

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Guilherme Diehl Dutra da Silva

**JUNTAS E SEUS TRATAMENTOS EM PISOS INDUSTRIAIS
DE CONCRETO: ANÁLISE DA CONCEPÇÃO DO PROJETO,
DA EXECUÇÃO E DO TRATAMENTO DAS JUNTAS EM
OBRAS**

Porto Alegre
dezembro de 2013

GUILHERME DIEHL DUTRA DA SILVA

**JUNTAS E SEUS TRATAMENTOS EM PISOS INDUSTRIAIS
DE CONCRETO: ANÁLISE DA CONCEPÇÃO DO PROJETO,
DA EXECUÇÃO E DO TRATAMENTO DAS JUNTAS EM
OBRAS**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Civil

Orientador: Ruy Alberto Cremonini

Porto Alegre
dezembro 2013

Guilherme Diehl Dutra da Silva

**JUNTAS E SEUS TRATAMENTOS EM PISOS INDUSTRIAIS
DE CONCRETO: ANÁLISE DA CONCEPÇÃO DO PROJETO,
DA EXECUÇÃO E DO TRATAMENTO DAS JUNTAS EM
OBRAS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 20 de dezembro de 2013

Prof. Ruy Alberto Cremonini
Dr. pela Universidade de São Paulo
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Prof./a Ana Luiza Raabe Abitante (UFRGS)
Dra. pela Universidade do Rio Grande do Sul

Prof. Nei Ricardo Vaske (UFRGS)
Dr. pela Universidade do Rio Grande do Sul

Prof. Ruy Alberto Cremonini (UFRGS)
Dr. pela Universidade de São Paulo

Dedico este trabalho aos meus pais, Paulo Dutra da Silva e Maria Tereza Diehl Dutra da Silva, à minha querida irmã Brunna Diehl Dutra da Silva e ao meu filho Arthur Cambuzzi Dutra que foram meus pilares de sustentação durante o período do meu Curso de Graduação e estiveram sempre ao meu lado dando apoio moral e força.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Ruy Alberto Cremonini, orientador deste trabalho, pela atenção dada quando solicitada, sempre de grande valia.

Agradeço também a Prof. Carin Maria Schmitt que igualmente também esteve presente lado a lado no processo de desenvolvimento do meu trabalho de conclusão.

Para finalizar, agradeço aos demais professores, profissionais e funcionários da Universidade Federal do Rio Grande do Sul que, de certa forma, também foram importantes para o meu crescimento como aluno e pessoa.

“A educação é a arma mais poderosa para mudar o mundo.”

Nelson Rolihlahla Mandela

RESUMO

Os pisos industriais de concreto ganharam novo status e expandiram os seus conceitos nos últimos anos, de simples revestimentos em galpões, em que eram apenas parte da estrutura, agora eles passaram a estar presente diretamente na operação do dia a dia, abrangendo pisos de obras industriais, comerciais, escolas, prédios residenciais, hipermercados e *shoppings*. Com essa expansão de conceitos veio também o avanço tecnológico, com novas máquinas, materiais e métodos de execução que conseguiram dar o suporte necessário para que o piso suprisse a todas as necessidades para as quais são projetados, como maior durabilidade, baixa manutenção, fácil limpeza, bom aspecto estético e perfeita planicidade e nivelamento. No entanto, o conceito de um elemento importante no piso não acompanhou este ritmo crescente das tecnologias e métodos apresentados: as juntas. Em muitos casos não há preocupação em elaborar um projeto específico para as juntas e o seu tratamento, o que acarreta no mal dimensionamento e/ou má execução da mesma. Tão importante quanto elaborar um projeto e executar bem, é realizar as manutenções das juntas no tempo adequado. Estima-se que a maior parcela de manifestações patológicas em pisos industriais de concreto, como trincas, esborcinamentos e recalques, surjam devido a problemas de execução e de falta de manutenção das juntas. O trabalho foi concebido com a ideia de analisar, identificar e localizar, *in loco*, as falhas mais frequentes que geram estas manifestações patológicas e que deterioram e acarretam, ou possam vir a acarretar, em perda da funcionalidade do piso como todo. Primeiramente, através das informações coletadas na pesquisa bibliográfica e com o apoio de profissionais da área, foi elaborado um *checklist*, no qual foram elencados diversos procedimentos padrão para a correta realização do projeto, execução e manutenção das juntas e do seu tratamento. Com o *checklist* finalizado foi realizada a sua aplicação em obras de diferentes empresas, o que possibilitou, com embasamento técnico, obter informações que foram analisadas e confrontadas e geraram um relatório no qual são apontados os principais erros e causas de presentes ou, possíveis, futuras manifestações patológicas.

