

**CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**JANNYELE CAETANO DE LIMA ALCÂNTARA
NATÁLIA ALVES MELO DE MIRANDA
RENATA MARIA DA SILVA**

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PISOS INDUSTRIAIS: ESTUDOS DE CASO
EM OBRAS DE GALPÃO LOGÍSTICO E SUPERMERCADO.**

**RECIFE
2022**

**JANNYELE CAETANO DE LIMA ALCÂNTARA
NATÁLIA ALVES MELO DE MIRANDA
RENATA MARIA DA SILVA**

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PISOS INDUSTRIAIS: ESTUDOS DE CASO
EM OBRAS DE GALPÃO LOGÍSTICO E SUPERMERCADO.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Disciplina TCC II do Curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA, como parte
dos requisitos para conclusão do curso.

Orientador(a): Prof. O Dr. Paulo Fernando Silva
Sousa

RECIFE
2022

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Dayane Apolinário, CRB4- 2338/ O.

A347m Alcântara, Jannyele Caetano de Lima.
Manifestações patológicas em pisos industriais: estudos de caso em obras de galpão logístico e supermercado / Jannyele Caetano de Lima Alcântara; Natália Alves Melo de Miranda; Renata Maria da Silva. - Recife: O Autor, 2022.
72 p.
Orientador(a): Dr. Paulo Fernando Silva Sousa.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário Brasileiro – UNIBRA. Bacharelado em Engenharia Civil, 2022.
Inclui Referências.
1. Piso industrial. 2. Patologias das construções. 3. Manifestações patológicas. I. Miranda, Natália Alves Melo de. II. Silva, Renata Maria da. III. Centro Universitário Brasileiro. - UNIBRA. IV. Título.

CDU: 624

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, pela vida, pela saúde, pela oportunidade de chegar até aqui e por estar conosco em todas as etapas de nossas vidas.

Aos pais, que são peças chave em nossa trajetória até aqui, sempre ajudando e apoiando em tudo.

Aos amigos/colegas de trabalho, que de alguma forma, contribuíram para a construção desse trabalho.

Aos professores, que contribuíram e foram os responsáveis pela formação dessas futuras engenheiras.

Ao professor doutor Paulo Souza que nos uniu e nos orientou durante toda a execução desse trabalho.

“Porque dele, e por ele,
e para ele são todas as coisas;
glória, pois, a ele eternamente. Amém!”

Romanos 11:36

RESUMO

O sistema de piso industrial tem sido extremamente utilizado em diversos setores da construção, demandando, assim, um maior controle e gerenciamento de qualidade, para garantir uma maior durabilidade do sistema. Quando isso é negligenciado, diversas falhas começam a surgir, o que, no ramo da engenharia civil, é conhecido como patologias das construções. Esse trabalho propôs apresentar as manifestações patológicas apresentadas pelos pisos industriais, bem como suas possíveis causas e soluções. Para isso, foi feita uma revisão bibliográfica e avaliados dois casos de pisos industriais, um deles em um galpão logístico localizado na cidade de Paulista/PE e outro em um supermercado localizado na cidade de Recife/PE. Foram feitos acompanhamentos e levantamentos fotográficos em campo, bem como a análise de relatórios, projetos e a execução do mesmo para solução de tais manifestações. Vale destacar que um dos casos apresentou diversas patologias, em contrapartida o outro caso, até o término desse trabalho, não manifestou patologias. Concluiu-se que o controle de qualidade nas etapas de projeto, escolha dos materiais e execução tem uma influência significativa no desempenho do piso durante toda sua vida útil.

Palavras-chave: Piso industrial; Patologias das construções; Manifestações patológicas.

ABSTRACT

The industrial flooring system has been extremely used in various construction sectors, thus demanding greater control and quality management to ensure greater durability of the system's. When this is neglected, various faults start appear, which the field of civil engineering, are known as building pathologies. This work proposed to present pathological manifestations presented by industrial floors, as well as their possible causes and solutions. Therefore, a literature review was carried out and two cases of industrial floors were evaluated, one of them in a logistics warehouse located at the city of Paulista/PE and the other in a supermarket located at the city of Recife/PE. Monitoring and photographic surveys were carried out in field, as well as the analysis of reports, projects, and their execution to solve such manifestations. It is important point out that one of the cases presented several pathologies, while the other case, until the end of this work, did not present any pathologies. It has been concluded that quality control in the project's stages, choice of materials, and execution has a significant influence on the performance of floor throughout its lifetime.

Keywords: Industrial flooring; Pathologies of constructions; Pathological manifestations.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Piso de concreto simples.	15
Figura 2 - Concreto armado.	16
Figura 3 - Fibras de polipropileno para adição em concreto.	17
Figura 4 - Fibras de aço com ancoragens nas extremidades.	17
Figura 5 - Formas e seções de algumas fibras de aço.	17
Figura 6 - Fibras de vidro para adição em concreto.	18
Figura 7 - Pavimento de concreto reforçado com fibras.	18
Figura 8 - Piso protendido.	19
Figura 9 - Desenho esquemático de telas soldadas.	23
Figura 10 - Ilustração de barra de transferência em piso de concreto.	25
Figura 11 - Ilustração de juntas de construção.	26
Figura 12 - Ilustração de juntas serradas.	27
Figura 13 - Ilustração de juntas de encontro.	27
Figura 14 - Detalhe da solicitação da barreira de vapor.	30
Figura 15 - Execução da barreira de vapor.	30
Figura 16 - Execução de fôrmas metálicas.	31
Figura 17 - Piso armado.	33
Figura 18 - Plano de concretagem.	34
Figura 19 - Equipamento Laser Screed.	34
Figura 20 - Fluxograma da etapa de acabamento do concreto.	35
Figura 21 - Aspersão de agregados minerais.	37
Figura 22 - Aplicação de endurecedor químico de superfície.	37
Figura 23 - Detalhe em corte de reforço de borda de junta (lábio polimérico).	38
Figura 24 - Valores globais típicos de planicidade e nivelamento.	40
Figura 25 - Piso apresentando fissuras por retração plástica.	42
Figura 26 - Piso apresentando fissuras por retração hidráulica.	43
Figura 27 - Piso apresentando microfissuras.	44
Figura 28 - Piso apresentando esborcinamento de juntas.	45
Figura 29 - Piso apresentando empenamento da placa.	46
Figura 30 - Piso apresentando patologia de borrachudo.	46
Figura 31 - Piso apresentando delaminação.	47
Figura 32 - Piso apresentando desgaste por abrasão.	48
Figura 33 - Posicionamento de treliças e barras de transferência.	51
Figura 34 - Posicionamento de espaçadores e telas metálicas.	51
Figura 35 - Posicionamento de reforços metálicos e EPS nas juntas de encontro.	52
Figura 36 - Mecanismo de transferência de carga.	53
Figura 37 - Lançamento do concreto.	54
Figura 38 - Lançamento do concreto.	54
Figura 39 - Nível óptico.	55
Figura 40 - Desempeno mecânico com discos e rodo, dotado de float.	55
Figura 41 - Desempeno mecânico duplo com lâminas de aço.	56

Figura 42 - Aplicação de cura química.	56
Figura 43 - Corte das juntas.	57
Figura 44 - Delaminação.	58
Figura 45 - Delaminação.	58
Figura 46 - Borrachudo.	59
Figura 47 - Fissura 01. e Figura 48 – Fissura 02.	59
Figura 49 - Passo 1.	61
Figura 50 - Passo 2.	61
Figura 51 - Passo 3.	61
Figura 52 - Passo 4.	62
Figura 53 - Passo 5.	62
Figura 54 - Passo 6.	62
Figura 55 - Passo 7.	63
Figura 56 - Imagem geral.	64
Figura 57 - Localização da obra.	65
Figura 58 - Projeto de piso.	66
Figura 59 - Armação da laje protendida.	67
Figura 60 - Concretagem da laje protendida.	68
Figura 61 - Armação metálica.	69
Figura 62 - Lançamento do concreto.	71
Figura 63 - Agregado mineral.	72
Figura 64 - Agregado mineral.	72
Figura 65 - Acabadoras simples e duplas.	73
Figura 66 - Cura química.	73
Figura 67 - Selante de juntas.	74
Figura 68 - Lábio polimérico.	74
Figura 69 – Aplicação do endurecedor de superfície.	75

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 PISO DE CONCRETO	14
2.1 CLASSIFICAÇÃO DO PISO DE CONCRETO	14
2.1.1 PISO DE CONCRETO SIMPLES	14
2.1.2 PISO DE CONCRETO ARMADO	15
2.1.3 PISO DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS	16
2.1.4 PISO DE CONCRETO PROTENDIDO	18
2.3 REQUISITO DE DESEMPENHO	19
2.4 MATERIAIS BÁSICOS	20
2.4.1 CONCRETO PARA PISOS	20
2.4.2 ARMADURAS E FIBRAS	23
2.4.3 BARRAS DE TRANSFERÊNCIA	25
2.4.4 SELANTES E MATERIAIS DE PREENCHIMENTO DE JUNTAS	25
2.4.5 REVESTIMENTO DE ALTO DESEMPENHO (RAD)	26
2.5 JUNTAS	26
2.6 EXECUÇÃO	28
2.6.1 EXECUÇÃO DA FUNDAÇÃO DO PAVIMENTO	28
2.6.2 PREPARAÇÃO PARA CONCRETAGEM	30
2.6.3 LANÇAMENTO E ADENSAMENTO DO CONCRETO	33
2.6.4 ACABAMENTO DA SUPERFÍCIE	35
2.6.5 CURA	36
2.6.6 EXECUÇÃO DAS JUNTAS	36
2.6.7 TRATAMENTO SUPERFICIAL E DE JUNTAS	37
2.6.8 PLANICIDADE E NIVELAMENTO	38
3 PATOLOGIAS EM PISO INDUSTRIAIS DE CONCRETO	40
3.1 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PISOS DE CONCRETO INDUSTRIAL	41
3.1.1 FISSURAÇÃO	41
3.1.2 MICROFISSURAS	43
3.1.3 ESBORCINAMENTO DE JUNTAS	44
3.1.4 EMPENAMENTO	45
3.1.5 BORRACHUDO	46
3.1.6 DELAMINAÇÃO	47
3.1.7 DESGASTE POR ABRASÃO	47
4 ESTUDO DE CASO	49
4.1 METODOLOGIA	49

4.2 CASO 1	50
4.2.1 DESCRIÇÃO DA OBRA	50
4.2.2 COLETA DE DADOS	50
4.2.3 EXECUÇÃO DO PISO DE CONCRETO	50
4.2.4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FINAL DO PISO	57
4.2.5 POSSÍVEIS SOLUÇÕES	60
4.2.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CASO	63
4.3 CASO 2	64
4.3.1 DESCRIÇÃO DA OBRA	64
4.3.2 EXECUÇÃO DO PISO DE CONCRETO	66
4.3.3 PLANICIDADE E NIVELAMENTO	75
4.3.4 CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO	76
4.3.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CASO	76
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PISOS INDUSTRIAIS: ESTUDOS DE CASO EM OBRAS DE GALPÃO LOGÍSTICO E SUPERMERCADOS

Jannyele Caetano de Lima Alcântara
Natália Alves Melo de Miranda
Renata Maria da Silva
Prof. Dr. Paulo Fernando Silva Sousa

Resumo: O sistema de piso industrial tem sido extremamente utilizado em diversos setores da construção, demandando, assim, um maior controle e gerenciamento de qualidade, para garantir uma maior durabilidade do sistema. Quando isso é negligenciado, diversas falhas começam a surgir, o que, no ramo da engenharia civil, é conhecido como patologias das construções. Esse trabalho propôs apresentar as manifestações patológicas apresentadas pelos pisos industriais, bem como suas possíveis causas e soluções. Para isso, foi feita uma revisão bibliográfica e avaliados dois casos de pisos industriais, um deles em um galpão logístico localizado na cidade de Paulista/PE e outro em um supermercado localizado na cidade de Recife/PE. Foram feitos acompanhamentos e levantamentos fotográficos em campo, bem como a análise de relatórios, projetos e a execução do mesmo para solução de tais manifestações. Vale destacar que um dos casos apresentou diversas patologias, em contrapartida o outro caso, até o término desse trabalho, não manifestou patologias. Concluiu-se que o controle de qualidade nas etapas de projeto, escolha dos materiais e execução tem uma influência significativa no desempenho do piso durante toda sua vida útil.

Palavras-chave: Piso industrial. Patologias das construções. Manifestações patológica

1 INTRODUÇÃO

Os pisos industriais de concreto são elementos estruturais com finalidade de resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais oriundos dos carregamentos e devido às suas características, são muito usados em setores como depósitos, quadras esportivas, galpões, supermercados, estacionamentos e outros, segundo a ANAPRE (2014).

A escassez de normatização brasileira que estabeleça parâmetros e procedimentos para elaboração de projetos e execução do piso industrial, como também a falta de controle nas fases de projeto e execução, a baixa qualidade de materiais e a falta de manutenção preventiva do sistema, entre outros fatores, influenciam diretamente no desempenho do sistema durante toda sua vida útil, sendo causadores das manifestações patológicas.

Diante disso, faz-se necessário o estudo de tais manifestações, para, no que for possível, evitá-las, como também o tratamento das mesmas, quando manifestadas. Para isso, este trabalho propôs analisar as patologias que mais se manifestam no sistema de pisos industriais, apresentando estudos de dois casos, sendo um deles em um galpão em Paulista/PE e outro em um supermercado no Recife/PE, com o objetivo de identificar as manifestações patológicas, apresentar as possíveis causas, soluções e como evitá-las.

2 PISO DE CONCRETO

De acordo com Senefonte (2007), os pisos industriais são elementos que estão continuamente apoiados e apresentam dimensionamento para suportar cargas diferenciais quanto à intensidade e forma de atuação, atendendo às variadas situações de carregamentos a que são impostas, podem ser executadas sobre distintos aspectos funcionais e estruturais.

Brunauer e Copeland apud Mehta e Monteiro (2008), cientistas no assunto cimento e concreto, citaram que o material de construção mais utilizado é o concreto, comumente composto da mistura de cimento Portland com areia, brita e água. No ano passado, nos Estados Unidos, 63 milhões de toneladas de cimento Portland foram convertidos em 500 milhões de toneladas de concreto, cinco vezes o consumo em peso do aço. Em muitos países, a proporção do consumo de concreto sobre o consumo de aço é de dez para um. O consumo mundial total de concreto no ano passado foi estimado em três bilhões de toneladas, ou seja, uma tonelada para cada ser humano vivo. Não há material mais consumido pelo homem em tamanha quantidade, com exceção da água.

2.1 CLASSIFICAÇÃO DO PISO DE CONCRETO

A classificação dos pisos industriais quanto ao reforço estrutural é baseada no agrupamento das classes de pisos que decorrem de qual sistema de reforço será escolhido na execução das placas de concreto, ANAPRE (2009).

