

PUC
PAVIMENTO
URBANO DE
CONCRETO



REFERÊNCIAS TÉCNICAS

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

São Paulo – Julho/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 execução 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
	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.

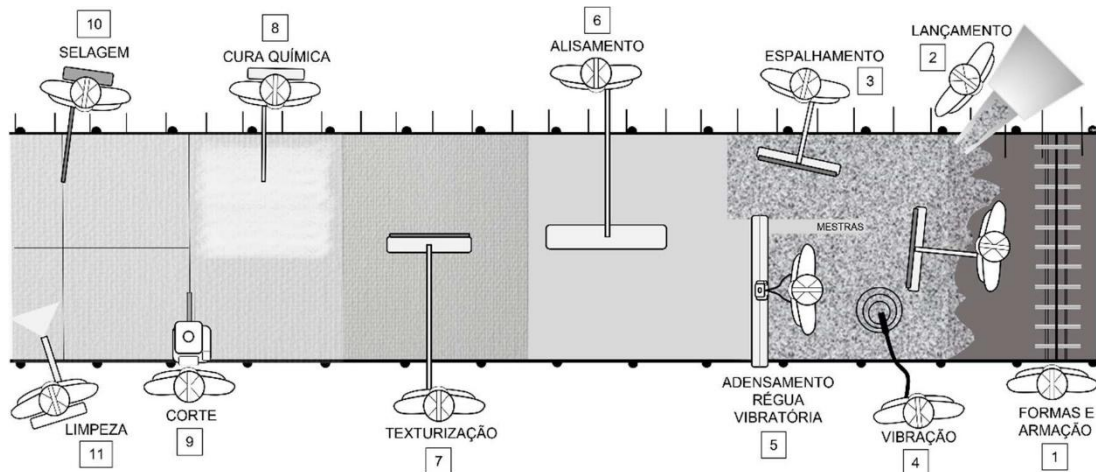
Notas Explicativas:

- **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.

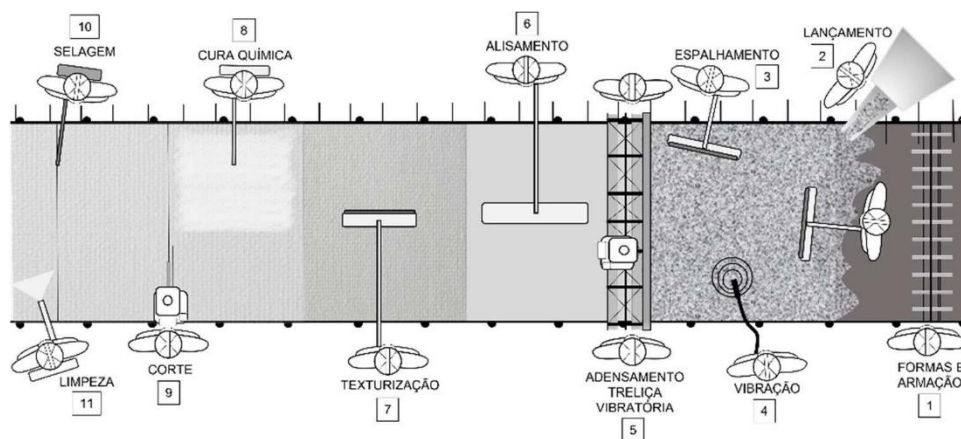
17. Equipamentos para execução

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 à 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 se encontram 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.

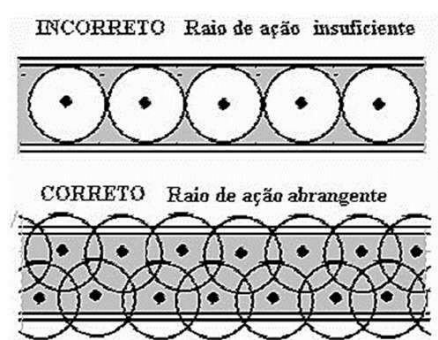
21. Adensamento e conformação do concreto

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

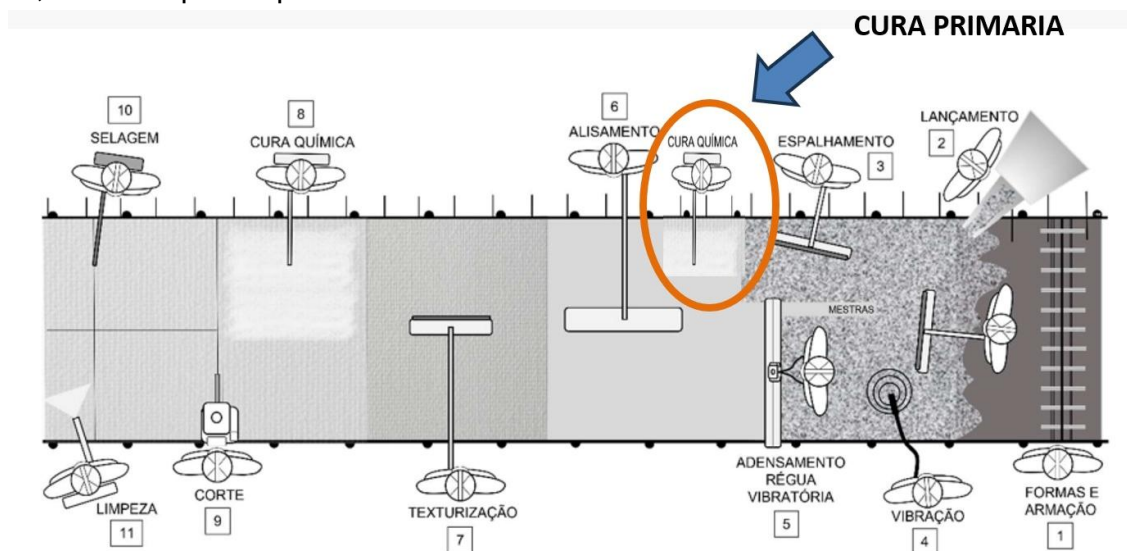
A vida útil das estruturas tornou-se um tema essencial na engenharia, impulsionado pela busca por sustentabilidade. Quando projetamos algo com planejamento adequado e estruturado — no caso do concreto, envolvendo a composição dos materiais, a execução e a cura — estamos garantindo a longevidade da construção,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

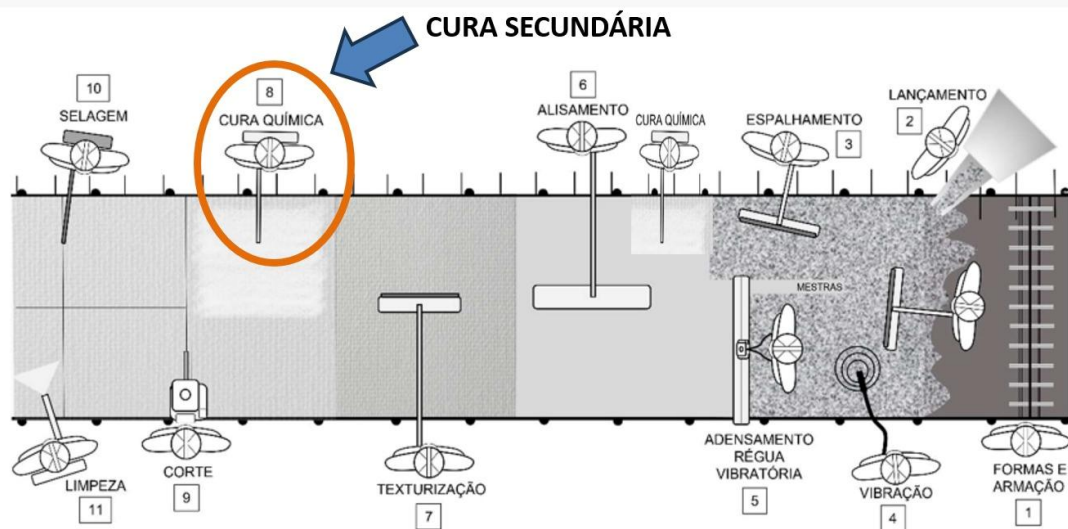
Segundo a Norma ABNT 14931 a cura do concreto se divide em cura primária e cura secundária. A cura primária é aplicada durante o lançamento do concreto (em uma laje ou piso, por exemplo, imediatamente após o seu sarrafeamento) e o fim de pega do concreto (endurecimento ao tato), enquanto a cura secundária 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 empregue 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.



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

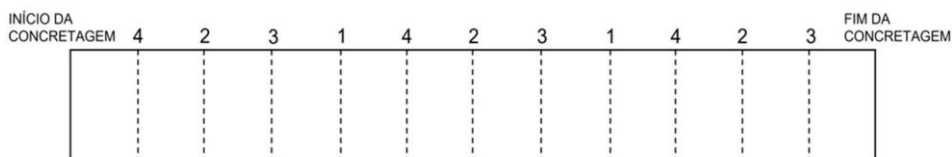
As formas só poderão ser retiradas decorridas ao menos 12 horas da finalização da concretagem (atentar para especificações do concreto) e, desde que o concreto possa suportar sem nenhum dano a operação de desmoldagem. Durante a desmoldagem deverão ser tomados os cuidados necessários para evitar o esborcinamento 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	m ³	10,15	139.803,58
Regularização leito e compactação a 100% P.N	15.839,81	m ³	9,75	154.438,19
Implantação de guias pré-moldada	12.717,59	ml	38,00	483.268,42
Implantação de sarjetão	221,80	ml	12,95	2.872,31
Concreto Usinado 30,00 MPa (esp.0,14m)	9.641,63	m ³	347,21	3.347.670,35
Concreto Usinado 13,50 MPa	1.412,25	m ³	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	m ³	10,15	36.982,22
Regularização leito e compactação a 100% P.N	4.190,10	m ³	9,75	40.853,51
Implantação de guias pré-moldada	3.366,22	ml	38,00	127.916,36
Concreto Usinado 30,00 MPa (esp.0,14m)	2.550,50	m ³	641,91	1.637.191,46
Calçada em Concreto Usinado 9,00 MPa (esp. 0,05m)	211,28	m ³	295,45	62.423,56
Concreto Usinado 13,50 MPa	370,29	m ³	347,21	128.568,39
Piso Tátil	576,22	m ²	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

Anexo A

QUALIDADE DAS FIBRAS POLIMÉRICAS

Controle Tecnológico das Fibras - Caracterização

1. Caracterização da fibra

1.1. Propriedades físicas

De acordo com a norma ABNT NBR 16942:2021, o comprimento, o diâmetro (ou diâmetro equivalente) e composição quantitativa da fibra devem ser declarados pelo fabricante para caracterização do produto. Análises como massa específica e forma devem ser verificadas no processo de produção, que envolve, por exemplo, extrusão, estiramento e corte das fibras.

1.2. Propriedades químicas

Caracterização do tipo de polímero, composição qualitativa e avaliação de sua resistência ao meio alcalino, conforme ANEXO A da NBR 16942:2021, são informações obrigatórias do produto.

1.3. Propriedades mecânicas

Módulo de elasticidade, resistência à tração e tenacidade da fibra devem ser realizados e declarados pelo fabricante de acordo com a norma ABNT NBR 16942:2021

2. Caracterização dos concretos reforçados com fibra (CRF)

2.1. Propriedades no estado fresco

O efeito das fibras sobre a consistência do CRF deve ser determinado de acordo com a ABNT NBR NM 67 para avaliação da influência da fibra no abatimento ou de seu espalhamento conforme a ABNT NBR 15823-2:2017, em função do tipo de concreto previamente especificado. Análises complementares da massa específica e teor de ar incorporado do concreto no estado fresco, podem ser realizadas conforme ABNT NBR 9833:versão 2009 e ABNT NBR 16887:2020.

