

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
***DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL***

**Manifestações Patológicas em Pisos de Concreto:  
Estudo de Caso de um Galpão Industrial**

Júlia Barboza da Silva

**Orientadora:** Profa. Dra. Fernanda Giannotti da Silva Ferreira

São Carlos, 2023

## **RESUMO**

Pisos industriais têm sido amplamente utilizados em diversos setores da economia. A necessidade de sistema logístico de armazenagem, distribuição e produção foi o que impulsionou o avanço na tecnologia do dimensionamento e execução de pisos industriais. Boas práticas executivas influenciam no resultado da obra e a ausência delas pode causar grandes prejuízos. Além disso, o custo de manutenção corretiva é maior que o custo de manutenção preventiva. Assim, por meio de um estudo de caso, neste trabalho é realizado um estudo das manifestações patológicas em pisos de concreto, análise das possíveis causas desde as etapas de concepção até as de uso e manutenção, bem como qual maneira de minimizá-las ou corrigi-las. Foi analisado o piso de um galpão localizado na região metropolitana de São Paulo, sendo verificados problemas associados à falta de projeto específico e à baixa qualidade de execução. Juntas desprotegidas foram a principal causa da maioria das manifestações patológicas encontradas, sendo o esborcinamento correspondente a 47% dos problemas identificados. Manutenções e reparos precisam ser realizados antes que os problemas se agravem e inviabilizem a utilização do galpão.

**Palavras chaves:** Manifestações patológicas; Concreto para pisos; Recuperação de pisos industriais.

## **ABSTRACT**

Industrial floors have been widely used in various sectors of the economy. The need for a logistical system for storage, distribution and production was what drove the advancement in the technology of designing and executing industrial floors. Good executive practices influence the result of the work and the absence of them can cause great damage. The cost of corrective maintenance is greater than the cost of preventive maintenance. This work carries out a study of the pathological manifestations in concrete floors, analysis of the possible causes from the conception to the execution stages, as well as how to minimize or correct them. The floor of a shed located in the Sao Paulo's metropolitan region has been analyzed, and the identified problems are associated with the lack of a specific project and low quality of execution. Unprotected joints were the main cause of most of the pathological manifestations that had been analyzed, representing 47% of the identified problems. Maintenance and repairs need to be carried out before the problems get worse and make the use of the shed unfeasible.

**Keywords:** Pathological manifestations; Concrete for floors; Restoration of industrial floors.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Lei de Sitter .....	10
Figura 4.1 – Piso com armadura distribuída.....	13
Figura 4.2 – Piso estruturalmente armado .....	14
Figura 4.3 – Piso reforçado com fibras.....	15
Figura 4.4 – Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo .....	17
Figura 4.5 – Limites da composição granulométrica do agregado graúdo .....	18
Figura 4.6 – Fibra de aço .....	19
Figura 4.7 – Fibras sintéticas .....	20
Figura 4.8 – Barras de transferência .....	21
Figura 4.9 – Espaçador caranguejo .....	22
Figura 4.10– Espaçador soldado.....	22
Figura 4.11 – Espaçador tipo W .....	23
Figura 4.12 – Agregados graúdos aparentes .....	27
Figura 4.13 – Fissura causada pela retração plástica .....	28
Figura 4.14 – Seixo rolado .....	30
Figura 4.15 – Piso recebendo líquido endurecedor (químico) .....	31
Figura 4.16 – Aspersão de agregados minerais.....	32
Figura 4.17 - Borrachudo .....	33
Figura 4.18 – Ensaio CBR.....	34
Figura 4.19 – Faixas admissíveis para brita graduada.....	35
Figura 4.20 – Junta desprotegida.....	36
Figura 4.21 – Junta protegida.....	37
Figura 4.22 – Junta de construção .....	37
Figura 4.23– Junta serrada .....	38
Figura 4.24 – Junta de encontro.....	39
Figura 4.25 – Etapas de execução.....	41
Figura 4.26 - Delaminação .....	42
Figura 4.27 - Desgaste superficial.....	44
Figura 4.28 - Manchas .....	46
Figura 4.29 – Fissura de Retração .....	47
Figura 4.30 – Deslocamento .....	49
Figura 4.31 - Esborcinamento .....	51

Figura 4.32 - Empenamento.....	52
Figura 6.1 – Fachada do galpão.....	55
Figura 6.2 – Interior do galpão .....	56
Figura 6.3 – Empilhadeira utilizada no galpão.....	56
Figura 6.4 – Carreta dentro do galpão .....	57
Figura 6.5 – Pallets apoiados .....	57
Figura 6.6 – Localização das placas novas e antigas .....	59
Figura 6.7– Concretagem de placa durante reforma.....	60
Figura 6.8– Concretagem de outra placa durante reforma.....	61
Figura 6.9 – Placa defeituosa antes da reforma.....	62
Figura 6.10 – Mapeamento das manifestações patológicas - unidade de medida: metro .....	63
Figura 6.11 – Frequência das manifestações patológicas .....	64
Figura 6.12 – Regiões com esborcinamento – parte 1 .....	65
Figura 6.13 – Regiões com esborcinamento - parte 2.....	65
Figura 6.14 – Regiões com delaminação .....	66
Figura 6.15 – Regiões com fissura de retração.....	67
Figura 6.16 – Regiões com desgaste por abrasão.....	69
Figura 6.17 – Regiões com empenamento .....	70

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1– Telas tipo Q .....	24
Tabela 4.2 – Delaminação.....	43
Tabela 4.3 – Desgaste superficial .....	45
Tabela 4.4 – Manchas.....	46
Tabela 4.5 – Fissuras de retração.....	48
Tabela 4.6 – Desplacamento.....	50
Tabela 4.7 – Esborcinamento.....	51
Tabela 4.8 – Empenamento das bordas .....	53

.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. JUSTIFICATIVA.....	10
3. OBJETIVOS.....	12
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	13
4.1. Piso de Concreto.....	13
4.1.1. Classificação .....	13
4.1.2. Composição .....	15
4.1.3. Concreto para Pisos.....	25
4.1.4. Solo.....	33
4.2. Juntas.....	36
4.2.1. Junta de Construção .....	37
4.2.2. Junta Serrada.....	38
4.2.3. Junta de Encontro .....	38
4.3. Técnicas Construtivas .....	40
4.4. Manifestações Patológicas.....	41
4.4.1. Delaminação .....	42
4.4.2. Desgaste Superficial .....	43
4.4.3. Manchas.....	45
4.4.4. Fissura de Retração .....	47
4.4.5. Desplacamento .....	49
4.4.6. Esborcinamento .....	50
4.4.7. Empenamento das Bordas.....	52
5. METODOLOGIA.....	54
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	55
6.1. Descrição do Galpão.....	55

6.2. Reforma Prévia .....	58
6.3. Análise Atual do Galpão.....	62
6.3.1. Manifestações Patológicas Identificadas.....	64
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
REFERÊNCIAS.....	73



## 1. INTRODUÇÃO

O avanço nos processos de dimensionamento e execução foi impulsionado pelas novas exigências do mercado da construção civil. Sendo uma dessas exigências a necessidade de sistema logístico de armazenagem, distribuição e produção (RODRIGUES; BOTACINI; GASPARETTO, 2006).

No Brasil, a ausência de norma específica para pisos de concreto, uma vez que a NBR 7583 (ABNT, 1986) foi cancelada sem substituição em 2014, faz com que normas estrangeiras sejam necessárias para preencher as lacunas existentes quanto ao tema. A falta de detalhamento das condições exigíveis para a construção dos pisos de concreto pode ocasionar na precoce ocorrência de manifestações patológicas, interferindo diretamente na durabilidade do sistema.

Chodounsky (2010) afirma que algumas das manifestações patológicas que podem surgir em um piso industrial são: a delaminação, que pode ser ocasionada por elevado teor de argamassa existente no concreto, a fissuração que pode surgir devido ao corte tardio das juntas ou inexistência de reforços em pontos específicos, o esborcinamento, que é a ruptura das bordas das juntas, empenamento de placas, dentre outras que serão discutidas ao longo deste trabalho.

Manifestações patológicas não tratadas atrapalham a logística e uso de um galpão. Para evitar o surgimento e perpetuação destes problemas que diminuem a vida útil da edificação e prejudicam seu funcionamento, este trabalho propõe discutir a respeito das manifestações patológicas, bem como suas origens, encontradas num galpão industrial no interior de São Paulo, propondo soluções que melhorem o seu funcionamento.

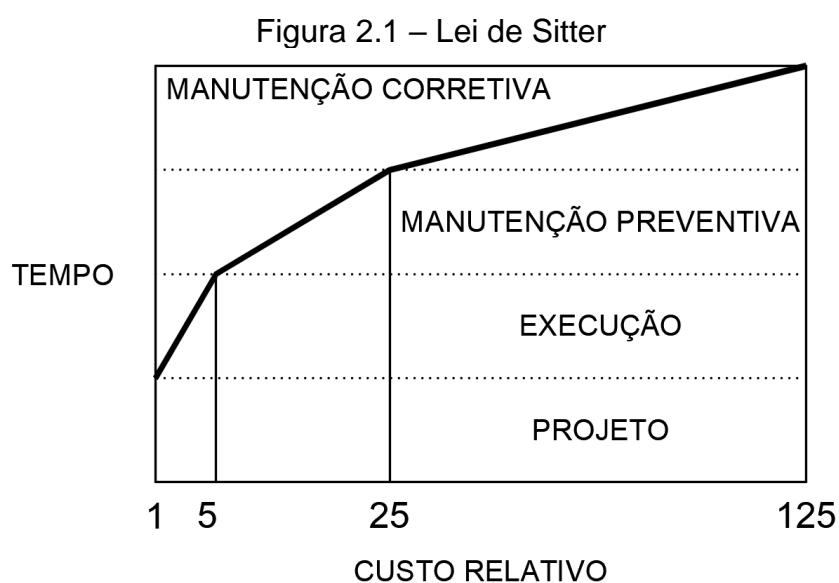
## 2. JUSTIFICATIVA

Segundo Souza e Ripper (1998), designa-se por Patologia das Estruturas o novo campo da Engenharia das Construções que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestações, consequências e mecanismos de ocorrências das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas. As estruturas de concreto não são eternas, se deterioram com o passar do tempo e não alcançam sua vida útil se não são bem projetadas, executadas com esmero, utilizadas com critério e, finalmente, submetidas a uma manutenção preventiva.

Silva (2017) afirma que o estudo das principais anomalias recorrentes nas edificações é fundamental para avaliar a durabilidade das estruturas e indicar possíveis soluções a fim de prolongar a vida útil da edificação, visto que o quanto antes as manifestações patológicas forem detectadas, menor será o custo de reparação da edificação.

Se a manutenção preventiva não for realizada, inevitavelmente será feita a manutenção corretiva, sendo bem mais cara que a primeira. Isso ocorre porque quando a corretiva é realizada, o problema atingiu seu estado crítico, demandando mais gastos para o reparo (BRITO; CAIRES, 2022).

A Lei de Sitter demonstra o aumento dos custos quando tratados em cada etapa. Esta lei exibe custo relativo em função do tempo, segundo uma progressão geométrica conforme ilustra a Figura 2.1.



Fonte: adaptado de Sitter (1984)

A inspeção periódica, com avaliação das principais manifestações patológicas encontradas em um piso industrial, é fundamental, indicando a forma em que podem ser corrigidas e evitadas. Manifestações patológicas, problemas relacionados ao projeto e à falta de manutenção e planejamento são os responsáveis pelos elevados custos em reparos, retrabalhos e desgaste com o cliente. Tais situações devem ser, ao máximo, evitadas para garantir o sucesso da obra e a vida útil da edificação.

Segundo Cristelli (2010), as manifestações patológicas em pisos industriais são causadas por falhas de projeto e falhas executivas, além da utilização não prevista e inadequada do piso, o que gera sérias consequências para o desenvolvimento das operações industriais. O aumento dos custos com manutenção de equipamentos, redução da produção e restrição das operações de transporte de cargas são exemplos dessas consequências. Além disso, os processos de recuperação são muito onerosos, sendo enquadrados em patamares de custo equivalentes ao da produção de um novo pavimento.

A ausência de norma específica, uma vez que a NBR 7583 (ABNT, 1986) foi cancelada sem substituição, mostra a necessidade de se garantir maior controle no dimensionamento e execução de pisos de concreto.

A escolha deste tema visa o bom funcionamento de um galpão, uma vez que a ocorrência de investimentos financeiros em reparos e manutenções de pisos industriais é constante.

### **3. OBJETIVOS**

Este trabalho tem como objetivo estudar as principais manifestações patológicas de um piso de concreto, buscando identificar a origem e indicar as possíveis técnicas de recuperação e execução.

Para atingir o objetivo geral, foram definidos como os objetivos específicos deste estudo:

- Indicar as principais manifestações patológicas em pisos de concreto;
- Detectar as anomalias presentes no piso a ser estudado;
- Verificar se o objeto de estudo atende aos requisitos recomendados pelas normas vigentes;
- Propor soluções para os problemas identificados.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta etapa serão abordados os principais conceitos a respeito de pisos de concreto, suas manifestações patológicas e técnicas de recuperação.

### 4.1. PISO DE CONCRETO

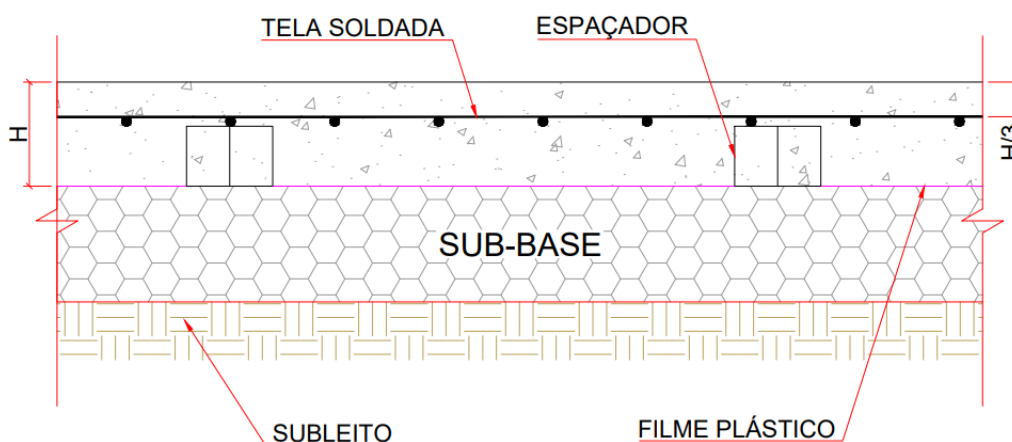
Este tópico tratará da composição do piso de concreto, funcionalidade das juntas e técnicas construtivas.