É extremamente relevante saber qual tipo de piso será adotado, devido ao tipo de solicitação que sofrerá torna-se indispensável classificar os tipos de pisos quanto ao seu reforço estrutural. Segundo Rodrigues, Botacini e Gasparetto (2006), os tipos de pisos de concreto são divididos em:

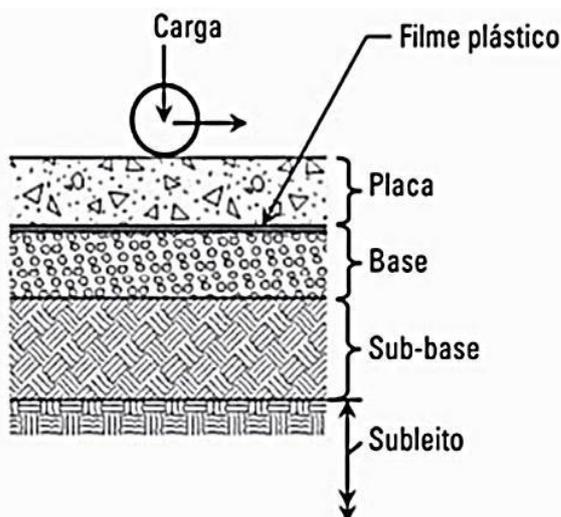
- Pisos de concreto simples, sem armaduras;
- Pisos de concreto armado;
- Pisos de concreto com adição de fibras;
- Pisos de concreto protendido.

2.1.1 PISO DE CONCRETO SIMPLES

Segundo Chodounsky e Viecili (2007), no sistema de pavimento de piso de concreto simples (Figura 1), os esforços aplicados de tração são gerados pela retração, variação da

temperatura e pelas cargas que são suportados pelo concreto. Não existe aplicação de armadura estrutural podendo-se, entretanto, utilizar dispositivos que agem como transmissores de cargas, um exemplo seria as barras de transferência ou barras de ligação.

Figura 1 - Piso de concreto simples.



(Fonte: Rodrigues, 2010, p. 12.)

De acordo com Oliveira (2000), a quantidade de cimento deve ser alta, com isso aumenta à resistência do material e combate os esforços de compressão e flexão. Comumente, nestes tipos de piso, o concreto deve dispor o fator água / cimento reduzido e utilizar um sistema de cura adequado como alternativa de combate às fissuras por retração hidráulica. A degradação da placa em função da repetição de carregamentos, também é um fator importante, podendo afetar a estrutura do material. Segundo Chodounsky e Viecili (2007), devido a esse processo repetitivo, o concreto poderá romper mesmo que essa tensão admissível não seja alcançada.

2.1.2 PISO DE CONCRETO ARMADO

O piso de concreto armado (Figura 2) utiliza armaduras com objetivo estrutural, isto é, a armadura tem a função de dominar as tensões de tração na flexão aplicada na placa, segundo Bina e Teixeira (2002). A armadura principal, comumente constituída de telas eletro soldadas ou de aço convencional em barras, é colocada na parte inferior das placas, seção onde as tensões mais relevantes se desenvolvem. Neste sistema de piso é possível concretar placas de até 25 metros de comprimento, com a condição de que seja utilizada

uma armadura complementar na parte superior destinada a absorver os esforços indicados à retração e variações térmicas do concreto.

Conforme Nakamura (2009), quando se utiliza armadura simples, ela é posicionada a 3 cm da face superior do piso, apenas para absorver os esforços provenientes da retração; esta armadura não tem nenhuma função estrutural. Não é calculada para absorver esforços de tração na flexão do conjunto, essa armadura só atua para cargas distribuídas. Por esse motivo, o dimensionamento empregado na armadura simples deverá ser dimensionado utilizando os critérios de cálculo para concreto simples.

Figura 2 - Concreto armado.



(Fonte: Alphapiso, 2022.)

2.1.3 PISO DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS

Chodounsky e Viecili (2007), delinea o concreto reforçado com fibras como uma mistura (compósito) composta de duas fases: o concreto e as fibras (Figura 7). Suas propriedades são determinadas pelo comportamento estrutural do conjunto formado por seus componentes. As fibras substituem a armadura convencional no concreto, e por causa do seu alto nível de deformação, suporta os esforços de tração, diminuindo os índices de fissuração dos pavimentos, produzindo um material com elevado índice de flexibilidade e com eficiente capacidade de redistribuição dos esforços.

Os mesmos autores ainda afirmam que o número de juntas é reduzido devido às tensões geradas no interior das placas.

As fibras (Figuras 3, 4, 5 e 6) são produzidas a partir de materiais trefilados de alta e são misturadas ao concreto pouco antes da execução do piso.

Segundo Chodounsky e Viecili (2007), as fibras podem ser classificadas em:

- Sintéticas e orgânicas (polipropileno ou carbono);

- Sintéticas e inorgânicas (aço ou vidro);
- Naturais e orgânicas (celulose);
- Naturais e inorgânicas (asbesto ou amianto).

Figura 3 - Fibras de polipropileno para adição em concreto.



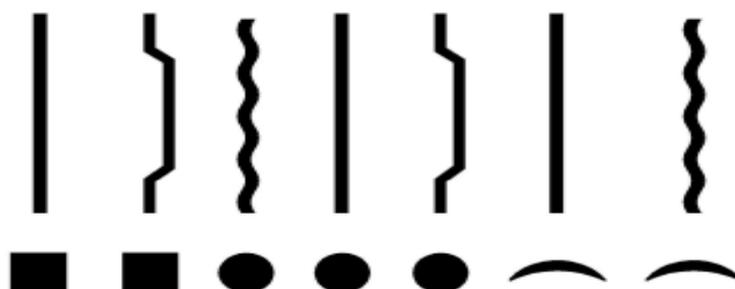
(Fonte: Diogo Guimarães, 2010.)

Figura 4 - Fibras de aço com ancoragens nas extremidades.



(Fonte: Belgo Bekaert Arames, 2010.)

Figura 5 - Formas e seções de algumas fibras de aço.



(Fonte: adaptado de FRANCO, 2008; LOBÃO, 2005)

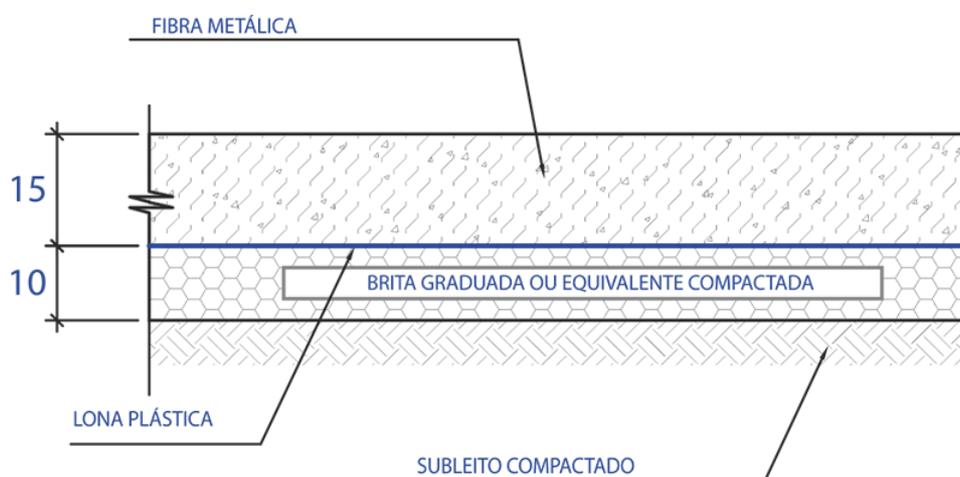
Figura 6 - Fibras de vidro para adição em concreto.



(Fonte: Neomatex, 2019.)

De acordo com Chodounsky e Viecili (2007), quanto maior for a quantidade de fibras no concreto maior será a possibilidade de a fibra interceptar uma fissura, sendo comum uma concentração de 0,25% do volume do concreto utilizado.

Figura 7 - Pavimento de concreto reforçado com fibras.



(Fonte: Alphapiso, 2022.)

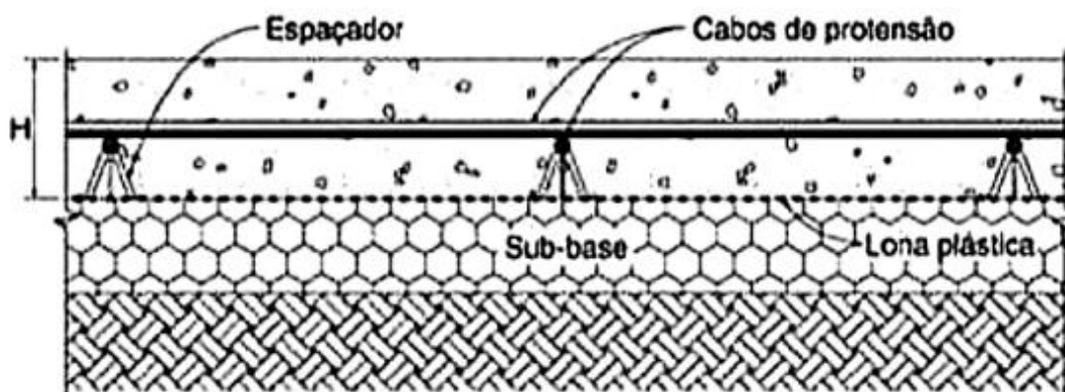
2.1.4 PISO DE CONCRETO PROTENDIDO

Chodounsky e Viecili (2007) afirmam que o piso protendido (Figura 8), compõe-se de um piso de concreto reforçado com armaduras de alta resistência, tracionadas por macacos hidráulicos, cuja força, é transferida à placa de concreto por intermédio das ancoragens posicionadas nas extremidades.

Segundo Chodounsky e Viecili (2007), levando em conta o fato de que a durabilidade da placa de concreto diminui com o aumento do número de juntas, os gastos

com manutenção podem ser reduzidos nos pisos protendidos, em razão da protensão ser um meio eficaz de redução do número de juntas. Nos pisos protendidos a placa pode ter dimensões superiores a 100 metros.

Figura 8 - Piso protendido.



(Fonte: Rodrigues, Botacini e Gasparetto, 2006, p. 13).

2.3 REQUISITO DE DESEMPENHO

Os principais requisitos de desempenho que pisos de concreto devem apresentar ao longo de sua vida útil para que sua qualidade superficial seja considerada satisfatória, segundo o The Concrete Society (2003), são:

- Resistência à abrasão: o desgaste da superfície pode ser definido como o desprendimento e destacamento de fragmentos e partículas da mesma. Deste modo, a resistência à abrasão pode ser entendida como a capacidade do piso de resistir ao desgaste devido ao uso e agentes agressivos ao longo de sua vida útil;
- Resistência química: quando pavimentos de concreto entram em contato com agentes químicos agressivos, como ácidos, óleos e outros, por algum tempo, pode ocorrer deterioração do concreto superficial. Os fatores que mais influenciam o grau e velocidade dos danos são: a permeabilidade do concreto, o tempo de contato com o agente agressivo, a composição, o pH, e a concentração do agente. Resistência química é a capacidade dos pisos de concreto em resistir a ataques químicos;
- Coloração e aparência: pisos de concreto devem apresentar coloração e aparência adequadas ao uso ao qual foram designados. Fatores como a coloração do concreto, marcas devido à má execução do acabamento e

exposição de agregados e fibras têm influência direta no aspecto final do piso. Dificilmente pisos em concreto aparente apresentam aspecto tão uniforme quanto ao acabamento pintado, por este motivo pode ser necessário algum acabamento especial quando as exigências de coloração e aparência são rígidas;

- Resistência à fissuração: fissuras podem ser formadas por diversos mecanismos e nem sempre apresentam risco ou prejudicam a qualidade do piso. Fissuras em pisos podem ser toleradas até certo ponto, porém suas origens devem ser avaliadas. Fissuras de grandes aberturas e dimensões e em grande número, podem prejudicar o aspecto visual do piso, as características de tráfego e ainda indicar risco estrutural;
- Planicidade e nivelamento: pisos de concreto devem apresentar características de planicidade e nivelamento adequadas ao seu uso. Estas propriedades são particularmente importantes em setores industriais e depósitos devido ao tráfego de equipamentos e armazenamento de materiais. Problemas nestes requisitos podem ainda prejudicar os aspectos de drenagem do pavimento.
- Integridade: vários são os problemas que pisos de concreto podem apresentar relativos ao deslocamento, quebra e destacamento de partes do concreto superficial. Pisos de concreto devem ser capazes de se manterem íntegros ao receber suas solicitações de projeto ao longo de sua vida útil.

2.4 MATERIAIS BÁSICOS

2.4.1 CONCRETO PARA PISOS

Segundo o *American Concrete Institute* - ACI, 1997, o concreto para pisos deve atender certos requisitos de desempenho, como: resistência, trabalhabilidade, durabilidade, resistência à abrasão e facilidade de acabamento.

Os materiais usados para execução do concreto são, basicamente, o cimento, agregado miúdo e graúdo, água e aditivos, que interferem diretamente nas propriedades do concreto.

a) Cimento

O cimento Portland é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes, que endurece sob ação da água. Após o seu endurecimento, ao ter

contato novamente com água o mesmo não se decompõe mais (BOLETIM TÉCNICO 106 DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2003, P.5).

A tabela 1 apresenta os tipos de cimento comercializado no Brasil com seus aditivos segundo o Boletim Técnico 106 da ABCP (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2003):

Tabela 1- Cimentos produzidos no Brasil.

TIPO	SIGLA	CLASSE DE REFERÊNCIA	CLINQUER +SULFATO DE CÁLCIO (GESSO)	ESCÓRIA GRANULADA DE ALTO FORNO	MATERIAL POZOLÂNICO	MATERIAL CARBONÁTICO
CIMENTO PORTLAND COMUM	CP-I	25 - 32 - 40	100	-	-	-
	CP-IS	25 - 32 - 40	99 - 95	-	-	1 - 5
CIMENTO PORTLAND COMPOSTO	CP II E	25 - 32 - 40	94 - 56	6 - 34	-	0 - 10
	CP II Z	25 - 32 - 40	94 - 76	-	6 - 14	0 - 10
	CP II F	25 - 32 - 40	94 - 90	-	-	6 - 10
CIMENTO PORTLAND DE ALTA RESISTÊNCIA INICIAL	CP V ARI	-	100 - 95	-	-	0 - 5
CIMENTO PORTLAND DE ALTO FORNO	CP III	25 - 32 - 40	65 - 25	35 - 70	-	0 - 5
CIMENTO PORTLAND POZOLÂNICO	CPIV	25 - 32	85 - 45	-	15 - 50	0 - 5

(Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002, p.118)

b) Agregados

Segundo IBTS (2015) os agregados representam cerca de 70% da composição do concreto, sendo assim, possui uma grande vantagem na redução de custos, visto que os agregados são bem mais baratos que o cimento Portland, também contribuem para o aumento da capacidade estrutural e do módulo de elasticidade do concreto. Além dessas vantagens, os mesmos também cumprem um papel primordial no controle das variações volumétricas.