Palavras-chave: Juntas em Pisos Industriais de Concreto. Manifestações Patológicas em Pisos de Concreto. Projeto de Juntas de Pisos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama das etapas da pesquisa	17
Figura 2 – Junta de construção	43
Figura 3 – Junta de retração.....	45
Figura 4 – Junta de expansão.....	45
Figura 5 – Junta de dilatação.....	46
Figura 6 – Resíduo pó asfáltico.....	59
Figura 7 – Brita graduada.....	59
Figura 8 – Projeto com a paginação da Obra D.....	60
Figura 9 – Detalhe construtivo da Obra D.....	61
Figura 10 – Projeto com a paginação da Obra E.....	61
Figura 11 – Detalhe construtivo da Obra E.....	62
Figura 12 – Armadura irregular na Obra C.....	63
Figura 13 – Cura úmida realizada na Obra E.....	64
Figura 14 – Concreto com problema no aditivo na Obra D.....	65
Figura 15 – Junta serrada terminada em junta de construção.....	66
Figura 16 – Junta serrada interrompida por caixa de inspeção na Obra C.....	67
Figura 17 – Junta de encontro com borracha de poliuretano.....	68
Figura 18 – Pilar sem junta de encontro na Obra A.....	68
Figura 19 – Junta de encontro preenchida com Isopor.....	68
Figura 20 – Pilar sem junta de encontro na Obra C.....	68
Figura 21 – Junta de construção esborcinada.....	70
Figura 22 – Especificação de reforço para a junta.....	70
Figura 23 – Fissura paralela à junta de retração.....	72
Figura 24 – Corte da junta serrada sem a profundidade correta na Obra C.....	73
Figura 25 – Esborcinamento da junta serrada na Obra A.....	73
Figura 26 – Juntas sem o alinhamento correto na Obra C.....	74
Figura 27 – Detalhes com especificações para as juntas de encontro na Obra D.....	75
Figura 28 – Corte com especificações para as juntas de encontro na Obra D.....	79
Figura 29 – Junta metálica na Obra D.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição em massa dos cimentos produzidos no Brasil.....	30 23
Tabela 2 – Dados gerais coletados.....	57 23
Tabela 3 – Dados da estrutura.....	58 23
Tabela 4 – Dados para a placa de concreto.....	62 23
Tabela 5 – Dados para as juntas.....	66 23
Tabela 6 – Dados para juntas de construção.....	69 23
Tabela 7 – Dados para juntas de retração.....	71
Tabela 8 – Dados para a junta de encontro.....	75
Tabela 9 – Dados para tratamento das juntas.....	77
Tabela 10 – Resumo das falhas devido às juntas.....	81
Tabela 11 – Resumo de falhas gerais.....	82

LISTA DE SIGLAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACI – *American Concret Institute*