#### 4.1.1. CLASSIFICAÇÃO

De acordo com Rodrigues, Botacini e Gasparetto (2006), o piso de concreto pode ser classificado em quatro tipos de acordo com o reforço estrutural adotado, sendo eles o piso com armadura distribuída, o piso estruturalmente armado, o reforçado com fibras e o protendido. Este trabalho tratará dos três primeiros.

- **Piso com armadura distribuída:** é o mais popular dos pisos industriais, sendo constituído por uma estrutura com uma armadura, geralmente uma tela soldada, posicionada no terço superior da placa de concreto. Está representado na Figura 4.1

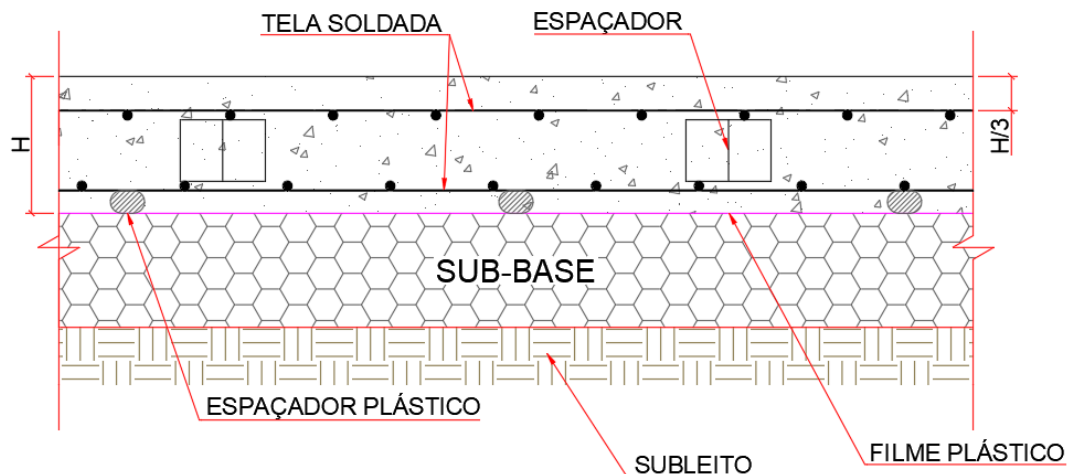
Figura 4.1 – Piso com armadura distribuída



Fonte: Adaptado de Manual Gerdau de Pisos Industriais, 2006

- **Piso estruturalmente armado:** diferentemente do piso com armadura distribuída, o piso estruturalmente armado possui, além da armadura negativa, uma armadura positiva, que é responsável por absorver os esforços gerados pelos carregamentos. É um piso empregado em áreas de elevados carregamentos e está representado na Figura 4.2.

Figura 4.2 – Piso estruturalmente armado



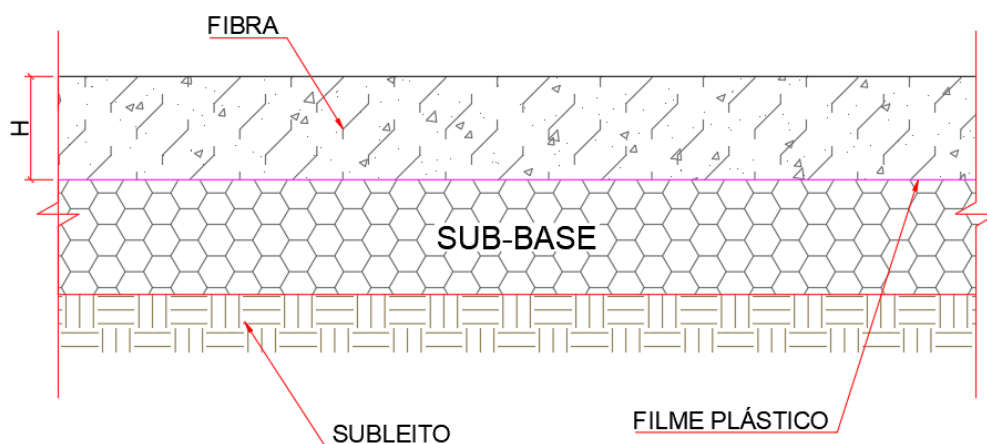
Fonte: Adaptado de Manual Gerdau de Pisos Industriais, 2006

- **Piso reforçado com fibras:** A adição de fibras de aço aumenta a resistência ao impacto e garante maior ductibilidade ao concreto. Hoje podem ser encontradas não só fibras metálicas empregadas em pisos industriais, mas também de vidro e sintéticas. Está representado na Figura 4.3.

[...] Os compósitos, entretanto, representam uma nova classe de materiais e são formados por um a matriz - frágil ou dúctil - reforçada por outro material, particulado ou fibroso, que também podem ser de origem frágil ou dúctil, combinados de modo que se obtenha um novo material de características físicas e mecânicas superiores a dos seus originais. (RODRIGUES, 2010, p. 67).

No caso do concreto com fibras de aço, embora a matriz seja frágil, a fibra garante a continuidade estrutural.

Figura 4.3 – Piso reforçado com fibras



Fonte: Adaptado de Manual Gerda de Pisos Industriais, 2006

### 4.1.2.COMPOSIÇÃO

De acordo com Rodrigues, Faria e Silva (2015), o sucesso de um pavimento industrial está apoiado no tripé: projeto, execução e materiais. Os materiais empregados em pavimentos industriais apresentam particularidades que os diferem daqueles empregados na construção convencional.

Para Rodrigues, Botacini e Gasparetto (2006), os materiais básicos em um piso industrial são: cimento, agregados, fibra sintética, selantes, barras de transferência, espaçadores, telas soldadas, líquido endurecedor de superfície e agregado mineral.

- **Cimento:** no Brasil, são comuns cinco tipos de cimento Portland, denominados CPI a CPV. O CPI correspondia ao cimento Portland comum, hoje não mais produzido. O CII é um cimento composto. Além do clínquer Portland possui adições como escória de alto forno (CII-E), pozolana (CII-Z) e filer calcário (CII-F).

Os cimentos CIII e CIV são cimentos Portland de alto forno e pozolânico respectivamente. Diferem do CII-E e CII-Z pelo teor das adições. O CPV é um cimento cuja característica principal é a alta resistência inicial. Existe também na forma CPV RS, que apresenta resistência aos sulfatos pela incorporação da escória de alto forno.

Em pisos industriais, os cimentos com adições têm como desvantagem o tempo de pega mais longo, favorecendo a exsudação e aumentando a

probabilidade da ocorrência de fissuras plásticas, prejudicando o acabamento superficial. Como vantagem, apresentam maior eficiência frente aos ataques químicos, principalmente os de escória de alto forno, que também apresentam tendência a terem maior resistência à tração na flexão para um mesmo nível de resistência à compressão (RODRIGUES; FARIA e SILVA, 2015).

- **Agregados:** os agregados representam cerca de 70% da composição do concreto. Rodrigues, Faria e Silva (2015) resumem três motivos básicos para a sua utilização:
  - Redução de custos, já que custam muito menos que o cimento Portland;
  - Contribuição para o aumento da capacidade estrutural e módulo de elasticidade do concreto;
  - Controle das variações volumétricas advindas da retração hidráulica do concreto.

Os agregados podem ser naturais, sem a necessidade de processos de beneficiamento, e industriais como a pedra britada. São classificados entre agregados miúdos e graúdos.

#### **a) Agregado miúdo**

Agregado miúdo, a areia, pode possuir dimensão máxima característica de até 4,8 mm. No Brasil, grande parte da areia utilizada no concreto é natural, mas cada vez mais tem-se buscado o uso de areias artificiais, resultado do processo de britagem de rochas estáveis (RODRIGUES; BOTACINI e GASPARETTO, 2006).

No caso do emprego de material muito fino, as operações de acabamento serão facilitadas e a exsudação do concreto mais controlada, mas haverá maior consumo de água, aumentando a retração hidráulica. Já areias muito grossas dificultam o acabamento, diminuindo a trabalhabilidade do concreto e favorecendo a exsudação (RODRIGUES; FARIA e SILVA, 2015). A Figura 4.4 indica as duas faixas granulométricas da areia.



Figura 4.4 – Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

NOTA 1 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.  
 NOTA 2 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90.  
 NOTA 3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.

Fonte: NBR 7211 (ABNT, 2022)

### b) Agregado graúdo

Os agregados graúdos afetam as propriedades do concreto endurecido, mais precisamente na tração à flexão e retração hidráulica. O agregado graúdo praticamente não se retrai, logo, o volume relativo de material passível de retração no concreto é menor. Incorporado à pasta, o agregado promove um confinamento (RODRIGUES; BOTACINI e GASPARETTO, 2006).

Na resistência à tração na flexão, a forma geométrica, natureza mineralógica e textura superficial dos grãos são os responsáveis. Concretos executados com agregados lisos apresentam resistência à tração na flexão mais baixa do que quando produzidos com agregados rugosos (RODRIGUES; FARIA e SILVA, 2015). A Figura 4.5 indica os limites da composição granulométrica do agregado graúdo.

Figura 4.5 – Limites da composição granulométrica do agregado graúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada				
	Zona granulométrica $d/D^a$				
	4,75/12,5	9,5/25	19/31,5	25/50	37,5/75
75 mm	–	–	–	–	0 – 5
63 mm	–	–	–	–	5 – 30
50 mm	–	–	–	0 – 5	75 – 100
37,5 mm	–	–	–	5 – 30	90 – 100
31,5 mm	–	–	0 – 5	75 – 100	95 – 100
25 mm	–	0 – 5	5 – 25 <sup>b</sup>	87 – 100	–
19 mm	–	2 – 15 <sup>b</sup>	65 <sup>b</sup> – 95	95 – 100	–
12,5 mm	0 – 5	40 <sup>b</sup> – 65 <sup>b</sup>	92 – 100	–	–
9,5 mm	2 – 15 <sup>b</sup>	80 <sup>b</sup> – 100	95 – 100	–	–
6,3 mm	40 <sup>b</sup> – 65 <sup>b</sup>	92 – 100	–	–	–
4,75 mm	80 <sup>b</sup> – 100	95 – 100	–	–	–
2,36 mm	95 – 100	–	–	–	–

<sup>a</sup> Zona granulométrica correspondente à menor ( $d$ ) e à maior ( $D$ ) dimensões do agregado graúdo.

<sup>b</sup> Em cada zona granulométrica, deve ser aceita uma variação de no máximo cinco unidades percentuais em apenas um dos limites marcados com a Nota de rodapé b. Essa variação pode também estar distribuída em vários desses limites.

NOTA 1 O módulo de finura da zona 4,75/12,5 varia de 5,77 a 6,15.

NOTA 2 O módulo de finura da zona 9,5/25 varia de 6,77 a 7,15.

NOTA 3 O módulo de finura da zona 19/31,5 varia de 7,60 a 7,95.

NOTA 4 O módulo de finura da zona 25/50 varia de 8,00 a 8,30.

NOTA 5 O módulo de finura da zona 37,5/75 varia de 8,90 a 9,05.

Fonte: NBR 7211 (ABNT, 2022)

- **Fibras:**

A eficiência das fibras depende de diversos fatores como relação comprimento/diâmetro, comprimento, módulo de elasticidade, dosagem e até das características do concreto. Podem ser de aço ou sintéticas.

- a) **Fibras de aço**

As fibras de aço são utilizadas para substituir parcial ou completamente as armaduras em pisos de concreto. Estas fibras não previnem o fissuramento, mas em quantidade adequada poderão manter as fissuras que surgirem fechadas (SEILER, 2009).

Três são os tipos básicos de fibra: tipo A, fibras com ancoragem em gancho; tipo C, corrugada; e o tipo R, com geometria reta. As aplicações são bem variadas, desde o concreto para revestimento de túneis ao concreto

utilizado em pavimentos (FIGUEIREDO, 2011). A Figura 4.6 ilustra as fibras de aço para pisos de concreto.

Figura 4.6 – Fibra de aço



Fonte: Tecmachine (2023)

#### **b) Fibras Sintéticas**

As fibras poliméricas são tradicionalmente usadas para promover um maior controle de fissuração nas primeiras idades do concreto. Diferentemente das fibras de aço, não sofrem corrosão eletrolítica, possibilitando maior durabilidade em ambientes agressivos. São mais flexíveis que as fibras de aço, causando menor impacto na trabalhabilidade do concreto. Em pavimentos, a menor densidade das fibras representa um menor risco de segregação. Porém, o menor módulo de elasticidade e a menor resistência faz com que o volume de fibra sintética necessário seja diferente do volume de fibra de aço (FIGUEIREDO, 2011). A Figura 4.7 ilustra um tipo de fibra sintética.

Figura 4.7 – Fibras sintéticas



Fonte: Neomatex (2023)

- **Selantes**

De acordo com Rodrigues, Faria e Silva (2015), duas são as categorias de materiais que preenchem as juntas: selantes e materiais de enchimento.

Selantes são materiais de natureza plástica, empregados na vedação das juntas do pavimento. Impedem a entrada de partículas incompressíveis na junta. Podem ser pré-moldados, com forma previamente definida e depois fixados nas juntas por meio de adesivos, por possuírem valor mais elevado são empregados em juntas específicas. São produzidos com borracha sintética, como o neoprene por exemplo.

E os moldados no local, sendo as paredes das juntas a própria forma para o selante. Podem ser moldados à quente, feitos à base de asfalto alcatrão ou misturas de borracha moída e asfalto. E moldados a frio, produzidos à base de poliuretano, silicone ou outro polímero que, após a cura, forma um elastômero estável e de resistência adequada. Devido à sua aparência, os moldados à quente são mais utilizados em estradas e os moldados à frio empregados nos pisos industriais.

Já os materiais de enchimento de juntas são materiais à base de resinas epoxídicas ou poliuréticas, sendo os únicos capazes de efetivamente resistir ao tráfego de rodas rígidas.

