

COMITÊ TÉCNICO DE PISO DE CONCRETO

Especificações Básicas de Concreto para Pisos Industriais



Numa obra de Piso Industrial pressupõe-se a execução de uma placa de concreto de elevado desempenho técnico traduzido em dois principais vetores: eficiência e durabilidade do piso. Ambos os requisitos básicos podem ser desdobrados em fatores da qualidade do concreto, conforme quadro abaixo.

Requerimento Básico	Voz do Cliente Usuário	Voz do Cliente Executor	Desdobramento da qualidade do concreto para pisos
Eficiência	Resistente aos carregamentos Esteticamente bem acabados Plano e nivelado Permitir a mais tranquila operação da unidade industrial e/ou logística	Resistências de projeto Baixa retração Trabalhabilidade para lançamento, compactação, nivelamento e acabamento Capaz de prover rendimento operacional com a menor incidência de imprevistos	Resistência mecânica (compressão e tração na flexão) compatível com as cargas de projeto Resistência mecânica à abrasão compatível com o desgaste imposto pela operação Abatimento adequado e regular no momento do lançamento Características de bombeabilidade em casos particulares Homogeneidade na pega e no acabamento Teor de argamassa compatível com o acabamento pretendido sem riscos de delaminação Retração hidráulica e exsudação mais reduzidas e controladas
Durabilidade	Sem fissura e trincas Resistente ao trânsito da operação sem desagregar Resistente à deterioração Baixa manutenção	Sem propagação de fissuras na entrega e na operação do piso Sem desgaste superficial prematuro Sem manchas ou "corrosão" do piso	Controle de fissuração pelos efeitos de cargas advindas de retração hidráulica (plástica e por secagem), movimentações térmicas e cargas de trabalho Controle da abertura das fissuras por efeito de deformações lentas (fluência) Fator A/C adequado Resistência superficial à abrasão Resistência a ataques causados por agentes externos Durabilidade, que se relaciona com os requisitos da NBR 6118 Projeto de estruturas de concreto - Procedimento

Pelo quadro anterior, percebe-se, então, que o concreto para pisos não deve ser adquirido com preocupação exclusivamente baseada em resistência e abatimento (*Slump*), mas, especificado num trabalho técnico, que é o projeto de piso, e com o maior grau de interação possível entre as

partes envolvidas (contratante da obra, projetista, concreteira, executor do piso e empresa contratada pelo controle da qualidade).

As variações de todos os materiais constituintes do concreto conforme tipologia e disponibilidade regional, por si só, já impõem um grau de variabilidade a este compósito. Somado a este fato, há que se admitir que uma Concreteira não opera exclusivamente para o mercado de pisos industriais, mas mantém sua usina para abastecer as demandas do mercado da construção civil em geral numa dada região de atuação. Desta forma, um norteamto técnico acerca das especificações básicas do concreto, preocupação em obter o melhor ajuste possível dentro das faixas recomendadas, somado ao bom senso na tomada de decisões, são os vetores a serem perseguidos.

A seguir apresentamos as **Especificações Básicas de Concreto para Pisos Industriais**. Estas têm o objetivo maior de prover um direcionamento do que um sentido prescritivo, uma vez que os envolvidos com a tecnologia do concreto podem buscar as alternativas de melhor composição do traço.

