 km/h.

Essa diretriz é amplamente aceita por agências rodoviárias, organismos internacionais e normas técnicas, fundamentando práticas correntes na engenharia de pavimentos.

30. Determinação da resistência do concreto

Na inspeção do concreto deverá ser determinada a resistência à tração na flexão na idade de controle fixada no projeto, ou, a resistência à compressão axial, desde que tenha sido estabelecida através de ensaios, sendo para o concreto em questão, uma correlação confiável entre a resistência à tração na flexão e a resistência à compressão axial.

31. Moldagem dos corpos-de-prova

A cada trecho de no máximo 2.500m² de pavimento, definido para inspeção, deverão ser moldados aleatoriamente e de amassadas diferentes, no mínimo, 6 exemplares de corpos de prova sendo cada exemplar constituído por, no mínimo, 2 corpos de prova prismáticos ou cilíndricos de uma mesma amassada, cujas dimensões, preparo e cura deverão estar de acordo com a norma NBR 5738. Na identificação dos corpos de prova deverá constar a data da moldagem, a classe do concreto e outras informações julgadas necessárias.

32. Ensaios

Os corpos de prova deverão ser ensaiados na idade de controle fixada no projeto, sendo a resistência à tração na flexão determinada nos corpos de prova prismáticos conforme a norma NBR 12142, e a resistência à compressão axial nos corpos de prova cilíndricos de acordo com a norma NBR 5739.

Dos 2 resultados obtidos será escolhido o de maior valor, que será considerado como sendo a resistência do exemplar.

33. Determinação da resistência característica

A resistência característica estimada do concreto do trecho inspecionado à tração na flexão ou à compressão axial será determinada a partir das expressões:

$$f_{ctM,est} = f_{ctM,28} - k_s \text{ ou } f_{ck,est} = f_{c28} - k_s$$

Onde:

$f_{ctM,est}$ = valor estimado da resistência característica do concreto à tração na flexão;

$f_{ctM,28}$ = resistência média do concreto à tração na flexão, na idade de 28 dias;

$f_{ck,est}$ = valor estimado da resistência característica do concreto à compressão axial;

$f_{c,28}$ = resistência média do concreto à compressão axial, na idade de 28 dias;

s = desvio padrão dos resultados;

k = coeficiente de distribuição de Student;

n = número de exemplares.

O valor do coeficiente k é função da quantidade de exemplares do lote, sendo obtido na Tabela 1.

| Tabela 1 – Coeficiente de distribuição de Student | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|
| AMOSTRAGEM VARIÁVEL | | | | | | | | | | | | | |
| n | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 15 | 18 | 20 | 25 | 30 | 32 | > 32 |
| k | 0,920 | 0,906 | 0,896 | 0,889 | 0,883 | 0,876 | 0,868 | 0,863 | 0,861 | 0,857 | 0,854 | 0,842 | 0,842 |
| | | | | | | | | | | | | | |

34. Aceitação automática

O pavimento será aceito automaticamente quanto à resistência do concreto, quando se obtiver uma das seguintes condições:

$$f_{ctM, est} \geq f_{ctM,k} \text{ ou } f_{ck, est} \geq f_{ck}$$

35. Verificações suplementares

Quando não houver aceitação automática deverão ser extraídos no trecho, em pontos uniformemente espaçados, no mínimo, 6 corpos de prova cilíndricos de 10 cm de diâmetro, ou correspondentes a espessura da placa de concreto, segundo a norma NBR 7680, ou corpos de prova prismáticos, conforme a norma ASTM-C 42, os quais serão ensaiados respectivamente à compressão axial (norma NBR 5739) e à tração na flexão (norma NBR 12142). Estes corpos de prova devem ser extraídos das placas que apresentarem as menores resistências no resultado do controle.

Com os resultados obtidos nestes corpos de prova será determinada a resistência característica pela fórmula $f_{ctM,est} = f_{ctM,28} - k_s$ ou $f_{ck,est} = f_{c,28} - k_s$. O trecho será aceito se for atendida a condição $f_{ctM, est} \geq f_{ctM,k}$ ou $f_{ck, est} \geq f_{ck}$. Caso esta condição não seja atendida deverá ser feita revisão do projeto, adotando para a resistência do concreto do trecho a resistência característica estimada e a espessura média determinada no controle geométrico.