- **Barras de transferência**

As barras de transferência são dispositivos mecânicos empregados para transferir cargas entre placas adjacentes separadas por juntas. São geralmente barras de aço de seção circular ou quadrada. É importante que a superfície da

barra seja lisa, permitindo seu deslizamento no concreto (RODRIGUES; BOTACINI e GASPARETTO, 2006).

As barras não devem aderir no concreto em pelo menos um dos seus lados para permitir seu deslizamento nos movimentos contrativos da placa, evitando assim o surgimento de tensões prejudiciais. Para isso devem estar com uma das metades de seu comprimento lubrificadas. Como nesse trecho em que não há aderência não ocorre a passivação da armadura, é indicada a sua pintura para proteção contra corrosão (RODRIGUES; FARIA e SILVA, 2015). A Figura 4.8 ilustra uma placa de piso de concreto com as barras de transferência devidamente posicionadas.

Figura 4.8 – Barras de transferência



Fonte: LPE Engenharia (2023)

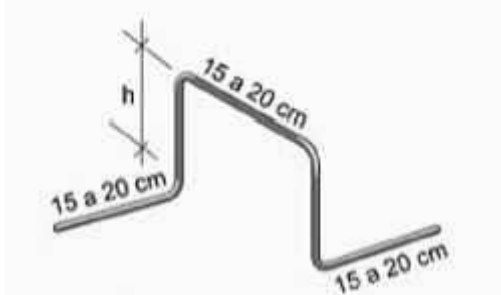
- **Espaçadores**

Os espaçadores são elementos responsáveis por garantir o adequado posicionamento da armadura superior do piso. Deve-se evitar o emprego de pedaços de concreto, tijolos ou madeira, pois seu grande volume acaba reduzindo a seção da placa (RODRIGUES; FARIA e SILVA, 2015). Os espaçadores podem ser do tipo caranguejo, soldado e do tipo W.



Os espaçadores do tipo “caranguejo” são os mais simples. Consistem numa barra de aço dobrada de forma que a base tenha sustentação para manter posicionada a armadura. Embora disponíveis em qualquer altura, requerem mão de obra para a realização da dobra e possuem certa instabilidade, necessitando de amarração com arame recozido, além da baixa produtividade (RODRIGUES; BOTACINI e GASPARETTO, 2006). A Figura 4.9 representa um espaçador do tipo caranguejo.

Figura 4.9– Espaçador caranguejo



Fonte: Adaptado de Manual Gerdau de Pisos Industriais (2006)

Já os espaçadores soldados, também conhecidos como treliças, possuem alta produtividade e são necessários menos espaçadores por metro quadrado. As alturas são padronizadas pelos fabricantes (RODRIGUES; BOTACINI e GASPARETTO, 2006). A Figura 4.10 ilustra um espaçador soldado.

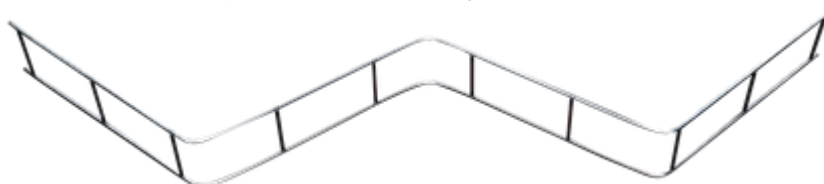
Figura 4.10– Espaçador soldado



Fonte: ArcelorMittal (2023)

Os espaçadores tipo W são de fácil aplicação, manuseio e transporte. Trazem economia na quantidade de peças por metro quadrado de piso. Não possuem rebarba e não há desperdício de material. A Figura 4.11 representa um espaçador do tipo W.

Figura 4.11 – Espaçador tipo W



Fonte: Collabo (2023)

- **Tela soldada**

[...]Tela soldada é uma armadura pré-fabricada, destinada a armar concreto, em forma de rede de malhas, constituída de fios de aço longitudinais e transversais, sobrepostos e soldados em todos os pontos de contato (nós), por resistência elétrica (caldeamento). (RODRIGUES, FARIA e SILVA, 2015, p.39).

As telas podem ser classificadas como do tipo Q, que possui malha quadrada com a mesma seção nas duas direções. Do tipo T, malha quadrada com armadura principal na direção transversal. E malha do tipo L, malha quadrada com armadura principal na direção longitudinal. Após a letra, existe uma numeração que indica a seção de aço na direção principal. No caso da tela Q, essa seção é a mesma tanto na direção transversal quanto longitudinal (RODRIGUES; BOTACINI e GASPARETTO, 2006)

Fornecidas em painéis com 2,4 metros de largura e 6 metros de comprimento, possuem as seguintes variações apresentadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1– Telas tipo Q

Tela	Malha (mm)	Fio (mm)	Massa (kg/m <sup>2</sup> )
Q 61	150	3,4	0,97
Q 75	150	3,8	1,21
Q 92	150	4,2	1,48
Q 113	100	3,8	1,8
Q 138	100	4,2	2,2
Q 159	100	4,5	2,52
Q 196	100	5	3,11
Q 246	100	5,6	3,91
Q 283	100	6	4,48
Q 335	150	8	5,37
Q 396	100	7,1	6,28
Q 503	100	8	7,97
Q 636	100	9	10,09
Q 785	100	10	12,46

Fonte: Adaptado de Manual Gerda de Pisos Industriais (2006)

- **Líquido endurecedor**

Líquidos para tratamento superficial de pisos surgiram para resolver o problema de pisos com baixa resistência ao desgaste. São produtos que penetram no concreto reagindo com o hidróxido de sódio formando o silicato de sódio ou magnésio, numa reação pozolânica reduzindo a porosidade e aumentando a resistência superficial do concreto.

Quanto maior a porosidade do concreto, mais profundamente o endurecedor irá penetrar. Desta forma, o benefício desses produtos é inversamente proporcional à qualidade do concreto. Em concretos bem executados e com boa resistência o efeito do tratamento superficial é pequeno.

Em pisos novos, o líquido endurecedor reage com o hidróxido de cálcio formado pela hidratação do cimento, sendo necessário aguardar que toda a reação de hidratação se desenvolva antes de fazer a aplicação. Em concretos com elevados teores de escória de alto-forno ou pozolana, essas adições competem fortemente com o líquido endurecedor (RODRIGUES; BOTACINI e GASPARETTO, 2006).



- **Aspersão de agregados**

Com a aspersão de agregados de alta resistência sobre o piso é possível se obter resistência à abrasão Grupo B ou A, de acordo com a NBR 11801 (1992), enquanto com o concreto de alta resistência esse valor é mais próximo do Grupo C.

Os agregados podem ser minerais ou metálicos. Nos minerais, os materiais utilizados podem ser o quartzo e o diabásio, e para os metálicos são óxido de alumínio ou ferro metálico (RODRIGUES; BOTACINI e GASPARETTO, 2006).

### **4.1.3. CONCRETO PARA PISOS**

Segundo Rodrigues e Montardo (2002), o concreto para pisos é caracterizado como um concreto diferente do concreto empregado em estruturas. O concreto para pisos sempre tem uma grande área em relação ao seu volume em contato com o ar, havendo uma perda de água muito mais significativa, seja em velocidade seja em valor total.

É impossível tratar de dimensionamento de piso industrial ou pavimento rígido sem abordar aspectos da tecnologia do concreto, dado que é o concreto o material capaz de definir a qualidade do piso. Mal dimensionado pode por a perder todo o trabalho de projeto e execução (RODRIGUES, 2010).

[...] O concreto para pisos é obtido pela dosagem adequada dos materiais disponíveis na região, sendo produzido de maneira homogênea um material que pode ser adequadamente lançado, adensado e acabado com os equipamentos usualmente empregados na confecção - régua vibratórias, vibradores de imersão, rodo de corte, acabadoras mecânicas etc. - e que incorpore, após o endurecimento, propriedades como resistência mecânica - tração na flexão e compressão - resistência à abrasão e estabilidade dimensional. (RODRIGUES, 2010, p. 45).

### **4.1.3.1. CONCRETO FRESCO**

Dentre as características do concreto fresco que interferem na qualidade final do piso, podem ser citadas a trabalhabilidade, exsudação e retração plástica, descritas a seguir.

#### **a) Trabalhabilidade**

Rodrigues (2010) define por trabalhabilidade do concreto o conjunto de propriedades do concreto fresco que permitem que ele seja misturado, transportado, lançado, adensado e acabado da maneira exigida para a situação de serviço.

Concretos necessitam ter, no estado fresco, características distintas para as diferentes aplicações. O concreto para pisos difere fortemente daquele utilizado em estruturas, podendo-se dizer que é esse um dos principais equívocos cometidos na execução de pisos.

Diferentemente do concreto utilizado em pilares, vigas e lajes, o concreto para pisos necessita de teor de argamassa e materiais finos que possibilitem seu acabamento na forma lisa, a mais usual em pavimentos industriais. A quantidade de argamassa no piso deve ser suficiente para preencher os vazios do agregado graúdo e formar uma camada superficial que seja capaz de cobri-los, para que não seja possível enxergá-los após o acabamento do piso.

Teores muito baixos de argamassa possibilitam a formação de manchas sobre as partículas maiores advindas das condições diferenciadas de hidratação do concreto, como mostra a Figura 4.12. Já o excesso de argamassa pode levar ao processo de delaminação, que será tratado no item 4.2

Figura 4.12 – Agregados graúdos aparentes



Fonte: Rodrigues (2010)

### **b) Exsudação**

A exsudação é um fenômeno que resulta no aparecimento de água na superfície do concreto após ele ser lançado e adensado, e antes de ocorrer a pega.

Para pisos, Rodrigues (2010) afirma que a exsudação é prejudicial por aumentar a porosidade superficial devido ao aumento da relação água/cimento, reduzindo a resistência à abrasão. Para pisos, o valor da exsudação deve ser inferior a 4%. Temperaturas baixas retardam a pega, garantindo mais tempo para que a exsudação possa ocorrer. Desta forma, aditivos retardadores de pega devem ser evitados.

A taxa de exsudação pode ser determinada, segundo a NBR 15558 (ABNT, 2008), de duas maneiras, sendo a primeira aplicável a concretos compactados manualmente, sem vibração. E a segunda aplica-se a concretos que, após lançados, são submetidos a vibrações intermitentes. No primeiro caso, um recipiente com o concreto é mantido vedado e a água exsudada retirada em intervalos de tempo. Já no segundo método, o ensaio é realizado sobre uma mesa vibratória.

### c) Retração plástica

A retração plástica ocorre nos períodos iniciais, quando a taxa de exsudação é inferior à evaporação da água, havendo uma rápida perda de água na camada superficial do pavimento, observada na Figura 4.13. Em ambientes com baixa umidade relativa do ar e alta incidência de ventos, misturas ricas em cimento estão mais propensas a sofrer retração plástica, acompanhada das fissuras (RODRIGUES, 2010).

Rodrigues, Botacini e Gasparetto (2006) afirmam que essas fissuras ocorrem em grupos de fissuras paralelas entre si e ortogonais ao vento predominante.

Figura 4.13– Fissura causada pela retração plástica



Fonte: Rodrigues, 2010

O controle das fissuras, que são resultado da retração plástica e nem sempre podem ser evitadas, pode ser feito através do uso de fibras na mistura do concreto. Há um consenso entre pesquisadores de que as fibras sintéticas apresentam melhor desempenho em relação às fibras de aço no controle da fissuração plástica. Para se obter o mesmo resultado, é necessário empregar três vezes mais fibras metálicas quando comparadas às sintéticas, o que dificulta a mistura do concreto (RODRIGUES, 2010).

### 4.1.3.2. CONCRETO ENDURECIDO

Dentre as características do concreto endurecido que interferem na qualidade final do piso, podem ser citadas a resistência à compressão, resistência à tração na flexão e resistência à abrasão, descritas a seguir.

#### a) Resistência à compressão

Rodrigues, Botacini e Gaspareto (2006) afirmam que o concreto empregado em pavimentos deve ter a resistência necessária para suportar os carregamentos ao qual estará submetido.

Durante as primeiras semanas de execução, o concreto irá se retrair, provocando um encurtamento da placa. Este encurtamento tende a ser impedido pelas forças de atrito entre a placa e a sub-base. Quanto menor o módulo de elasticidade do concreto, mais essas deformações elásticas compensarão o atrito, e maior será a fluência à tração, permitindo o alívio das tensões geradas. Concretos muito resistentes e com maiores módulos de elasticidade não terão as tensões de atrito aliviadas. Isso quer dizer que concretos com resistências muito mais elevadas não trarão benefícios estruturais ao pavimento.

[...] Por exemplo, um incremento do 70% traria um aumento na capacidade estrutural do piso em apenas 12% (RINGO e ANDERSON, 1992), e mesmo essa vantagem com certeza estaria sendo ofuscada pela probabilidade do aumento de patologias. (RODRIGUES, BOTACINI e GASPARETO, 2006, p. 34).

A resistência à compressão obedece à Lei de Abrams: a resistência à compressão varia inversamente proporcional à relação água/cimento.

## **b) Resistência à tração na flexão**

[...] Os agregados afetam notadamente a resistência à tração na flexão, em razão, principalmente, de natureza mineralógica, forma geométrica e textura das partículas. (RODRIGUES, 2010, p.53)

A resistência à tração na flexão é fortemente influenciada pela interface entre pasta e agregado. Agregados com textura lisa, como os seixos rolados (Figura 4.14) apresentam resistências mais baixas em relação aos agregados britados e mais rugosos.

Figura 4.14 – Seixo rolado



Fonte: Pedro e Carlos (2020)

Segundo Rodrigues (2010), agregados que apresentem maior superfície de contato com a argamassa conferem melhor adesão.

## **c) Resistência à abrasão**

A resistência à abrasão é muito importante para concretos submetidos ao tráfego de veículos e pessoas. Essa propriedade é definida pela relação água/cimento, que para pisos deve ser inferior a 0,55, de acordo com Rodrigues (2010). O Departamento de Estradas e Rodagem - DER (2007) estabelece que a relação água/cimento máxima seja de 0,50. Já a NBR 7583 (ABNT, 1986), que foi cancelada em 2014, preconiza que a relação água/cimento varie de 0,40 a 0,56.