CBR – *Califórnia Bearing Ratio*

ELU – Estado Limite Último

EPS – Poliestireno Expandido

NBR – Norma Brasileira

PU – Poliuretano

SPT – *Standard Penetration Test*

UV – Ultravioleta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	15
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	15
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	15
2.2.1 Objetivo Principal	15
2.2.2 Objetivo Secundário	15
2.3 PREMISSE	15
2.4 DELIMITAÇÕES	16
2.5 LIMITAÇÕES	16
2.6 DELINEAMENTO	16
2.6.1 Pesquisa Bibliográfica	17
2.6.2 Elaboração e Aplicação do <i>Checklist</i>	17
2.6.3 Análise dos Resultados Obtidos e Considerações Finais	18
3 PISO INDUSTRIAL DE CONCRETO	19
3.1 ESTRUTURA	19
3.1.1 Subleito	20
3.1.2 Sub-base	21
3.1.3 Barreira de Vapor e Camada Deslizante	22
3.1.4 Placa de Concreto	22
3.1.5 Revestimento	23
3.2 TIPOS DE PISOS DE CONCRETO	23
3.2.1 Simples	24
3.2.2 Simples com Armadura Descontínua de retração	24
3.2.3 Estruturalmente Armado	24
3.2.4 Reforçado com Fibras de Aço	25
3.2.5 Protendido	26
3.3 CARGAS APLICADAS.....	26
3.3.1 Distribuídas	27
3.3.2 Linear	28
3.3.3 Concentrada	28
3.4 MATERIAIS	28
3.4.1 Cimento Portland	29
3.4.2 Agregados	30

3.4.3 Água	31
3.4.4 Aditivos	32
3.4.5 Armadura de Aço	32
3.5 PROPRIEDADES	33
3.5.1 Propriedade do Concreto Fresco	33
3.5.1.1 Trabalhabilidade	33
3.5.1.2 Exsudação	34
3.5.2 Propriedade do Concreto Endurecido	35
3.5.2.1 Retração	35
3.5.2.2 Resistência mecânica	35
3.6 ETAPAS EXECUTIVAS	36
3.6.1 Montagem das Formas	37
3.6.2 Montagem e Colocação das Armaduras	37
3.6.3 Lançamento e Adensamento do Concreto	38
3.6.4 Nivelamento e Acabamento Superficial	39
3.6.5 Cura	39
3.6.5.1 Úmida	40
3.6.5.2 Química	40
3.6.6 Corte das Juntas	41
4 JUNTAS	42
4.1 TIPOS	42
4.1.1 Juntas de Construção	42
4.1.2 Juntas de Retração	44
4.1.3 Juntas de Expansão (Encontro)	45
4.1.4 Juntas de Dilatação	46
4.2 PROJETO E DIMENSIONAMENTO	46
4.3 TRATAMENTO DAS JUNTAS	48
4.4 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	49
4.4.1 Esborcinamento de Juntas	50
4.4.2 Fissuras	50
4.4.3 Degradação Superficial	51
4.4.4 Bolhas	51
4.4.5 Manchas no Concreto	51
5 DESENVOLVIMENTO	53
5.1 ELABORAÇÃO DO <i>CHECKLIST</i>	53

5.1.1 Dados Gerais	53
5.1.2 Estrutura-Base	54
5.1.3 Placa de Concreto	53
5.1.4 Juntas	53
5.1.5 Tratamento das Juntas	53
5.2 APLICAÇÃO DO <i>CHECKLIST</i>	54
5.2.1 Obra A	55
5.2.2 Obra B	55
5.2.3 Obra C	55
5.2.4 Obra D	56
5.2.5 Obra E	56
5.3 RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISES.....	56
5.3.1 Dados Gerais	56
5.3.2 Estrutura da Base	58
5.3.3 Placa de Concreto	60
5.3.4 Juntas	65
5.3.4.1 Juntas construtivas	69
5.3.4.2 Juntas de retração	70
5.3.4.3 Juntas de encontro.....	74
5.3.5 Tratamento das Juntas	76
6 CONCLUSÕES	80
REFERÊNCIAS	85
APÊNDICE A	85

1 INTRODUÇÃO

Hoje em dia, a tecnologia dos materiais esta em constante avanço, produtos e equipamentos são lançados a todo o momento com o objetivo de melhorar a qualidade do produto final. No entanto, quando se trata de manifestações patológicas em pisos de concreto, como desgastes de borda, umidade, trincas estruturais e rachaduras, com considerável perda de resistência e avarias que comprometem a vida funcional do piso, a solução pode ser mais simples do que se pensa: correto posicionamento e tratamento das juntas.