2.2. Determinação da resistência à compressão

Determinação da resistência à compressão de pelo menos 4 corpos de prova cilíndricos (100 mm x 200 mm) aos 28 dias de acordo com a norma ABNT NBR 5739:2018.

2.3. Caracterização da resistência à tração na flexão e resistências residuais

Para cada teor de fibra devem ser ensaiados 8 corpos de prova prismáticos (150 mm x 150 mm x 550 mm) aos 28 dias de idade, conforme ABNT NBR 16940:2021. Os critérios de formação de lotes para as resistências à tração na flexão, LOP e residuais devem ser realizados conforme ABNT NBR 16938:2021. Recomenda-se que todos os corpos de prova sejam curados de acordo com a ABNT NBR 5738:2015. Nesse caso, os corpos de prova devem ser retirados da cura no período entre 24 h e 3 h antes do ensaio.

2.4. Caracterização da tenacidade do concreto projetado

Em caso de projeção do concreto reforçado com fibras, poderão ser ensaiadas 3 placas circulares (600 mm x 100 mm) aos 28 dias de idade, conforme ASTM C 1550-20 - Standard Test Method for

Flexural Toughness of Fiber Reinforced Concrete (Using Centrally Loaded Round Panel).

2.5. Controle tecnológico em obra

Na aplicação do concreto reforçado com fibras, recomenda-se realizar ensaios de reconstituição de traço, caracterização das propriedades do concreto no estado fresco e caracterização do concreto no estado endurecido, com moldagem de no mínimo 4 corpos de prova para ensaios de compressão e de 8 para ensaios de tração na flexão. A formação de lotes e os critérios de aceitação ou rejeição dos lotes devem seguir os procedimentos da ABNT NBR 12655:2022.

3. Cronograma

A frequência recomendada para realização das análises e ensaios dos ensaios está apresentada na tabela abaixo.

Análise/ Ensaio	Periodicidade
Propriedades físicas da fibra	Semestral ou sempre que houver troca de matéria-prima
Propriedades químicas - Resistência ao meio alcalino	Mensal ou sempre que houver troca de matéria-prima
Propriedades no estado fresco – abatimento ou espalhamento	Trimestral
Propriedades mecânicas – compressão e tração na flexão	Trimestral
Tenacidade do concreto projetado com fibras	Conforme obra para definição do traço e consumo de fibra
Controle em obra do CRF	Conforme requisição do cliente e ao menos uma obra por semestre pelo fabricante.

Normativo

Avaliação da resistência da fibra à ação do meio alcalino – Método de ensaio

A.1 Princípio

Este método de ensaio avalia a capacidade da fibra de resistir à ação de meios alcalinos.

A.2 Execução do ensaio

A.2.1 Princípio do ensaio

O ensaio consiste em submeter uma amostra de 10,0 g de fibra em 200,0 g de solução de hidróxido de sódio 1 M (40 g/L, pH 14), durante 30 dias, a uma temperatura de 60 °C.

A.2.2 Amostras

Cada conjunto de amostras corresponde a 10,0 g de fibra. Para a realização deste ensaio, são necessários no mínimo três conjuntos. As fibras a serem ensaiadas são coletadas aleatoriamente e cada conjunto de amostra deve ser extraído de diferentes embalagens do produto.

A.2.3 Aparelhagem

Para a realização deste ensaio é necessária a seguinte aparelhagem:

- recipiente de vidro com dimensões suficientes para conter a amostra em ensaio;
- balança com resolução de 0,000 1 g;
- banho-maria com temperatura controlada, possibilitando manter a temperatura em 60 °C por 30 dias;
- estufa com capacidade para secar a amostra à temperatura de 60 °C.

A.2.4 Procedimento de ensaio

A determinação da massa deve ser feita nas amostras antes e após o ensaio com exatidão de 0,000 1 g.

A amostra de fibras deve ser imersa em uma solução de hidróxido de sódio 1 M (40 g/L, pH 14).

A solução com fibras deve ser acondicionada em recipiente de vidro adequado.

Imergir a amostra de fibras na solução e mantê-las em banho maria a 60 °C por 30 dias.

Após esse procedimento, filtrar a fibra em papel-filtro e lavar o material dissolvido em água corrente.

Em seguida, secar o material à temperatura de 60 °C até a constância da massa.

A.2.5 Cálculo de perda de massa

A perda de massa deve ser calculada em termos percentuais conforme a equação a seguir:

$$\Delta m = \frac{m_i - m_f}{m_f} \times 100$$

onde

Δm é a perda de massa da fibra, expressa em porcentagem (%);

m_i é a massa inicial da fibra, expressa em gramas (g);

m_f é a massa final da fibra, expressa em gramas (g).

A.3 Expressão dos resultados

O relatório de resultados deve conter o seguinte:

- identificação do produto ensaiado;
- número de amostras;
- valores individuais e médio da perda de massa Δm ;
- nome do responsável pelo ensaio;
- local e data do ensaio.

A.4 Critério de aceitação

A massa média obtida após o ensaio deve ser superior a 95,0 % da massa inicial, ou seja, admite-se perda de massa de até 5,0 %. Além disso, deve-se analisar a superfície da amostra, checando se houve algum tipo de degradação devido ao ataque dos agentes agressivos.

Anexo B

Metodologias Construtivas no PUC - Pavimento Urbano de Concreto

O pavimento urbano de concreto é uma solução amplamente utilizada na construção civil devido à sua durabilidade, resistência e eficiência. Para garantir a qualidade e a execução precisa desses pavimentos, diversas metodologias e equipamentos de aplicação são empregados, cada um desempenhando um papel fundamental no processo.

Entre as principais técnicas utilizadas, destacam-se a régua vibratória, a treliça vibratória, o rolo vibratório, o laser screed, a pavimentadora e a vibroacabadora.

A régua vibratória, por ser um equipamento leve, proporciona um acabamento uniforme, enquanto a treliça vibratória cobre áreas mais amplas, garantindo um nivelamento mais eficiente.

O rolo vibratório contribui para a compactação da superfície, aumentando a resistência do pavimento. O *laser screed* se destaca por oferecer alta precisão na regularização do concreto, assegurando um nivelamento adequado. Já a pavimentadora e a vibroacabadora são essenciais para a aplicação em grandes áreas, promovendo um processo mais eficiente e homogêneo.



1. Régua Vibratória:

A régua vibratória é uma ferramenta essencial na execução de pavimentos urbanos de concreto. Ela é utilizada para a regularização e nivelamento do concreto após a aplicação, promovendo a vibração do material para garantir sua compactação e eliminar possíveis bolhas de ar.

A vibração gerada pelo equipamento favorece a penetração do concreto, aprimorando sua aderência à base e minimizando a ocorrência de falhas estruturais. Além disso, esse processo possibilita uma distribuição homogênea do material, reduzindo irregularidades na superfície e garantindo um nivelamento mais preciso.

Outro benefício do uso da régua vibratória é a otimização da execução do pavimento, tornando o processo mais ágil e eficiente, sem comprometer a qualidade do acabamento final.

A escolha do tipo de régua a ser utilizada depende da extensão da área pavimentada e do nível de precisão requerido para o nivelamento, permitindo sua adaptação a diferentes demandas construtivas.



2. Treliça Vibratória:

A treliça vibratória é usada para a distribuição e compactação do concreto nas fases iniciais de aplicação. Ela é posicionada sobre o PUC recém-colocado e sua vibração assegura uma maior densificação do material, essencial para obter um pavimento de concreto robusto e resistente.

Esse mecanismo favorece a acomodação homogênea do concreto, garantindo uma espessura uniforme e minimizando a ocorrência de falhas estruturais. Além disso, a vibração gerada pela treliça reduz a formação de vazios no concreto, evitando fragilidades que poderiam comprometer sua integridade ao longo do tempo.

Outra vantagem desse equipamento é a otimização do nivelamento do pavimento, tornando a execução mais eficiente e precisa. Seu uso é especialmente recomendado para áreas extensas, pois assegura um acabamento uniforme e melhora significativamente a qualidade final da superfície. Dessa forma, a treliça vibratória desempenha um papel essencial na construção de pavimentos de concreto mais robustos e duráveis.



3. Rolo Vibratório:

O rolo vibratório é um equipamento empregado para a compactação final do PUC. Ele é utilizado para garantir a máxima densidade do concreto, pressionando o material para eliminar vazios e aumentar sua resistência.

O uso do rolo vibratório é essencial para a obtenção de pavimentos urbanos com excelente performance e resistência a cargas, além de melhorar a durabilidade do pavimento ao longo do tempo.

Além disso, o uso desse equipamento favorece a aderência do concreto à base, resultando em um acabamento mais uniforme e homogêneo. Dessa forma, sua aplicação

é indispensável para a construção de pavimentos urbanos de alto desempenho, capazes de suportar tráfego intenso e garantir maior vida útil à estrutura.



4. Laser Screed:

O Laser Screed é uma tecnologia avançada voltada para o nivelamento e a regularização precisa do pavimento urbano de concreto (PUC). Equipado com um sistema de controle a laser, esse equipamento ajusta automaticamente a altura e a inclinação da superfície, garantindo um acabamento uniforme e de alta precisão.

Uma de suas principais vantagens é a eliminação da necessidade de ajustes manuais, tornando a execução do pavimento mais eficiente e reduzindo falhas no nivelamento. Esse processo resulta em um aumento significativo da produtividade, permitindo a pavimentação de grandes áreas em menos tempo e com menor esforço operacional.

Além de agilizar a aplicação, o Laser Screed contribui para a melhoria da planicidade e da resistência da superfície, minimizando retrações e fissuras no concreto. O sistema a laser assegura que a espessura do pavimento permaneça dentro das especificações projetadas, evitando irregularidades que possam comprometer a qualidade estrutural.

Seu uso é especialmente recomendado para projetos de grande porte, como rodovias, estacionamentos, pisos industriais e centros logísticos, onde a precisão e a regularidade da superfície são fatores essenciais para o desempenho da estrutura. Dessa forma, o Laser Screed se torna um equipamento indispensável para a construção de pavimentos mais duráveis, homogêneos e de alto desempenho.



5. Pavimentadora:

A pavimentadora é uma máquina essencial na aplicação de PUC em grandes áreas. Ela é responsável por distribuir e espalhar o concreto de maneira uniforme, com alta precisão, e em grandes volumes.

Com elevada capacidade operacional, a pavimentadora possibilita a aplicação contínua de grandes volumes de concreto, reduzindo significativamente o tempo de execução e aumentando a eficiência do processo construtivo. Os modelos mais modernos são equipados com sistemas de vibração que auxiliam na compactação do concreto durante sua aplicação, garantindo maior qualidade estrutural ao pavimento.

A vibração desempenha um papel essencial na densificação do material, eliminando bolhas de ar e melhorando a aderência do concreto à base. Esse procedimento resulta em um pavimento mais resistente, reduzindo a probabilidade de fissuras e aumentando sua durabilidade ao longo do tempo.

Além disso, a pavimentadora assegura uma superfície regular, minimizando desníveis que poderiam comprometer o desempenho estrutural do pavimento. Essa regularidade é crucial para atender às exigências técnicas de rodovias, aeroportos, estacionamentos e pisos industriais, onde a planicidade e a resistência são aspectos fundamentais.

Devido à sua eficiência e tecnologia avançada, a pavimentadora tornou-se indispensável na construção de pavimentos urbanos de concreto de alto desempenho, proporcionando maior qualidade, agilidade e longevidade às infraestruturas viárias.



6. Vibroacabadora:

A vibroacabadora é um equipamento utilizado para o acabamento final do PUC. Ela combina a vibração com a ação de uma lâmina que nivela a superfície do concreto. Seu uso é fundamental para garantir a qualidade estética e funcional do pavimento, proporcionando uma superfície lisa e sem defeitos.