[...] Podemos definir com a resistência ao desgaste ou à abrasão a capacidade de o concreto resistir a esforços abrasivos, de caráter superficial, a que ele estará submetido ao longo de sua vida útil. Se nos concretos estruturais essa propriedade não é praticamente exigida, nos pavimentos ela acaba assumindo muita importância, visto que estes sempre estarão sujeitos a algum tipo de ação abrasiva (RODRIGUES; BOTACINI E GASPARETO, 2006, p. 35).

Concretos que recebam acabamento desempenado são mais resistentes à abrasão. A aspersão de agregados minerais ou metálicos e o tratamento à base de endurecedores químicos também permitem um ganho significativo de dureza superficial. Na Figura 4.15, é possível se observar a aplicação de líquido endurecedor, já na Figura 4.16 tem-se um piso de concreto recebendo aspersão de agregados minerais.

Figura 4.15 – Piso recebendo líquido endurecedor (químico)



Fonte: PisoPlan (2023)

Figura 4.16 – Aspersão de agregados minerais



Fonte: Engenharia de Superfície (2023)

Segundo Seiler (2009), o melhor concreto para pisos é aquele que consegue combinar economia de materiais com trabalhabilidade, resistências à compressão e à abrasão, durabilidade e retração requeridas em projeto. Deve-se buscar sempre:

- Minimizar a retração;
- Maximizar a resistência à abrasão;
- Adicionar uma quantidade de finos que seja somente suficiente para permitir um bombeamento adequado e facilitar as operações de acabamento;
- Minimizar o uso de aditivos que promovam retardos, evitando-se assim a pega diferencial e os consequentes “borrachudos”. Destaca-se que “borrachudos” são conhecidos pelo enrijecimento prematuro da camada superficial do concreto com as camadas inferiores ainda com menor rigidez. Descreve o comportamento elástico do concreto, semelhante ao que ocorre na compactação de solos com excesso de umidade (CHODOUNKY, 2008). A Figura 4.17 ilustra o fenômeno.



Figura 4.17 - Borrachudo



Fonte: ANAPRE (2008)

#### **4.1.4. SOLO**

No dimensionamento dos pavimentos industriais, é necessário conhecer a camada superficial do solo, através dos seus índices físicos e da capacidade de suporte.

Solos são constituídos por um conjunto de partículas capaz de reter água e ar nos espaços intermediários. Essas partículas movimentam-se livremente entre si, exceto quando ocorre uma pequena cimentação entre elas (PINTO, 1998).

##### **a) Índice de Suporte Califórnia (CBR)**

O Índice de Suporte Califórnia (CBR) mede comparativamente a resistência ao cisalhamento do solo. O ensaio avalia a penetração de um cilindro-padrão na amostra, tendo-se como padrão uma brita graduada de boa qualidade. Dessa forma os resultados são sempre dados em relação à penetração em brita graduada. Um CBR de 10% significa que o solo apresenta resistência dez vezes menor que a brita graduada (RODRIGUES; BOTACINI e GASPARETTO, 2006). A Figura 4.18 mostra a realização do ensaio.

Figura 4.18 – Ensaio CBR



Fonte: LPE Engenharia (2016)

Como parâmetros de projeto, pisos e pavimentos rígidos requerem CBR > 8%, enquanto os pavimentos flexíveis exigem valores de CBR > 12%.

#### **b) Drenagem**

Na fase de execução, devem ser previstos drenos provisórios para permitir o escoamento da água. Muitas vezes a infiltração é limitada à sub-base enquanto o subleito geralmente é impermeável. A água acumulada na sub-base pode ser removida através da abertura de poços auxiliares e utilização de bombas submersas. Já na fase da pós-execução, a água pode entrar através das juntas do piso. Recomenda-se que em áreas de precipitação elevada sejam criados drenos horizontais ligados ao sistema de drenagem superficial. Já em vias de circulação, os drenos podem ser ligados nas galerias pluviais (RODRIGUES; BOTACINI E GASPARETTO, 2006).

#### **4.1.4.1. SUB-BASE**

Rodrigues (2010) define a sub-base como a camada localizada entre a placa de concreto e o subleito, possuindo as seguintes funções:

- a) Homogeneizar o apoio: de forma que o coeficiente de recalque do sistema seja o mais uniforme possível.

- b) Eliminar o bombeamento: um solo que apresente finos plásticos e esteja saturado, com a movimentação vertical da placa é expelido junto com a água pelas juntas.
- c) Controlar solos expansivos: seu peso diminui a movimentação dos solos expansivos.
- d) Impedir a umidade ascendente: sub-bases com granulometria adequada bloqueiam a umidade ascendente.
- e) Drenar a água: a sub-base pode funcionar como camada drenante, impedindo o acúmulo de água sob o pavimento.

Os tipos de sub-bases mais usuais são as de solo tratado: são sub-bases em que se emprega o solo local, de modo que a sua rigidez seja aumentada com reforço ou aditivos; as granulares: sub-bases de brita graduada ou seixos e cascalhos; e as cimentadas: podem ser formadas pelo solo local (solo cimento) ou com material britado tratado com cimento.

As sub-bases mais empregadas nos pisos industriais são as granulares. A granulometria deve ser contínua, abrangendo desde a mais grossa até a mais fina para que ocorra o preenchimento regular de vazios. A faixa tipo A é a de graduação aberta e permite o rápido escoamento da água, sendo indicada para área externas. A faixa C, de graduação densa, é menos permeável e mais utilizada em áreas cobertas. A Figura 4.19 indica as faixas granulométricas admissíveis para brita graduada.

Figura 4.19 – Faixas admissíveis para brita graduada

Peneira, mm	% Passando					
	A	B	C	D	E	F
50	100	100				
25		75 a 90	100	100	100	100
9,5	30 a 65	40 a 75	50 a 85	60 a 100		
4,8	25 a 55	30 a 60	35 a 65	50 a 85	55 a 100	70 a 100
2	15 a 40	20 a 45	25 a 50	40 a 70	40 a 100	55 a 100
0,425	8 a 20	15 a 30	15 a 30	25 a 45	20 a 50	30 a 70
0,075(*)	2 a 8	5 a 15	5 a 15	10 a 25	6 a 20	8 a 25

Fonte: Rodrigues (2010)

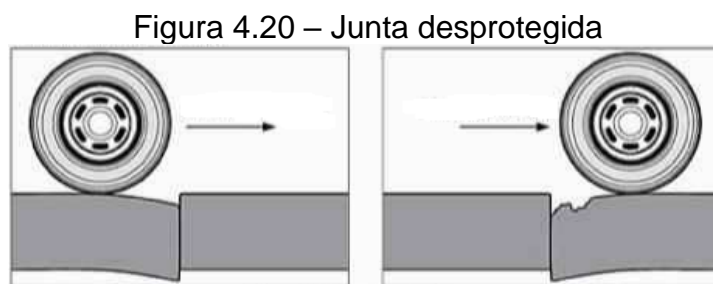
## 4.2. JUNTAS

As juntas podem ser definidas como:

[...] Detalhe construtivo, que deve permitir as movimentações de retração e dilatação do concreto e a adequada transferência de carga entre placas contíguas, mantendo a planicidade e assegurando a qualidade do piso e conforto do rolamento (RODRIGUES, BOTACINI e GASPARETTO, 2006, p.79).

As juntas representam os pontos mais frágeis no piso. Se não forem adequadamente projetadas e executadas podem provocar deficiência estrutural, levando à perda de material de preenchimento e até ruptura das bordas, conhecida como esborcinamento (RODRIGUES; FARIA e SILVA, 2015).

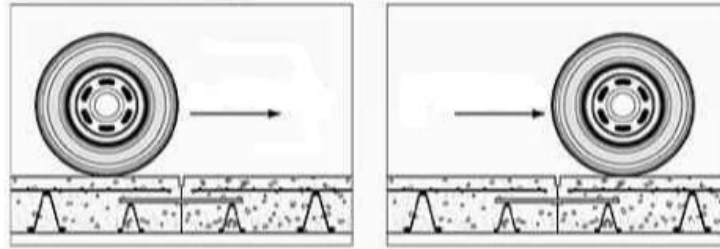
Cargas aplicadas na proximidade da borda causam uma deformação natural da placa de concreto, o que gera uma descontinuidade da superfície do piso. A Figura 4.20 indica uma junta desprotegida, nela é possível notar a ocorrência do esborcinamento.



Fonte: Adaptado de Rodrigues, Botacini, Gasparetto (2006)

A Figura 4.21 indica uma junta protegida, nela o deslocamento vertical da placa é impedido pela barra de transferência.

Figura 4.21 – Junta protegida



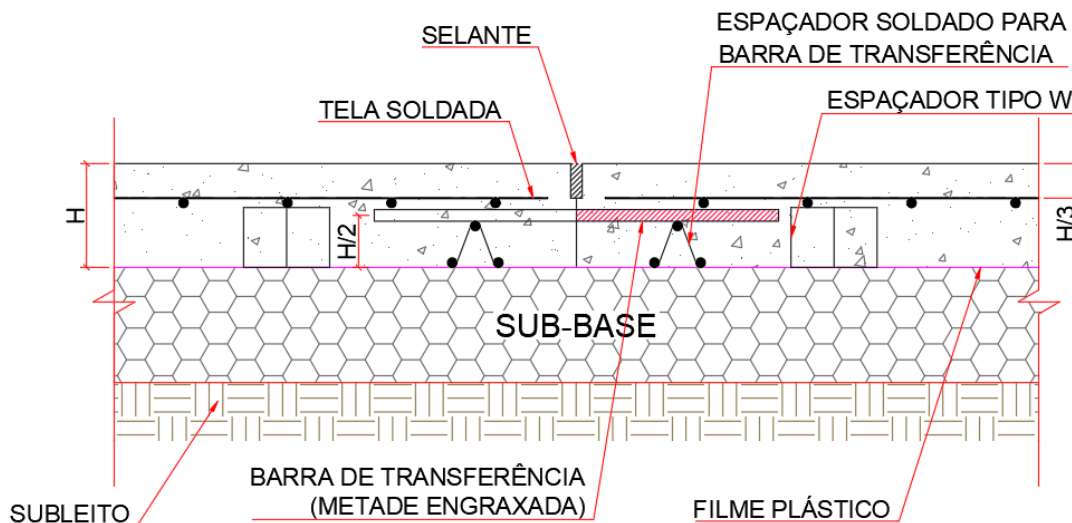
Fonte: Adaptado de Rodrigues, Botacini, Gasparetto (2006)

Rodrigues, Botacini e Gasparetto (2006) dividem as juntas em três tipos: construção, serrada e de encontro. Juntas de dilatação são menos empregadas porque as juntas de construção e serrada trabalham, também, como juntas de dilatação, sendo capazes de acomodar as variações de temperatura ao longo da vida do piso.

#### 4.2.1. JUNTA DE CONSTRUÇÃO

É empregada em função da limitação dos equipamentos de construção e deve ser executada com dispositivos de transferência de carga (barras de transferência). A Figura 4.22 representa uma junta de construção num piso com armadura distribuída (RODRIGUES; FARIA E SILVA, 2015).

Figura 4.22 – Junta de construção

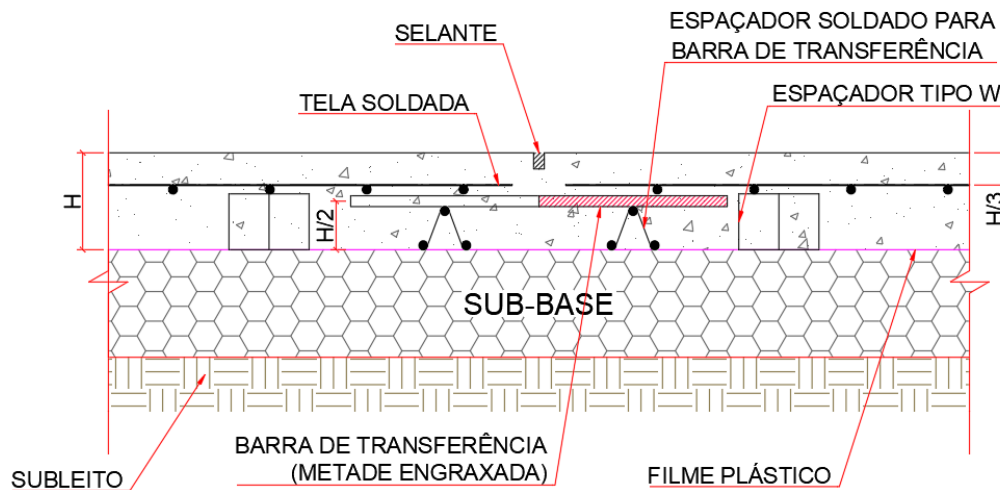


Fonte: Adaptado de IBTS (2015)

## 4.2.2. JUNTA SERRADA

O processo construtivo atual prevê a concretagem em faixas delimitadas pelas juntas de construção. Após o processo de acabamento, inicia-se o corte das juntas transversais de retração, as juntas serradas. As juntas serradas permitem a acomodação das tensões geradas pela retração do concreto. O corte das juntas serradas deve ser iniciado 10 a 15 horas após o lançamento do concreto, mas o tempo pode variar dependendo do tipo de cimento e fatores externos (RODRIGUES; BOTACINI e GASPARETTO, 2006). A Figura 4.23 representa uma junta serrada num piso com armadura distribuída.