Os agregados devem seguir as orientações apresentadas na Norma Brasileira - NBR 7211:2009 – Agregados para concreto – Especificação.

Eles podem ser classificados como naturais ou artificiais. Já do ponto de vista granulométrico, são subdivididos em agregados miúdos, areia que apresenta dimensão máxima característica de 4,8 mm e graúdos, que apresentam partículas com dimensão maior que 4,8 mm (IBTS, 2015).

Segundo Rodrigues, Botacini e Gasparetto (2006) o agregado miúdo influencia diretamente na trabalhabilidade do concreto, visto que empregando um material muito fino na mistura, facilita as operações de acabamento e controla a exsudação do concreto.

De acordo com o IBTS (2015) os agregados graúdos afetam mais as propriedades do concreto endurecido, influenciando diretamente no módulo de elasticidade, na resistência mecânica e na retração hidráulica.

c) Água

O teor de água do concreto é dado pelo fator água/cimento (a/c). Quanto menor for o teor de água, maior é a resistência do concreto e menor a sua trabalhabilidade.

Para Chodounsky e Viecili (2007) a água potável, que não possui odor, pode ser usada para a execução do concreto. Já para fontes de água não potável é necessário fazer testes para verificação de seus efeitos no concreto fresco ou endurecido, antes de utilizá-la na mistura.

A ABNT NBR 15900:2009 - Água para amassamento do concreto, é a norma que traz diretrizes quanto à qualidade da água de amassamento.

d) Aditivos

Os aditivos são utilizados quando se deseja manipular as características do concreto, seja em seu estado fresco como no endurecido (ACI, 1997).

O *The Concrete Society* (2003) apresenta como principais benefícios da utilização de aditivos no concreto: a redução do consumo de água sem prejudicar a trabalhabilidade; a melhoria das características de lançamento e adensamento; facilitação no acabamento da superfície; uma facilitação no acabamento da superfície; controle do tempo de pega, visando adiantar a etapa de acabamento;

redução de fissuras na secagem. Apesar de seus benefícios, os aditivos devem ser utilizados com cautela, seguindo as orientações do fabricante. O seu mau uso pode comprometer a qualidade final do piso.

2.4.2 ARMADURAS E FIBRAS

Além dos materiais citados anteriormente, a depender do tipo de piso, mencionados no tópico 2.1 deste trabalho, também são utilizadas as armaduras e as fibras, estando este último já comentado no tópico 2.1.3.

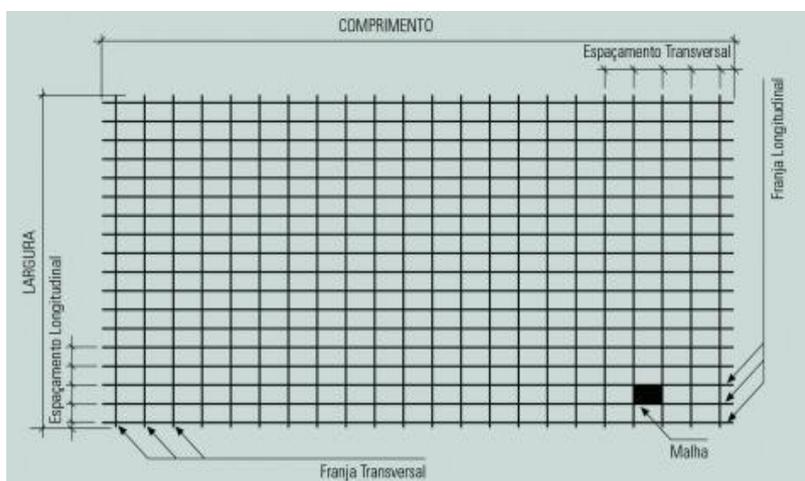
Rodrigues (2010) relata em sua literatura que o motivo para utilizar tais materiais em pisos de concreto é devido ao seu desempenho na absorção das tensões existentes no mesmo, comumente geradas por sobrecargas, variações térmicas, retração, entre outros. Os pisos que recebem esse reforço apresentam como principais vantagens o controle de fissuração, a redução da espessura da placa de concreto e o menor número de juntas.

a) Telas Soldadas

Segundo o IBTS (2015), são armaduras pré-fabricadas, no formato de malhas de fios de aço longitudinais e transversais, sobrepostas e soldados em todos os pontos de contato, utilizadas para armar o concreto (Figura 9).

Devem ser executadas seguindo orientações da NBR 7481:2022 - Tela de aço soldada - Armadura para concreto - Especificação.

Figura 9 - Desenho esquemático de telas soldadas.



(Fonte: IBTS, 2015)

Legenda:

- **largura (m):** corresponde ao comprimento total do fio transversal com relação ao sentido de fabricação.
- **comprimento (m):** corresponde ao comprimento total do fio longitudinal com relação ao sentido de fabricação.
- **espaçamento longitudinal (cm):** distância medida entre o eixo de dois fios longitudinais.
- **espaçamento transversal (cm):** distância medida entre eixo de dois fios transversais.
- **franja longitudinal (cm):** extremidade que sobra após o último fio transversal soldado.
- **franja transversal (cm):** extremidade que sobra após o último fio longitudinal soldado.
- **malha (cm):** é a figura geométrica (retângulo ou quadrado) formada pela interseção de pares de fios ortogonais.

b) Cordoalha Engraxada Encapada

De acordo com a NBR 6118:2014 (Projeto de estruturas de concreto - Procedimento) o concreto protendido caracteriza-se pela característica de pré ou pós tracionamento da armadura com a finalidade de reduzir ou eliminar a fissuração e destacamento do concreto e melhor utilizar a armadura. Nos pavimentos de concreto basicamente utiliza-se cordoalhas engraxadas encapadas.

Segundo Rodrigues (2010), as cordoalhas para pisos industriais são as de sete fios com aço 190-RB, com diâmetros nominais de 12,7 mm e 15,2 mm. A Tabela 2 fornece as características deste tipo de cordoalha de acordo com a NBR 7483:2021.

Tabela 2 - Características das cordoalhas com sete fios.

D. nominal (mm)	Área aprox. (mm ²)	Área mín. (mm ²)	Massa aprox. (Kg/m)	Carga mín. de ruptura (KN)	Carga mín. de alongamento (KN)	Alongamento sob carga ¹ (%)
12,7	101,4	98,7	0,890	187,3	168,6	3,5
15,2	143,5	140	1,240	265,8	239,2	3,5

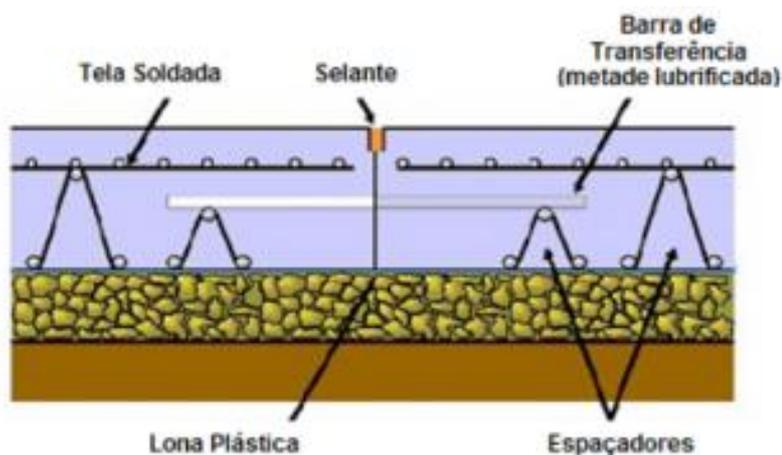
(Fonte: Adaptado de ABNT NBR 7483, 2021).

2.4.3 BARRAS DE TRANSFERÊNCIA

Permitem a transferência de carga por mecanismos de cisalhamento nas juntas (Figura 10) e devem estar rigorosamente alinhadas com o eixo da placa (IBTS, 2015).

São executadas para garantir o mínimo possível de movimentos horizontais das placas, geralmente causados pela retração por secagem do concreto e variações de temperatura (THE CONCRETE SOCIETY, 2003).

Figura 10 - Ilustração de barra de transferência em piso de concreto.



(Fonte: Boletim Técnico 13 da ANAPRE).

2.4.4 SELANTES E MATERIAIS DE PREENCHIMENTO DE JUNTAS

Os selantes são materiais de natureza plástica e que tem como função a vedação das juntas do pavimento. Essa selagem impede a entrada de partículas incompressíveis na junta, que prejudicam o desempenho do pavimento (IBTS, 2015).

Segundo o *The Concrete Society*, para definir o material mais adequado para o preenchimento das juntas deve-se saber qual o tipo de carregamento e as condições ambientais em que elas se encontram.

Para Rodrigues (2010), os selantes mais utilizados em pisos industriais de concreto são:

- Poliuretanos;
- Silicones;
- Epóxi semirrígido.

2.4.5 REVESTIMENTO DE ALTO DESEMPENHO (RAD)

De acordo com a NBR 14050:1998 - Sistemas de Revestimento de Alto Desempenho, à base de resinas epoxídicas e agregados minerais: projeto, execução e avaliação do desempenho - procedimento, o revestimento de alto desempenho é formado basicamente por endurecedores de superfície, resinas epoxídicas e agregados minerais. É uma alternativa para quando deseja-se melhorar o desempenho químico e físico dos pisos, aumentando a resistência ao impacto, compressão, tração, flexão, abrasão, ataques químicos e aderência aos substratos.

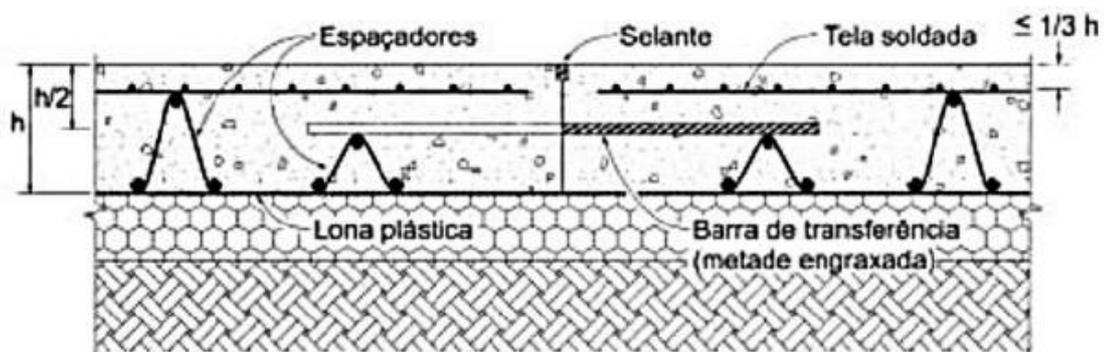
2.5 JUNTAS

A principal função da utilização de juntas em pisos é criar uma região fragilizada no concreto favorável à fissuração, aliviando as tensões geradas por variações volumétricas da placa e assim diminuindo a ocorrência e limitando a abertura de fissuras espalhadas aleatoriamente pela placa de concreto (ACI, 1997).

A classificação das juntas pode ser feita de acordo com seu método executivo e função que desempenha, em:

- Juntas de construção: estas juntas precisam ser empregadas devido às limitações na execução das placas de concreto. Juntas de construção são executadas nas regiões de interface entre concretagens feitas em momentos diferentes, que devido à descontinuidade do concreto são regiões frágeis. Devem ser empregados mecanismos de transferência de carga neste tipo de junta, como mostra a figura 11 (IBTS, 2006).

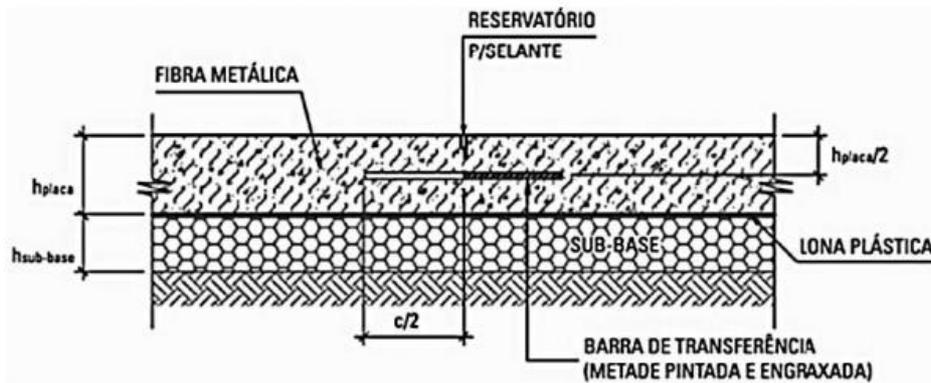
Figura 11 - Ilustração de juntas de construção.



(Fonte: IBTS, 2006, p. 71).

- Juntas serradas: são executadas em regiões específicas e têm função de permitir o alívio de tensões geradas pela retração do concreto. O corte tardio destas juntas pode permitir fissuração do concreto devido à acentuada retração do concreto nas primeiras horas. Na execução de juntas serradas devem ser empregados mecanismos de transferência de carga, como ilustrado a seguir a figura 12 (Rodrigo, Botacini e Gasparetto, 2006).

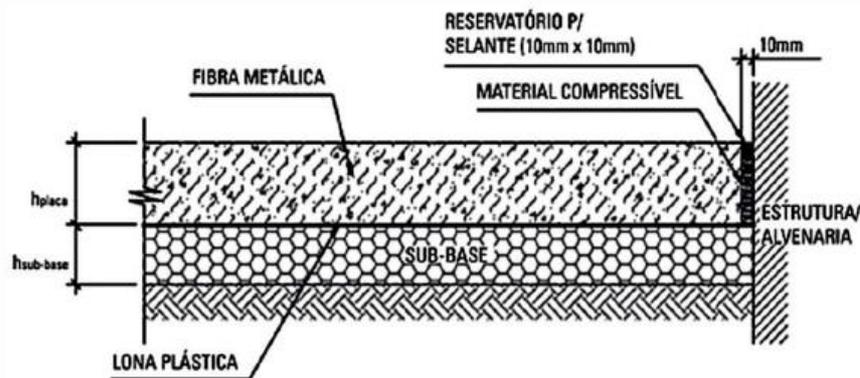
Figura 12 - Ilustração de juntas serradas.



(Fonte: Rodrigues, 2010, p. 106).

- Juntas de encontro: têm a função de permitir a movimentação entre o piso de concreto e os elementos construtivos em contato com o mesmo. Juntas de encontro são utilizadas em regiões adjacentes a paredes, pilares, bases de máquinas, mecanismos de drenagem e outros elementos (Figura 13) que possam impedir a livre movimentação do piso (ACI, 1997).