O funcionamento da vibroacabadora envolve a atuação simultânea de uma lâmina niveladora e um sistema de vibração. Enquanto a lâmina ajusta a altura e a regularidade da superfície, a vibração contribui para a compactação do concreto, eliminando bolhas de ar e aumentando a coesão do material. Esse processo melhora significativamente a resistência estrutural e reduz a probabilidade de fissuras.

Além de favorecer a durabilidade do pavimento, a vibroacabadora aprimora a aderência do concreto à base, tornando-o mais robusto e resistente a cargas dinâmicas e às variações climáticas. Seu uso é especialmente indicado em projetos de grande escala,

como rodovias, pistas de aeroportos e áreas de tráfego intenso, onde a regularidade e a resistência da superfície são essenciais.

Outra vantagem desse equipamento é a redução da necessidade de retrabalho, garantindo maior eficiência na execução do pavimento. Dessa forma, a vibroacabadora desempenha um papel fundamental na construção de infraestruturas viárias de alto desempenho, proporcionando superfícies regulares, seguras e com maior vida útil.



Conclusão:

A utilização dessas metodologias e equipamentos no pavimento urbano de concreto, isoladamente ou de maneira conjunta, resulta em projetos de alta qualidade, com execução eficiente e acabamentos superiores.

A combinação de tecnologia e técnicas especializadas, como a régua vibratória, treliça vibratória, rolo vibratório, laser screed, pavimentadora e vibroacabadora, permite não apenas a obtenção de pavimentos com excelente desempenho estrutural, mas também a maximização da durabilidade e a otimização dos custos de manutenção.

Cada uma dessas metodologias contribui significativamente para a qualidade e a longevidade dos pavimentos urbanos, atendendo às necessidades crescentes de infraestrutura urbana moderna.

Anexo C

Manual de Compensadores de Retração.

Este manual apresenta um estudo detalhado sobre os aditivos utilizados para minimizar as variações volumétricas do concreto ao longo do processo de cura. São abordadas as diferenças entre redutores e compensadores de retração, com foco especial nos compensadores formulados à base de óxido de cálcio sinterizado.

1. Conceitos Gerais

1.1 Redutores de Retração

Os redutores de retração têm a função de atenuar o encolhimento do concreto, reduzindo sua magnitude por meio dos seguintes mecanismos:

- **Diminuição da Tensão Capilar:** Reduzem a sucção nos poros do concreto durante o processo de secagem, minimizando tensões internas.
- **Controle da Evaporação de Água:** Contribuem para a manutenção da umidade interna, reduzindo a perda prematura de água.
- **Modificação da Microestrutura:** Alteram a distribuição dos poros e a formação da pasta cimentícia, reduzindo as tensões responsáveis pela retração.

1.2 Compensadores de Retração

Também chamados de aditivos expansivos, os compensadores de retração promovem uma expansão controlada nas fases iniciais do endurecimento do concreto. Esse fenômeno cria um "saldo expansivo", que neutraliza, parcial ou totalmente, a retração natural do material, reduzindo variações volumétricas no estado endurecido.

2. Classificação dos Aditivos para Controle de Retração

2.1 Redutores de Retração

Os redutores de retração são classificados em:

- **Plastificantes e Superplastificantes:** Melhoram a trabalhabilidade da mistura e permitem a redução do teor de água sem comprometer a resistência.
- **Modificadores da Microestrutura:** Ajustam a distribuição dos poros, reduzindo tensões internas.
- **Retardadores de Hidratação:** Controlam o ritmo de endurecimento, prevenindo retrações bruscas.
- **Aditivos Redutores de Tensão Capilar:** Diminuem as forças de sucção nos poros, atenuando a retração do concreto.

2.2 Compensadores de Retração

Os compensadores de retração incluem:

- **Aditivos Expansivos:** Induzem uma expansão inicial que compensa a retração posterior.
- **Cimentos Expansivos:** Possuem compostos como sulfatos e aluminatos, que reagem promovendo expansão controlada.
- **Aditivos à Base de Cal Reativa:** Geram expansão precoce, equilibrando variações volumétricas.
- **Aditivos à Base de Magnésio:** Promovem expansão moderada, contribuindo para o controle da retração.

3. Compensadores de Retração à Base de Óxido de Cálcio Sinterizado

3.1 Resumo

Esta seção examina a aplicação de compensadores formulados com óxido de cálcio sinterizado, abordando seus princípios, propriedades, mecanismos de ação e desafios associados ao seu uso na mitigação da retração do concreto.

3.2 Introdução

A retração do concreto, decorrente da perda de água e da formação de tensões internas durante a cura, pode resultar em fissuras e comprometer sua durabilidade estrutural. A incorporação de compensadores de retração, especialmente os formulados com óxido de cálcio sinterizado, possibilita uma expansão controlada que contrabalança a retração, garantindo maior estabilidade dimensional.

3.3 Propriedades do Óxido de Cálcio Sinterizado

O óxido de cálcio sinterizado é obtido por meio do aquecimento controlado do calcário, resultando em um material com reatividade controlada nas várias fases da reação do concreto. Sua hidratação leva à formação de hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), processo que gera um aumento volumétrico essencial para a compensação da retração do concreto.

3.4 Mecanismo de Ação

Quando em contato com a água, o óxido de cálcio sinterizado reage formando hidróxido de cálcio, para uma reação exotérmica e induzindo expansão volumétrica controlada. Essa expansão, quando corretamente dosada, equilibra a retração do concreto, prevenindo a formação de fissuras e melhorando sua integridade estrutural.

3.5 Dosagem e Procedimentos de Aplicação

A eficiência dos compensadores de retração à base de óxido de cálcio sinterizado depende de fatores como:

- **Controle Preciso da Dosagem:** Definida por ensaios laboratoriais, considerando a composição do concreto, as condições ambientais e o tempo de cura.
- **Homogeneidade da Mistura:** A dispersão adequada do aditivo evita expansões descontroladas e assegura um equilíbrio entre retração e expansão.

3.6 Vantagens e Desafios

Vantagens:

- **Aumento da Durabilidade:** A redução da formação de fissuras prolonga a vida útil da estrutura.
- **Controle Ajustável:** A intensidade da reação expansiva pode ser modulada por meio da dosagem adequada do aditivo.

Desafios:

- **Gestão da Reatividade:** O alto potencial expansivo do óxido de cálcio sinterizado exige um controle rigoroso para evitar dosagens excessivas.
- **Compatibilidade com Outros Aditivos:** É essencial avaliar possíveis interações com outros componentes da mistura para garantir o desempenho ideal do concreto.

4. Procedimento Experimental

4.1 Objetivo

Avaliar a evolução térmica da reação de hidratação inicial do aditivo óxido de cálcio sinterizado e do óxido de cálcio não sinterizado, a fim de compreender a cinética reacional e a expansão térmica associada.

4.2 Materiais e Equipamentos

- **Aditivo:** Óxido de cálcio sinterizado e não sinterizado.
- **Água:** 450,0 g de água padronizada.
- **Balança de Precisão:** Para pesagem dos reagentes.
- **Garrafas Térmicas Destampadas:** Para contenção da mistura durante o ensaio.
- **Agitador Mecânico:** Modelo IKA RW 20 digital, operando a 600 rpm.
- **Termopar Tipo K:** Para monitoramento da temperatura.
- **Sistema de Aquisição de Dados:** Configurado para registrar medições a cada minuto.
- **Cronômetro/Timer:** Para controle do tempo de ensaio.
- **Sala Controlada:** Com temperatura ambiente constante de 25 °C.

4.3 Procedimento Experimental

- Certificar-se de que os reagentes estão a 25 °C antes do ensaio.
- Garantir que a sala de ensaio permaneça com temperatura controlada.

4.3.1 Preparação da Mistura

- 4.3.1.1 Pesar 150,0 g do aditivo e 450,0 g de água.
- 4.3.1.2 Adicionar a água em uma garrafa térmica destampada e, em seguida, incorporar o aditivo.
- 4.3.1.3 Iniciar a agitação com o agitador IKA RW 20 digital a 600 rpm, mantendo o processo por 30 minutos.

4.3.2 Monitoramento da Temperatura

- Posicionar o termopar no fundo da garrafa para medições precisas.
- Iniciar a coleta de dados imediatamente após a adição do aditivo, registrando a temperatura a cada minuto.

4.3.3 Pós-Ensaio

- Armazenar os dados coletados para análise posterior.
- Identificar padrões térmicos, pontos de inflexão e comportamento expansivo do material.

4.4 Considerações Finais

Garantia de Homogeneidade: A agitação contínua é essencial para manter a uniformidade da reação.

Calibração dos Equipamentos: O termopar e o sistema de aquisição devem ser calibrados antes do ensaio.

Reprodutibilidade: Assegurar que todas as variáveis de ensaio sejam mantidas constantes para garantir confiabilidade nos resultados.

5. Recomendações para Segurança, Armazenamento e Manuseio do Compensador de Retração

5.1 Embalagens e Conservação:

O compensador de retração é fornecido em sacos duplos (plástico interno e papel externo) de 10 kg, em paletes de 1,5 toneladas e, sob solicitação específica, em big bags de 1 tonelada, a granel ou em sacos hidrossolúveis. O produto é muito sensível à umidade. Os paletes devem ser armazenados em local fechado e seco, sem contato com água ou umidade, sendo, preferencialmente, cobertos com lona plástica. É importante manter o produto embalado nos paletes originais, com filme plástico. Caso seja utilizado parcialmente, é necessário reembalar os paletes com filme plástico. De forma geral, os sacos, uma vez abertos, devem ser fechados novamente com muito cuidado, utilizando filme plástico para evitar qualquer contato com a umidade. Caso contrário, é melhor descartar o restante do produto.

No caso de produto fornecido a granel, o compensador deve ser adequadamente armazenado em silos ou silos móveis, a fim de manter sua integridade, conforme descrito acima. Deve-se evitar o uso de contêineres de alumínio ou à base de zinco. O produto deve ser mantido fora do alcance de crianças.

5.2 Movimentação e Manuseio do Produto:

As áreas onde o produto é utilizado devem ser cobertas, sem contato com água. Durante o manuseio do produto, é obrigatório seguir as normas descritas na ficha de segurança e utilizar os equipamentos de proteção individual (EPIs), como luvas, óculos, sapato de segurança, uniforme de manga longa e calça comprida, entre outros, para evitar qualquer contato com a pele. O pessoal responsável pelo manuseio do produto deve ter conhecimento da ficha de segurança e ter lido as orientações.

O compensador é normalmente adicionado na usina de concreto, rasgando o saco e despejando somente o conteúdo em pó (não a embalagem) na esteira dos agregados ou em qualquer outro ponto de carga da usina mais acessível, na dosagem específica solicitada para cada tipo de obra. Deve ser adicionado sempre junto aos agregados e bem misturado (8-15 minutos) até a completa homogeneização. O único cuidado a ser tomado é evitar adicionar o compensador sozinho com água; deve ser sempre misturado com outros componentes do concreto.

5.3 Transporte do Produto:

O compensador deve ser transportado de maneira segura para evitar danos ou rasgos nas embalagens originais. Na hora do recebimento no destino, é obrigatório conferir cada palete para verificar a integridade do material.

Anexo D

MANUAL DE EXECUÇÃO DE PUC - PAVIMENTO URBANO DE CONCRETO

1. Objetivo

O presente manual tem por objetivo descrever metodologias executivas do PUC – Pavimento Urbano de Concreto, com equipamentos e ferramentas adequadas, controle de qualidade, segurança e treinamentos.

2. História

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;
- Não sofre ataque de substâncias derivadas de petróleo.

3. Conceito PUC – Pavimento Urbano de Concreto de Alto desempenho

Trata-se do pavimento rígido de concreto que vem sendo utilizado a mais de 100 anos em estradas e vias em todo o mundo. Onde através de novas tecnologias e estudos foi desenvolvido um pavimento mais resistente e esbelto para o tráfego de veículos de pequeno e médio porte, que são ideais para os ambientes urbanos de tráfegos leves a moderados.