Figura 4.23– Junta serrada

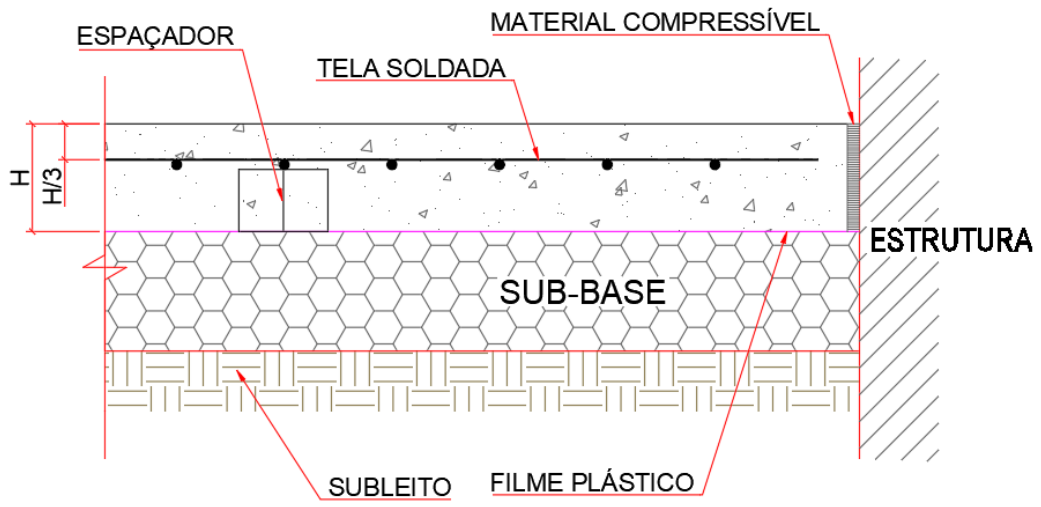


Fonte: Adaptado de IBTS (2015)

## 4.2.3. JUNTA DE ENCONTRO

As juntas de encontro são as responsáveis por isolar o piso das demais estruturas como: vigas baldrames, blocos de concreto, bases de máquinas, alvenarias, pilares etc. Desta forma, o piso trabalha de forma independente. A Figura 4.24 ilustra uma junta de encontro com material compressível num piso com armadura distribuída.

Figura 4.24 – Junta de encontro



Fonte: Adaptado de IBTS (2015)

### 4.3. TÉCNICAS CONSTRUTIVAS

Um piso de qualidade é aquele que atende às especificações de projeto quanto à resistência solicitada aliada a um bom resultado estético de acabamento superficial. O sucesso depende da boa execução e de equipamentos e ferramentas adequadas (SANTOS, 2009).

Segundo Oliveira Filho (2014), os itens da execução devem ser tratados das seguintes maneiras.

- **Formas**

As formas devem ser colocadas apenas depois que a sub-base estiver pronta, bem nivelada e totalmente compactada. Podem ser metálicas ou de madeira tratada. Uma vez nivelada, a forma deve ser fixada de preferência com o mesmo concreto que será utilizado no piso. Devem ser retiradas após 48 horas do término do acabamento da placa executada.

- **Lona plástica**

Responsável por diminuir o atrito entre o piso e a sub-base, deve ser posicionada entre as formas sem deixar que a sub-base fique exposta.

- **Reforços**

Utilizados nos cantos reentrantes, devem ser posicionados a 3 cm de distância das quinas para se evitar o surgimento de manifestações patológicas.

- **Adensamento do concreto**

O processo de vibração deve ser iniciado com o vibrador de imersão, logo após outros equipamentos de vibração superficial podem ser usados, como a régua vibratória treliçada ou o *laser screed*.

- **Consistência ideal**

Em pisos de concreto com tela, o abatimento deve ser no mínimo  $8\pm 1$  cm caso seja convencional e  $9\pm 1$  cm caso bombeado. Para pisos reforçados com fibras de aço ou plásticas, o abatimento deve ser de  $9\pm 1$  cm (OLIVEIRA FILHO, 2014). É possível se executar o piso com abatimentos maiores, de  $10\pm 1$  cm, mas é importante garantir que sua variação não seja superior a 1 cm.



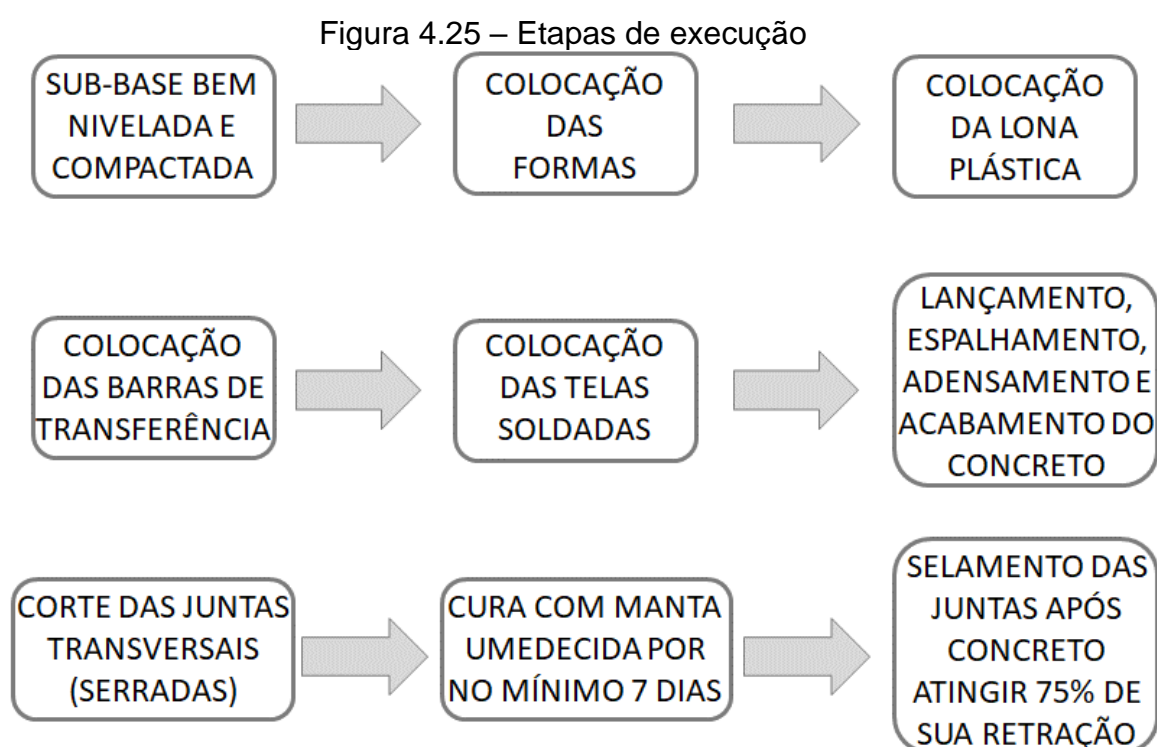
- **Equipamentos de proteção individual**

Os equipamentos de proteção individual necessários são: luvas de raspa ou borracha, máscara e óculos de proteção e protetor auricular.

- **Limpeza**

O piso deve ser lavado somente com água ou sabão neutro, evitando o desgaste da superfície.

A Figura 4.25 indica as etapas de execução de um piso de concreto.



Fonte: adaptado de DER (2007)

#### **4.4. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS**

Segundo Chodounsky (2010), falta de projeto, especificações inadequadas, foco em redução de custo e não em qualidade, falta de controle tecnológico, execução inadequada, contratos inadequados e ausência de normas são fatores que fomentam o surgimento de anomalias em pisos industriais.

Quando detectada a ocorrência de manifestações patológicas, o primeiro passo é identificar e classificar essas anomalias para planejamento de recuperação. Deve-se elaborar um projeto de recuperação que irá identificar os

pontos atingidos, limitar as áreas a serem recuperadas com os procedimentos específico de maneira que se gere menos transtornos às atividades operacionais da área (CRISTELLI, 2010).

Cristelli (2010) afirma que os principais agentes aceleradores da deterioração dos pisos são: atuação de sobrecargas, impactos mecânicos, utilização de equipamentos de transporte com rodas de aço, operação imprópria de empilhadeiras, uso de materiais inadequados para limpeza e falta de manutenção das juntas, possibilitando infiltração de agentes contaminantes.

As principais manifestações patológicas em pisos industriais são: delaminação, desgaste superficial, manchas, fissuras de retração, deslocamento, esborcinamento e empenamento.

#### **4.4.1. DELAMINAÇÃO**

Segundo Faria (2018), a delaminação pode ser causada por diversos fatores, seja com a produção do concreto ou a execução do piso.

Dentre as razões para o seu surgimento podem ser citados: alto teor de argamassa no concreto, elevado nível de ar incorporado, excesso de exsudação, acabamento prematuro e aspersão de água sobre a superfície do piso durante a fase final são fatores que colaboram para o surgimento da delaminação. A anomalia está representada na Figura 4.26 a seguir:

Figura 4.26 - Delaminação



Fonte: ANAPRE (2017)

A Tabela 4.2 apresenta de forma simplificada as principais características da delaminação.

Tabela 4.2 –Delaminação

<b>Delaminação</b>		
<b>Descrição</b>	Destacamento da camada superficial de acabamento, com espessura variando de 2 a 4 mm.	
<b>Causa</b>	<b>Prevenção</b>	<b>Recuperação</b>
Selamento superficial prematuro, impedindo a exsudação da água do concreto gerando pressões internas na camada impermeável de selante.	Controle da umidade do substrato antes da aplicação de materiais impermeabilizantes.	Reparo com argamassas poliméricas ou cimentícias modificadas com polímeros. Recorte da área danificada, regularização da superfície, aplicação de primer e argamassa.
Excesso de finos, atraso na pega e excesso de ar incorporado	Evitar emprego de grandes quantidades de aditivos incorporadores de ar, retardadores de pega ou agregados miúdos de baixa granulometria, garantindo um fator água/cimento adequado.	Executar o processo de cura adequado e lixar caso necessário.

Fonte: adaptado de Cristelli (2010)

#### **4.4.2. DESGASTE SUPERFICIAL**

Faria (2018) caracteriza o desgaste superficial como o desprendimento do material superficial do piso. Pode ser causado por projeto inadequado (falta da especificação da classe de resistência à abrasão), uso de concreto com baixa resistência à compressão e aspersão de água sobre a superfície durante a execução, técnica que facilita o acabamento.

Para os desgastes mais leves, com quase nenhuma formação de pó e exposição pouco significativa dos agregados, recomenda-se uma lapidação leve do piso com uso de endurecedor na sequência. Desgastes moderados, com excesso de pó e agregados expostos, a lapidação precisa ser mais forte. Na sequência é recomendada a aplicação de endurecedores com alta performance ou com base de resina epóxi. Desgastes intensos, com desagregação dos agregados e grande formação de pó, muitas vezes indicam que a estrutura está condenada, sendo necessária a demolição e reconstrução da área. A Figura 4.27 representa a anomalia.

Figura 4.27 - Desgaste superficial



Fonte: Chodounsky (2010)

A Tabela 4.3 apresenta de forma simplificada as principais características do desgaste superficial.

Tabela 4.3 – Desgaste superficial

<b>Desgaste Superficial</b>		
<b>Descrição</b>	Desprendimento do material superficial do piso, grãos de areia e pó de cimento	
<b>Causa</b>	<b>Prevenção</b>	<b>Recuperação</b>
Utilização de concreto de baixa resistência, tratamento superficial incorreto, concreto com exsudação excessiva ou cura inadequada. Ataques químicos e má utilização do piso.	Especificações da resistência do concreto com base na utilização do piso. Controle dos processos executivos de acabamento, cura tratamento superficial.	Fechamento da porosidade superficial através de aplicação de endurecedor químico em duas demãos. Lapidação da superfície com ferramentas diamantadas. Aplicação de revestimento de alto desempenho argamassados epoxídicos ou uretânicos sob o substrato preparado.

Fonte: adaptado de Cristelli (2010)

#### **4.4.3. MANCHAS**

Segundo Faria (2018), manchas podem significar que o endurecedor de superfície foi usado de forma incorreta, sem que tenha havido a limpeza da superfície logo após a aplicação do produto. Outro fator é a impregnação de materiais durante a utilização do piso.

Também aparecem quando há a incidência de junta fria no piso. As juntas frias acontecem quando os caminhões de concreto são recebidos com intervalo superior a 20 minutos e com dosagens diferentes de aditivos ou abatimentos desiguais (acima de 10 mm).

As manchas perdem a intensidade após a liberação para o tráfego, entretanto, caso o aspecto estético seja fundamental, pode-se realizar o polimento da superfície ou aplicação de revestimento. A Figura 4.28 ilustra a manifestação patológica.

Figura 4.28 - Manchas



Fonte: Qualypisos (2023)

A Tabela 4.4 apresenta de forma simplificada as principais características das manchas.

Tabela 4.4 – Manchas

<b>Manchas</b>		
<b>Descrição</b>	Formação de manchas que se destacam da cor padrão do concreto aplicado no piso.	
<b>Causa</b>	<b>Prevenção</b>	<b>Recuperação</b>
Atraso no processo de concretagem e consequente pega do concreto.	Definição prévia do plano de concretagem e cálculo de volume de material para cada placa.	A cor da superfície do concreto tende a se uniformizar com o tempo e após alguns meses as manchas podem sumir. Caso seja necessário garantir aspectos estéticos, uma pintura com resistência compatível pode ser aplicada.
Posicionamento dos agregados graúdos muito próximos à superfície.	Dosagem correta dos materiais do concreto considerando sua trabalhabilidade e controle do processo de lançamento e adensamento.	
Processo de cura mal-executado e de maneira heterogênea na superfície.	Controle do processo de cura, garantindo que os agentes de cura estejam em contato com toda a superfície do concreto.	

Fonte: adaptado de Cristelli (2010)

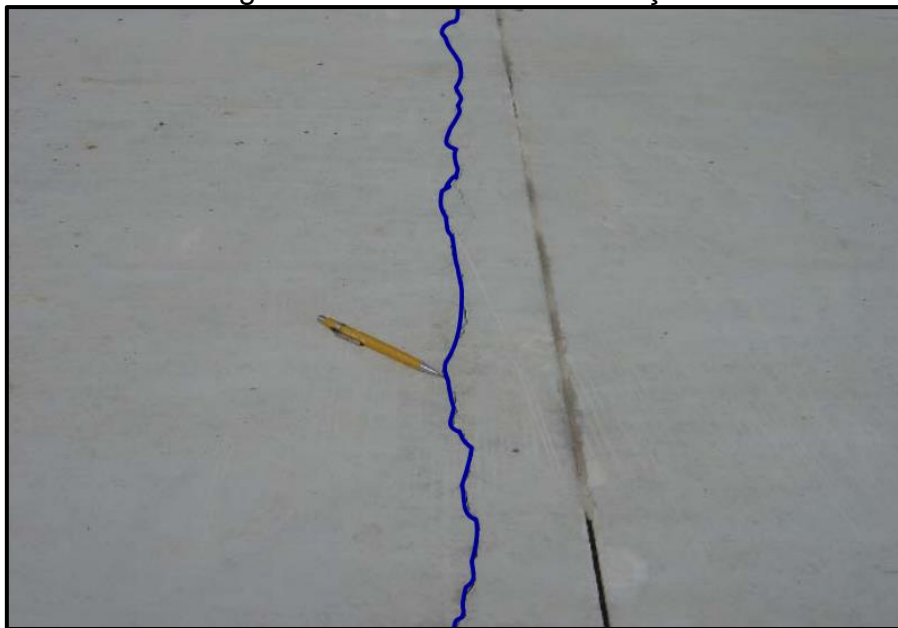
#### 4.4.4. FISSURA DE RETRAÇÃO

Segundo Faria (2018), as fissuras podem ter os seguintes fatores:

- Retração do concreto: as fissuras surgem pelo uso de concreto com elevado teor de água ou ausência de fibras de polipropileno, corte atrasado das juntas ou com baixa profundidade, além da ausência de reforços em pontos específicos.
- Estruturais: podem ser causadas por falhas no dimensionamento do projeto, deficiência na fundação do piso, não conformidade da armadura principal ou aplicação de cargas acima do limite suportado.