As juntas são consideradas detalhes construtivos que têm como função permitir a livre movimentação entre as estruturas conferindo flexibilidade do conjunto sem comprometer sua segurança e funcionalidade. Também tem fundamental importância na função de permitir a transferência de cargas entre as placas contíguas, manter a planicidade do piso, e com isso gerar conforto do rolamento, bem como, juntamente com um selante adequado, atuar como vedante para evitar infiltrações indesejadas.

A elaboração do projeto das juntas começa por um estudo minucioso para saber qual o tipo de junta que se adequa às exigências as quais o piso será submetido. Posteriormente é feito o seu dimensionamento, levando em consideração detalhes como, por exemplo, movimentações térmicas, comprimento e tipo de tráfego nas regiões de cada placa. Finalmente, e não menos importante, a execução das juntas deve ser muito bem fiscalizada e feita com mão de obra especializada, visando uma perfeita conformidade com o projeto, mantendo a uniformidade de abertura, garantindo o alinhamento com a estrutura e também a execução conforme as melhores técnicas.

A importância da existência do projeto de juntas e sua execução bem feita é nítida quando se mostram exemplos de pisos que se deterioram com pouco tempo de utilização e acarretaram em perdas para seus proprietários. Tendo em vista que esse processo equivale de 2 a 4% do custo da construção do piso, um valor ínfimo se comparado ao prejuízo caso tenha que ser refeito todo o piso ou ainda parar toda uma produção, perdendo dias de faturamento para realizar o reparo.

Em pisos industriais são encontrados diversos tipos de juntas e, para cada tipo, é conferida uma determinada função. As juntas mais corriqueiras são as de expansão, de construção e de retração que são analisadas com detalhes posteriormente neste trabalho assim como o seu melhor aproveitamento nas estruturas e seus materiais de preenchimento. Também foi estudado o piso industrial de concreto e suas características, tudo para que se possa chegar ao melhor dimensionamento e aproveitamento das partes trabalhando como um todo.

A partir do conhecimento adquirido com a pesquisa bibliográfica sobre o tema proposto, foi realizada uma análise dos processos de execução e de projeto das juntas, para o piso industrial de concreto, com o objetivo de criar um *checklist* que permitisse obter uma avaliação precisa de onde acontecem e quais são as falhas que, possivelmente, vão gerar manifestações patológicas neste piso.

Na proposta apresentada, tem-se o objetivo de detectar em que procedimento se originam as manifestações patológicas e possibilitar a correção em construções futuras, tornando-se assim, uma ferramenta importante para a melhoria dos pisos industriais de concreto.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: analisando o processo de projeto e de execução das juntas e seus tratamentos em pisos industriais de concreto de diferentes empresas, em quais etapas estão localizadas as principais causas de manifestações patológicas?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundário e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo Principal

O objetivo principal do trabalho é a verificação dos principais problemas existentes na concepção das juntas e no seu tratamento para que os mesmos possam ser evitados em construções futuras e assim diminuir as manifestações patológicas encontradas nos pisos industriais de concreto.

2.2.2 Objetivo secundário

O objetivo secundário do trabalho é a criação de um *checklist* para levantamento de dados.

2.3 PREMISSA

O trabalho teve por premissa que grande parte das manifestações patológicas encontradas em pisos industriais de concreto advém da pequena importância dada às juntas pelas empresas que realizam o projeto e a execução destes pisos.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimitou-se a analisar galpões de pequeno (até 5.000 m²) e médio porte (entre 5.000 e 20.000 m²) no estado do Rio Grande do Sul e Região Metropolitana de Porto Alegre.

2.5 LIMITAÇÕES

Foram limitações do trabalho:

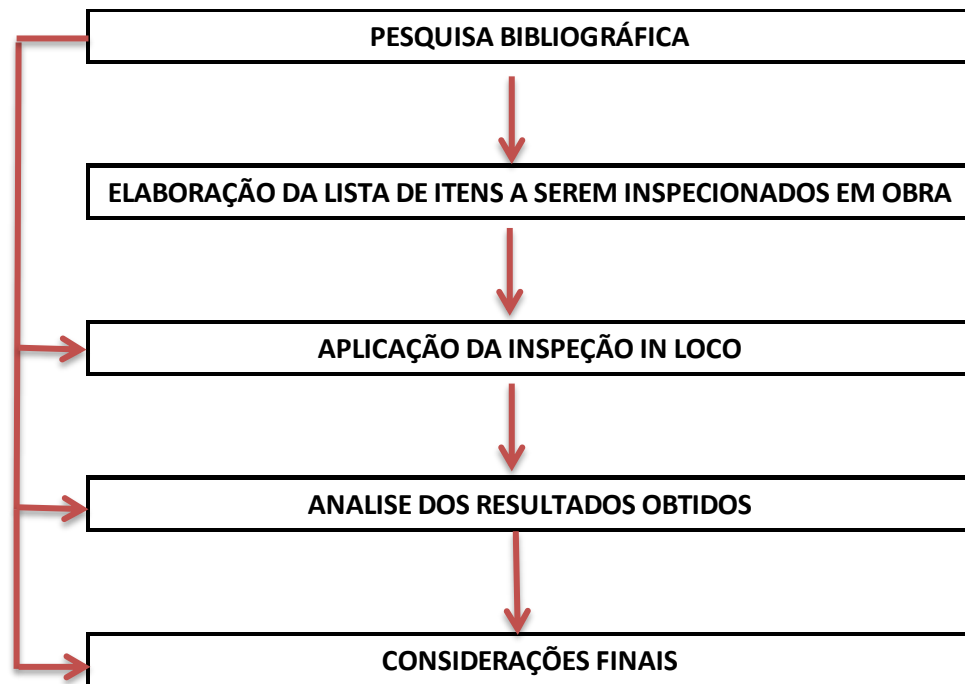
- a) a pesquisa ficou restrita a analisar as causas de manifestações patológicas derivadas das juntas;
- b) foram analisadas 5 obras de empresas diferentes.

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1, e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) elaboração do *checklist* para inspeção em obra;
- c) visita às obras;
- d) análise dos resultados obtidos;
- e) considerações finais.

Figura 1 – Diagrama das etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

2.6.1 Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica foi a primeira etapa a ser realizada e ocorreu ao longo do trabalho inteiro. Através de livros, teses, dissertações, artigos e relatórios técnicos foram, a todo instante, coletadas informações sobre o assunto de pisos industriais de concreto e bem especificamente de juntas e seus tratamentos. Com esse estudo muito bem embasado e descrito foi realizado a elaboração da lista de itens que foram conferidos e verificados *in loco*, bem como a análise dos resultados obtidos e as considerações finais.

2.6.2 Elaboração e aplicação do *checklist*

A elaboração do *checklist*, presente no apêndice A, foi realizada através das informações coletadas na pesquisa bibliográfica, e contou com o auxílio de profissionais especializados na área de pisos de concreto e professores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A aplicação foi feita durante as execuções dos pisos, em obras de empresas diferentes, que após contato, concordaram em fazer parte desse estudo. Consistiu em checar cada item da lista,

analisando se estava de acordo, ou não, com o projeto (quando existisse um) e com as normas estabelecidas para cada etapa.

2.6.3 Análise dos resultados obtidos e considerações finais

Nesta etapa, os dados coletados *in loco* foram analisados e confrontados juntamente com os conhecimentos adquiridos na pesquisa bibliográfica, resultando em uma detalhada gama de informações, dentre as quais, os possíveis responsáveis pelas manifestações patológicas devido às juntas e informações referentes à quantificação e localização de falhas executivas.

As considerações finais é a etapa em que há a conclusão da pesquisa indicando uma resposta e mostrando quais devem ser os cuidados para não haver falhas.

3 PISO INDUSTRIAL DE CONCRETO

Nos últimos anos, o piso industrial de concreto tem adquirido novos conceitos. Antes classificados como apenas pisos de galpões, hoje vem sendo utilizado em diversos espaços do nosso dia a dia como em shoppings, colégios, hipermercados e até em residências.