Características	Parâmetros
Resistência à compressão ⁽¹⁾	$f_{ck} \geq 30 \text{ MPa}$
Resistência à tração na flexão ⁽²⁾	$f_{ctM,k} > 4,2 \text{ MPa}$
Agregados graúdos ⁽³⁾	Diâmetro médio entre 12,5 a 25 mm Limite de Abrasão Los Angeles ABNT NM 51: < 50% em massa
Teor de material pulverulento ⁽⁴⁾	$\leq 3\%$
Tipo de cimento ⁽⁵⁾	CP II, III, IV ou V
Consumo de cimento ⁽⁶⁾	320 a 380 kg/m ³
Relação água-cimento ⁽⁷⁾	$a/c < 0,55$
Argamassa (teor em volume) ⁽⁸⁾	48 a 53%
Abatimento ⁽⁹⁾	80 a 100 mm, mas com tolerância de +/- 10 mm
Teor de ar incorporado ⁽¹⁰⁾	$\leq 3\%$
Exsudação ⁽¹¹⁾	$\leq 4\%$
Tempo de início de pega para acabamento ⁽¹²⁾	4 a 5 horas
Outras características não relacionadas exclusivamente aos produtos das Concreteiras	
Retração (8 semanas) ⁽¹³⁾	$\leq 500 \mu\text{m/m}$
Microfibras para controle da retração plástica ⁽¹⁴⁾	Conforme indicação de projeto (600 a 1000 g/m ³)
Fibras estruturais ⁽¹⁵⁾	Para CRF, seguir especificações de projeto quanto ao tipo de fibra, fator de forma, comprimento mínimo e dosagem para desempenho mecânico mínimo (Re ₃ e ou Resistência Residual Mínima Pós-Fissuração)

Quanto às solicitações, os pisos industriais podem ser classificados como pisos de solicitação moderada e pesada. Fora as ações indiretas que também provocam tensões (retração, movimentações térmicas e empenamento) recaem sobre os pisos as ações diretas representadas pelas cargas estáticas (distribuídas, concentradas e lineares) e cargas móveis (advindas da circulação de carretas e empilhadeiras). Nestas últimas, além do carregamento por eixo, importa muito o tipo de material rodante (rodas pneumáticas ou rígidas, por exemplo).

Placas sujeitas a solicitações moderadas: compreendem a maior parte dos pisos industriais, submetidos a carregamentos típicos de uma operação fabril ou logística convencional, compreendendo tráfego de veículos industriais com rodas pneumáticas.

Placas sujeitas a solicitações pesadas: compreendem esforços extraordinários de ações diretas ou requerimentos específicos como, por exemplo, efeito de material rodante rígido, tráfego intenso, maior resistência à abrasão superficial e resistência extraordinária a impacto.

Entretanto, na prática de projetos de pisos, esta categorização nem sempre apresenta fronteiras bem definidas. Por exemplo, pode-se ter um piso com requerimentos específicos de alta resistência à abrasão e moderada resistência mecânica, ou vice-versa. Ou seja, cabe ao projetista analisar quais as características e respectivos parâmetros deverão ser ajustados para a melhor adequação do projeto em questão.

- (1) Resistência característica à compressão (f_{ck}) mínima aos 28 dias. Além de atender aos requisitos de resistência no que concerne ao cálculo estrutural, também interfere na resistência à abrasão.

Para pisos com placas de concreto protendido, pode-se avaliar a resistência à compressão em 24 horas e, neste caso, a especificação deve buscar valores ≥ 8 MPa a fim de minimizar fissuras de retração.

- (2) A resistência à tração na flexão ($f_{ctM,k}$) mínima deverá ser especificada pelo projetista em função da combinação das características de solo/cargas/espessura/armação, ou seja, também em função do cálculo estrutural. Observar que o reforço poderá ser de fibras de aço e, nesse caso, sua influência deverá ser considerada na dosagem.

Nota:

Pisos com requerimentos especiais quanto às resistências mecânicas podem ser especificados com $f_{ck} \geq 35$ MPa e $f_{ctM,k} > 4,5$ MPa.

- (3) Os agregados influenciam a resistência à abrasão, a tração na flexão e a retração, sendo estas duas últimas dependentes da condição de aderência do agregado com a pasta de cimento. Assim, é importante a textura superficial do agregado.

Nota:

Para pisos que passarão por tratamento de superfície, tipo polimento diamantado, a resistência à abrasão dos agregados é um aspecto preponderante para a qualidade deste serviço.