A Figura 4.29 ilustra a anomalia.

Figura 4.29 – Fissura de Retração



Fonte: Chodounsky (2010)

A Tabela 4.5 apresenta de forma simplificada as principais características da fissura de retração.

Tabela 4.5 – Fissuras de retração

<b>Fissuras de Retração</b>		
<b>Descrição</b>	Fissuras regulares nas placas concretadas, geralmente paralelas às juntas serradas	
<b>Causa</b>	<b>Prevenção</b>	<b>Recuperação</b>
Atraso no corte das juntas.	Executar o corte das juntas no logo após a pega do concreto.	Em fissuras próximas às juntas (5 a 10 cm) aplicar selante de acordo com especificações dos materiais das juntas. Em fissuras mais afastadas realizar estabilização por colagem com material epoxídico/poliuretano.
Reforço insuficiente ou restrição à movimentação da placa.	Detalhamento das juntas e mecanismos de transferência de carga devidamente dimensionados e posicionados.	Execução de juntas complementares tratadas para garantir a transferência de carga entre as placas.
Deficiências no preparo ou especificações de tratamento da base.	Procedimento criterioso de execução com base no projeto.	Execução de trechos com armação complementar de combate à tração e empenamento da placa.

Fonte: adaptado de Cristelli (2010)



#### 4.4.5. DESPLACAMENTO

O deslocamento é conhecido pelo destacamento da camada de revestimento do concreto que pode ser em função do aumento de volume das armaduras, no caso da existência de corrosão da armadura. A Figura 4.30 ilustra um deslocamento superficial.

Figura 4.30 – Deslocamento



Fonte: Cimento Itambé (2023)

A Tabela 4.6 apresenta de forma simplificada as principais características do deslocamento.

Tabela 4.6 – Deslocamento

<b>Deslocamento (corrosão das armaduras)</b>		
<b>Descrição</b>	Destacamento da camada de cobrimento do concreto sob tensões de expansão volumétrica das armaduras.	
<b>Causa</b>	<b>Prevenção</b>	<b>Recuperação</b>
Penetração de cloretos e dióxido de carbono nas placas do piso causando depassivação das armaduras com posterior processo de corrosão. O processo de corrosão aumenta o volume das ferragens.	Execução de cobrimento com espessura adequada e concretagem adequada evitando a alta porosidade. Tratamento contra umidade com selamento das juntas.	Delimitação da área afetada e remoção do concreto deteriorado. Limpeza das superfícies e tratamento ou reforço estrutural das armaduras. Aplicação de camada para selamento e ponte de aderência. Aplicação de argamassa de alto desempenho, regularização e cura adequada.

Fonte: adaptado de Cristelli (2010)

#### **4.4.6. ESBORCINAMENTO**

Segundo Faria (2018), juntas esborcinadas causam um grande impacto na operação logística de um empreendimento. Podem causar desde a quebra das rodas da empilhadeira até o fechamento de áreas inteiras em casos mais graves. Elas acontecem, geralmente, em pontos que recebem tráfego intenso de empilhadeiras com rodas rígidas.

Sua origem é o acúmulo natural de argamassa nas bordas das juntas, deixando-as mais fragilizadas. Para evitar o problema, deve-se prever ainda na fase de projeto a execução de lábios poliméricos nas áreas de maior risco. Para a sua recuperação a mesma solução pode ser adotada. A Figura 4.31 ilustra a anomalia.

Figura 4.31 - Esborcinamento



Fonte: ANAPRE (2017)

A Tabela 4.7 apresenta de forma simplificada as principais características do esborcinamento.

Tabela 4.7 – Esborcinamento

<b>Esborcinamento</b>		
<b>Descrição</b>	Quebra das bordas das juntas com perda de material.	
<b>Causa</b>	<b>Prevenção</b>	<b>Recuperação</b>
Transferência inadequada dos esforços ou movimentações verticais excessivas.	Adequada transferência de carga por meio de dispositivo corretamente dimensionado (barras de transferência).	Execução de reforço de borda com argamassa epóxi/uretânica nas áreas críticas.
Utilização de equipamentos rodantes com esforço concentrado e solicitações não previstas.	Correta utilização do piso de acordo com as especificações de projeto.	
Ausência de selante ou tipo de selante inadequado.		

Fonte: Rodrigues, Botacini e Gasparetto (2006)

#### 4.4.7. EMPENAMENTO DAS BORDAS

No empenamento, forma-se um losango ao redor das juntas de cruzamento, podendo ter duas origens:

1. O piso não possui barras de transferência, conforme a placa se empena durante a secagem, um vazio entre a superfície inferior do piso e a sub-base aparece, formando uma espécie de balanço. À medida que os veículos vão passando, as pontas vão sendo forçadas até afundarem, formando a quebra.

2. O piso possui barras de transferência entre placas adjacentes, mas elas não estão adequadamente posicionadas. No cruzamento das juntas elas devem ser posicionadas a no máximo 20 cm umas das outras em uma das direções. A Figura 4.32 ilustra a anomalia.

Figura 4.32 - Empenamento



A Tabela 4.8 apresenta de forma simplificada as principais características do empenamento das bordas.

Tabela 4.8 – Empenamento das bordas

<b>Empenamento das bordas</b>		
<b>Descrição</b>	Distorção das bordas e cantos da placa para cima.	
<b>Causa</b>	<b>Prevenção</b>	<b>Recuperação</b>
Pequena taxa de aço (sub armação).	Emprego adequado de armadura.	Estabilização das placas através de injeção de calda de cimento e aditivos sob pressão e polimento. Remoção parcial e reconcretagem das bordas com faixas na largura de 1 a 2 metros com armadura de retração.
Elevada retração. Variação térmica.	Controle rígido da retração do concreto. Acréscimo de fibras plásticas no concreto.	

Fonte: Chodounsky (2010)

## 5. METODOLOGIA

A análise das manifestações patológicas de um piso industrial foi feita por meio de estudo de caso. O estudo se deu num galpão industrial cujo piso fora reformado em 2019, na ausência de projeto específico.

Por meio da análise de documentos e da literatura disponível, as possíveis manifestações patológicas foram especificadas e localizadas através de visitas ao galpão localizado na região metropolitana de São Paulo, com a autorização da empresa responsável.

Inicialmente foi realizada a análise do empreendimento, com suas dimensões, tipo de estrutura e tempo de utilização, seguida da avaliação das reformas já executadas.

As anomalias foram registradas por meio de câmera fotográfica e mapeadas em todo o piso do galpão. Nos registros fotográficos é possível observar a dimensão das manifestações patológicas e seu grau de severidade. Em seguida, para cada anomalia, uma possível solução foi apresentada.

De posse dessas informações e baseando-se na literatura disponível, foi possível analisar a qualidade do piso do empreendimento, identificando os problemas encontrados, bem como suas possíveis causas e como esses problemas podem ser reparados.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. DESCRIÇÃO DO GALPÃO

O empreendimento fica localizado na região metropolitana de São Paulo, como comentado e sua fachada está representada na Figura 6.1.

Figura 6.1 – Fachada do galpão



Fonte: Autora (2023)

A área é de 1000 m<sup>2</sup> com piso de concreto que apresenta várias manifestações patológicas que serão listadas e avaliadas mais adiante. A Figura 6.2 ilustra o interior do galpão.



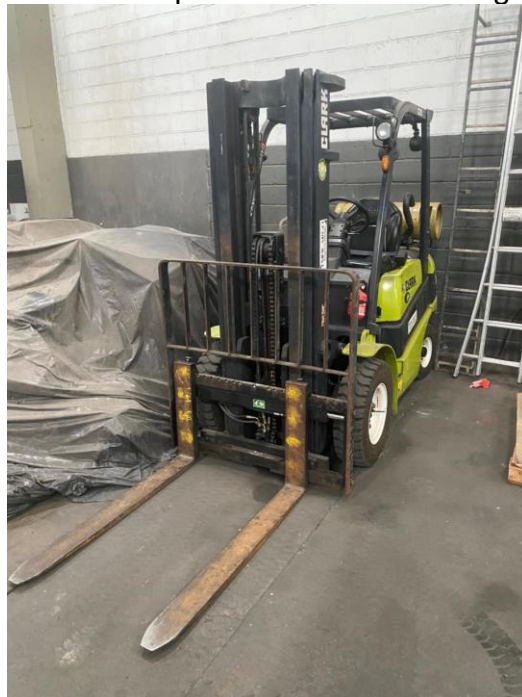
Figura 6.2 – Interior do galpão



Fonte: Autora (2023)

Há o tráfego de veículos pesados e empilhadeiras. A Figura 6.3, Figura 6.4 e Figura 6.5 ilustram sua utilização.

Figura 6.3 – Empilhadeira utilizada no galpão



Fonte: Autora (2023)



Figura 6.4 – Carreta dentro do galpão



Fonte: Autora (2023)

Figura 6.5 – Pallets apoiados



Fonte: Autora (2023)

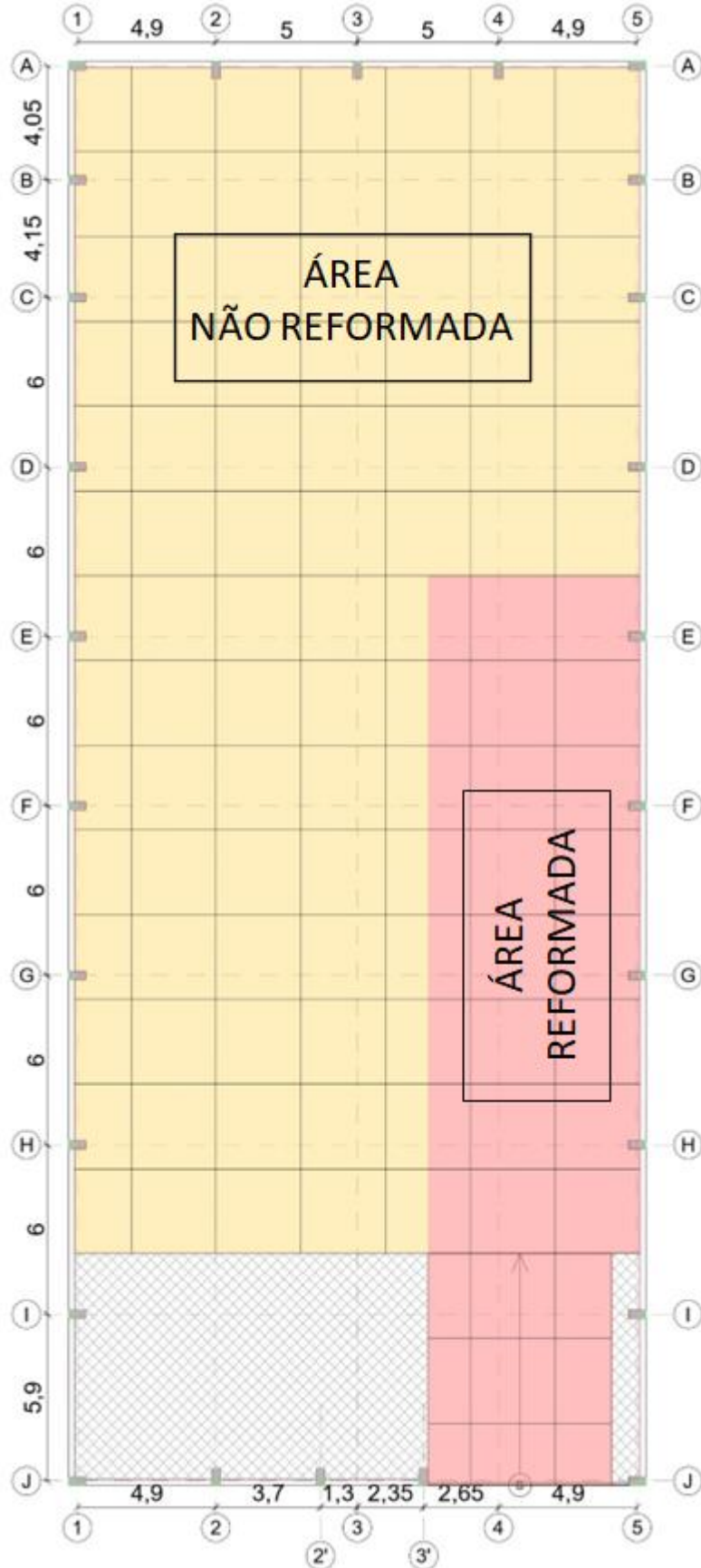
## 6.2. REFORMA PRÉVIA

Utilizado há 15 anos para o armazenamento de polietileno, farinha de trigo e arroz, o galpão passou por reforma em agosto de 2019 na qual algumas placas do piso foram substituídas. O piso manteve sua paginação inicial após a reforma, com placas de 3x3 metros, com exceção das placas ao longo do eixo 1, que possuem dimensão de 2x3 metros.

Durante a demolição de parte do piso inicial, observou-se a existência de material compressível (EPS) no encontro do piso com os pilares e o fechamento. Essa configuração foi mantida na reforma, dessa maneira, a movimentação horizontal da placa não afeta a estrutura vertical do galpão. O piso pode trabalhar de maneira independente.

A parte substituída na reforma de 2019 está indicada em vermelho na Figura 6.6, enquanto a não reformada está indicada em amarelo. É possível se observar que entre os eixos 3 e 4 as placas foram substituídas pela metade na região da reforma.