Se o trecho ainda não for aceito deverá ser adotada, de acordo com o parecer da Fiscalização e sem ônus para o Município, uma das seguintes decisões:

- Aproveitamento do pavimento, com restrições ao carregamento ou ao uso.
- Reforço do pavimento.

- Demolição e reconstrução pavimento.

36. Controle de trafegabilidade

A empresa executora é responsável pelo controle de trafegabilidade sobre o pavimento (pedestres, automóveis e outros) durante o período da obra e em horário imediato a sua conclusão.

37. Limpeza da obra / acabamento final

Deverá ser efetuada a completa limpeza da pista antes de sua liberação por completo ao tráfego, buscando eliminar quaisquer detritos que venham a atrapalhar sua utilização.

A obra deve ser liberada apenas após a completa execução dos serviços de sinalização horizontal.

38. Aceite da obra

A prefeitura municipal através do seu corpo técnico irá analisar todas os relatórios de controle de qualidade e ensaios para aceite da obra. A obra será considerada aceita e entregue somente após entrega do relatório final comprovando estarem cumpridos todos os requisitos do controle de qualidade baseados nos Ensaios e Critérios de Aceitação exigidos pela Especificação Técnica "ET- DE-P00/040 – Pavimento de Concreto de Cimento Portland Sobre Plataforma de Terraplenagem – Manual".

A prefeitura reserva-se o direito de não aceitar a obra caso os resultados não estejam de acordo com os critérios normativos estabelecidos, bem como pode pedir a realização de novos ensaios tantos quantos forem necessários para essa avaliação.

A prefeitura terá amplo e irrestrito acesso às informações relativas aos serviços e materiais descritos neste memorial.

39. Orçamento Estimativo: (apenas exemplo)

| <u>Orçamento - Área de Lotes</u> | | | | |
|---|------------|---------|----------|---------------------|
| Descrição | Quantidade | Unidade | R\$/Unit | R\$/Total |
| Abertura e preparo de caixa, profundidade de 40cm | 13.773,75 | m³ | 10,15 | 139.803,58 |
| Regularização leito e compactação a 100% P.N | 15.839,81 | m³ | 9,75 | 154.438,19 |
| Implatação de guias pré-moldada | 12.717,59 | ml | 38,00 | 483.268,42 |
| Implatação de sarjetão | 221,80 | ml | 12,95 | 2.872,31 |
| Concreto Usinado 30,00 MPa (esp.0,14m) | 9.641,63 | m³ | 347,21 | 3.347.670,35 |
| Concreto Usinado 13,50 MPa | 1.412,25 | m³ | 347,21 | 490.347,32 |
| Total | | | | 4.618.400,18 |
| <u>Orçamento - Área Públicas</u> | | | | |
| Descrição | Quantidade | Unidade | R\$/Unit | R\$/Total |
| Abertura e preparo de caixa, profundidade de 40cm | 3.643,57 | m³ | 10,15 | 36.982,22 |
| Regularização leito e compactação a 100% P.N | 4.190,10 | m³ | 9,75 | 40.853,51 |
| Implatação de guias pré-moldada | 3.366,22 | ml | 38,00 | 127.916,36 |
| Concreto Usinado 30,00 MPa (esp.0,14m) | 2.550,50 | m³ | 641,91 | 1.637.191,46 |
| Calçada em Concreto Usinado 9,00 MPa (esp. 0,05m) | 211,28 | m³ | 295,45 | 62.423,56 |
| Concreto Usinado 13,50 MPa | 370,29 | m³ | 347,21 | 128.568,39 |
| Piso Tátil | 576,22 | m² | 109,51 | 63.101,85 |
| Palanque de concreto(2,50mx0,10x0,10m) 12 furos | 880,00 | und. | 35,85 | 31.548,00 |
| Arrame farpado | 26.544,84 | ml | 0,65 | 17.199,99 |
| Total | | | | 2.145.785,34 |
| Total Geral | | | | 6.764.185,52 |