O que de fato fez com que este avanço pudesse acontecer foi essencialmente a percepção das pessoas do ramo e usuários de que um bom piso é extremamente importante para o desempenho de suas atividades. Além disso, pode-se citar o aparecimento de novas técnicas no processo de execução, de projeto, avanços tecnológicos de máquinas e equipamentos utilizados e pesquisas na área. Uma ressalva importante a ser feita é o fato de que ainda existe uma carência muito grande em relação à normas brasileiras específicas para pisos industriais de concreto, sendo necessário adotar medidas de acordo com a norma americana ACI 302.1R (AMERICAN CONCRET INSTITUTE, 2004) e suas derivadas.

Segundo Chodounsky e Vicili (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.

A seguir, são especificadas a estrutura, os tipos de pisos, tipos de cargas aplicadas, os materiais empregados, as propriedades mais relevantes do concreto e as etapas executivas para que se obtenha um piso de excelência.

3.1 ESTRUTURA

Dependendo do solo e do material disponível para a execução do piso de concreto, o projetista vai estipular quais são as camadas necessárias para o seu desempenho, atendendo a todas as funções para as quais foi projetado. Basicamente o piso é composto pelas camadas a seguir elencadas e detalhadas nos próximos itens:

- a) subleito;

- b) sub-base;
- c) barreira de vapor e camada deslizante;
- d) placa de concreto;
- e) revestimento.

3.1.1 Subleito

O subleito é composto pelo terreno de fundação e, de acordo com Rodrigues e Cassaro (1998, p. 5), “[...] o projetista deve exigir uma série de ensaios antes de iniciar qualquer procedimento de projeto. Tais ensaios são a garantia de um processo correto do ponto de vista técnico que viabilizará a busca da melhor situação para os pavimentos.”.

Os ensaios mais utilizados são o SPT (*standart penetration test*) e o Índice de Suporte Califórnia, mais conhecido como CBR (*California bearing ratio*). Conforme Rodrigues e Cassaro (1998, p. 5), “Com o SPT será possível obter informações a respeito da geomorfologia do solo e da sua heterogeneidade, além de fornecer uma medida de resistência com a qual nossos engenheiros geotécnicos estão bastante familiarizados.”. Além destes dados citados, o teste também fornece a resposta da existência, ou não, de lençol freático e sua localização.

Referente ao teste CBR, que tem por objetivo medir a resistência do solo, Rodrigues e Cassaro (1998, p. 7), o descrevem assim:

Nesse ensaio, toma-se um corpo de prova em um cilindro de 150 mm de diâmetro por 170 mm de altura; submerge-se o corpo de prova durante quatro dias para se atingir a saturação. Uma vez atingida, inicia-se o ensaio medindo-se inicialmente, por intermédio de um deflectômetro, a expansão que a amostra sofre ao saturar-se. A seguir, por meio de um macaco hidráulico faz-se pressão contra o corpo de prova por meio de um cilindro de 50 mm de diâmetro. Um manômetro registra a pressão aplicada e um deflectômetro mede as deformações [...].

Depois dos dados coletados com os testes, caso necessite de uma regularização ou um reforço, pode ser feita uma nova camada com um material de características tecnológicas superiores e espessura constante (CHODOUNSKY; VIECILI, c2007, p. 21).

3.1.2 Sub-base

Rodrigues e Cassaro (1998, p. 15), definem as sub-bases como:

[...] elementos estruturais que se situam intermediariamente entre as placas de concreto e o subleito, formado pelo terreno natural ou por solo trocado, devidamente compactado, e são de importância primordial ao desempenho do piso. No passado, muitas rodovias de concreto apresentavam sérios problemas pela ausência de sub-base, sendo o mais perceptível formado pelo bombeamento, que é a perda de material fino da camada de suporte, expelido junto com água pela junta. O mesmo fenômeno ocorre em pisos.

Excetuando-se os casos em que ocorra a concomitância entre baixas solicitações de carga, subleito homogêneo, com boa capacidade de suporte, com ausência de material fino plástico e clima seco, é fundamental a presença da sub-base para se obter um produto final de ótima qualidade.

De um modo mais simplificado Levy (2009, p. [1]) também define as sub-bases e coloca sua função como:

[...] elementos estruturais intermediários entre o piso em concreto e o subleito, e dentre diversas funções tem como principal o controle de deformações oriundas do piso, de forma a compatibilizar o comportamento mecânico das placas com o subleito. Em outras palavras a sub-base é responsável pela transferência dos esforços gerados pelo piso para a fundação – subleito.