Figura 6.6 – Localização das placas novas e antigas



Fonte: Autora 2023

A Figura 6.7 ilustra a concretagem de uma das placas durante a reforma. Algumas irregularidades podem ser observadas, como a ausência de equipamentos de segurança individual: óculos de proteção e luvas; além da utilização de pedaços de concreto endurecido como espaçadores para a tela de reforço. O grande volume do pedaço de concreto utilizado diminui a seção de concreto do piso e não garante o espaçamento ideal e uniforme da tela ao longo da placa.

Figura 6.7– Concretagem de placa durante reforma



Fonte: Acervo pessoal (2019)

A Figura 6.8 ilustra a concretagem de outra placa, nela é possível observar o mesmo problema, pedaços de concreto sendo usados como espaçadores. Assim como na Figura 6.7 percebe-se a ausência de barras de transferência entre as placas adjacentes, formando-se juntas desprotegidas e favorecendo o surgimento da manifestação patológica conhecida como esborcinamento.

Figura 6.8– Concretagem de outra placa durante reforma



Fonte: Acervo pessoal (2019)

Foi obtido acesso ao documento de compra do concreto utilizado na reforma, cujas especificações encontradas foram: resistência característica à compressão de 30 MPa, britas 0 e 1 como agregado graúdo. Abatimento com  $10 \pm 2$  cm. Resistência à tração na flexão de 4,2 MPa. Relação água/cimento de 0,50. Como nenhum ensaio foi realizado no ato do recebimento, não é possível se afirmar se essas características foram respeitadas.

Em pisos com tela simples, como o executado no galpão, o abatimento ideal para concreto convencional é de  $8 \pm 1$  cm, já o concreto utilizado teve como especificação abatimento de  $10 \pm 2$  cm. A relação água/cimento indicada para pisos, inferior a 0,55, foi a especificada.

Na Figura 6.9 é possível se observar as condições do piso antes da sua substituição, trata-se de um colapso estrutural, que é evidenciado à esquerda na imagem.



Figura 6.9– Placa defeituosa antes da reforma



Fonte: Acervo pessoal (2019)

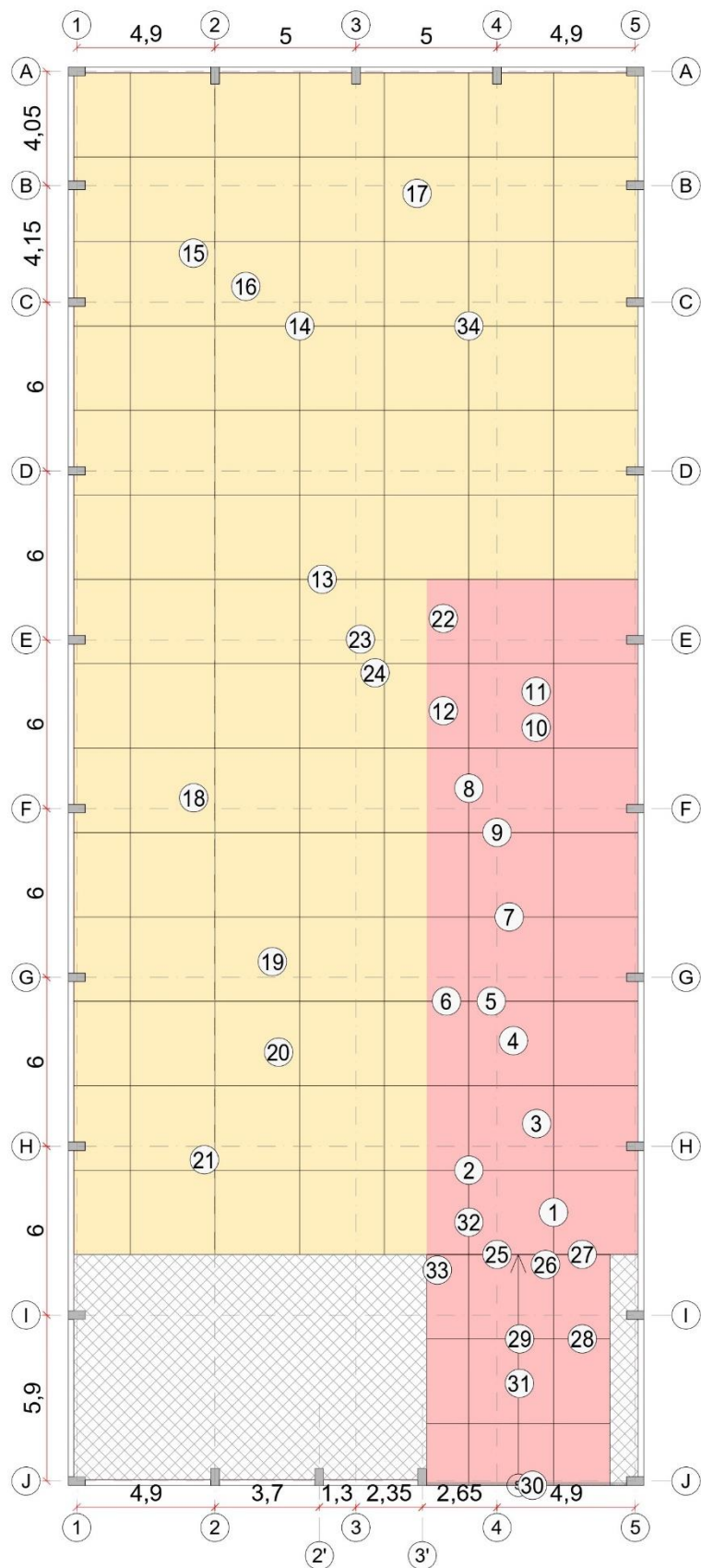
O colapso da estrutura pode ter sido causado pela sobrecarga oriunda das carretas que transitam nessa região do galpão.

### **6.3. ANÁLISE ATUAL DO GALPÃO**

Em visita realizada no dia 10 de fevereiro de 2023, 34 pontos com manifestações patológicas foram identificados e registrados. O mapa com a localização de cada um dos pontos está exibido na Figura 6.10.

Figura 6.10– Mapeamento das manifestações patológicas - unidade de medida:

metro

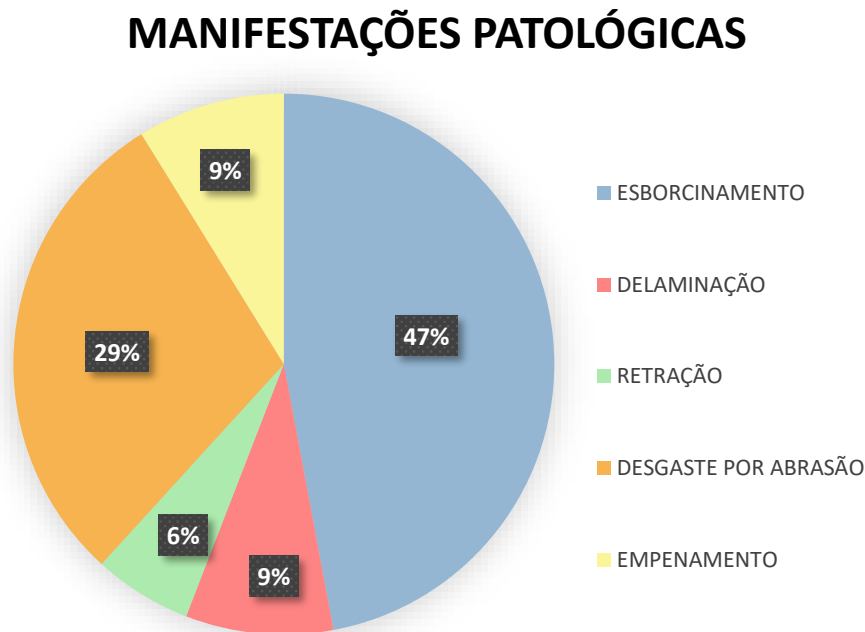


Fonte: Autora (2023)

### 6.3.1.MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS IDENTIFICADAS

As manifestações patológicas encontradas no galpão foram enumeradas de 1 a 34. Os tipos encontrados foram: esborcinamento, delaminação, retração plástica, desgaste por abrasão e empenamento. A frequência da ocorrência de cada uma das anomalias está indicada na Figura 6.11.

Figura 6.11 – Frequência das manifestações patológicas



Fonte: Autora (2023)

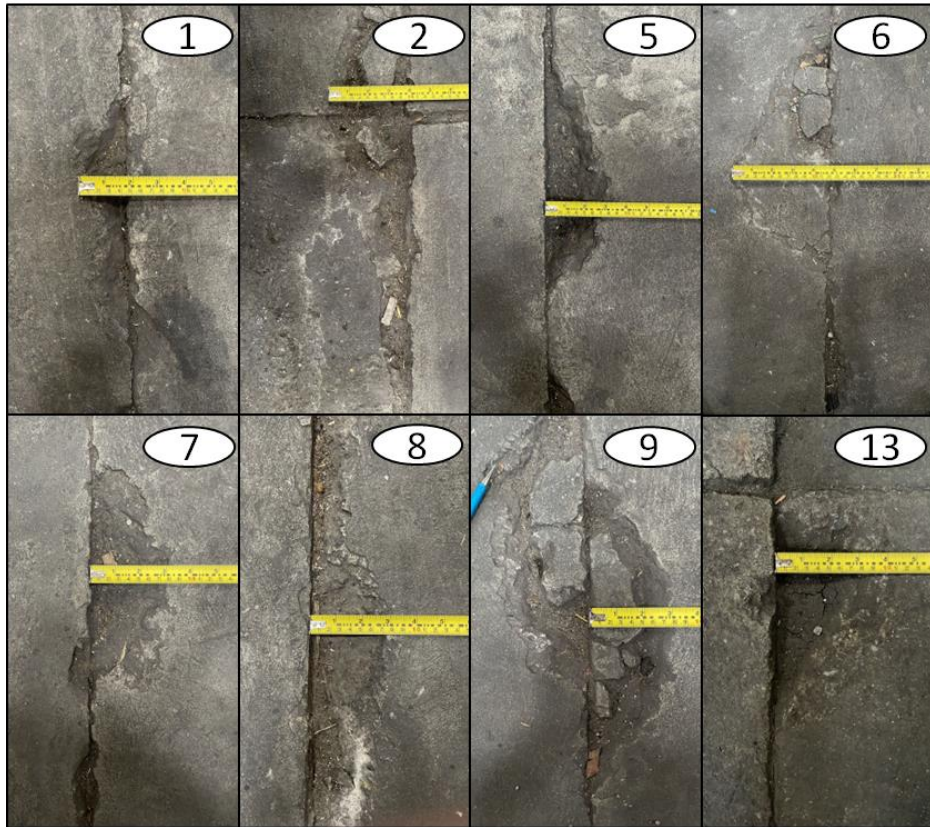
#### 6.3.1.1. ESBORCINAMENTO

Dentre as anomalias identificadas, as que apresentaram o esborcinamento foram as de número 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 21, 24, 25,26, 27, 28, 29 e 32, representando 47% dos problemas encontrados.

As Figura 6.12 e Figura 6.13 ilustram todas as regiões onde o esborcinamento foi encontrado.

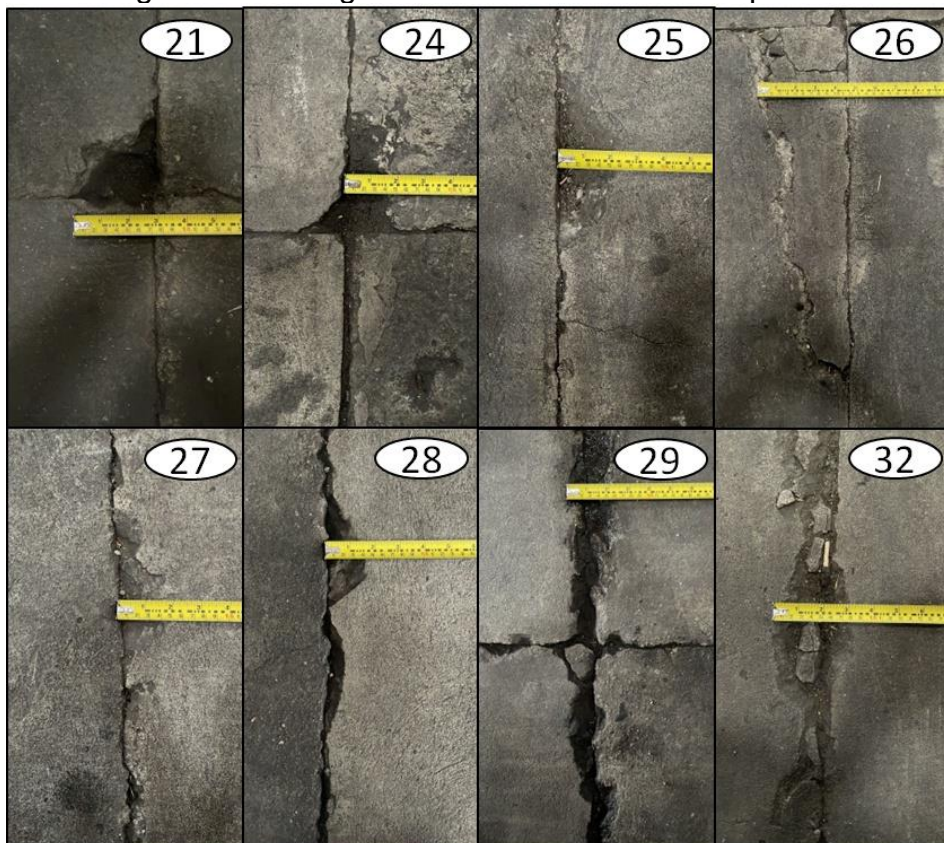


Figura 6.12– Regiões com esborcinamento – parte 1



Fonte: Autora 2023

Figura 6.13– Regiões com esborcinamento - parte 2



Fonte: Autora (2023)

As regiões esborcinadas com maior intensidade chegaram a possuir 4 cm de extensão, sendo elas indicadas pelos números 2, 13 e 26.