Figura 13 - Ilustração de juntas de encontro.



(Fonte: Rodrigues, 2010, p. 109).

2.6 EXECUÇÃO

Segundo Chodounsky e Viecili (c2007, p. 21), o piso de concreto tem as finalidades básicas de resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo carregamento, proporcionar perfeito rolamento quando existe a passagem de máquinas e materiais rodantes, resistir aos esforços mecânicos (flexão, compressão, impactos e abrasão) e a ataques químicos e biológicos. Portanto, torna-se necessário que haja um bom projeto, com utilização de materiais bem selecionados e profissionais capacitados para execução, levando em consideração os fatores estéticos, mecânicos, químicos e biológicos (Chodounsky; Viecili, 2007).

De acordo com a ABNT NBR 14931:2004, as etapas de execução, abordadas a seguir, são:

- Fundação do pavimento (subleito e sub-base);
- Preparação para concretagem (montagem das fôrmas e anteparos, montagem e colocação das armaduras, e propriedades e disponibilidade do concreto);
- Lançamento e adensamento do concreto;
- Acabamento superficial;
- Cura do concreto (cura úmida/química);
- Corte das juntas controle;
- Tratamento superficial e de juntas.

2.6.1 EXECUÇÃO DA FUNDAÇÃO DO PAVIMENTO

O desempenho de um pavimento depende diretamente da qualidade da placa de concreto e do sistema de suporte do mesmo, ou seja, mesmo que o piso de concreto seja executado corretamente, se a base não estiver bem preparada, o pavimento está sujeito a manifestações patológicas (ACI, 1997).

De acordo com Rodrigues, Botacini e Gasparetto (2006), são considerados como fundação de um piso o preparo do subleito, da sub-base e a instalação de barreiras de vapor.

a) Preparo do Subleito

Segundo Tamaki (2011), após os ensaios de caracterização do solo, sondagem e plasticidade, são especificadas as regiões mais rígidas e mais moles do solo. Nas regiões que apresentam características de solo mole, deve ser feita escavação, remoção do material e recomposição do solo, promovendo resistência (The Concrete Society, 2003).

O preparo do subleito é realizado antes da camada de sub-base, com o objetivo de garantir resistência, nivelamento e eliminar qualquer imperfeição ao longo da superfície (Tamaki, 2011).

De acordo com Rodrigues (2010), a compactação do solo deverá ser executada conforme exigências do projeto, com materiais adequados e levando em consideração a curva de compactação do solo. Segundo Pitta (1998) o grau de compactação mínimo recomendado deve ser de 95%.

Salienta-se que a compactação não deve ser executada com umidade que não seja a ótima, sujeitos a recusa da camada executada, necessitando de correções de homogeneização, umidade, espalhamento e nova compactação (Tamaki, 2011).

b) Preparo da Sub-base

As sub-bases funcionam como camada drenante e têm funções estruturais, concedendo capacidades de suporte e homogeneidade (IBTS, 2015).

De acordo com Rodrigues, Botacini e Gasparetto (2006) a sub-base é executada através do espalhamento de materiais especificados e compactados até atingir a espessura definida em projeto.

O tipo de espessura da camada de sub-base está relacionado com a capacidade de suporte do subleito e o carregamento do piso. Os materiais mais utilizados são brita, sub-base granular, solo-cimento, brita graduada simples ou solo melhorado com cimento (Tamaki, 2011).

c) Barreira de Vapor

De acordo com João (2014), a barreira de vapor funciona como movimentação entre a laje de concreto e a camada sub-base, permitindo a acomodação para os esforços devidos à retração do concreto, conforme figura 14:

Figura 14 - Detalhe da solicitação da barreira de vapor.



(Fonte: PTR da USP apud Santos, 2015).

Concomitantemente, Rodrigues (2010) afirma que as barreiras de vapor mais utilizadas são os filmes plásticos de polietileno, popularmente conhecidos como lonas plásticas. A Figura 15 apresenta a execução da barreira de vapor:

Figura 15 - Execução da barreira de vapor.



(Fonte: Habitissimo, 2019).

2.6.2 PREPARAÇÃO PARA CONCRETAGEM

Finalizadas as etapas de fundação do pavimento, diversos fatores devem ser considerados antes do início da concretagem.

a) Condições ambientais

De acordo com Rodrigues, Botacini e Gasparetto (2006) é importante que a área a ser concretada esteja protegida contra as ações do vento e contra a incidência de radiação solar, portanto recomenda-se ambientes cobertos e vedados lateralmente.

A taxa de evaporação da água de hidratação do concreto sofre influência direta da umidade relativa do ar, da temperatura ambiente e do concreto, e da incidência solar e de vento, possibilitando alterações das propriedades do concreto e o favorecimento e desenvolvimento de fissuras por retração plástica (Rodrigues, 2010).

Rodrigues (2010) ainda afirma que a temperatura ideal para lançamento do concreto é entre 10°C e 15°C, portanto são raras no Brasil. Torna-se necessário que medidas específicas sejam tomadas, estando sujeitos a perdas na resistência à compressão do concreto e na resistência química e à abrasão. Para mitigar este problema poderá ser utilizado concretos especiais para climas quentes.

b) Montagem das Fôrmas e Anteparos

De acordo com Rodrigues (2010), as fôrmas devem ser rígidas para suportar as pressões do concreto e leves para fácil e rápido manuseio, a espessura do piso deve ser levemente superior à altura da forma e devem possuir aberturas corretas para o perfeito encaixe das barras de transferência. A figura 16 apresenta a montagem das formas:

Figura 16 - Execução de fôrmas metálicas.



(Fonte: Concreta Engenharia, 2021).

As formas podem ser de madeira ou aço, conforme o tipo e finalidade a que se destina em termos de suporte ou não do equipamento de espalhamento e

adensamento do concreto, são montadas e conferidas com o nível óptico obedecendo as juntas de construção e as cotas determinadas em projeto. É importante uma boa fixação para evitar que cedam com a pressão do concreto e para suportar os esforços advindos dos equipamentos sobre as mesmas apoiadas (Chodounsky; Viecili, 2007)

Além disso, todos os elementos construtivos como pilares e paredes devem ser isolados do piso de concreto com a utilização de material compressível adequado na região de contato formando juntas de encontro (ACI, 1997).

c) Montagem e Colocação de Armaduras

Segundo a ABNT NBR 14931:2004, deve ser feita uma inspeção antes de utilizar quaisquer armaduras, a fim de verificar ausência de substâncias danosas que possa afetar de maneira adversa o aço, concreto, ou até mesmo a aderência entre os materiais, caso apresentem aspecto de corrosão deve ser feita uma limpeza superficial e uma avaliação das condições da armadura, em especial de eventuais reduções de seção.

O posicionamento das armaduras tem como finalidade melhorar o desempenho e a durabilidade do piso, combatendo as fissuras causadas pela retração do concreto, que deve ficar a no máximo 50mm da superfície ou a um terço da espessura da placa (Rodrigues; Cassaro, 1998).

As armaduras descritas em projeto devem ser posicionadas, utilizando espaçadores, barras e mecanismos de transferência de carga (Rodrigues; Botacini; Gasparetto, 2006), corroborando com essas informações, Chodounsky e Viecili (2007) indicam que é essencial o correto posicionamento das armaduras e espaçadores, garantindo assim o cobrimento estipulado em projeto, além disso, é imprescindível a montagem com antecedência em relação à concretagem. A figura 17 apresenta o piso armado:

Figura 17 - Piso armado.



(Fonte: CD Guedes, 2019).

d) Propriedades e Disponibilidade do Concreto

Antes da concretagem devem ser verificadas as propriedades do concreto que chega à obra, se estão atendendo as especificações de projeto, se existe disponibilidade suficiente de concreto e se o concreto é corretamente misturado nos caminhões betoneira (The Concrete Society, 2003).

2.6.3 LANÇAMENTO E ADENSAMENTO DO CONCRETO

Recomenda-se a realização de um trecho experimental do piso, com dimensões em torno de 300m² antes da execução do piso planejado (Sá Et Al, 2009), com o objetivo de avaliar as características do traço de concreto aplicado, os equipamentos utilizados e disponibilizados pela empresa construtora do piso, as chances de surgimento de patologias, e o aspecto visual final do piso.

Caso todas as etapas preliminares à concretagem estejam satisfatoriamente executadas, inicia-se a concretagem do pavimento.

É recomendado a sequência de faixas alternadas, com placas isoladas das vizinhas, que são executadas após 24 horas (IBTS, 2015). Conforme mostra a figura 18 a seguir:

Figura 18 - Plano de concretagem.

(Fonte: IBTS, 2015, p. 103).

De acordo com as condições locais e de projetos, o lançamento do concreto pode ser feito através de modo convencional, ou seja, através do caminhão betoneira, através de bombas lanças, baldes, esteiras, carrinho de mão e entre outros. O espalhamento deve ser executado uniformemente, de forma que após o adensamento, sobre pouco material para ser removido, facilitando os trabalhos com a régua vibratória (IBTS, 2015).

A ACI (1997) destaca que o lançamento do concreto deve ser realizado o mais próximo possível de sua posição definitiva, lançar próximo ao solo e evitar grandes quedas, e não vibrar o concreto de modo horizontal.

Os equipamentos mais utilizados no Brasil são as régua vibratórias, e a Laser Screed cuja funcionalidades são espalhar, vibrar e dar acabamento primário no concreto (IBTS, 2015). A figura 19 mostra a utilização da Régua Vibratória Laser Screed.

Figura 19 - Equipamento Laser Screed.



(Fonte: IBTS, 2015, p. 104).

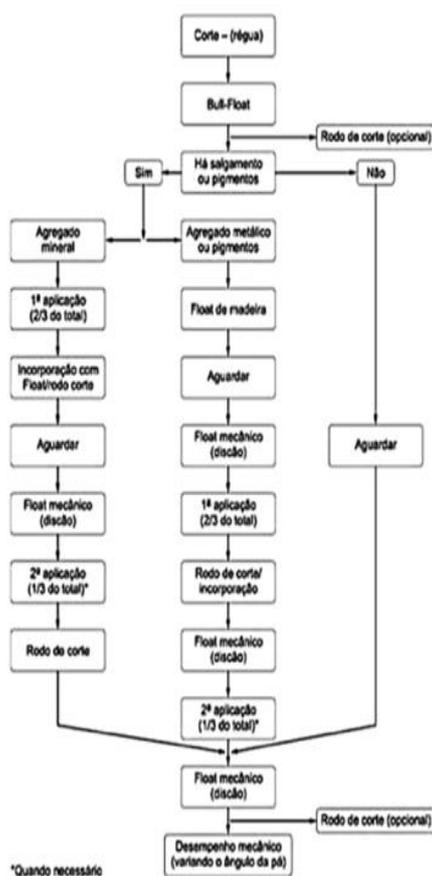
2.6.4 ACABAMENTO DA SUPERFÍCIE

De acordo com Rodrigues e Cassaro (1998) o acabamento superficial é separado nas etapas a seguir:

- Regularização: promove bons resultados de planicidade, através do rodo dotado de float, perfil de alumínio ligado a um cabo que permite cortar o concreto modificando o ângulo do perfil.
- Desempenho mecânico: promove a compactação superficial do concreto e um piso alisado, através de discos fixados em acabamentos simples ou duplas.
- Alisamento superficial: promove uma superfície dura, densa e lisa, através de lâminas fixadas em acabadoras simples ou duplas.

A ACI (1997), apresenta um fluxograma resumo com as principais etapas de acabamento superficial em pisos. De acordo com a figura 20 a seguir.

Figura 20 - Fluxograma da etapa de acabamento do concreto.



(Fonte: ACI, 1997, tradução de Rodrigues, Botacini e Gasparetto, 2006, p. 30).

2.6.5 CURA

O processo de cura consiste em não permitir a desidratação precoce do concreto e assim possibilitar que ele atinja o seu melhor desempenho em relação à resistência mecânica e fissuração devido à retração (Rodrigues, 2010).

Segundo o IBTS (2015), a cura pode ser separada nas etapas a seguir:

- Cura Inicial: é executada após as operações de lançamento e adensamento, período no qual há maior influência dos fenômenos de superfície.
- Cura complementar: é executada após o acabamento final, quando a superfície está firme e já suporta algumas cargas.

Segundo Senefonte (2007), a cura do concreto pode ser química, ou seja, com aspersão de agentes resinados, ou úmida utilizando o método do emprego de manta poliéster adicionando água sobre a superfície do concreto.

2.6.6 EXECUÇÃO DAS JUNTAS

O corte das juntas deve ser realizado logo após o concreto permitir a operação sem danos à superfície, deve ser feito até pelo menos $\frac{1}{4}$ da espessura da placa de concreto (The Concrete Society, 2003).

As juntas erradas são executadas com a utilização de máquinas de corte, serras diamantadas, e não podem ser aplicadas em pisos protegidos (Rodrigues, 2010).

É importante que o executor siga as orientações do projeto quanto à profundidade do corte das juntas controle e construtivas, pois estão sujeitos ao aparecimento de fissuras a retração caso o corte não obtenha espessura desejada (Chodounsky; Viecili, 2007). Normalmente, a profundidade do corte é executada a um terço da espessura da placa (Rodrigues, 2010).

O interior do corte deve ser limpo e hidro jateado para evitar a impregnação da nata de cimento gerada na execução do corte (Sá et Al, 2009).

2.6.7 TRATAMENTO SUPERFICIAL E DE JUNTAS

O tratamento superficial pode ser executado com aplicação de elementos endurecedores de superfície composto de agregados minerais ou metálicos, aspergidos logo após a etapa de sarrafeamento do concreto, conforme figura 21, ou com aplicação de endurecedor de superfície químico de solução aquosa à base de silicatos e siliconados, aplicados diretamente sobre a superfície do piso de concreto endurecido, conforme figura 22 (Senefonte, 2007).

Figura 21 - Aspersão de agregados minerais.



(Fonte: Senefonte, 2007).

Figura 22 - Aplicação do endurecedor químico de superfície.