Fonte: SINAPI - INSUMOS-MAR/2021

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP, Associação Brasileira de Cimento Portland. – Curso de Tecnologia de Pavimentos de Concreto: Modulo 2 - Projeto e Dimensionamento do Pavimento. Em: <http://www.dtt.ufpr.br/Pavimentacao/Notas/Pavim_Concreto_Apres_Mod02%20ABCP.pdf>.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. – NBR 16935/21 - Projeto de estruturas de concreto reforçado com fibras. Rio de Janeiro, 2021.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. – NBR 16940/21 - Concreto reforçado com fibras — Determinação das resistências à tração na flexão (limite de proporcionalidade e resistências residuais) — Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2021.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. – NBR 16942/21 - Fibras poliméricas para concreto — Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2021.

ASSUMPÇÃO, A. J., CAREIRO, D. S., MENEZES, F. F. C., MILANEZI, M. R. – Pavimento Rígido de Concreto: Utilização nos Corredores de Ônibus de São Paulo. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil. Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2014.

BALBO, J. T. – Pavimentos de Concreto. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

BRITO, L. A. T., GRAEFF, Â. G. – Métodos de Dimensionamento de Pavimentos: Metodologias e seus Impactos nos Projetos de Pavimentos Novos e Restaurações. Relatório Final de Pesquisa. Porte Alegre, 2009.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. – Manual de Pavimentação. 3.ed. – Rio de Janeiro, 2006.

DNIT. 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. 2.ed. - Rio de Janeiro, 2005.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. – NORMA 054/2004 - PRO. Pavimento Rígido - Estudo de Traços de concreto e ensaios de caracterização de materiais - Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. – NORMA 139/2010 - ES. Pavimentação – Sub-base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2010.

PITTA, M. R. – Dimensionamento de pavimentos rodoviários e urbanos de concreto pelo método da PCA/84. 2ª edição, São Paulo, ABCP, 1996.

PITTA, M. R. – Dimensionamento de pavimentos rodoviários e urbanos de concreto pelo método da PCA/84. 3ª edição, São Paulo, ABCP, 1998.

PITTA, M. R. – Pavimento de Concreto, Parte 1. 1999. Disponível em: <piniweb.pini.com.br/construcao/noticias/pavimento-de-concreto-parte-1-85160-1.aspx>.

SENÇO, W. – Manual de Técnicas de Pavimentação. São Paulo: PINI. 174 p., 1997.

DNIT 054/2004 – PRO – Pavimento rígido – Estudos de traços e ensaios de caracterização de matérias.

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

DNIT 048/2004 – ES – Pavimento rígido – Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrma-trilho.

DNIT 049/2013 – ES – Pavimento rígido – Execução de pavimento rígido com equipamento de forma deslizante.

DNIT 141/2010 – ES – Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente – Especificação de serviço.

DNIT 056/2013 – ES – Pavimento rígido – Sub-base de concreto de cimento Portland compactado com rolo.

NBR 5738 – Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto – Procedimento.

NBR 5739 – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos de concreto. NBR 9895 – Solo - Índice de suporte Califórnia (ISC) - Método de ensaio.

NBR 7182 – Solo – Ensaio de compactação.

NBR 7583 – Execução de pavimento de concreto simples por meio mecânico.

NBR 7223 – Determinação da consistência do concreto pelo abatimento do tronco de cone - Ensaio de abatimento.

NBR 7680 – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de concreto.

NBR 12142 – Determinação da resistência à tração em corpos de prova prismáticos. NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificação.

NBR 16938-02/21 – Concreto reforçado com fibras – Controle da qualidade.

NBR 16939-02/21 – Concreto reforçado com fibras – Determinação das resistências à fissuração e residuais à tração por duplo punção – Método de ensaio.

NBR 16940-02/21 – Concreto reforçado com fibras – Determinação das resistências à tração na flexão (limite de proporcionalidade e resistências residuais) – Método de ensaio.