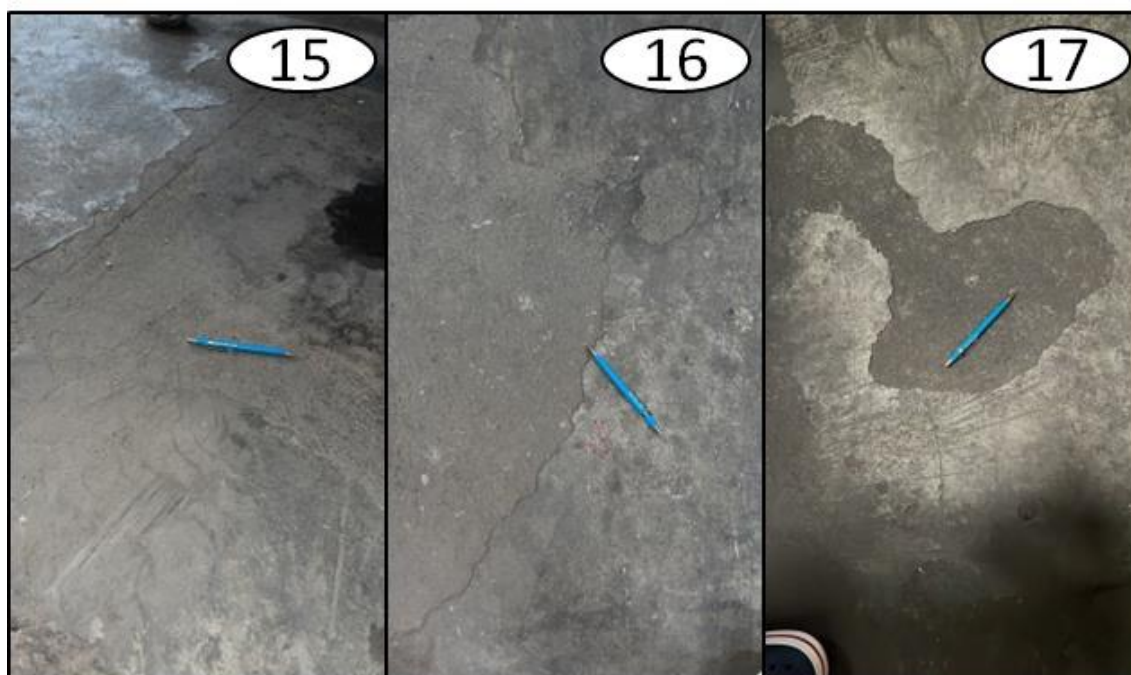
As prováveis causas para a ocorrência do esborcinamento nessas regiões são: ausência de barras de transferência entre placas adjacentes, criando-se juntas desprotegidas; ausência de materiais de enchimento nas juntas, como resinas epoxídicas.

Para solucionar o problema, pode ser feita a aplicação de látex polimérico nas regiões afetadas.

### 6.3.1.2. DELAMINAÇÃO

Dentre as manifestações patológicas identificadas, as que apresentaram a delaminação foram as de número 15, 16 e 17, representando 9% dos problemas encontrados. A Figura 6.14 ilustra todas as regiões onde a delaminação foi encontrada.

Figura 6.14– Regiões com delaminação



Fonte: Autora (2023)

A delaminação pode ter ocorrido pelo excesso de exsudação, realização do acabamento de forma prematura além de possível aspersão de água sobre a superfície do piso para facilitar o acabamento.

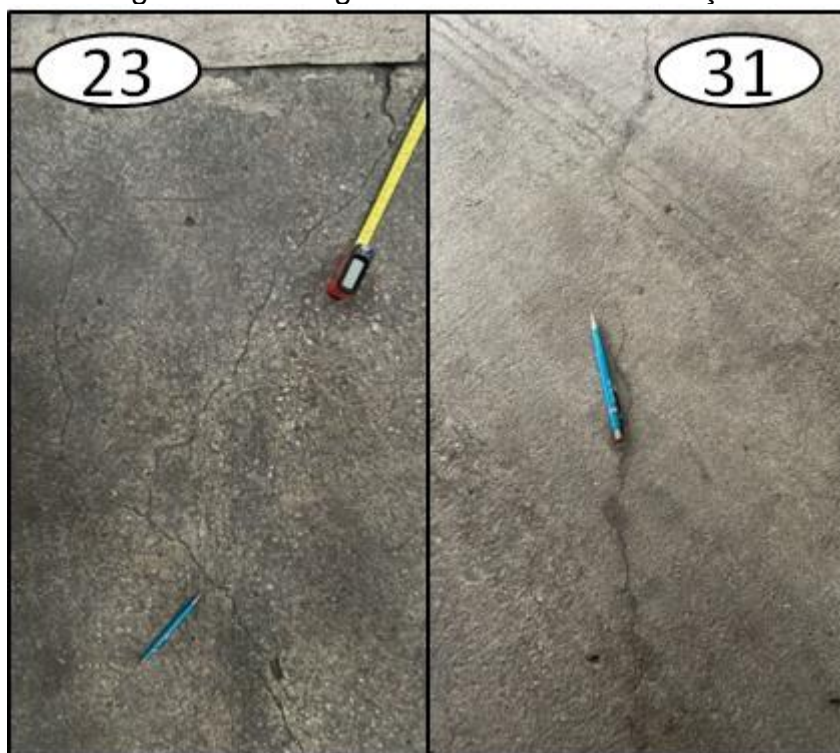


Para recuperar as regiões de número 15, 16 e 17, pode-se realizar o recorte da área danificada, seguido da regularização da superfície com posterior aplicação de *primer* e argamassa.

### 6.3.1.3. FISSURA DE RETRAÇÃO

Dentre as manifestações patológicas identificadas, as que apresentaram fissura de retração foram as de número 23e 31, representando 6% dos problemas encontrados. A Figura 6.15 ilustra todas as regiões onde a retração foi encontrada.

Figura 6.15– Regiões com fissura de retração



Fonte: Autora (2023)

As fissuras apresentadas são provavelmente causadas pela falta de fibras no concreto, responsáveis por promover um maior controle de fissuração nas suas primeiras idades.

Para as fissuras de número 23 e 31, o tratamento pode ser feito por meio da aplicação de resina epóxi de baixa viscosidade na região fissurada.

#### **6.3.1.4. DESGASTE POR ABRASÃO**

Dentre as manifestações patológicas identificadas, as que apresentaram a desgaste por abrasão foram as de número 3, 4, 10, 11, 12, 18, 19, 22, 30 e 33 representando 29% dos problemas encontrados. A Figura 6.16 ilustra todas as regiões onde o desgaste por abrasão foi identificado.

Figura 6.16– Regiões com desgaste por abrasão



Fonte: Autora (2023)

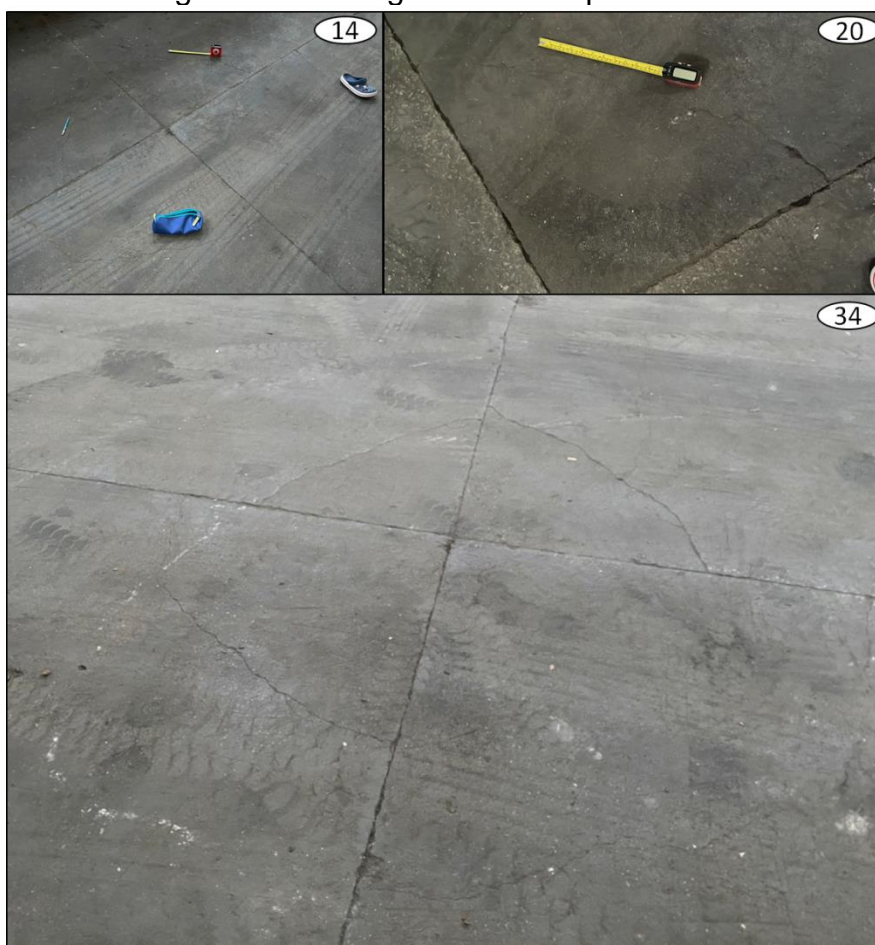
Essas anomalias podem ter como causa tratamento superficial incorreto, exsudação excessiva no concreto, cura inadequada, ataques químicos causados por fezes de pombos e produtos de limpeza ou má utilização do piso.

No galpão, as manifestações patológicas de número 4, 12, 22 e 33 podem ser consideradas leves, recebendo o tratamento de lapidação leve e aplicação de endurecedor. Já as de número 3, 10, 11, 18,19 e 30 são consideradas moderadas, recebendo o tratamento de lapidação forte e aplicação de endurecedor de alta performance.

### 6.3.1.5. EMPENAMENTO

Dentre as manifestações patológicas identificadas, as que apresentaram a empenamento foram as de número 14, 20 e 34 representando 9% dos problemas encontrados. A Figura 6.17 ilustra todas as regiões onde o empenamento foi encontrado:

Figura 6.17 – Regiões com empenamento



Fonte: Autora (2023)

No galpão, a provável causa é a ausência de barras de transferência. Para corrigir o problema, pode-se injetar calda de cimento de maneira a preencher o vazio entre a sub-base e a face inferior do piso. Outra solução é demolir o quadrilátero que abrange o cruzamento da junta e fazer a sua reconstituição.



## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi verificada a ausência de projeto para o piso de concreto, o que mostra que, apesar do avanço na área, o piso ainda é tratado como fator secundário em muitas obras.

As manifestações patológicas presentes no piso estudado foram: esborcinamento, delaminação, fissuração, desgaste por abrasão e empenamento.

Nenhuma das juntas possui barras de transferência, com juntas desprotegidas, o esborcinamento foi a anomalia que mais se repetiu, representando 47% de todas as indicações. A utilização de pedaços de concreto como espaçadores para a tela favoreceu na diminuição da seção da placa. A não realização de ensaios no recebimento do concreto pode ter feito com que ele não atingisse as especificações necessárias.

Os problemas identificados estão ligados à falta de projeto e a baixa qualidade no controle de execução. A reforma não seguiu o que se indica em manuais de execução de pisos de concreto, que envolve: adequada preparação da sub-base, nivelada e compactada; utilização de lona plástica em toda a extensão da placa, sem deixar a sub-base exposta; garantia de que as condições do concreto estejam como a especificada por meio da realização de ensaios; e a utilização de materiais adequados para cada função.

As manifestações patológicas identificadas no pós-reforma já não trazem tantos prejuízos para a utilização do galpão até o momento. Recomenda-se que as anomalias sejam reparadas e tenham seu avanço controlado. Manutenções e reparos precisam ser feitos antes de que uma grande e mais custosa reforma seja a única solução, visto que manutenções corretivas são sempre mais onerosas que as preventivas por tratarem as anomalias em seu estado crítico.



## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15558:2008. **Concreto — Determinação da exsudação**. 2008. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7211:2022. **Agregados para concreto – Requisitos**. 2022. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7583:1986. **Execução de pavimentos de concreto simples por meio mecânico**. 1986. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 11802:2012. **Argamassa de alta resistência mecânica para pisos — Requisitos**. 2012. Rio de Janeiro.

BRITO, M. F. L.; CAIRES, P. A. F. **Manutenção Predial em Edifícios de Uso Público: Estudo de Caso**. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Brasil, 2022.

CHODOUNSKY, M. A. **Patologias em Pisos Industriais**. Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho. 2010.

CRISTELLI, R. **Pavimentos Industriais de Concreto – Análise do Sistema Construtivo**. Belo Horizonte – MG. Escola de Engenharia da UFMG. 2010.

DER/SP. Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo. ET-DE-P00/39. **Pavimento de Concreto de Cimento Portland Aplicado com Formas Deslizantes**. São Paulo, 2007

FIGUEIREDO, A. D. **A nova norma brasileira sobre fibras de aço para concreto**. Coletânea de Artigos Técnicos ANAPRE, São Paulo, ano 2011, p. 17-17, 1 out. 2008.

FIGUEIREDO, A. D. **O Concreto com Reforço de Macrofibras Poliméricas – Parte I**. BOLETIM TÉCNICO ANAPRE, São Paulo, ed. 37, ano 2011, 1 nov. 2011.

OLIVEIRA FILHO, J. **Guia de Execução de Pisos Industriais de Concreto**. LPE Engenharia e Consultoria.

RODRIGUES, P. P. F. **Manual de Pisos Industriais – Fibras de Aço e Protendido**. São Paulo – SP. 2010.

RODRIGUES, P. P. F.; BOTACINI, S. M.; GASPARETTO, W. E. **Manual Gerdau de Pisos Industriais**. São Paulo – SP. 1ª ed. 2006.

RODRIGUES, P. P. F.; FARIA, B. M.; SILVA, J. B. R. **Novos Critérios para Pavimentos Industriais de Concreto Armado**. Instituto Brasileiro de Telas Soldadas. São Paulo – SP. 2015.

SANTOS, A. T. **Procedimentos Executivos de um Piso ou Pavimento de Concreto**. Coletânea de Artigos ANAPRE. São Paulo – SP, 2009.

SEILER, P. H. **Concreto para Pisos Industriais**. Boletim Técnico 12 – ANAPRE – Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho. São Paulo – SP. 2009.

SILVA, D. A. A. **Estudo de Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto**. 76 p. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Engenharia Civil – Ênfase em Sistemas Construtivos. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2017.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforços de Estruturas de Concreto**. 1ª ed. Editora Pini Ltda., São Paulo – SP, 1998.