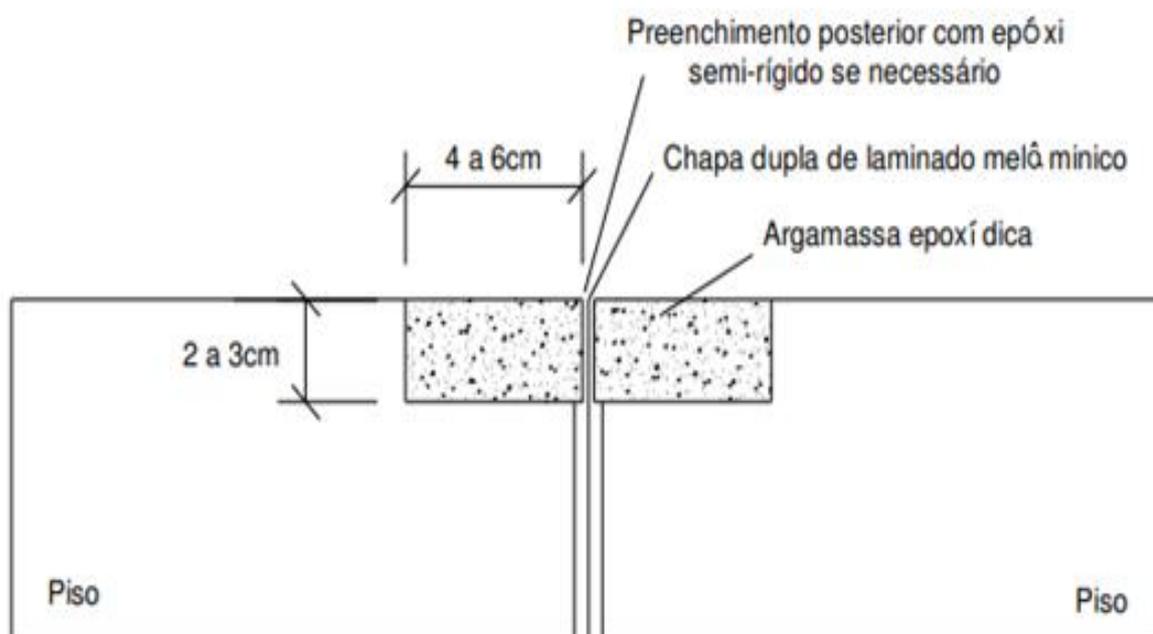
(Fonte: Senefonte, 2007).

O tratamento superficial tem funções de aumentar a dureza superficial do pavimento, melhorando a resistência à abrasão, diminuindo a formação de pó e, portanto, aumentando a vida útil do piso de concreto (Oliveira, 2022).

As juntas serradas e de encontro devem ser tratadas com materiais descritos no tópico 2.4.4, com o objetivo de reforçar as bordas e aumentar a resistência das juntas (Tamaki, 2011).

Nas juntas de construção e nas juntas de auto tráfego deverá ser executado reforço de borda, usualmente denominado lábio polimérico, constituído de argamassa à base de epóxi (Senefonte, 2007). Conforme ilustrado na figura 23 a seguir:

Figura 23 - Detalhe em corte de reforço de borda de junta (lábio polimérico).



(Fonte: Senefonte, 2007).

2.6.8 PLANICIDADE E NIVELAMENTO

É de grande relevância analisar os níveis das tolerâncias superficiais, depois que o piso for finalizado, e assegurado que todas as etapas executivas foram devidamente efetuadas.

Conforme a norma ASTM E 1155:1996 (Standart Test Method for Determining Floor

Flatness e Levelness Using The F-Number System) apresenta uma metodologia de medida das características da superfície, nomeada sistema F-Numbers, baseado em duas propriedades:

- Planicidade (Flatness) (FF):

Referente a ondulação do pavimento, é de grande importância quando se trata da circulação de equipamentos sobre o piso por conta de vibrações e cargas dinâmicas (Rodrigues, 2010).

Segundo o IBTS (2015), a curvatura máxima (q_i) em 600mm de piso, é calculada com base em duas medidas sucessivas de elevações diferenciais, tomadas a cada 300mm.

- Nivelamento (Levelness) (FL):

Fundamenta-se na conferência do desnível da superfície com o plano horizontal (Z_i), medido a cada 3 metros. Este índice é relevante para pisos em centros de estocagem em que ocorre o empilhamento de paletes (Rodrigues, 2010).

Para cada F-Number (FF e FL) devem ser empregados dois requisitos de qualidade:

- Valor global: índice de planicidade ou nivelamento a ser alcançado no piso como completo, calculado pela média ponderada com a área dos resultados individuais de cada faixa (seção de teste), conforme equações abaixo:

$$F_f = \frac{\sum A_i * F_{fi}}{\sum A_i} \quad F_l = \frac{\sum A_i * F_{li}}{\sum A_i}$$

- Valor mínimo local: é o valor mínimo de planicidade ou nivelamento aceitável para qualquer trecho do piso, faixa de concretagem ou parte dela.

Na figura 24 apresentada por Rodrigues (2010), adaptada da ACI (1997), demonstra os valores característicos de utilização destes índices em diversas aplicações de pisos.

Figura 24 – Valores globais típicos de planicidade e nivelamento.

PLANICIDADE	NIVELAMENTO	DESCRIÇÃO DO USO
20	15	NÃO-CRÍTICO: SOLOS MECÂNICOS, ÁREAS RESTRITAS AO PÚBLICO, CONTRAPISOS PARA PISOS ELEVADOS, CONTRAPISOS PARA APLICAÇÃO DE REVESTIMENTOS COM SISTEMAS DE ARGAMASSAS.
25	20	ESTACIONAMENTOS E ÁREAS DE CIRCULAÇÃO COM VELOCIDADES BAIXAS.
35	25	CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO COM TRÁFEGO MODERADO E ELEVADO; ÁREAS PARA APLICAÇÃO DE REVESTIMENTOS COLADOS SOBRE O CONCRETO OU REVESTIMENTOS POLIMÉRICOS OU OINTURAS; ÁREAS PORTUÁRIAS COM TRÁFEGO ELEVADO DE EQUIPAMENTOS DE MOVIMENTAÇÃO DE CARGA.
45	35	ÁREAS COM TRÁFEGO DE VEÍCULOS SOBRE COLCHÃO DE AR, TRÁDEGO DE EQUIPAMENTOS COM FIO INDUTIVO OU SIMILAR, PISOS DE GINÁSIOS ESPORTIVOS.
>50	>50	TRÁFEGO DE EMPILHADEIRAS DO TIPO TRILATERAIS; ESTÚDIOS DE TELEVISÃO.

(Fonte: adaptado de Rodrigues, 2010).

Conclui-se que quanto maiores os valores de FF e FL mais qualidade superficial o piso de concreto apresenta.

3 PATOLOGIAS EM PISO INDUSTRIAIS DE CONCRETO

O termo “patologia” tem sua origem no grego, onde “Pathos” significa sofrimento, doença, e “Logos” significa ciência, estudo. Sendo assim, a palavra “patologia” literalmente significa o “estudo da doença”. Segundo o dicionário online (MICHAELIS), a patologia é a “ciência que estuda todos os aspectos da doença, com especial atenção à origem, aos sintomas e ao desenvolvimento das condições orgânicas anormais e suas consequências.”

Trazendo para o universo das edificações, pode-se entender a ciência da patologia das construções como o ramo da engenharia que estuda as origens, causas e sintomas dos vícios construtivos que ocorrem na construção. Com o estudo das fontes dos vícios, é possível evitar que a ocorrência de manifestações patológicas se torne algo comum nas edificações modernas (DO CARMO, 2003).

As patologias não acontecem isoladamente ou sem motivo. Para Chodounsky (2010) as patologias podem se manifestar devido à falta de projeto, especificações inadequadas, foco na redução de custo e não na qualidade, falta de controle tecnológico, procedimentos executivos inadequados, ausência de normas. Baseado nisso, pode-se dizer que o ramo da engenharia civil é sustentado por um tripé formado pelo projeto, execução e escolha do material. Quando um desses elementos não cumpre o seu devido papel, a construção sofre diversos abalos, gerando as manifestações patológicas.

3.1 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PISOS DE CONCRETO INDUSTRIAL

Neste capítulo serão abordadas as principais manifestações patológicas que são apresentadas em pisos industriais de concreto. Segundo Daniel e Guilherme (2020), as principais manifestações patológicas que os pisos industriais apresentam são:

- Fissuras por retração plástica;
- Fissuras por retração hidráulica;
- Microfissuras;
- Esborcinamento de juntas;
- Empenamento (curlins);
- Borrachudo (crusting);
- Delaminação (delamination);
- Desgaste por abrasão.

3.1.1 FISSURAÇÃO

Segundo o PCA (2001) - *Portland Cement Association*, fissuras em pisos podem ocorrer antes ou depois da secagem do concreto e estão relacionadas a uma série de situações ou combinação de fatores, como: variações de temperatura, aplicação de sobrecargas, retração plástica e por secagem.

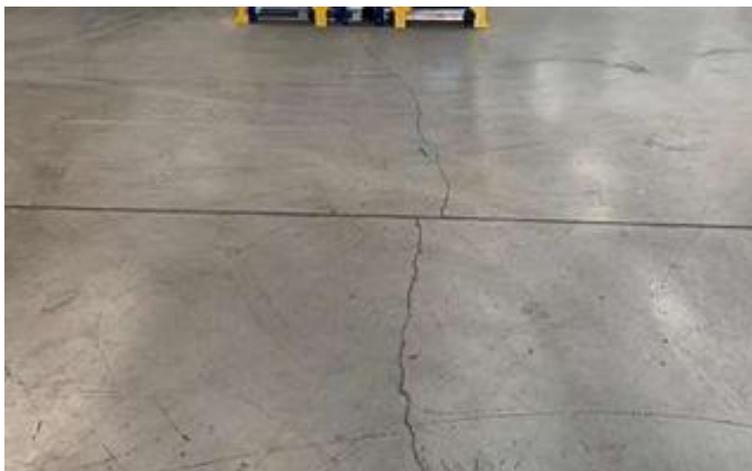
a) FISSURAS POR RETRAÇÃO PLÁSTICA

Segundo a ACI 224 (1996) esse tipo de fissura surge na superfície do concreto (Figura 25) ainda no estado fresco e está associado à uma perda de umidade derivada de um conjunto de fatores climáticos, como a umidade relativa do ar, a velocidade do vento, a temperatura do ar, e a temperatura do concreto.

O fenômeno de retração ocorre quando o concreto, ainda em seu estado plástico, passa por um processo de secagem acelerada, ocasionando na evaporação da água no pavimento em um índice maior do que a quantidade de água disponível pela exsudação. Já que o concreto possui uma baixa resistência à tração, nessa etapa, facilita-se a formação de fissuras (MONTARDO, 2009).

As fissuras ocorrem paralelas entre si, com um espaçamento de 0,2 a 1,0 metros e na maioria das situações, com profundidades de 25 a 75 milímetros e com grandes aberturas, havendo casos que danificam toda a placa (CHODOUNSKY E VIECILI, 2007).

Figura 25 - Piso apresentando fissuras por retração plástica.



(Fonte: DANIEL e GUILHERME, 2020, p. 6)

Como forma de atenuar os efeitos deste tipo de fissuração o *The Concrete Society* (2003) orienta proteger o concreto no estado plástico da ação solar e do vento e acima de tudo realizar um efetivo sistema de cura. Outra medida eficaz é a utilização de telas soldadas e fibras, como material de reforço para o concreto, aplicadas antes do processo de concretagem.

b) FISSURAS POR RETRAÇÃO HIDRÁULICA

Também denominada de retração por secagem, ao contrário das fissuras por retração plástica, que ocorrem no estado fresco do concreto, em que há a ação do vento e troca de umidade com o ambiente, as fissuras por retração hidráulica ocorrem quando o concreto não está mais em seu estado plástico, sendo difícil de identificar a sua origem (Rodrigues, Botacini e Gasparetto, 2006).

Este tipo de retração está ligado à evaporação da água excedente à hidratação do cimento. Sendo assim, a prática de adicionar água além do necessário, muitas vezes aplicada para aumentar a fluidez e melhorar a trabalhabilidade do concreto no estado fresco, está intimamente ligada ao desenvolvimento de fissuras por retração hidráulica. (Rodrigues, 2010).

Chodounsky e Viecili (2007) relataram que esse tipo de fissura se manifesta transversalmente ao sentido da placa, variando no tamanho da abertura (Figura 26). As

fissuras podem se manifestar logo após a pega do concreto como também no corte das juntas, ou depois de um determinado tempo da execução do piso.

O *The Concrete Society* (2003) classifica as fissuras de retração por secagem como as mais sérias em relação ao comprometimento da qualidade de pavimentos e geralmente seus danos são irreversíveis.

Figura 26 - Piso apresentando fissuras por retração hidráulica.



(Fonte: DANIEL e GUILHERME, 2020, p. 6)

Para evitar esse tipo de manifestação patológica a ACI, 1997 recomenda evitar as seguintes más práticas:

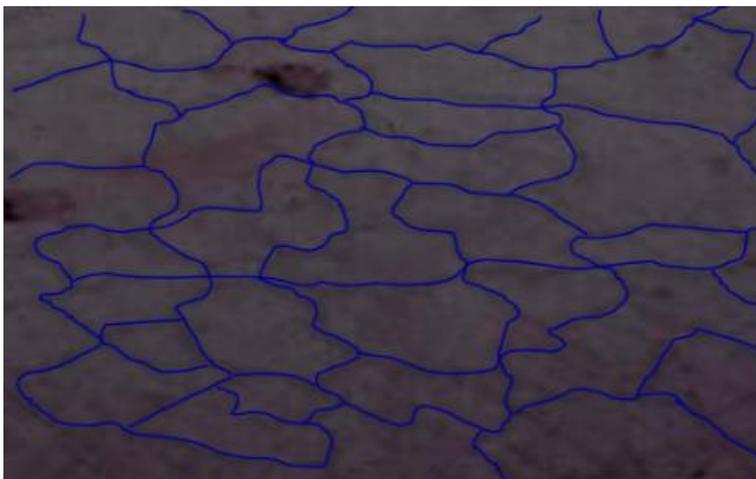
- Execução inadequada ou inexistente da cura do concreto;
- Má execução do sistema de juntas, como: corte tardio, profundidade e espaçamento insuficientes e reforços contínuos que impeçam o funcionamento da junta;
- Restrições devido à má execução das camadas de apoio como: desníveis e utilização de materiais com alto coeficiente de fricção;
- Restrições devido ao mau isolamento ou não isolamento de elementos construtivos em contato com o piso.

3.1.2 MICROFISSURAS

São pequenas fissuras, que apresentam dimensões de 3 mm de profundidade e 50mm de espaçamento entre uma e outra e que, em sua maioria, são pouco perceptíveis (Figura 27), a não ser durante a sua secagem após a presença de água ou quando o piso é exposto a sujeiras excessivas. O seu advento pode ser decorrente da presença de

elevados teores de finos e agregados com excesso de impurezas no concreto, aplicação inapropriada do acabamento, com o uso exagerado do desempeno, exposição ao sol, vento, a altas temperaturas do ar e a aplicação da cura de forma incorreta. Embora apresente uma má aparência e passe uma má impressão ao usuário, esse tipo de patologia não compromete o desempenho estrutural do piso (CHODOUNSKY & VIECILI, 2007).

Figura 27 - Piso apresentando microfissuras.