NBR 16942-02/21 – Fibras Poliméricas para Concreto – Requisitos e Métodos de Ensaio. ABNT PR1011/2021 – Projeto de Pavimentos Urbanos de Concreto, Rio de Janeiro, 2021.

ASTM D5893 – Standard Specification for Cold Applied, Single Component, Chemically Curing Silicone Joint Sealant for Portland Cement Concrete Pavements.

ASTM C-42 – Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete.

ASTM C 309 – Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete.

DNER-ME 024/94 – Determinação das deflexões no pavimento pela viga Benkelman.

DNER-PRO 273/96 – Determinação de deflexões utilizando deflectômetro de impacto tipo “Falling Weight Deflectometer (FWD)”.

ET-DE-P00/001 – DER/SP – Melhoria e preparo do subleito. ET-DE-P00/002 – DER/SP – Reforço do subleito.

ET-DE-P00/008 – DER/SP – Especificação técnica Sub-base ou Base de Brita Graduada.

ET-DE-P00/044 - DER/SP – Concreto Compactado com Rolo para Sub-base e Base de Pavimento de Concreto de Cimento Portland.

ET-DE-P00/039 – DER/SP – Pavimento de Concreto de Cimento Portland Aplicado com Formas Deslizantes.

ET-DE-P00/040 – DER/SP – Pavimento de Concreto de Cimento Portland Sobre Plataforma de Terraplenagem - Manual.

ET-DE-P00/041 – DER/SP – Pavimento de Concreto de Cimento Portland Sobre Plataforma de Terraplenagem - Mecânico.

NBR 7212 – Concreto dosado em central – Preparo, fornecimento e controle.

NBR 12655 – Concreto de Cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – procedimento.

NBR 14931 – Execução de Estruturas de Concreto - Procedimento NBR 12821 – Preparação de concreto em laboratório – Procedimento. NBR 16697 – Cimento Portland – Requisitos.

DNIT 050/2004 – EM – Pavimento rígido – Cimento Portland Especificação de material. DNER-EM 037 – Agregado graúdo para concreto de cimento.

NBR NM 67 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.

NBR NM 47 – Concreto – Determinação do teor de ar em concreto fresco – Método pressométrico.

NBR NM 102 – Concreto – Determinação da exudação.

ACI 360 R10 – Guide to Design of Slabs-on-Ground.

ACI 330 R08 – Guide for the Design and Construction of Concrete Parking Lots.

ACI 330 R21 – Commercial Concrete Parking Lots and Site Paving Design and Construction.

ACI 330.2R/17 – Guide for the Design and Construction of Concrete Site Paving for Industrial and Trucking Facilities.

ACI 325.14R/17 – Guide for Design and Proportioning of Concrete Mixtures for Pavements.

ACI 325.9R/15 – Guide for Construction of Concrete Pavements.

American Concrete Pavement Association – Subgrades and Subbases for concrete pavements.

American Concrete Pavement Association – Concrete Information - When do you need

to use a subbase under concrete pavements?.

American Concrete Pavement Association – Concrete Information – Design and Construction of Joints for Concrete Streets.

ASTM E 1926 - Standard practice for computing international roughness index of roads from longitudinal profile measurements.

AASHTO R43 - Standard practice for quantifying roughness of pavements.

INTERNATIONAL ROAD ROUGHNESS EXPERIMENT - The international road roughness experiment: establishing correlation and a calibration standard for measurements.

FHWA T5040.31 - Pavement smoothness: use of inertial profilers and international roughness index for construction quality control.

SAYERS, M. W.; KARAMIHAS, S. M. The little book of profiling: basic information about measuring and interpreting road profiles. Ann Arbor, MI: University of Michigan Transportation Research Institute, 1998.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15425: pavimentação — determinação do índice de irregularidade longitudinal (IRI) — método de ensaio com resposta de perfil longitudinal. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

Esta publicação foi
elaborada pela
Coordenadoria Técnica da
ABESC e não pode ser
reproduzida no todo ou
em partes sem sua prévia
autorização.



Av. Brig. Faria Lima, 2894 - 7º. andar - cj. 71/72

São Paulo - SP - CEP 01451-902

Tel: 11 3167-6446