O PUC - Pavimento Urbano de Concreto 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.

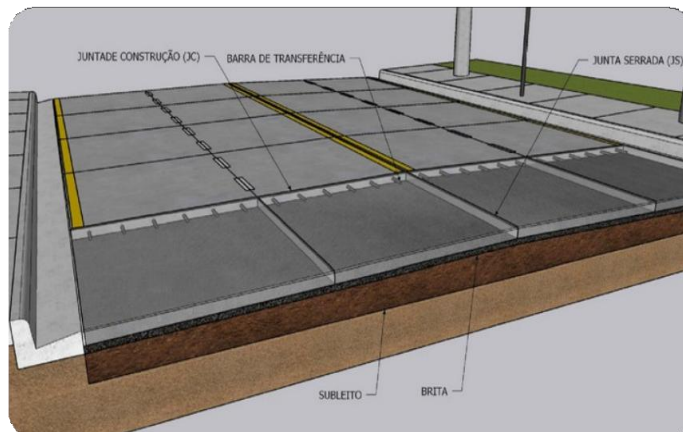
4. Redução de custo

Permite economia entre 10 a 20% em relação ao asfalto, já na fase de construção.



5. Tecnologias empregadas

- Estudo de solo e estabilização;
- Trabalho de traço de concreto;
- Macrofibra Estrutural;
- Placas de Concreto com tamanho reduzido;
- Melhoria da tração na flexão do concreto convencional;
- Espessuras de 10 a 12 cm;
- Barra de transferência somente nas juntas construtivas;
- Conceito de distribuição de carga do eixo em duas placas - ou seja uma placa por roda.



6. Aplicações

- Vias urbanas, estradas rurais, vias de condomínios e loteamentos;
- Pátios industriais, áreas de manobra, carga e descarga;
- Estacionamento;
- Ciclovias e calçadas;

7. Benefícios e Vantagens

- Não exige manutenção por mais de 20 anos;
- Mais econômico que o asfalto na fase de implantação;
- Maior visibilidade por reflexão, fazendo com que haja um espaçamento maior entre postes de luz;
- Contribui para redução da temperatura ambiente;
- Maior segurança e economia para o usuário:
- Ótima resistência a deformações, não gerando lombadas e buracos;
- Maior resistência a abrasão, mais segurança reduzindo o espaço de frenagem, diminuindo também o fenômeno da aquaplanagem;
- Melhor visibilidade noturna.
- Reduz o impacto ambiental e possibilidade do pavimento drenante;
- Diminuição da emissão de co2 na construção.



8. Projeção de mercado

Em 2023, associações do setor de Pisos Industriais de Concreto, projetou 30 milhões de metros quadrados por ano.

Associações do setor do concreto, projetam em PUC uma intenção superior a 100 milhões de metros quadrados por ano.



9. Equipamentos e ferramentas

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, considerando as seguintes etapas após a liberação da base a ser concretada:

- Montagem da cancha;
- Execução da concretagem e acabamento;
- Cura do concreto;
- Corte das juntas;
- Tratamento das juntas;

9.1. Montagem da cancha – formas

- Podem ser de madeira ou metálicas;
- Considerar furação para barra de transferência com espaçamento a cada 30cm;
- Em madeira, considerar espessura de 1 polegada e formas com até 2,00 metros para evitar empenamento. Fazer tratamento na madeira aumenta a taxa de reutilização;
- Metálica, pode ser utilizado vigas tipo “U” ou chapa de 6mm dobrada, ficando em “L”, sendo assim uma mesma forma pode ser utilizada para duas espessuras de placa;
- Dependendo do planejamento da obra e sua concepção construtiva, poderá ser utilizado o “meio fio” já instalado como forma de contenção lateral;
- A utilização de desmoldante, facilita a desforma, aumento a sua taxa de reutilização e minimizando o risco de “amassar/quebrar” a borda da placa na sua retirada.

9.2. Montagem da cancha - nivelamento

- Pode ser utilizado tanto o nível óptico (maior precisão) quanto também o nível laser (maior agilidade);
- Equipamento também será utilizado durante a concretagem para conferência ou no sistema de reguamento por “mestra úmida”;
- Ter atenção quanto a guarda e o transporte do equipamento, pois a calibragem é bastante sensível quanto a batidas e quedas;
- Certificar a aferição a cada seis meses de uso;
- Na utilização do nível laser, considerar o uso de baterias recarregáveis tendo um kit reserva.



Nível laser



Nível óptico

9.3. Montagem da cancha – instalação das formas

- Carrinho de quatro rodas para facilitar a movimentação na obra;
- Ferramentas manuais básicas de carpintaria;
- Ferramentas manuais básicas de ferreiro;
- Carrinho de mão, pá e enxada;
- Linha de nylon;

- Pulverizador costal para desmoldante;
- Graxa mecânica e pincel para aplicação nas BT nas juntas construtivas;
- Martelo Perfurador/Rompedor;
- Gerador elétrico portátil.

9.4. Execução da concretagem: lançamento, espalhamento e vibração

- Enxada para espalhamento:



- Vibrador de imersão (Gasolina ou elétrico):



À gasolina



Elétrico

9.5. Execução da concretagem: reguamento



Réguia vibratória



Réguia treliçada

- Régua de alumínio de 1, 2 e 3 metros;
- Desempenadeira manual;
- Nível laser na utilização de “mestra úmida” e conferência.



9.6. Execução da concretagem: adensamento e acabamento

- Roller Bug;
- Float de aço;
- Rodo de corte;
- Desempenadeira manual;
- Acabadora simples (Disco de flotação) - se acabamento camurçado;
- Plataforma de apoio para texturização;
- Vassoura para texturização;
- Cabos de alumínio.





9.7. Cura do concreto e corte das juntas

- Pulverizador costal;
- Máquina de corte “verde”;
- Sistema de iluminação;
- Mangueira;
- Tambor 200 litros;
- Vassoura de limpeza.



9.8. Tratamento das juntas

- Máquina de corte;
- Vassoura para limpeza;
- Aplicador de selante.

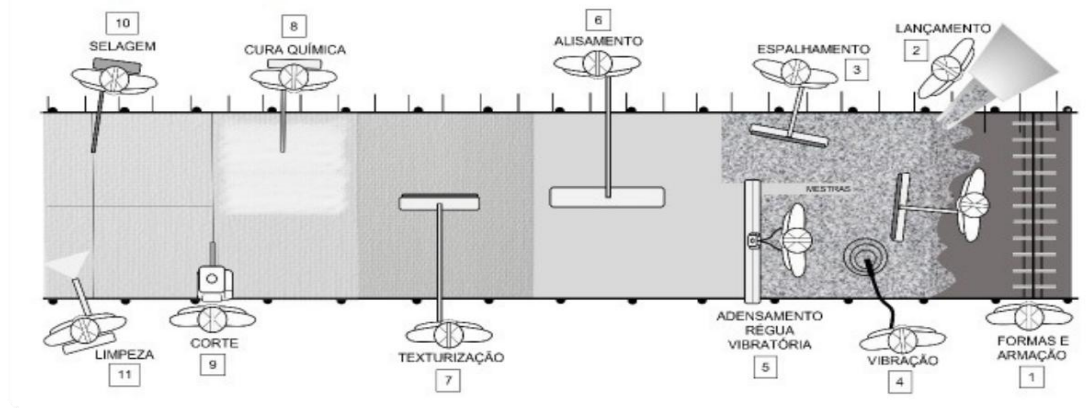


10. Processos executivos

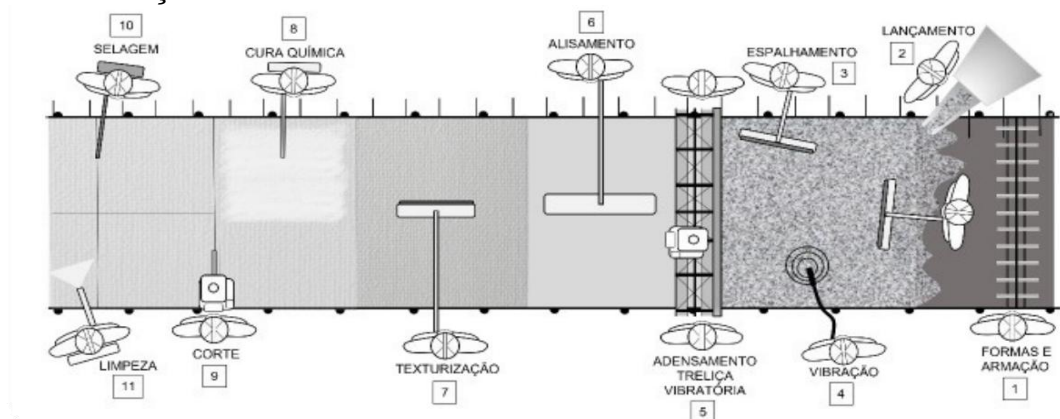
Para a execução do pavimento PUC é importante que as empresas participantes da obra, entendam o projeto específico e suas recomendações. Estar atento às notas técnicas e em caso de dúvida recorrer ao projetista. Como processo, vamos destacar:

- Conferência da base;
- Formas e preparação da concretagem;
- Recebimento do concreto e descarga;
- Espalhamento, vibração e regularização;
- Acabamento;
- Cura do concreto;
- Corte das juntas e tratamento.

Execução com régua vibratória



Execução com treliça vibratória



10.1. Conferência de base

A superfície que receberá a camada de CONCRETO, deve ter atingido os parâmetros de compactação apresentados no projeto, e estar desempenada e limpa, isenta de resíduos e outros elementos prejudiciais à adequada execução.

Itens também a serem conferidos:

- Caimentos;
- Limites topográficos e a locação da obra;
- Nível referencial.

10.2. Formas e preparação da concretagem

- As formas devem ser da espessura da placa, ou no máximo 2cm a menos;
- Fixar a linha de pedreiro para referência de nível e alinhamento.
- Conferência com nível óptico;
- Fazer o assentamento das formas, prevendo duas concretagens;
- Para fixação, utilizar ponteiros de aço para escoramento a cada 1 metro;
- Após o alinhamento e nivelamento da forma, ela é chumbada com concreto;
- É importante garantir que a forma não se desloque em meio a concretagem, suportando os esforços inerentes ao trabalho;
- As formas são alinhadas e niveladas em acordo com nível final do pavimento. Como tolerância, podemos admitir os 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.
- Após o chumbamento da forma, se faz a colocação da lona plástica;

O objetivo do uso da lona plástica, abaixo da placa de concreto é:

- reduzir o atrito entre o pavimento e sub-base,
 - de manter a água de amassamento do concreto, evitando a perda desta para a camada de base.
- A lona precisa ser resistente, com alta micragem entre 150 e 200 micras. A colocação da lona deve ser feita com sobreposse de no mínimo de 15 cm em relação a camada adjacente;
 - A lona precisa ficar bem esticada sem deixar a sub-base exposta;
 - Após a colocação da forma, atentar ao projeto e verificar a necessidade dos reforços dimensionados;
 - Os reforços são previstos para evitar patologias como fissuras e trincas;
 - Deverão estar previstos no projeto e sua dimensão e instalação devem ser respeitadas;
 - Independente da espessura do concreto, esses reforços devem ficar 3cm acima da

lona plástica e no máximo 3 cm abaixo da superfície do concreto acabado.



10.3. Barras de transferência

Nas juntas de construção (onde as formas são instaladas) se faz a necessidade da utilização das BT's para transferência de cargas entre as placas. Na instalação das BT's deve ser observado:

- Posicionamento: espaçamento a cada 30cm e nivelamento no eixo (centro) da placa de concreto;
- Engraxar a metade da barra “em espera”;
- Garantir que a barra não esteja torta ou desalinhada;
- Recomendável não sacar a barra durante a execução do acabamento com o objetivo de facilitar a desforma.