- (4) O teor de material pulverulento nos agregados deve ser inferior ao limite descrito para concretos submetidos a desgaste superficial (NBR 7211 Agregados para concreto - Especificação). O material pulverulento sobre o agregado atua como elemento de separação na interface agregado pasta de cimento, influenciando a resistência à tração na flexão do concreto. Além disto, o material pulverulento também influencia nos riscos de ocorrência de delaminações.
- (5) Na indústria do cimento, adições minerais são outras matérias-primas que, misturadas ao clínquer na fase de moagem, permitem a fabricação de diversos tipos de Cimento Portland. Na prática, somente a Fábrica de Cimento tem como gerenciar estes teores. Os atores da cadeia do piso industrial não têm ação direta sobre eles. Assim, embora existam alguns fatores restritivos no campo dos trabalhos para execução de um piso industrial, por exemplo, cimentos com elevados teores de escoria (CPIII), que podem aumentar a exsudação e retardar o tempo de pega, muitas vezes, a cadeia envolvida com a obra de piso precisa contar com os materiais disponíveis em uma dada região. Ajustes podem ser buscados via tecnologia do concreto.

Nota:

O emprego de Cimento CPIII também pode provocar queda de desempenho da placa de concreto frente às operações de polimento e lapidação, se este serviço adicional estiver previsto como tratamento adicional do piso.

- (6) O consumo de cimento tem forte relação com o fenômeno da retração do concreto, bem como com a durabilidade. Teores elevados de cimento favorecem aumento da retração. A resistência da pasta de cimento é preponderante para o intemperismo, ataques químicos e comportamento à abrasão. O Clínquer em quantidade suficiente assegura boa resistência à abrasão.

Nota:

O projetista de piso, sob critérios de solicitações pesadas, pode, por exemplo trabalhar numa faixa de consumo de cimento um pouco superior, por exemplo, 350 a 400 kg/m³. E, também, definir um fator água cimento de maneira mais restrita, por exemplo, a/c < 0,50.

- (7) A relação a/c deve estar enquadrada no parâmetro de projeto e no limite especificado pela NBR 6118.

O consumo de água tem forte influência na retração do concreto, devendo ser reduzido ao máximo sob o ponto de vista de limitar a retração. Quanto menor o consumo de água,

menor a retração hidráulica, menor tende a ser a abertura de juntas. A água é o fator central para a maioria dos problemas de durabilidade do concreto.

Redosagem de água em excesso podem retardar o início e fim de pega, além de aumentar o volume de exsudação. Todo concreto é dosado na usina para suportar o máximo tempo de transporte, que é normalmente de até 2,5 horas. No verso da Nota Fiscal da Concreteira estarão, normalmente descritas, a quantidade de água que foi dosada, a quantidade de água que o motorista ainda pode adicionar e, finalmente, se o motorista pode escrever a quantidade de água efetivamente adicionada.

A fim de respeitar a relação a/c, aditivos superplastificantes podem ser usados. No emprego destes, recomenda-se a condição de abatimento inicial (antes do super) entre 50 e 60 mm; abatimento final conforme especificado em projeto ambos controlados com tolerância de +/- 10 mm; tempo mínimo de mistura do concreto após a adição do super na obra de 10 minutos. Na dificuldade de se empregar superplastificante, deve-se consultar o projetista do piso para readequação do projeto/especificação do concreto.