(Fonte: CHODOUNSKY, 2010, p. 26)

3.1.3 ESBORCINAMENTO DE JUNTAS

Segundo o Manual de Recuperação de Pavimentos Rígidos do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT), o esborcinamento é uma patologia que se manifesta na superfície da placa, próximo às juntas, sendo por meio da quebra das bordas e pela quebra de canto das placas (Figura 28), que pode ser originada do corte prematuro das juntas, quando o concreto não apresenta a resistência adequada, da penetração de materiais incompressíveis na junta, da queda de equipamento nas quinas das juntas, com o concreto ainda sem muita resistência dentre outras causas. (DNIT, 2010).

Figura 28 - Piso apresentando Esborcinamento de juntas.



(Fonte: DANIEL e GUILHERME, 2020, p. 7)

3.1.4 EMPENAMENTO

Para Chodounsky (2010) o empenamento é a distorção dos cantos e bordas da placa para cima (Figura 29), gerado pelo gradiente de umidade entre as faces superior e inferior da placa. Para Fortes, Souza e Junior (2008) esse fenômeno comumente tem ligação com o índice de esbeltez da placa, o que resulta no seu arqueamento e, até mesmo, na quebra por falta de apoio nos extremos. Podendo ser agravado pela má compactação da sub-base.

Garber (1991) afirma que o empenamento excessivo pode resultar em outras consequências, como a perda de aderência de revestimentos, o agravamento do nivelamento do piso, o mau funcionamento das juntas, o aparecimento de fissuras devido à perda de contato da placa com a sub-base.

Figura 29 - Piso apresentando empenamento da placa.



(Fonte: DANIEL e GUILHERME, 2020, p. 7)

3.1.5 BORRACHUDO

É um fenômeno caracterizado pelo enrijecimento prematuro da camada superficial do concreto. Ele descreve o comportamento elástico do concreto, semelhante ao que ocorre na compactação de solos com excesso de umidade. Costuma apresentar uma superfície fissurada e ondulada (Figura 30), comprometendo tanto a estética quanto a funcionalidade do piso (CHODOUNSKY, 2010).

O mesmo autor aponta a concretagem sobre sub-bases frias, condições climáticas, como exposição ao sol, baixa umidade relativa, como também o traço do concreto utilizado, como motivo para a manifestação desta patologia.

Figura 30 - Piso apresentando patologia de borrachudo.



(Fonte: DANIEL e GUILHERME, 2020, p. 7)

3.1.6 DELAMINAÇÃO

Para Fortes, Souza e Junior (2008) a delaminação é o destacamento da lâmina superficial do piso (Figura 31), o que acaba expondo as demais camadas do piso a ação de intempéries, causando uma redução drástica na sua durabilidade.

Chodounsky (2010) afirma que essa manifestação patológica está relacionada com o fenômeno de endurecimento diferencial entre a base e a superfície do concreto, podendo ser causado por: fatores intrínsecos do concreto, como o excesso de finos, de argamassa, atraso de pega, excesso de ar incorporado; por condições climáticas adversas, como elevada temperatura, baixa umidade relativa do ar, sol e vento excessivos, temperatura baixa da base; por fatores ligados à execução, como entrada prematura ou tardia das acabadoras, uso de ferramentas e equipamentos inapropriados.

Figura 31 - Piso apresentando delaminação.



(Fonte: DANIEL e GUILHERME, 2020, p. 8)

3.1.7 DESGASTE POR ABRASÃO

Essa patologia se manifesta pela formação de pó e no surgimento de buracos, causados pelo desgaste acentuado da superfície do piso (Figura 32). Esse fenômeno pode levar a problemas simples, como desconforto estético, como também a graves problemas, como o mal aproveitamento, ou até mesmo impedimento, de equipamentos de precisão (CHODOUNSKY E VIECILI, 2007).

Marcondes (2007) acrescenta que tal manifestação patológica está relacionada a uma fraca ligação do aglomerante, neste caso o cimento, com os demais materiais utilizados, causando a desagregação do concreto, onde os agregados ficam soltos ou

são fáceis de remover.

O autor também ressalta as principais causas desse fenômeno. Uma delas é a exsudação do concreto, onde parte da água utilizada na mistura vai à superfície, resultando em um elevado fator água/cimento na região, acarretando em uma baixa resistência à abrasão. Outras causas seriam o baixo teor de cimento, areia contaminada com matéria orgânica, prejudicando a hidratação do cimento, excesso de água de amassamento, má execução ou falta da cura, excesso de vibração.

Figura 32 - Piso apresentando desgaste por abrasão.



(Fonte: ACI, 1997, p. 56)

4 ESTUDO DE CASO

4.1 METODOLOGIA

O presente tópico expõe as etapas realizadas nos estudos de casos: descrição da obra, coleta de dados, acompanhamento das etapas de execução, avaliação da qualidade final do piso através de inspeção visual, identificação e diagnóstico das manifestações patológicas em pisos industriais e possíveis soluções.

Com o objetivo de avaliar as manifestações patológicas em pisos industriais, foram analisados dois empreendimentos: o primeiro caso localiza-se na cidade de Paulista-PE, as visitas ocorreram entre os meses fevereiro e março de 2022; o segundo caso localiza-se na cidade de Recife-PE, as visitas ocorreram entre os meses julho a dezembro de 2021. As análises realizadas deram-se em galpões industriais com pisos de concreto e acabamento mecânico liso espelhado.

O motivo pelo qual foi escolhido o primeiro empreendimento (caso 1) foi devido ao grande número de manifestações patológicas identificadas, como consequência de uma obra mal planejada; o segundo empreendimento (caso 2), foi escolhido devido ao favorável resultado final do piso, como consequência de uma obra planejada, com bons materiais, o devido gerenciamento e fiscalização.

Em virtude do acompanhamento em campo foi possível registrar através de imagens fotográficas a execução e a qualidade final dos pavimentos de concreto, o proponente também teve acesso aos projetos executivos dos pisos e aos relatórios gerados durante e após as obras.

Corroborando com a base de dados adquirida e fundamentada na revisão bibliográfica foi possível avaliar o processo executivo e o acabamento final dos pisos, identificando e diagnosticando as manifestações patológicas nos pisos industriais, apontando possíveis reparos para os problemas apresentados.

4.2 CASO 1

O primeiro estudo de caso consistiu no acompanhamento das etapas executivas do piso de concreto, durante os meses fevereiro e março de 2022.

4.2.1 DESCRIÇÃO DA OBRA

O empreendimento trata-se de uma fábrica de móveis predominantemente em madeira, com área total de 9.600m², e está localizado na cidade de Paulista-PE, cujo objetivo é produzir e armazenar móveis planejados para todo o estado de Pernambuco.

4.2.2 COLETA DE DADOS

Os dados coletados foram obtidos durante a etapa de execução do piso de concreto por meio de registros fotográficos, acesso a relatórios e anotações técnicas da obra.

4.2.3 EXECUÇÃO DO PISO DE CONCRETO

Acompanhou-se as etapas executivas do piso de concreto. A técnica estabelecida foi executar uma camada de concreto reforçado com fibras sintéticas, com espessura de 13 cm, sob armação metálica utilizando-se de telas nervuradas.

De acordo com os responsáveis da obra, não foi executado projeto de piso de concreto, sendo apenas especificadas as características do concreto, aço e espessura da placa.

A execução do piso se deu conforme as etapas a seguir:

a) Preparação do Local

A preparação do local inicia-se através da regularização e a compactação do terreno que tem como objetivo adquirir resistência e eliminar qualquer imperfeição ao longo da superfície. Após a camada do subleito finalizada, foi executado o preparo da sub-base, constituída por uma camada de brita graduada (BGS), que após compactada atingiu espessura de 10 cm.

b) Execução da Base

A instalação da barreira de vapor consistiu na aplicação de uma camada de lona

plástica com espessura de 200 micras sob a sub-base. Em seguida, foram posicionadas as formas metálicas no perímetro do piso a ser concretado.

A montagem das treliças e barras de transferências foram executadas antes da armação metálica e posicionadas após a colocação da lona (Figura 33), espaçadas a aproximadamente 5 metros, com o objetivo de formar as juntas serradas e induzir as fissuras para a face inferior do piso.

Figura 33 - Posicionamento de treliças e barras de transferência.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

As telas metálicas do piso foram posicionadas após a instalação de espaçadores plásticos com altura de 5 cm sob a lona. Foram utilizadas telas nervuradas Q196 de aço CA-60, conforme mostra a figura 34:

Figura 34 - Posicionamento de espaçadores e telas metálicas.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

Além das armaduras principais foram posicionadas as armaduras de reforço de bordas, cantos de pilares e materiais flexíveis nas juntas de encontro, conforme mostra a figura 35 a seguir:

Figura 35 - Posicionamento de reforços metálicos e EPS nas juntas de encontro.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

Foram utilizadas placas de Poliestireno Expandido (EPS) de 10 mm como material de preenchimento das juntas de encontro. Estes foram posicionados junto às paredes, no entanto, por vezes o material das juntas de encontro foi mal posicionado ou até mesmo não colocado, deixando com que a placa de concreto entre em contato direto com os elementos construtivos.

Por muitas vezes também não foram colocados os devidos reforços em pilares, ficando sujeito ao aparecimento de trincas e fissuras, causadas pelos esforços advindos da alvenaria.

Foram utilizadas barras de transferências lisas de aço estrutural CA 50 com 10mm de diâmetro e 50 cm de comprimento espaçadas a cada 30 cm nas juntas de construção, revestidas com graxa em uma das suas extremidades a fim de promover a interação entre as placas de concreto vizinhas, conforme a figura 36:

Figura 36 - Mecanismo de transferência de carga.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

c) Lançamento do Concreto

O piso foi executado com concreto usinado com adição de microfibras de polipropileno, que funcionam como mecanismos de controle de retração plástica. Utilizou-se o concreto com resistência de 35 Mpa e abatimento de 10 ± 2 cm.

O local é coberto e possui paredes que reduzem as ações de vento e radiação solar. Estas condições reduzem a taxa de evaporação de água do concreto, diminuindo a ocorrência de microfissuras.

Foi feito o controle do abatimento do concreto antes do lançamento, no entanto não foram moldados corpos de provas para posterior ensaio de resistência à compressão, etapa importante para controle da qualidade do pavimento.

As concretagens foram executadas em 13 grandes faixas de 62,0m de largura por 12,0m de comprimento, com áreas de aproximadamente 744m² cada.

Conforme figura 37, o concreto foi lançado de modo convencional, sem utilização de bombas lanças.

Figura 37 - Lançamento do concreto.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

As chegadas dos caminhões na obra aconteceram de forma escalonada, com intervalos de até 2 horas de diferença entre o lançamento dos caminhões de concreto, formando emendas denominadas juntas frias.

Após o lançamento, o concreto foi espalhado com enxada e nivelado com a máquina vibratória treliçada, utilizando referência do nível óptico. Conforme as figuras 38 e 39 a seguir:

Figura 38 - Lançamento do concreto.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

Figura 39 - Nível óptico.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

d) Acabamento Superficial do Concreto

Posteriormente ao início da pega, quando o concreto lançado e nivelado foi capaz de suportar o caminhar dos operários, iniciou-se a etapa do desempenho mecânico, utilizando discos e rodo dotado de float para retirar o excesso de argamassa localizada na superfície do piso. Conforme Figura 40:

Figura 40 - Desempenho mecânico com discos e rodo, dotado de float.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

Após a superfície apresentar compactação suficiente para o acabamento final, isto

é, após a utilização dos discos, foi realizado o alisamento mecânico utilizando desempenadeiras mecânicas duplas e simples com lâminas de aço, conforme figura 41:

Figura 41 - Desempeno mecânico duplo com lâminas de aço.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

e) Tratamento Superficial do Concreto

Para evitar a desidratação precoce do concreto, foi aplicado na sequência do acabamento a cura química com auxílio de bomba costal, cerca de 200ml/m². Conforme figura 42:

Figura 42 - Aplicação de cura química.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

f) Corte Junta Controle

No dia seguinte à execução da concretagem e acabamento superficial do piso, foram marcadas e cortadas as juntas, utilizando-se de máquina de corte, conforme imagem 43, posteriormente foi executada a lavagem do corte retirando todo o material localizado na junta.

Figura 43 - Corte das juntas.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

Devido à demora para execução do corte das juntas, houveram surgimento de fissuras transversais e paralelas às juntas serradas.

4.2.4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FINAL DO PISO

Durante o acabamento, surgiram pequenas manchas no piso causados pela pega diferencial entre a base e a superfície do concreto, além da dificuldade em finalizar o acabamento, percebe-se que houve uma perda de resistência, ficando sujeito a manifestação patológica, isto é, delaminação do concreto, conforme explica o item 4.1.5 do referencial teórico.

De acordo com a figura 44 e 45 ainda em processo de acabamento superficial, pôde-se observar a manifestação patológica no piso:

Figura 44 - Delaminação.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

Figura 45 - Delaminação



(Fonte: Registro dos autores, 2022)

Devido ao enrijecimento prematuro da camada superficial do concreto, o piso apresentou aspecto borrachudo, conforme figura 46:

Figura 46 - Borrachudo.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

Foram identificadas também duas fissuras transversais ao comprimento da placa, estas estão próximas às juntas transversais do pavimento (juntas serradas). Vide figuras 47 e 48 a seguir:

Figura 47 - Fissura 01.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

Figura 48 - Fissura 02.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

As fissuras apresentadas são caracterizadas pelo paralelismo com a junta serrada e observa-se que ela atravessa toda espessura da placa. Esse tipo de fissura é causado pela demora no corte das juntas serradas.

Apesar das manifestações patológicas existentes, o piso ficou brilhante e com boa aparência.

4.2.5 POSSÍVEIS SOLUÇÕES

Com o quadro de manifestações apresentadas é necessário a correção para evitar o aumento da abertura das fissuras, quebra do concreto, geração de pó e impacto na movimentação de equipamentos no pavimento.

Pode ser usado para recuperação das manifestações patológicas delaminação e borrachudo, o uso do Revestimento de Alto Desempenho (RAD).

Após a demarcação da superfície a ser tratada, deve-se escarificar o piso para abertura de sulcos e limpar a seco para remoção das partículas soltas, deixando o substrato isento de qualquer material que possa prejudicar a aderência do revestimento. Após essa etapa deve-se aplicar a ponte de aderência no substrato e por fim, aplicar a argamassa cimentícia de alta resistência com acabamento liso espelhado.