As funções das sub-bases, de acordo com Rodrigues (2010, p. 31), são:

- a) homogeneizar as condições de apoio: o solo é um material heterogêneo e, por isso, pode apresentar características mecânicas variadas na superfície do subleito e a sub-base tem como função – talvez a mais importante – uniformizar o suporte de modo que se tenha coeficiente de recalque do sistema praticamente constante ou o mais constante possível.
- b) eliminar o bombeamento: quando o solo apresenta finos plásticos e encontra-se saturado, com os movimentos verticais na junta da placa, acaba liquefazendo e sendo expelido, juntamente à água, pela ação de cargas móveis sobre o piso.
- c) controlar solos expansivos: por ação física do peso, reduz ou impede a movimentação de solos expansivos.
- d) impedir a umidade ascendente: sub-bases granulares, com granulometria adequada, funcionam como camada de bloqueio da umidade ascendente que ocorre por movimentos da água nos capilares do solo.
- e) drenagem: em áreas abertas, a sub-base pode funcionar como camada drenante, que impede que o acúmulo de água sob o pavimento venha causar danos ao subleito.

A respeito da classificação das sub-bases, Pitta¹ (1998 apud CHODOUNSKY; VIECILI, c2007, p. 32) explica:

As sub-bases de pavimentos e pisos de concreto podem ser divididas em dois grandes grupos: sub-bases granulares e sub-bases tratadas (com cimento ou aditivo). As sub-bases granulares são aquelas compostas por materiais naturais ou artificiais, estabilizados apenas por meio mecânico, e devem atender as determinadas faixas granulométricas, podendo ser do tipo aberto ou fechada. As sub-bases tratadas são compostas de misturas de certos materiais com um aditivo, podendo este ser o cimento Portland, a cal, pozolana, asfalto ou aditivos químicos.

3.1.3 Barreira de vapor e camada deslizando

A camada deslizando e a barreira de vapor estão ligadas por se tratar do mesmo material funcionando com dois objetivos diferentes. O material é uma lona de polietileno, que, quando está funcionando como barreira de vapor, tem o objetivo de eliminar ou reduzir a transmissão de umidade (na forma de vapor) vinda do solo por capilaridade. Já como camada deslizando, a lona, usada em camada simples ou dupla, tem o objetivo de reduzir o atrito entre a placa de concreto e a sub-base (CHODOUNSKY; VIECILI, c2007, p. 21-22).

3.1.4 Placa de concreto

A placa de concreto tem o objetivo de resistir e distribuir os esforços gerados pelos carregamentos, proporcionar boas condições de rolamento, facilidade de limpeza, resistência à abrasão e química (CHODOUNSKY; VIECILI, c2007, p. 22). O parâmetro resistência é fundamental para a avaliação do concreto escolhido para o piso industrial, tendo em vista a afirmação na qual Rodrigues e Cassaro (1998, p. 26) comentam:

Embora não seja o único parâmetro de medida, a resistência do concreto é largamente empregada para avaliar ou definir o seu desempenho, empregando-se frequentemente a resistência à compressão, que é mais fácil e menos dispendiosa de se medir. A maioria dos outros parâmetros do concreto pode ser avaliada pela resistência.

No concreto para pisos, a resistência irá determinar a espessura, qualidade superficial, e também influenciar a retração hidráulica, empenamento e deformações da placa. A resistência do concreto está intimamente relacionada à resistência da pasta de cimento, do agregado e da interface pasta/agregado.

¹ PITTA, M. R. **ET-29**: projeto de sub-bases para pavimentos de concreto. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1998.

3.1.5 Revestimento

Rodrigues (2010, p. 126) salienta a importância do revestimento assim:

Sem sobra de dúvida, a superfície do piso é onde se analisa, muitas vezes de forma subjetiva e imediata, a qualidade da obra, uma vez que o aspecto final será sempre visível para os usuários, sendo a principal fonte de medida do seu desempenho, pois é ela que estará em contato com todas as ações solicitantes.