- (8) O teor de argamassa influencia, sobremaneira, as condições para execução do acabamento do piso (liso, camurçado, vassourado e lapidado, por exemplo). Abaixo do limite mínimo pode haver dificuldade de se passar o rodo de corte. Acima do limite superior aumenta-se os riscos com delaminações. Além disso, em concretos reforçados com fibras demandam teores de argamassa mais elevados dentro da faixa.
- (9) O Abatimento é uma medida que se relaciona com a trabalhabilidade do concreto e interfere diretamente nas condições de execução das placas do piso. No segmento de pisos industriais, recomenda-se controlar o abatimento (ou *slump test*) com uma tolerância mais restrita de +/- 10 mm, a fim de minimizar ocorrência de juntas frias e prejuízos na obtenção de planicidade.
- (10) O teor de ar incorporado deve ser controlado com objetivo de se reduzir riscos de delaminações. O maior tempo de mistura no caminhão betoneira tende a reduzir o teor de ar incorporado.
- (11) A exsudação do concreto é influenciada pelas variáveis: volume de água, granulometria dos materiais e quantidade de finos. A exsudação, por sua vez, afeta a resistência superficial à abrasão, ocorrências de delaminações, microfissuras superficiais e empenamento da placa. A Norma Brasileira que trata deste controle de exsudação é a NBR 15558 Concreto – Determinação da exsudação.
- (12) O tempo de início de pega para o acabamento é o tempo decorrido entre o lançamento do concreto sobre a base e a entrada das acabadoras para operação de *Floating*. A operação de *Floating* ou Flotação compreende as operações com as acabadoras de discos (“discão”) e rodo de corte. Os executores de pisos pedem que o concreto tenha trabalhabilidade de 4

a 5 horas até que se tenha capacidade de suporte para a entrada de uma acabadora simples. Este tempo depende do comportamento do concreto, sendo válido para situações usuais de temperatura, percurso e lançamento. Para situações especiais, consultar o tecnologista de concreto ou projetista do pavimento.

Em termos práticos, o parâmetro de controle desta capacidade de suporte equivale à entrada sobre o piso de uma pessoa (70 a 90 kg), conseguindo andar sobre a placa e deixando uma leve marca do solado da bota não mais profunda que 5 mm. Neste ponto a acabadora não irá se afundar no piso.

(13) A retração do concreto pode variar em função de fatores como consumo de água, controle da cura e por emprego de aditivos (químicos orgânicos e minerais expansores). Controlando a retração, tem-se também um controle do empenamento da placa. A Norma para controle da retração por secagem é a ASTM C 157.

(14) Recomendado microfibras de polipropileno monofilamento (comprimento de 12 mm e diâmetro equivalente de 18 μm) para fins de controle das tensões de retração do concreto nas primeiras idades, não tendo efeito estrutural sobre o concreto endurecido e curado.

Não sendo recomendado emprego de microfibras de poliéster por não ser um material álcali resistente.

(15) Para CRF-Concretos Reforçados com Fibras seguir as recomendações de projeto que devem especificar o tipo de fibra (aço ou macrofibras polimérica ou macrofibras de vidro), características geométricas, acabamento e dosagem mínima e/ou desempenho mecânico mínimo baseado em tenacidade e ou resistência residual pós-fissuração. Para fibras de aço, há a Norma Brasileira NBR 15530:2007 Fibras de aço para concreto – Especificações, que trata das especificações técnicas pertinentes a este material. Para as outras macrofibras, sugerimos consultar recomendações técnicas da ANAPRE sobre estes materiais. As fibras poliméricas e as fibras de vidro necessitam ser álcali resistentes.

Em termos de controle recomenda-se controlar as operações de dosagem da fibra na concreteira (sequenciamento recomendado pelo fabricante e dosagem indicada em projeto).

O parâmetro de desempenho mecânico do CRF deve ser controlado em ensaio de flexão à tração conforme critério adotado e norma técnica pertinente a este parâmetro.

Além disto, é importante controlar o teor de fibra incorporado no concreto fresco.

Referência bibliográfica

Especificação, propriedades e controle do concreto para pisos. Módulo 2 – Um Piso a Frente, Capacitação em Pisos Industriais. Apostila LPE. São Paulo, 2017.

Pavimentos de concreto, Pisos Industriais: Conceitos e Execução. Públio Penna Firme Rodrigues, LPE. Revista Concreto, Nr. 45, IBRACON, São Paulo, 2007.