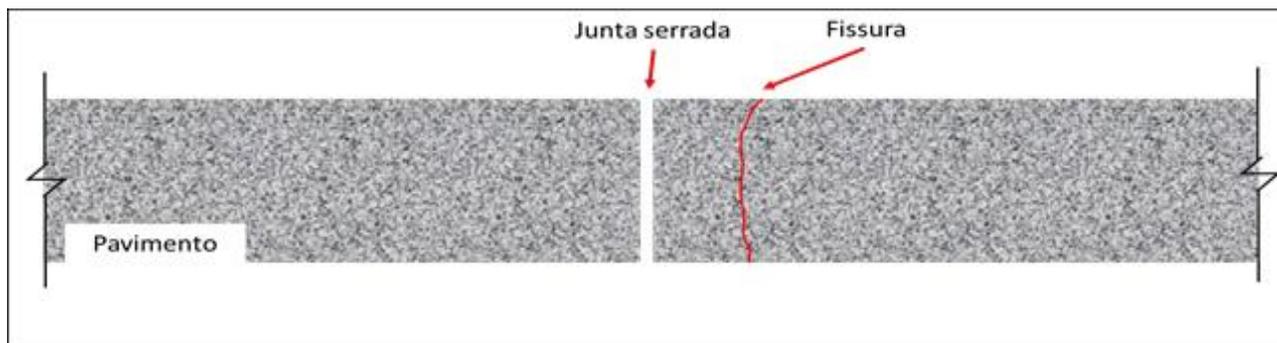
As principais vantagens da utilização desse revestimento é a possibilidade da execução sem a demolição do piso de concreto, a alta resistência inicial, final e a rápida liberação para tráfego.

As fissuras por estarem próximas às juntas serradas não podem ser injetadas com resina estrutural porque haverá um selamento das juntas pelo produto o que deixará a mesma impedida de movimentar.

Para estes casos o recomendado é realizar um corte paralelo à junta transversal e remover o concreto afetado em toda sua profundidade, a distância da junta deve ser de pelo menos 10 cm e após o corte e remoção do concreto deve haver um tratamento para evitar a criação de duas juntas de movimentação. As figuras a seguir (Figuras 49, 50, 51,

52, 53, 54 e 55) mostram os detalhes em corte de como é recomendada a correção das fissuras apresentadas no pavimento.

Figura 49 - Passo 1.



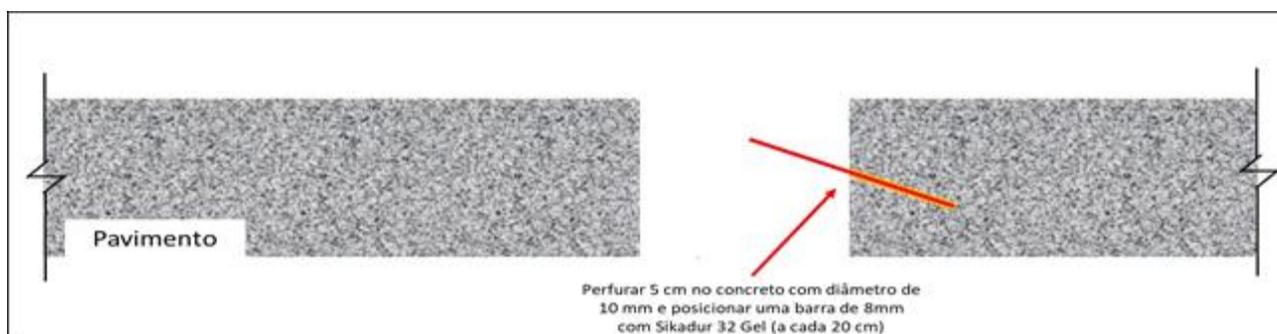
(Fonte: Registro dos autores, 2022).

Figura 50 - Passo 2.



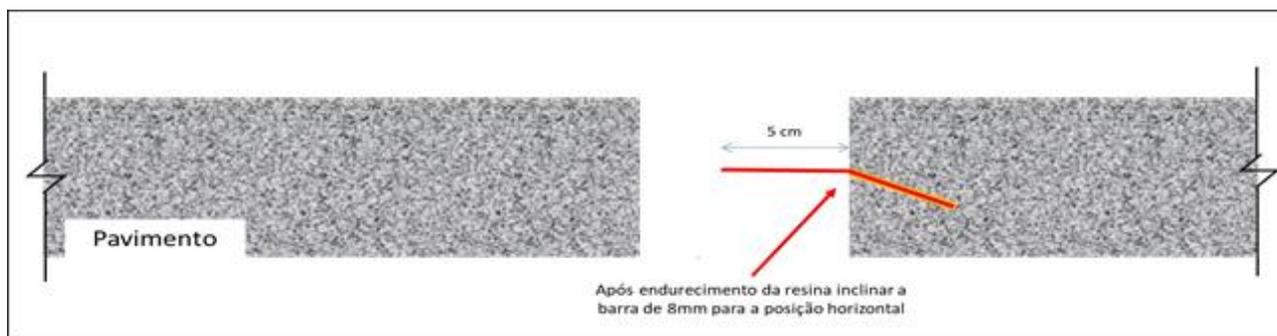
(Fonte: Registro dos autores, 2022).

Figura 51 - Passo 3.



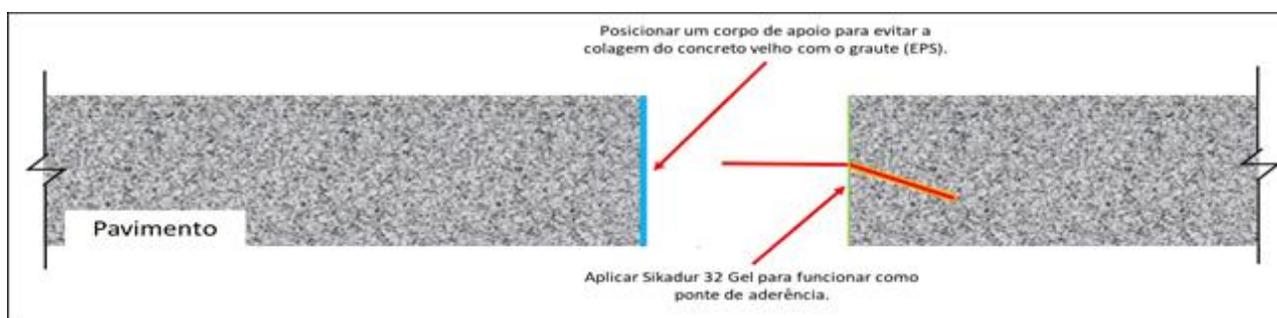
(Fonte: Registro dos autores, 2022).

Figura 52 - Passo 4.



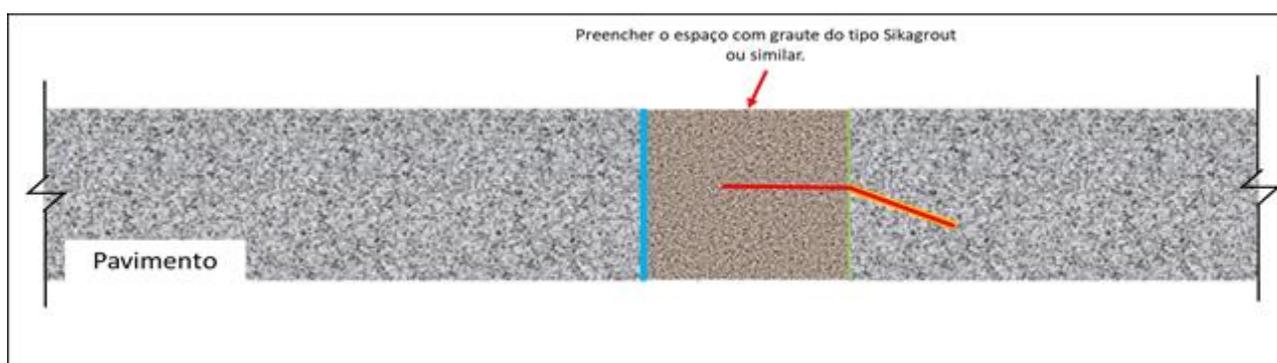
(Fonte: Registro dos autores, 2022).

Figura 53 - Passo 5.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

Figura 54 - Passo 6.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

Figura 55 - Passo 7.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

4.2.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CASO

No piso industrial avaliado, por não haver projeto e nem um processo executivo adequado, além das manifestações patológicas existentes, diversas outras podem ser desenvolvidas ao longo da sua vida útil. Segundo o The Concrete Society (2003) manifestações patológicas como a retração tendem a se estabilizar após aproximadamente dois anos, seus efeitos podem ser manifestos em longo período após o piso executado.

Apesar de não haver especificações e projetos as etapas executivas foram, em sua maioria, realizadas conforme as diretrizes das normas. No entanto, algumas práticas incorretas foram adotadas, como a falta de cuidado na execução das juntas de encontro, sistema de transferência de carga de qualidade questionável, demora no corte das juntas serradas e a falta de acompanhamento técnico durante a execução do piso.

Vale destacar que a concreteira usada para a execução do concreto não atendeu a demanda, demorando para liberar os caminhões e causando longos intervalos entre os lançamentos. Distintas dosagens em aditivos também foram praticadas, pois os abatimentos do concreto foram realizados desigualmente. Esses fatores contribuíram para os surgimentos de manifestações patológicas como o concreto borrachudo e a delaminação.

Até o presente momento nenhuma solução foi adotada para recuperação das manifestações patológicas. O tráfego de empilhadeiras e a movimentações de cargas sobre o piso, além de danificar ainda mais o pavimento, ficam iminentes de acidentes com empilhadeiras causados pelo desnível do piso.

4.3 CASO 2

O segundo estudo de caso consistiu no acompanhamento executivo do piso de concreto, avaliando todos os procedimentos técnicos empregados durante a execução do piso do salão de vendas e posteriormente a qualidade final do pavimento.

As visitas ocorreram entre os meses de julho a dezembro de 2021, período de execução da obra, e foi possível registros por meio de fotografias digitais, acessos aos relatórios da obra, projetos e anotações técnicas.

4.3.1 DESCRIÇÃO DA OBRA

Trata-se de um supermercado atacadista, com área externa de 18.656 m² e estacionamento com 504 vagas para carros e motos. A área interna possui 10.294 m², sendo 7.164 m² apenas no salão de vendas.

A Figura 57 apresenta a imagem geral do empreendimento após a inauguração.

Figura 56 - Imagem geral.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

Os principais dados da obra são:

- Local da obra: Avenida Recife, nº 5777, em Jardim São Paulo, Recife/PE (Figura 58):

Figura 57 - Localização da obra.



(Fonte: Google Maps, acesso em: 01/06/2022).

- Pavimentos: Loja composta por salão de vendas 7.164 m², depósito 1.758 m², câmara fria 1.089 m², docas 831 m², estacionamento 15.774 m² e pátio de manobras 2.334 m².
- Estrutura: Piso de concreto armado sobre laje de concreto protendido e área total de 7.164 m²
- Os carregamentos de utilização previstos na área interna são: movimentações de empilhadeiras, mercadorias e pedestres.
- Projeto executivo (Figura 59).

Figura 58 - Projeto de piso



(Fonte: TRIMA Engenharia, 2022).

4.3.2 EXECUÇÃO DO PISO DE CONCRETO

Foi executado como base na área interna uma laje radier de 20 cm de piso de concreto protendido e sobre a laje, um piso armado de 13 cm.

A execução do piso interno deu-se conforme as etapas a seguir:

a) Preparação do Local

O preparo do subleito iniciou-se através da regularização e compactação da superfície. Na sub-base, foi executada uma camada de brita graduada (BGS) que quando compactada atingiu espessura de 10 cm.

b) Piso de Concreto Protendido

Foi executado como base na área interna uma laje radier de 20 cm de piso de concreto protendido.

Sobre a superfície foi aplicado um filme de lona plástica 200 micras, com o objetivo de reduzir o atrito entre a placa de piso e o solo, impedindo a absorção de água por capilaridade.

Foram montadas as formas de madeira, em seguida iniciou-se a armação da laje com a colocação das telas inferiores Q 196 e espaçadores de concreto. Furou-se as bordas das formas para recebimento das ancoragens ativas, foram posicionados os cabos de protensão apoiados e fixados sobre os espaçadores para garantir o correto posicionamento dos cabos e as ancoragens passivas foram fixadas nos cabos de protensão, ultrapassando em 30 cm o limite da forma. Na ancoragem ativa foram introduzidas cunhas metálicas nas quais passaram as cordoalhas, após todos os cabos posicionados, foram executadas as armaduras superiores, passando por uma inspeção realizada pelos responsáveis técnicos da obra, conforme figura 60.

Após a armação, a laje foi concretada e nivelada com utilização de réguas manuais, conforme mostra figura 61, e adensadas com vibradores de imersão. Utilizou-se concreto com resistência de 35 MPa e abatimento de 10 ± 2 cm.

A protensão dos cabos foi executada após 5 dias do lançamento do concreto.

Figura 59 - Armação da laje protendida.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

Figura 60 - Concretagem da laje protendida.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

c) Definição do Traço de Concreto

O traço definido pelo projetista para o piso polido deu-se através da Tabela 3 a seguir:

Tabela 3 – Traço de concreto inicial.

MATERIAIS	UNID.	CONSUMO (M ³)
ÁGUA	L	210
AREIA FINA	KG	607
BRITA 19	KG	1060
CIMENTO CII 40 - NACIONAL	KG	412
ADITIVO SIKA RM 370	L	3,70
COMPENSADOR DE RETRAÇÃO	KG	10

(Fonte: Marcel Aranha Chodounsky, 2022).

Foi executada uma placa teste de 200 m² a fim de avaliar a trabalhabilidade do concreto, o tempo de pega, o tempo de execução e de acabamento, bem como a qualidade superficial resultante, para posteriormente executar o piso armado polido.

Durante a execução da placa teste percebeu-se que o período de pega aconteceu de forma rápida, após uma hora do lançamento do concreto. Dessa forma, os responsáveis técnicos da obra, junto a equipe de laboratório chegaram à conclusão que precisaria diminuir em 0,20L/m³ a quantidade de aditivo utilizado no traço do concreto.

Foi executada a segunda placa teste com os devidos ajustes e o piso obteve acabamento final satisfatório. Ficando definido o traço conforme a tabela 4 a seguir:

Tabela 4 – Traço de concreto.

MATERIAIS	UNID.	CONSUMO (M ³)
ÁGUA	L	210
ÁREIA FINA	KG	607
BRITA 19	KG	1060
CIMENTO CII 40 - NACIONAL	KG	412
ADITIVO SIKA RM 370	L	3,50
COMPENSADOR DE RETRAÇÃO	KG	10

(Fonte: Marcel Aranha Chodounsky, 2022).

d) Armação Metálica do Piso

Sobre a laje de piso protendido foi posicionada uma camada de lona plástica 200 micras. Em seguida, foram posicionadas as formas metálicas no perímetro do piso a ser concretado.

As telas inferiores Q 196 de aço CA-60 foram posicionadas após a instalação de espaçadores plásticos com espessura de 5 cm. Após a primeira camada de telas posicionadas, foram lançados espaçadores metálicos treliçados com 8cm de altura e 6m de comprimento, distanciados a cada 50cm, com o objetivo de espaçar as telas inferiores das superiores e aumentar a resistência do piso. Por fim, foram posicionadas as telas superiores Q 196 de aço CA-60. Conforme mostra figura 62 a seguir:

Figura 61 - Armação metálica.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

Foram posicionadas as armaduras de reforços de bordas e cantos de pilares e nas juntas de encontro foram utilizadas placas de poliestireno expandido de 10 mm.