10.4. Recebimento do concreto e descarga

- O Concreto deve ser usinado e produzido em centrais de concreto em atendimento integral das condições estipuladas na norma NBR 7212;
- O transporte do concreto se faz por meio de caminhões betoneiras;
- O período máximo entre a adição da água no traço e o lançamento do concreto deve ser de 90 minutos;
- A adição da macrofibra pode ser feita na central de concreto inserindo na esteira junto aos agregados ou na chegada do caminhão na obra, devendo então proceder a homogeneização batendo o caminhão durante 2 min para cada m³ de concreto;
- Observar se os caminhões que se encontram na linha estão com as facas em boas condições, para garantir a boa homogeneização do material;
- A descarga do concreto se dá de forma convencional, ou seja, o caminhão despejando diretamente na pista de concretagem. Somente em caso de difícil acesso ou manobra do caminhão, se faz necessário a utilização da bomba de concreto;
- Conferência do slump de abatimento, seguindo as especificações de projeto e nota fiscal;
- Não aceitar concreto redosado sem a concordância e liberação do técnico habilitado na concretagem;

10.5. Espalhamento, vibração e regularização

- A concretagem deverá ser de forma contínua;
- O espalhamento do concreto se faz com a utilização de enxadas, garantido a distribuição homogênea de modo a regularizar a camada na espessura a ser adensada;
- Além da utilização das régua vibratórias, deve se garantir o adensamento inicial, por meio dos 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;
- Todo o concreto deve ser vibrado. Deve se atentar para a vibração nas áreas de forma, para melhor homogeneização;
- A regularização da superfície se inicia pela etapa do reguamento, utilização de equipamento que também faz a vibração superficial;
- O equipamento de reguamento pode deslizar sobre as formas ou sobre o sistema de mestra úmida;
- Durante a execução do reguamento, se faz necessário junto ao operador, dois auxiliares com enxada para garantir a espessura;
- Após o reguamento se faz a conferência com o nível laser e/ou com régua de 3 metros;
- 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.

10.6. Acabamento

Imediatamente após o reguamento deve-se entrar com as seguintes ferramentas com o objetivo de adensamento final:

- Rodo de corte = para retirada das irregularidades da superfície;
- Rollerbug = assentar agregados e fibras promovendo um levantamento da nata e finos do concreto;
- Float manual = desempenho final, deixando a superfície lisa.

Nesta etapa, deve-se ter uma atenção especial as bordas de concretagem utilizando régua de 1 metro para melhor conformação, desempenho manual para adensamento, e verificar o alinhamento das BT'S.

Em casos, onde a solicitação de acabamento é um vassourado "mais fino" ou uma superfície mais lisa, deve-se utilizar a acabadora mecânica, deixando a superfície rugosa (aspecto camurça) ou lisa para o imediato vassouramento.

Imediatamente após o adensamento, se inicia o processo de texturização, que deve estar em acordo com o projeto e de aceite prévio do cliente.

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 recomentado 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.

É proibida a aspersão de água durante o acabamento, sob pena de redução considerável da resistência a abrasão.

As ranhuras devem ser leves para não comprometer o acabamento do pavimento e evitar geração acentuada de ruídos.

A altura das ranhuras deve ficar entre 0,6 e 1,2 mm.

Em pista com largura maior que 4 metros utilizar a plataforma de apoio para promover o acabamento.



10.7. 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.

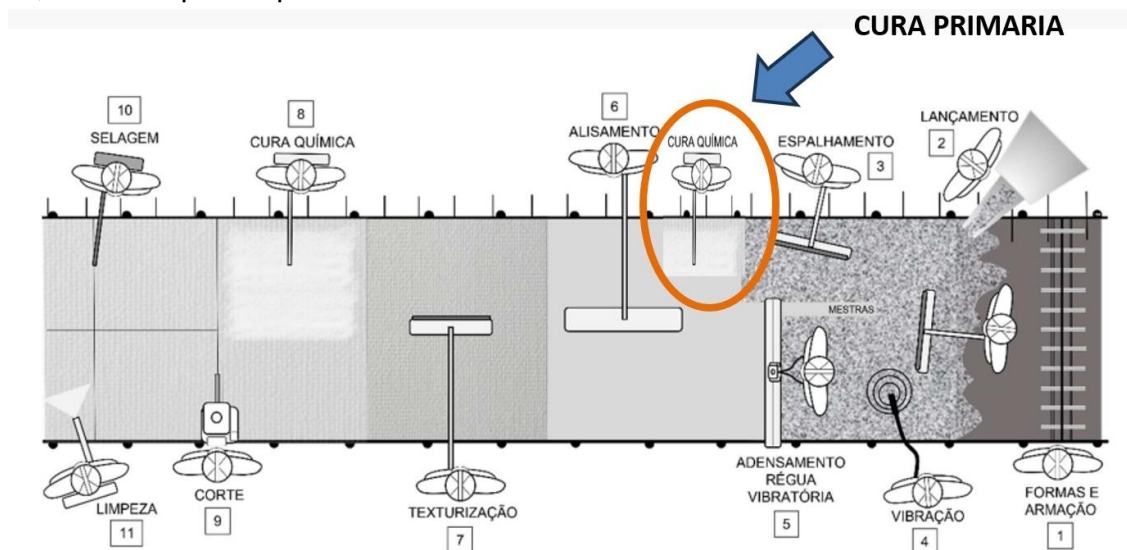
A Norma ABNT NBR 14931 descreve que a cura de concreto envolve o conjunto de medidas que visam evitar sua secagem prematura e prover a pasta de cimento de água suficiente para sua hidratação, particularmente nas camadas superficiais das peças.

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

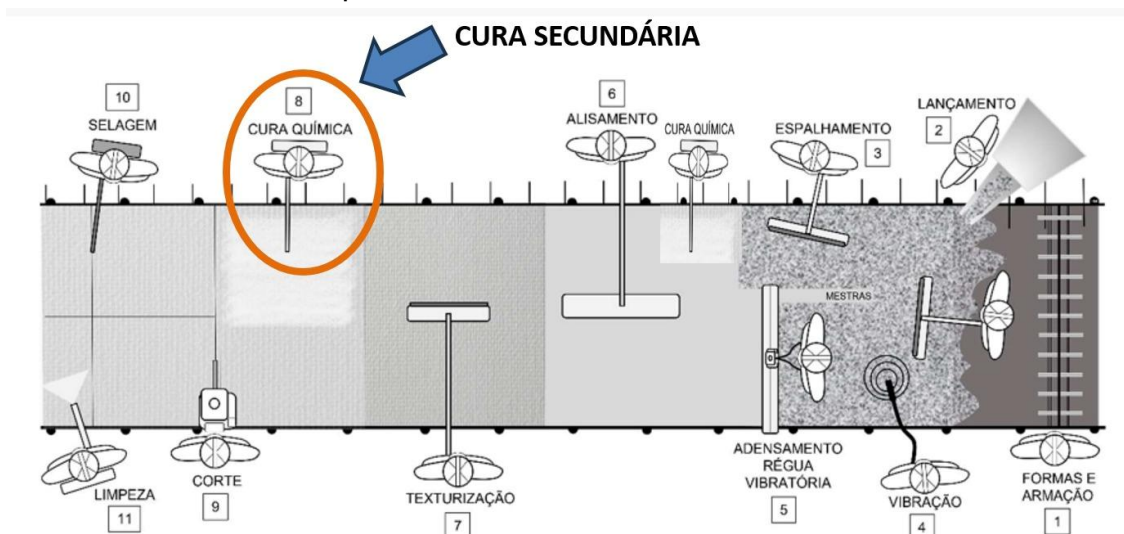
secundária. A cura primária é aplicada durante o lançamento do concreto (em uma laje ou piso, por exemplo, imediatamente após o seu sarrafeamento) e o fim de pega do concreto (endurecimento ao tato), enquanto a cura secundária é aplicada a partir do fim de pega do concreto. Para projetos de Pavimento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

Deve ser empregue 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.

10.8. Corte das juntas e tratamento

O posicionamento das juntas deve seguir o dimensionamento do projeto. Sua marcação topográfica deve ser realizada antes do início da concretagem.

Deve-se proceder com o corte das juntas do tipo 'serrada' no intervalo de 4h a 8h após o lançamento do concreto, para evitar a fissuração das placas.

Deve-se empregar equipamento tipo softcut para cortes mais prematuros. Os cortes deverão ser efetuados seguindo a mesma sequência da concretagem.

Adotar uma estratégia de corte na qual os panos venham sendo reduzidos, aliviando assim as tensões incidentes.

IMPORTANTE: Deve-se serrar as juntas com a profundidade de $1/3$ da espessura do pavimento e prever a utilização de água durante o corte.

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 haja 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.

As juntas de construção podem receber a passagem da serra (no máximo 2,5 cm) de modo a melhorar o aspecto visual e formar o reservatório para o selante.

Deve-se aguardar até que as placas estejam visivelmente separadas.



Nas juntas de encontro (JE) deve ser utilizado selador flexível de poliuretano ou equivalente, com dureza Shore A = 25 ± 5 .

Nas juntas serradas não será necessário o tratamento, sendo o mesmo realizado apenas nas juntas construtivas (JC), deve ser utilizado preferencialmente seladores de poliuretano modificado com alcatrão ou material equivalente que resista ao sol e intempéries.

Para a aplicação do material de selagem das juntas, limpar as juntas cuidadosamente com a ponta de um cinzel, vassouras de fios duros e ar comprimido.

O material de selagem das juntas 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.

A aplicação do selante se faz com a utilização da pistola manual ou mecânica.

Nos cortes de juntas, com o objetivo de respeitar o intervalo de horas do corte, pode ser necessário a realização a noite. Portanto, é fundamental deixar previsto a iluminação necessária.

11. Liberação de tráfego

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.


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.

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.



12. Controles de execução

- **Check list inicial de obra:**

	CHECK LIST INICIAL DE OBRA	
	Obra:	Cidade:
Preenchido por:	Proprietário:	Contato:
	Contratante:	Contato:
	Engº Responsável:	Fone:
	Tecº Responsável:	Fone:
Ass:		
Data: / /	Mestre da obra:	Fone:

	S	N	Observações
1) A area e coberta?			
2) O material esta no local?			
3) Há acesso de caminhões?			Por onde?
4) Vai ter malha?			<input type="checkbox"/> Inferior. Qual? <input type="checkbox"/> Superior. Qual?
5) Vai ter fibra?			<input type="checkbox"/> Aço <input type="checkbox"/> Sintetica Quantidade? Tipo?
6) O concreto vai ter aditivo?			Qual?
7) Vai ter lona?			<input type="checkbox"/> Simples <input type="checkbox"/> Dupla
8) Há energia elétrica?			
Há condições de instalação?			<input type="checkbox"/> Mono <input type="checkbox"/> Bi <input type="checkbox"/> Tri <input type="checkbox"/> 110/220 <input type="checkbox"/> 220/380
9) Há iluminação?			<input type="checkbox"/> Suficiente <input type="checkbox"/> Deficiente
Há possibilidades de melhora?			
10) Há agua proximo ao local?			
11) Há local para deposito?			<input type="checkbox"/> Levar gaiola
12) Há local para alojamento?			
13) Qual sera a espessura do piso?			
14) Qual o tamanho das placas?			
15) Como sera lançado o concreto?			<input type="checkbox"/> Aminhão <input type="checkbox"/> Bomba <input type="checkbox"/> Girafa <input type="checkbox"/> Esteira <input type="checkbox"/> Carrinho
16) Existe algum plano de concretagem (Cronograma)?			
17) Qual a previsão diaria/média de concretagem?			
18) Qual sera o acabamento do piso?			<input type="checkbox"/> Reguado <input type="checkbox"/> Vassourado <input type="checkbox"/> Camurçado <input type="checkbox"/> Vitrificado <input type="checkbox"/> Outros
19) Vai ter algum tipo de revestimento no piso?			
20) Qual sera o tipo de cura?			
21) As formas serão executadas por nos ou por terceiros?			
22) O lançamento de concreto sera executado por nos ou por terceiros?			
23) Qual area esta livre?			
24) Como estão as condições?			<input type="checkbox"/> Boas <input type="checkbox"/> Medias <input type="checkbox"/> Ruins
25) Base:			Que serviços faltam fazer?
<input type="checkbox"/> Liberada			
<input type="checkbox"/> Não Liberada			
26) Qual o Fck do concreto?			E o slump?
27) Como sera feita a alimentação?			<input type="checkbox"/> No local <input type="checkbox"/> Fora. Onde?
28) Considerações finais (VIDE VERSO):			

• **Ata planejamento fornecimento de concreto:**

	Check List - Concreteira		
	Preenchido por: _____ Ass.: _____ Data: ___/___/___	Obra: _____ Proprietário: _____ Contratante: _____ Concreteira: _____ - Vendedor: _____ - Técnico Resp.: _____ - Eng. Resp.: _____ - Chefe Usina: _____ # Observações: _____	

1) Definições quanto ao fornecimento do concreto

1.1 Caminhões:

- 1.1.1 Quantos caminhões estarão disponibilizados, por dia, para concretagem = mínimo _____ máximo _____ caminhões
- 1.1.2 Qual a capacidade dos caminhões a serem utilizados = _____ m³/caminhão
- 1.1.3 Qual o tempo de carregamento do concreto na usina = ciclos de _____ minutos
- 1.1.4 Qual o tempo de deslocamento dos caminhões, da usina ao local de descarga = Ida: _____ Retorno da usina _____
- 1.1.5 Qual a distância da usina ao local de descarga = Aproximadamente _____ km
- 1.1.6 Já estão verificadas as condições de acesso dos caminhões ao local de descarga (Sim ou não) = _____ Quem? _____
(altura, acessibilidade, condições de manobra, necessidades / rampas, local de limpeza das betoneiras, etc.)
- 1.1.7 Já foram solicitadas a Contratante as melhorias necessárias do Item 1.1.6 (Sim ou não) = _____ Para Quem? _____
- 1.1.8 Qual intervalo programado entre um caminhão e outro = 15 minutos
- 1.1.9 Qual intervalo mínimo e máximo entre um caminhão e outro (chegada na obra) = máximo 20 minutos mínimo 10 minutos
- 1.1.10 Tolerância máxima de atraso por dia de fornecimento de concreto (somatório dos intervalos entre os caminhões) = 1 hora

1.2 Programação:

- 1.2.1 Quais as datas programadas pelo Contratante = _____
- 1.2.2 Quais os volumes (diário e total) programados pelo Contratante: diário = _____ total = _____
A concreteira deverá garantir o fornecimento do volume mínimo diário que poderá ser reduzido por solicitação da PisoGround (executora dos pisos) ou da contratante
- 1.2.3 A Concreteira fornece concreto em: (Sim ou Não): 2ª a 6ª: _____; horário: _____
Sábados = _____; horário = _____ Domingos = _____; horário = _____ Feriados = _____; horário = _____
Existem condições especiais = _____
- 1.2.4 O lançamento será efetuado através de: Convencional _____ Bomba _____ Esteira _____ Girafa _____ Jerica _____
- 1.2.5 Tempo programado para lançamento de 7 m³ = 20 minutos

1.3 Penalizações por problemas no fornecimento do concreto (custo por conta da Concreteira)

- 1.3.1 Hora parada da equipe (aguardando fornecimento de concreto): R\$ xxx,xx/ cada 30 minutos (alem do tempo máximo item 1.1.10)
- 1.3.2 Dia parado da equipe (aguardando fornecimento de concreto): R\$ XXXX,XX /dia parado

2) Definições quanto ao concreto

2.1 Traço 1: Local de Utilização =

- 2.1.1 Fck = _____ MPa 2.1.2 Ftk = _____ MPa 2.1.3 Slump = _____ cm +/- _____ cm 2.1.4 Fator A/C = _____ 2.1.5 Cimento: _____ kg/m³
- 2.1.6 Teor de Argamassa = _____ % 2.1.7 Areia Natural: _____ kg/m³ 2.1.8 Areia Artificial: _____ kg/m³ 2.1.9 Brita 0: _____ Kg/m³
- 2.1.10 Brita 1: _____ kg/m³ 2.1.11 Brita 2: _____ kg/m³ 2.1.12 Aditivo: _____ litros/m³ 2.1.13 Água: _____ litros/m³
- 2.1.14 Qual o cimento a ser utilizado (Nome, Marca, Tipo, Quantidades)? _____
- 2.1.15 Serão utilizados Aditivos (Sim ou Não) = _____
Quais (Nome, Marca, Tipo, Quantidades / Percentuais)? _____
Quais objetivos deverão ser alcançados com a adição dos mesmos? _____
- 2.1.16 Este traço é específico para Pisos Industriais? (Sim ou Não) = _____
- 2.1.17 Este concreto terá adição de Fibras Metálicas? (Sim ou Não) = _____
Quais (Nome, Marca, Tipo, Quantidades / Percentuais)? _____
- 2.1.18 Este concreto terá adição de Fibras Sintéticas? (Sim ou Não) = _____
Quais (Nome, Marca, Tipo, Quantidades / Percentuais)? _____
- 2.1.19 Qual a quantidade de adição de água, no local de concretagem, permitido pelo traço? _____ litros/m³
Qual a proporção litros d'água / aumento do slump (cm)? _____

2.2 Traço 2: Local de Utilização =

- 2.2.1 Fck = _____ MPa 2.2.2 Ftk = _____ MPa 2.2.3 Slump = _____ cm +/- _____ cm 2.2.4 Fator A/C = _____ 2.2.5 Cimento: _____ kg/m³
- 2.2.6 Teor de Argamassa = _____ % 2.2.7 Areia Natural: _____ kg/m³ 2.2.8 Areia Artificial: _____ kg/m³ 2.2.9 Brita 0: _____ Kg/m³
- 2.2.10 Brita 1: _____ kg/m³ 2.2.11 Brita 2: _____ kg/m³ 2.2.12 Aditivo: _____ litros/m³ 2.2.13 Água: _____ litros/m³
- 2.2.14 Qual o cimento a ser utilizado (Nome, Marca, Tipo, Quantidades)? _____
- 2.2.15 Serão utilizados Aditivos (Sim ou Não) = _____
Quais (Nome, Marca, Tipo, Quantidades / Percentuais)? _____
Quais objetivos deverão ser alcançados com a adição dos mesmos? _____
- 2.2.16 Este traço é específico para Pisos Industriais? (Sim ou Não) = _____
- 2.2.17 Este concreto terá adição de Fibras Metálicas? (Sim ou Não) = _____
Quais (Nome, Marca, Tipo, Quantidades / Percentuais)? _____
- 2.2.18 Este concreto terá adição de Fibras Sintéticas? (Sim ou Não) = _____
Quais (Nome, Marca, Tipo, Quantidades / Percentuais)? _____
- 2.2.19 Qual a quantidade de adição de água, no local de concretagem, permitido pelo traço? _____ litros/m³
Qual a proporção litros d'água / aumento do slump (cm)? _____

Considerações:

Toda e qualquer modificação deverá constar no Diário de Obras e/ou no verso deste e contar com a anuência de todas as partes envolvidas (Proprietário, Contratante, Concreteira) e terá que ser comunicada a PisoGround Tecnologia de Pisos (Executante).
Com o intuito de melhorarmos a qualidade e alcançarmos melhores resultados, entendemos ser de fundamental importância o correto e preciso preenchimento deste Check List, bem como a observância do que acima está descrito.

- **Diário de obra e controle de concretagem:**



Diário de Obra

OBRA:			
LOCALIZAÇÃO:			
CONTRATANTE:			
PREENCHIDO POR:		DATA: / /	
MANHÃ:	Bom <input type="checkbox"/>	TARDE:	Bom <input type="checkbox"/>
	Chuvoso <input type="checkbox"/>		Chuvoso <input type="checkbox"/>
	Impraticável <input type="checkbox"/>		Impraticável <input type="checkbox"/>
NOITE:	Bom <input type="checkbox"/>	NOITE:	Bom <input type="checkbox"/>
	Chuvoso <input type="checkbox"/>		Chuvoso <input type="checkbox"/>
	Impraticável <input type="checkbox"/>		Impraticável <input type="checkbox"/>
Cobertura e Fechamentos:		Coberto <input type="checkbox"/> Descoberta <input type="checkbox"/> Cobertura Incompleta <input type="checkbox"/> Fechamento Lateral <input type="checkbox"/> Sem Fechamento <input type="checkbox"/> Fechamento Incompleto <input type="checkbox"/>	
Liberação de Áreas:		Área: m² Data: / / Hora: : : Liberado por: _____ Obs: _____	
Referência de nível (RN):		Definido por: _____ Localização: _____	
Hr. solicitado caminhão bomba:		Horário chegada caminhão bomba:	
Horário solicitado 1º caminhão:		Horário chegada 1º caminhão:	
Intervalo solicitado:		Intervalo fornecido:	
Volume de concreto previsto:		Volume de concreto executado:	
			Data
Hr. Início do Lançamento:		Hr. Início do Acabamento:	
Hr. Término do Lançamento:		Hr. Término do Acabamento:	
INFORMAÇÕES PRODUÇÃO	TOTAL	Observações	
PREPARAÇÃO			
Execução			
Observações:			
Falta de energia <input type="checkbox"/>		Motivo: _____	
Falta de água <input type="checkbox"/>		Motivo: _____	
Atraso Concreteira <input type="checkbox"/>		Motivo: _____	
Serviço cancelado <input type="checkbox"/>		Motivo: _____	
Execução em condições não ideais <input type="checkbox"/>		Solicitante: _____	
		Condição: _____	
		Motivo: _____	

- **Plano de atividade da equipe**

Funcionário		Plano de atividade Equipe																										
Funcionário	Função	Controle de Qualidade	Desmontagem de Formas	Lançamento e compactação	Regulagem de níveis	Regulagem de bordas	Imposição de nível de obra	Limpeza de juntas	Limpeza de juntas e reboco	Diário operacional	Assistência de obra	Impressão de borda	Cura de Bordo	Assistência de obra	Cura de Piso	Diagnóstico	Corte e Cura	Montagem de Piso	Corte de Piso	Limpeza de Piso	Cura de Piso	Montagem de laje e piso de concreto	Montagem de Piso	Condição de obra	Montagem de laje	Corte de Piso	Montagem de Laje	Condição de obra

13. Segurança e treinamentos

Atentar para os dimensionamentos do PPRA e PCMSO.

São necessários os EPI's:

- Capacete ou, se não havendo risco, chapéu de palha;

- Uniforme manga longa e calça;
- Toca tipo soldador;
- Protetor Solar;
- Luva de látex e vaqueta;
- Calçado de segurança;
- Bota de borracha (lançamento);
- Óculos de segurança escuro;
- Protetor Auricular.

Devem se fazer os seguintes treinamentos:

- NR6;
- NR12;
- NR18.

14. Dicas e cuidados

- Realizar reunião pré-executiva junto ao projetista, concreteira e empresa da terraplanagem;
- Visitar a obra;
- Definir plano de concretagem;
- Verificar armazenamento dos materiais;
- Verificar acesso dos caminhões na obra;
- Monitorar a previsão do tempo;
- Garantir a cura adequada do concreto;
- Atentar-se a desforma, para evitar o esborcinamento dos cantos da placa;
- Dimensionamento da equipe;
- Aferir equipamentos, realizar a manutenção e ter equipamentos reservas.