Nas juntas de construção foram utilizadas barras de transferência lisas de aço CA-50 com 10mm de diâmetro e 50cm de comprimento, distanciadas a cada 30 cm e revestidas com graxa em uma das suas extremidades para que se movimentam longitudinalmente no concreto. Conforme apresentado no tópico 2.4.3 da revisão bibliográfica, as barras de transferências têm finalidade de reduzir os esforços nas proximidades das juntas. A ausência dessa transferência de carga pode resultar em fissuras e empenamento da placa.

e) Lançamento do Concreto

O piso foi executado com concreto usinado em obra, através de uma usina montada no canteiro, com objetivo de facilitar a logística dos caminhões e garantir a qualidade do concreto. Foram disponibilizados três caminhões de concreto para atender a execução do piso.

O concreto possui resistência à compressão (f_{ck}) de 35 Mpa, resistência à flexão ($f_{ctM,k}$) de 4,5 Mpa e abatimento de 10 ± 2 cm.

As condições climáticas eram favoráveis a concretagens, em conformidade com a NBR 7212:2021. O local possui cobertura e paredes fechadas.

O controle do abatimento do concreto foi executado por uma equipe de laboratório contratada pela construtora e foram moldados corpos de prova para cada caminhão de concreto, conforme a NBR 5738:2015.

As concretagens foram executadas em faixas de aproximadamente 700 m² cada.

O concreto foi lançado com utilização de bomba lança, conforme mostra a figura 63:

Figura 62 - Lançamento do concreto.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

O concreto foi lançado, espalhado com auxílio de enxadas, adensado com vibradores de imersão e nivelados com réguas manuais utilizando referência do nível óptico.

Antes de todas as concretagens foram executadas com acompanhamento técnico de engenheiros e laboratoristas, conferindo armação metálica e nivelamento de formas com nível óptico.

f) Acabamento Superficial

Posteriormente ao nivelamento do concreto, foi passado o rodo de alumínio dotado de float para abertura da porosidade do concreto, em seguida foi aspergido manualmente 4kg/m^2 de agregado mineral, conforme mostra figura 64, com o objetivo de aumentar a resistência à abrasão e eliminar a formação de pó, aumentando a vida útil do pavimento.

Figura 63 - Agregado mineral.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

Após a aspersão do agregado mineral em toda a superfície do piso, foi passado novamente o rodo dotado de float, para que o agregado se incorpore na superfície da matriz de concreto em uma espessura de 2,7 mm 3,6 mm e se hidrate com a água de amassamento da mesma. Conforme figura 65 a seguir:

Figura 64 - Agregado mineral.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

Depois da superfície apresentar compactação suficiente para o acabamento final, isto é, suportar o andar dos operários, iniciou-se o processo de acabamento superficial utilizando-se de acabadoras simples e duplas acompanhadas de discos e lâminas de aço. Conforme figura 66:

Figura 65 - Acabadoras simples e duplas.



Fonte: Registro dos autores, 2022).

g) Cura do Concreto

A cura química foi aplicada na sequência do acabamento visando retardar a evaporação da água empregada na preparação da mistura, permitindo assim a completa hidratação do cimento. Foi utilizado para aplicação da cura química em 200 ml/m² com o auxílio de bomba costal, conforme figura 67 a seguir:

Figura 66 – Cura química.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

h) Corte e Tratamento de Juntas

No dia seguinte à concretagem foi executado o corte das juntas serradas e após finalizado foi realizado o tratamento das juntas serradas, de construção e de encontro.

Nas juntas de tráfego de empilhadeiras foi executado lábio polimérico como reforço de bordas, são confeccionadas à base de resinas epoxidicas e minerais, com o objetivo de aumentar a resistência da junta. Conforme figuras 68 e 69:

Figura 67 - Selante de juntas.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

Figura 68 - Lábio polimérico.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

i) Tratamento Superficial

Após o piso executado, foi removido todo o material excedente na superfície através de uma lavagem com água em abundância.

A aplicação do endurecedor de superfície 200 ml/m^2 foi executada com pulverizador costal de baixa pressão diretamente sobre a superfície do piso em movimentos simétricos com auxílio da High Speed, conforme ilustra a figura 70:

Figura 69 - Aplicação do endurecedor de superfície.



(Fonte: Registro dos autores, 2022).

Conforme explica no item 2.6.7 da revisão bibliográfica as principais vantagens de utilização do endurecedor químico de superfície são: aumento da resistência abrasiva, melhora a resistência química, diminuição da permeabilidade, efeito anti-pó, redução do custo de manutenção e limpeza do piso.

4.3.3 PLANICIDADE E NIVELAMENTO

Na execução do piso foi realizado as seguintes medições: Índice de planicidade (FF) valor médio maior que 45 e valor mínimo de 35; Índice de nivelamento (FL) valor médio maior que 30 e valor mínimo de 20. As medições de nivelamento e planicidade do piso foram realizadas com base na norma ASTM E 1155/96, por empresa certificada pela Face Company.

4.3.4 CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO

Os seguintes métodos foram adotados para controle tecnológico: determinação do slump teste em todos os caminhões, em acordo com a norma NBR 12655:2022.

Resistência à compressão, moldas de 6 corpos de provas de todos os caminhões, para rompimento de 2 corpos de provas com 7, 14 e 28 dias. Para determinação da resistência à tração na flexão, foram moldados 2 corpos de provas de 3 caminhões por concretagem para rompimentos após 28 dias.

4.3.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CASO

O piso analisado foi executado em conformidade com as diretrizes das normas, apresentando qualidade final satisfatória pelo cliente e atingindo todos os requisitos mínimos exigidos em projeto.

A concreteira montada na obra para elaboração do traço de concreto evitando atrasos no lançamento, os equipamentos e máquinas usadas para execução do piso, os endurecedores de superfície usados para o aumento da resistência à abrasão, e o tratamento de juntas foram essenciais para a qualidade final do pavimento.

Chodounsky e Viecili (2007) afirmam que a execução de um bom projeto, com utilização de materiais bem selecionados e profissionais capacitados para execução são fatores essenciais para a durabilidade e eficiência do piso.

Contudo, é iminente que a qualidade final do pavimento se deu devido ao planejamento e gerenciamento da obra, desde a elaboração do projeto até ao tratamento superficial após o piso executado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os pisos industriais podem apresentar diversas manifestações patológicas. Nota-se que a qualidade final do pavimento está associada ao gerenciamento e ao controle tecnológico, tornando-se necessário um bom projeto, com utilização de materiais bem selecionados e profissionais capacitados para execução, levando em consideração os fatores estéticos visuais e a resistência mecânica, química e biológica.

Foram analisados, através dos estudos de caso, que quando não são aplicados parâmetros de controle e gerenciamento, além da insuficiência de projetos, é comum a manifestação de patologias.

Verificou-se no primeiro caso ausência de projeto, falta de gerenciamento e controle tecnológico durante a execução do pavimento, o que ocasionou inúmeras manifestações patológicas, tais como delaminação, borrachudo e fissuras.

Em contrapartida, o segundo caso estudado apresentou um projeto bem estruturado, um bom gerenciamento e controle tecnológico durante a execução do pavimento, resultando em um piso funcional, com boa aparência e resistente.

Pode-se concluir, através dos estudos de caso, que parâmetros de controle e qualidade empregados em cada etapa do sistema têm grande influência no desempenho do piso durante toda sua vida útil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACI, Committee 224, “**Causes, Evolution and Repair of Cracks in Concrete Structures**”, ACI 224. 1R, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, 1996. 37p.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 302.1R-96: **Guide for Concrete Floor and Slab Construction**. ACI: Detroit (USA), 1997.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS.ASTM E1155M: **STANDARD TEST METHOD FOR DETERMINING FF FLOOR FLATNESS AND FL FLOOR LEVELNESS NUMBERS**. ASTM, 1996.

ARAÚJO, D. N. ALENCAR, G. R. **Análise de Manifestações Patológicas em Pisos Industriais**. 2020. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2020.

ALPHAPISO. **Piso de concreto**. Alphapiso.com.br,2022. <http://alphapiso.com.br/armado>
>Acessado em: 25/05/2022.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 302.1R-96**: Guide for Concrete Floor and Slab Construction. ACI: Detroit (USA), 1997

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia Básico de Utilização do Cimento Portland**. Boletim Técnico BT106, Dez/2002. Disponível em <

<https://solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2012/11/28-Guia-basico-de-utilizacao-do-cimento-portland.pdf> > Acessado em: 10/03/2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **NBR 5738**. Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto, Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **NBR 6118**. Projeto de estruturas de concreto. Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **NBR 7211**. Agregados para concreto. Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **NBR 7212**. Concreto dosado em central – Preparo, fornecimento e controle. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **NBR 7481**. Tela de Aço Soldada Nervurada para Armadura de Concreto - Requisitos. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7483**: Cordoalhas de aço para estruturas de concreto protendido – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **NBR 14050**. Sistemas de Revestimento de alto desempenho, à base de resinas epoxidicas e agregados minerais: Projeto, execução e avaliação do desempenho. Procedimento. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **NBR 14931**. Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **NBR 15900**. Água para amassamento do concreto. Rio de Janeiro, 2009.

BELGO BEKAERT ARAMES. **Aços Longos**. 2010. Disponível em: [https://www.belgo.com.br/produtos/construcao_civil/dramix/pdf/dramix .pdf](https://www.belgo.com.br/produtos/construcao_civil/dramix/pdf/dramix.pdf). Acesso em: 07/05/2022.

BINA, P.; TEIXEIRA, A. O. F. – **A Arte dos Pisos Industriais – do sistema de damos ao protendido** – Ibracon – São Paulo – 2002.

BINA, P.: TEIXEIRA, A. O. F. – **Como Construir Pisos e Pavimentos Protendidos** – Revista Técnica – Edição nº 55 – São Paulo – 2001

CHODOUNSKY, Marcel Aranha. **Patologias em Pisos Industriais**. Dez/2010. Disponível em: http://www.anapre.org.br/pdfs/Patologias_em_Pisos_Industriais_Anapre_RJ_Marcel_Chodounsky_Dez2010.pdf> Acessado em: 10/03/2022.

CHODOUNSKY, M. A.; VIECELI, F. A. **Pisos industriais de concreto: aspectos teóricos e executivos**. Ed. Reggenza, São Paulo, 2007.

CT GUEDES. **Execução de piso em concreto armado**. Disponível em: <https://www.guedespisosindustriais.com.br/execucao-piso-concreto-armado>. Acesso em: 27/05/2022.

DNIT, Rio de Janeiro. **Manual de Recuperação de Pavimentos Rígidos**. 2010.

DO CARMO, Paulo Obregón. **Patologia das construções**. Santa Maria, Programa de atualização profissional – CREA – RS, 2003.

FORTES, R. M.; SOUZA, C. J. N.; JÚNIOR, A. S. B. **Recuperação de Piso Industrial – Peculiaridades e Dificuldades. Recuperação Estrutural: diagnóstico e terapias para prolongar a vida útil das obras**. São Paulo. n. 49 p. 44-45, Jan/mar., 2008.

GEORG g; GARBER: **Design and Construction of Concrete Floor – Curling (p) cha Ter 14)**. Edward Arnold, London, 1991.

GUIMARÃES, Diego. **Pisos Industriais em Concreto: Determinação de Teores Ótimos de Fibras de Aço e Polipropileno em Ensaio Mecânicos**. 2010. TCC (Graduação em Engenharia Civil). Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Dez/2010.

HABITÍSSIMO. **Espaçador e lona plástica preta**. Disponível em: https://fotos.habitissimo.com.br/foto/espacador-e-lona-plastica-preta_472344. Acesso 25/05/2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Projetos e Critérios Executivos de Pavimentos Industriais de Concreto Armado**. São Paulo, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Novos Critérios para Pavimentos Industriais de Concreto Armado**. São Paulo, 2015.

JOÃO, C. D. A. S. **Pavimentos térreos industriais: Aspectos relevantes ligados à concepção, dimensionamento e às tecnologias de execução**. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2014.

LOBÃO, L. M. M. **Taxa de armadura longitudinal de tração mínima em vigas de concreto de resistência normal com fibras de aço**. 2005. 109f. Dissertação (Mestrado em Estruturas) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MARCONDES, C. G. **Patologias comuns em obras**. Portal Itambé, jan. 2007. Não paginado.

MICHAELIS. **Patologia**. [S.l.]: Editora Melhoramentos, 2022. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/patologia/>
Acesso em: 10/03/2022.

MONTARDO, Júlio Portella. **A retração do concreto**. Boletim técnico ANAPRE, maio/2009. Disponível em < http://www.anapre.org.br/boletim_tecnico/edicao16.asp >
Acessado em: 10/03/2022.

NAKAMURA, Juliana. Diferentes concretos para pisos industriais. **Revista Técnica PINI 144ª Ed.; São Paulo, 2009**. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br//engenharia-civil/145/artigo131689-1.aspx>> Acesso em:

20/05/2022

NEOMATEX¹. Fibra de polipropileno para concreto. Disponível em: <https://www.neomatex.com.br/fibra-polipropileno-concreto.html>. Acesso em: 10/05/2022.

OLIVEIRA, P. L. **Projeto estrutural de pavimentos rodoviários e de pisos industriais de concreto**. São Carlos, 216p. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.

PITTA, M. R. **Construção de Pavimentos de Concreto Simples**. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1998^a.

PORTLAND CEMENT ASSOCIATION. Concrete Slab Surface Defects: causes, prevention, repair. **Concrete Information**. Portland Cement Association, 2001.

RODRIGUES, P. P. F.; BOTACINI, S. M.; GASPARETTO, W. E. **Manual Gerdau de Pisos Industriais**. São Paulo, Pini: 2006.

RODRIGUES, P. P. F. CASSARO, C. F. **Pisos industriais de concreto armado**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Telas Soldáveis, 1998.

RODRIGUES, P. P. F. **Manual de Pisos Industriais: fibras de aço e protendido**. São Paulo: Pini, 2010.

SÁ, R. R.; ROCHA, D. P.; BRAGA, F. H. **Pisos industriais de concreto**. Informativo Técnico Realmix, Aparecida de Goiânia, ano 4, n. 3, p. 1-8, dez. 2009.

BASÍLIO, Kleber. Senefonte. **Diretrizes de projeto, execução e controle de pisos industriais de concreto protendido**, São Paulo, 2007.

TAMAKI, Luciana. **Reforço de Fibras**. Revista Técnica PINI 170ª Ed.; São Paulo, 2011.

THE CONCRETE SOCIETY. **Concrete Society Technical Report N. 34**: Concrete industrial ground floors: a guide to design and construction. The Concrete Society: Berkshire (UK), 2003.