15. Projeto

Para o dimensionamento e análise do pavimento devem ser 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.

16. Concreto

O concreto do pavimento urbano deverá atender aos seguintes requisitos:

- Resistência característica mínima à tração na flexão ($f_{ctM,k}$, k) $\geq 4,2$ ou $4,5$ Mpa aos 28 dias. A resistência à tração na flexão será determinada em corpos de prova prismáticos, conforme procedimentos constantes nas normas NBR 5738; NBR 12142 e NBR 16940. A resistência à compressão axial será determinada em corpos de prova cilíndricos, moldados e ensaiados conforme os requisitos e procedimentos constantes nas normas NBR 5738 e NBR 5739;
- Consumo mínimo de cimento: $C_{min} = 320 \text{ Kg/m}^3$, conforme especificado no projeto com utilização de Macrofibra estrutural;
- Relação água / cimento máxima: $A/C \leq 0,50$ l/Kg;
- Abatimento, determinado conforme a norma NBR NM 67, deverá atender as necessidades dos equipamentos a serem utilizados na execução do pavimento e as condições de declividade da obra;
- A dimensão máxima característica do agregado no concreto não deverá exceder 1/3 da espessura da placa do pavimento ou 50mm, obedecido o menor valor;
- Teor de ar, determinado conforme a norma NBR NM 47: $\leq 4,0\%$;
- Exsudação, medida conforme a norma NBR NM 102: $\leq 3,0\%$;
- Teor de argamassa entre 50% e 53% ou de acordo com equipamento a ser utilizado na aplicação do concreto.

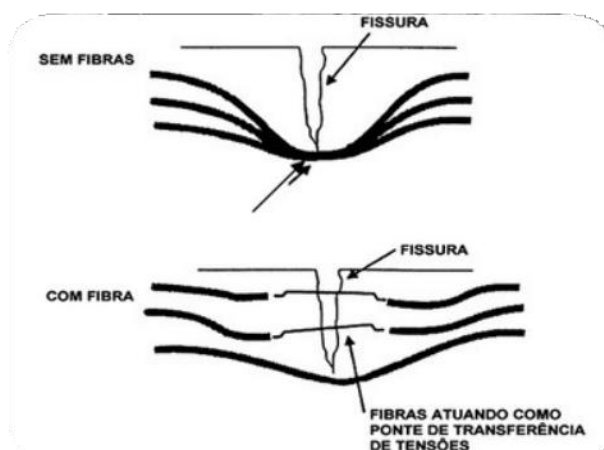
17. Macrofibras

Quanto ao uso de macrofibras e microfibras na composição do concreto, estas devem atender as normativas NBR 16940-02/21 Concreto Reforçado com Fibras – Determinação das Resistências à Tração na Flexão e NBR 16942-02/21 – Fibras Poliméricas para Concreto – Requisitos e Métodos de Ensaio.

Todos os ensaios devem ser realizados por laboratórios com acreditação INMETRO, nos casos em que não tenhamos, estes laboratórios devem atender os padrões de qualidade e calibrações de todos os equipamentos.

As macrofibras têm como objetivo aumentar a resistência residual pós-fissuração do concreto (adicionada no cálculo da placa) estas atuando no reforço secundário do concreto, tornando-o mais dúctil e conseqüentemente podendo promover uma diminuição na espessura da placa de concreto do pavimento.

Maiores informações sobre qualidade e propriedades das macrofibras estão presentes nas Referências Técnicas: Termo de Referência para Implantação de PUC – Pavimento Urbano de Concreto e Qualidade das Fibras Poliméricas, disponíveis no site Pavimento Urbano de Concreto – Portal PUC.



Anexo E

CHECKLIST DE CONFORMIDADE – PAVIMENTO URBANO DE CONCRETO (PUC).

1. OBJETIVO

Este checklist permite demonstrar objetivamente:

- Se o método foi seguido
- Onde ocorreu a falha
- Quem é responsável tecnicamente

2. INSTRUÇÃO DE USO

Este checklist deve ser aplicado com base em:

- inspeção documental
- inspeção de campo
- entrevistas técnicas
- ensaios laboratoriais

Classificação recomendada:

- Conforme
- Parcialmente conforme
- Não conforme
- Não evidenciado

3. ETAPA 1 – PROJETO

3.1. Projeto estrutural do pavimento

- Existe projeto específico de PUC (não adaptação de asfalto)?
- Dimensionamento baseado em:
- tráfego (N, eixos equivalentes)?
- módulo de reação da base (k)?
- Espessura das placas definida tecnicamente?
- Definição de tipo de concreto (fck, módulo, retração)?

Ponto crítico pericial: ausência de dimensionamento adequado invalida o desempenho esperado.

3.2. Projeto de juntas

- Existe projeto de juntas (layout completo)?
- Definição de:
- espaçamento
- profundidade de corte
- tipo de junta (contração, construção, expansão)?
- Especificação de selantes?

Falha típica: fissuração aleatória por ausência de controle de retração.

3.3. Projeto da base/sub-base

- Tipo de base definido (BGTC, solo-cimento, CCR, etc.)?
- Parâmetros definidos:

- módulo k
- compactação
- espessura
- Existe detalhamento de drenagem?

4. ETAPA 2 – MATERIAIS

4.1. Concreto

- Traço validado previamente?
- Controle de:
 - fck
 - abatimento (slump)
 - temperatura
- Uso de aditivos controlado?

4.2. Base

- Material conforme especificação?
- Controle de:
 - granulometria
 - umidade
 - compactação

4.3. Materiais de juntas

- Barras de transferência (quando aplicável)?
- Selantes adequados e especificados?

5. ETAPA 3 – EXECUÇÃO

5.1. Base

- Regularidade superficial verificada?
- Compactação controlada (ensaios)?
- Existência de segregação ou perda de suporte?

5.2. Lançamento do concreto

- Tempo de transporte adequado?
- Controle de abatimento em campo?
- Homogeneidade do concreto?

5.3. Adensamento e acabamento

- Equipamento adequado (régua vibratória, slipform)?
- Ocorrência de segregação?
- Acabamento superficial uniforme?

5.4. Cura

- Cura iniciada imediatamente após acabamento?
- Tipo de cura:
 - química (primária e secundária)
 - úmida
- Tempo de cura respeitado?

5.5. Execução de juntas

- Corte realizado no tempo correto?
- Profundidade adequada (~1/3 da espessura)?
- Selagem executada corretamente?

6. ETAPA 4 – CONTROLE TECNOLÓGICO

6.1. Concreto

- Ensaio realizado conforme ABNT:
 - moldagem (NBR 5738)
 - compressão (NBR 5739)
- Resultados \geq fck especificado?

6.2. Controle complementar (frequentemente negligenciado)

- Controle da base (k ou equivalente)?
- Controle de planicidade?
- Verificação de espessura real?
- Monitoramento de temperatura?

7. ETAPA 5 – FISCALIZAÇÃO E GESTÃO

- Existência de diário de obra?
- Registros de não conformidades?
- Foram emitidas notificações técnicas?
- Houve paralisação ou correção quando necessário?

8. ETAPA 6 – RECEBIMENTO DA OBRA

- Ensaio final realizado?
- Avaliação de:
 - fissuração
 - planicidade
 - integridade das placas
- Existência de termo de recebimento técnico?

9. ETAPA 7 – PATOLOGIAS (INSPEÇÃO DE CAMPO)

Verificar presença de:

- fissuras precoces
- fissuras fora das juntas
- placas soltas ou basculantes

- pumping (expulsão de finos)
- segregação superficial
- falhas em juntas

10. MATRIZ DE DIAGNÓSTICO

Problema observado	Causa provável	Origem
Fissuração aleatória	falta de junta / corte tardio	Execução
Placas soltas	base deficiente	Projeto/Execução
Segregação	lançamento inadequado	Execução
Baixa durabilidade	falha de cura	Execução
Bom fck + falha estrutural	problema na base	Projeto

11. CONCLUSÃO PERICIAL PADRÃO (MODELO)

A análise do checklist de conformidade evidencia que o desempenho do pavimento está diretamente associado ao grau de atendimento às etapas de projeto, execução, controle e fiscalização, sendo tecnicamente inadequado atribuir eventuais patologias ao sistema PUC quando identificadas não conformidades nessas etapas.

Anexo F

MANUAL DESCRITIVO DE PUC ESTAMPADO, DECORATIVO E RESINADO.

1. Preparação da Área:

A área para receber o pavimento em concreto estampado deverá estar nivelada, devidamente compactada, coberta com lastro de brita ou similar e com todos os sarrafos perimetrais devidamente colocados, lembrando sempre que as espessuras são estabelecidas e mantidas conforme Projeto Executivo.

Em caso de calçadas espessuras mínima de concreto para estampagem é de 5 cm para calçada e áreas de passeio, etc.

2. Tela Soldada:

A utilização ou não de armadura, bem como sua espessura, será objeto de um pré-dimensionamento de cargas superficiais a cargo e responsabilidade do contratante.

3. Fibra:

No caso concreto poderão ser adicionados microfibras, que amenizarão a possibilidade de ocorrência de micro-fissuras. As macrofibras têm como objetivo aumentar a resistência residual pós-fissuração do concreto (adicionada no cálculo da placa) estas atuando no reforço secundário do concreto, tornando-o mais dúctil e conseqüentemente podendo promover uma diminuição na espessura da placa de concreto do pavimento.

As macrofibras devem apresentar características mínimas exigidas pelas normas: quanto ao diâmetro equivalente (de $\geq 0,30$ mm), comprimento unitário ($L_d > 30\text{mm}$ a $L_d < 50\text{mm}$ máximo), módulo de elasticidade $\geq 3,0$ GPa, tipo de polímero (poliafinas derivada de polipropileno), tratamento superficial, fator de forma e resistência a alcalinidade conforme norma (NBR 16942).

4. Concreto:

Um dos fatores primordiais para obter-se total sucesso na execução do pavimento de concreto estampado é a qualidade do concreto a ser utilizado.

O concreto do pavimento deverá atender aos requisitos seguinte:

Resistência característica à compressão (f_{ck}) $\geq 30,0$ Mpa aos 28 dias (resistência utilizada no cálculo).

Consumo mínimo de cimento: $C_{min} = 360$ kg/m³ e o máximo 390 kg/m³, conforme especificado no Projeto com utilização de Macrofibra.

Relação água / cimento máxima: $A/C \leq 0,55$ l/kg.

Abatimento, determinado conforme a norma NBR NM 67, deverá atender as necessidades dos equipamentos a serem utilizados na execução do pavimento e as condições de declividade da obra.

Teor de ar, determinado conforme a norma NBR NM 47: $\leq 4,0\%$.

Exsudação, medida conforme a norma NBR NM 102: $\leq 3,0\%$.

Teor de argamassa entre 50% e 53% ou de acordo com equipamento a ser utilizado na aplicação do concreto.

5. Lançamento do concreto manual:

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.



6. Espalhamento do concreto:

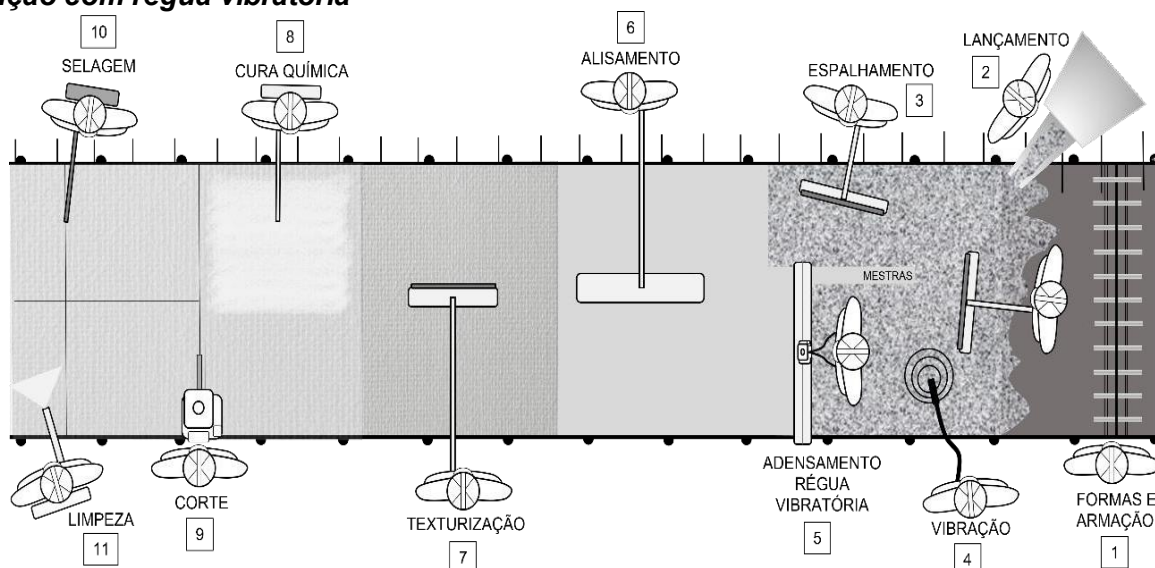
O espalhamento do concreto, pode ser feito com auxílio de ferramentas manuais (pás, enxadas, etc) ou executado de forma mecanizada (escavadeira de pequeno porte, etc) porém, qualquer que seja o processo utilizado, deve-se garantir uma distribuição homogênea de modo a regularizar a camada na espessura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



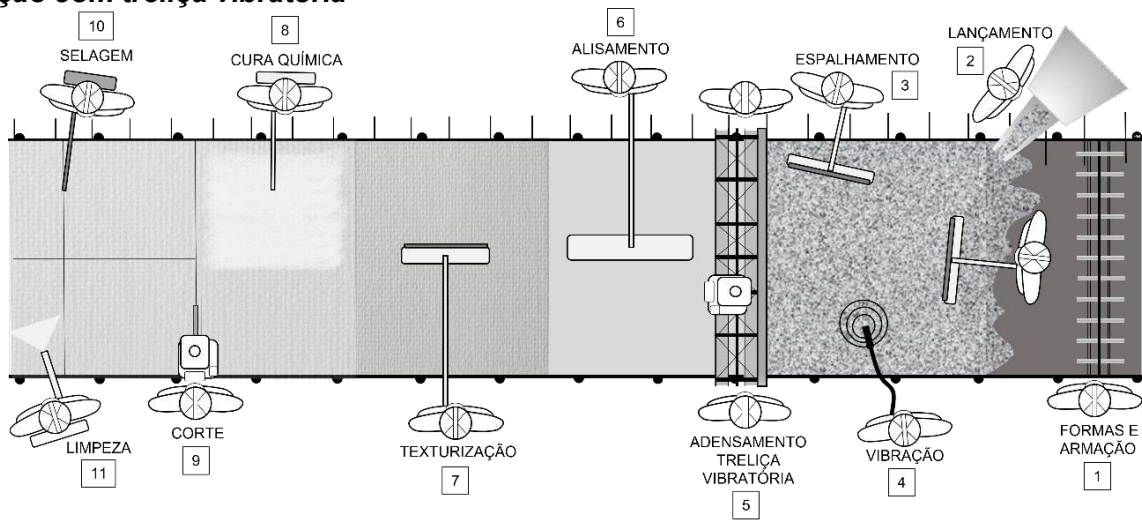
7. Sarrafeamento:

Dá início ao sarrafeamento. Este deve respeitar os caimentos pré-determinados por piquetes. O atraso desta etapa comprometerá todas as demais etapas.

Execução com régua vibratória



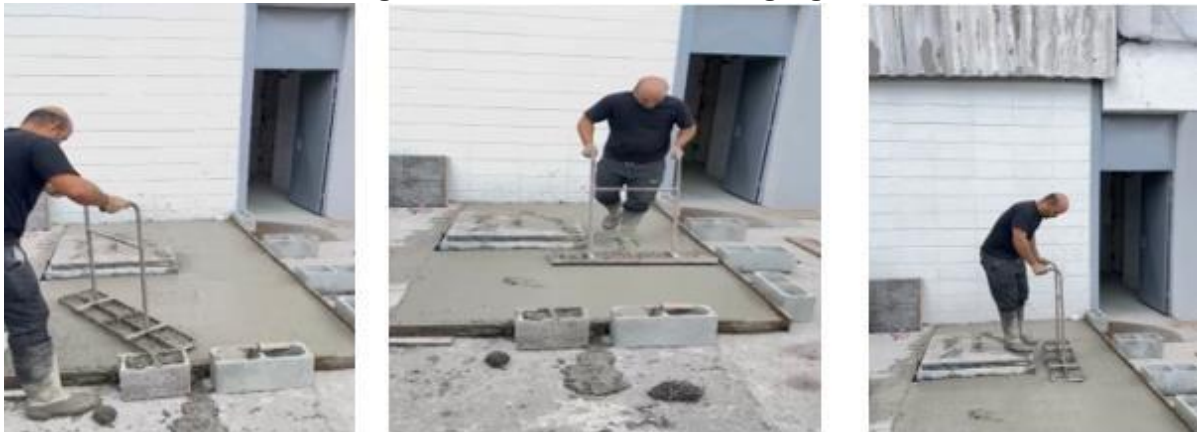
Execução com treliça vibratória



8. Rebaixamento do agregado:

O rebaixamento do agregado com ferramenta específica. A finalidade deste procedimento é garantir um maior adensamento do concreto, assim como trazer a argamassa para a superfície, evitando o afloramento dos agregados e aumentando a resistência superficial do concreto.

Figura – Rebaixamento do Agregado



9. Desempeno:

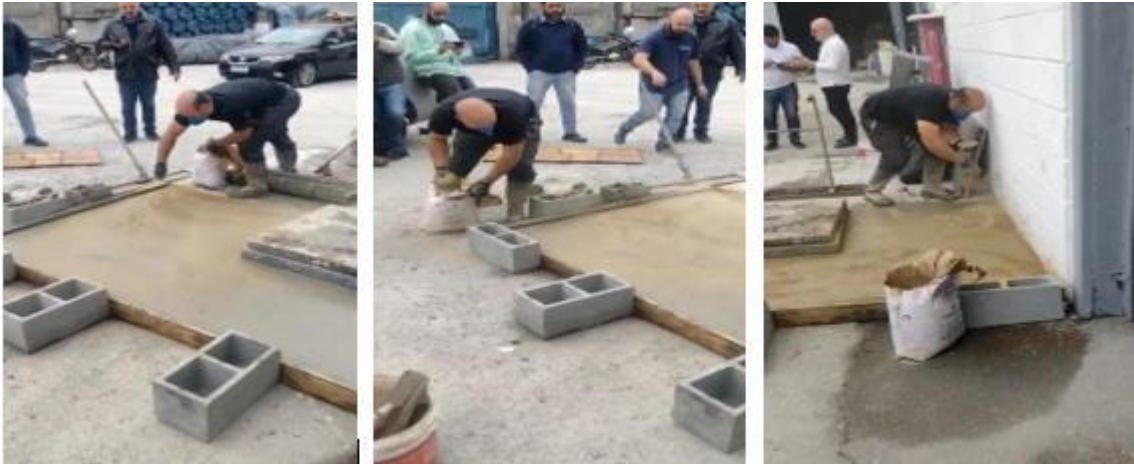
Procede à homogeneização e abertura dos poros. Esta fase é executada com um float de magnésio, alumínio ou de madeira, também de uso específico.



10. Endurecedor Colorido:

O endurecedor colorido além da pigmentação, garante uma resistência superficial superior à de um pavimento de concreto comum. Executa o lançamento manual do endurecedor colorido de maneira a cobrir uniformemente toda a superfície. Ele é embalado em saco plástico, com rendimento variável de cada cor, mas o consumo aproximado é de 1,2 a 1,8 kg/m².

As definições de cores deverão anteceder a execução dentro em um prazo acordado entre o aplicador e contratante, que possibilita a produção e disponibilização do mesmo.



11. Queima:

Utilizando-se das ferramentas especialmente desenvolvidas para obter uma maior produtividade (desempenadeira de aço), executa a queima. Com este procedimento, a penetração e fixação do endurecedor colorido na superfície esta garantida.



12. Desmoldante:

O desmoldante tem como principal função isolar a superfície do concreto e pode ser utilizado para se obter uma cor secundária.

13. Estampagem:

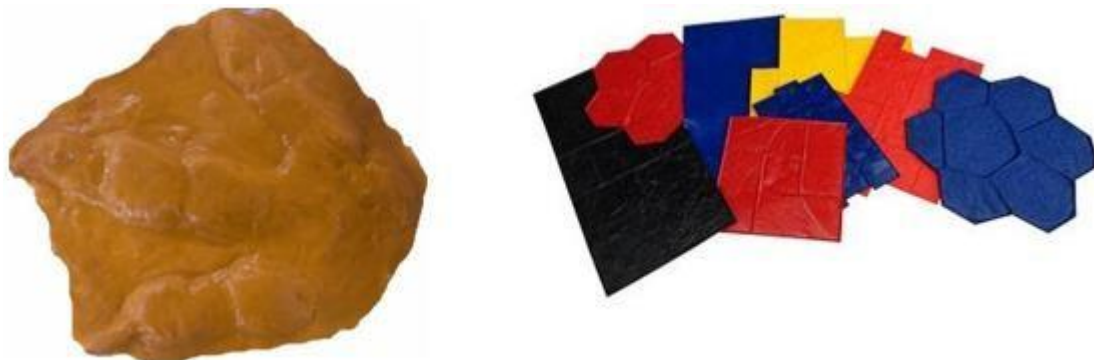
Feita com moldes semi-flexíveis e flexíveis, através desses processos específicos. Nesta fase é muito importante que saiba reconhecer o ponto exato de moldagem. O início antecipado pode acarretar afloramento e o retardamento poderá comprometer a impressão das formas.

Durante este processo, assim como nos processos anteriores, a área deverá ficar isolada, tendo em seu interior somente pessoal autorizado pela equipe Aplicadora de Concreto

Estampado.

Após a estampagem, o pavimento deverá ficar isolado e intransitável.

Figura – Moldes para Execução de Concreto Estampado



14. Controle de Juntas:

Os cortes das juntas, devem ser realizados no período entre 6 horas e 10 horas após aplicação. São juntas transversais de retração serradas com disco diamantado e maquinário específico, que induzem a fissuração localizada das placas de concreto. Sua correta observância minimiza as possibilidades de fissuras.



15. Lavagem:

Nesta etapa, retira o excesso de desmoldante com a utilização de água. A utilização de detergente neutro proporciona maior produtividade nesta etapa. A lavagem do piso após os 18 a 36 horas de cura e aplicação da seladora e resina.



16. Aplicação de Seladora:

Após a secagem completa da superfície, pó-lavagem, aplica-se uma demão de seladora.



17. Aplicação de Resina:

Sobre o pavimento já selado, aplica-se também uma demão da resina acrílica ou poliuretânica com o objetivo de proteger a superfície contra agentes abrasivos. Ao longo do tempo, uma nova aplicação de resina faz-se necessária (manutenção preventiva). Este tempo é determinado principalmente pela intensidade de tráfego sobre a superfície, e pelos agentes abrasivos ao qual o piso é solicitado.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 - 7°. andar - cj. 71/72

São Paulo - SP - CEP 01451-902

Tel: 11 3167-6446