O revestimento deve ser escolhido de acordo com a finalidade para o qual o piso foi projetado e conforme a resistência e a exigência de suporte à qual este revestimento será submetido. Ele exerce funções como resistir ao desgaste, a agentes químicos, agir como impermeabilizante, nivelador, bem como provocar sensação de bem estar aos usuários.

Abaixo estão elencados os tipos mais comuns de revestimentos e suas características:

- a) a base de epóxi: elevada resistência mecânica e química, acabamento liso e antiderrapante, impermeável e possui ótima estética;
- b) revestimento cimentício: eleva a resistência mecânica, liberação rápida para uso e autonivelante;
- c) anticorrosivo a base de resina: em lugares muito agressivos como em indústrias químicas este tipo de revestimento aumenta a vida útil do piso;
- d) poliuretano: elevada resistência à abrasão, química, a raios UV (mantém cor inalterada) aumenta a aderência ao substrato podendo ser utilizado em ambientes internos e externos.

3.2 TIPOS DE PISOS DE CONCRETO

Neste item, são apresentados os tipos de pisos industriais mais utilizados no mercado. São eles, os pisos de concreto:

- a) simples;
- b) simples com armadura descontínua de retração;
- c) estruturalmente armado;
- d) com fibras de aço;
- e) protendido.

3.2.1 Simples

O piso de concreto simples, por não possuir nenhum outro elemento que o ajude em suas funções básicas, tem a sua espessura maior que todos os outros tipos. Chodounsky e Viecili (c2007, p. 27) explicam que por não ter a presença de armadura estrutural ou de combate à retração, o concreto fica como responsável exclusivo por suportar todos os esforços de tração gerados pela retração, variação térmica e pelo carregamento. No entanto, afirmam que se podem usar dispositivos de transferência de carga, como barras de ligação, entre as placas para dispersar esses esforços e agir como um todo.

Este tipo de piso não é muito empregado hoje em dia por ter placas de dimensões muito pequenas em comparação com as demais, o que obriga, necessariamente, a ter muitas juntas de construção. Outro ponto negativo é o alto risco de fissuras devido à fadiga do material.

3.2.2 Simples com armadura descontínua de retração

Este piso é uma derivação do piso de concreto simples, porém é acrescentada uma baixa taxa de armadura ou de fibras de aço (por ser baixo o teor de adição não pode ser classificado como piso reforçado com fibras de aço), com o objetivo de controlar a fissuração. As armaduras de retração, se colocadas até 5 cm de distância da borda superior, podem contribuir também na redução e controle do empenamento das bordas das placas de concreto (CHODOUNSKY; VIECILI, c2007).

3.2.3 Estruturalmente armado

Quando, no projeto, determina-se a execução do piso de concreto com o reforço de armadura de aço, tem-se como objetivo aliar o que cada material tem de melhor e potencializar assim as suas propriedades características. Chodounsky e Viecili (c2007, p. 30) explicam como isso é feito e suas vantagens:

No dimensionamento dos pisos estruturalmente armados, tira-se proveito da boa resistência à compressão do concreto associada à elevada resistência à tração do aço, o que resulta sempre em placas de menores espessuras em comparação aos pisos de concreto simples.

Nos pisos estruturalmente armados, as tensões de tração impostas pelo carregamento são resistidas integralmente pela armadura, sendo desconsiderada a resistência à tração do concreto.

Além da possibilidade de construção de pisos com espessuras menores, o emprego de armadura estrutural traz outras vantagens em relação aos outros tipos de pisos. Como a capacidade de carga do piso estruturalmente armado é pouco dependente da resistência do concreto, é possível liberar o piso ao uso em um prazo muito menor que os outros pisos. Pela mesma razão a deficiência da resistência do concreto acarreta em menores prejuízos estruturais para o piso armado.

Sá et al. (2009, p. 2) ainda comentam que a armadura de aço pode ser instalada de duas maneiras, “Podem ser de armadura dupla, para cargas de grande monta ou armadura simples para combate à retração. Possuem espessuras menores que os de concreto simples e menor índice de juntas, pois as armaduras possibilitam a execução de placas de maiores dimensões.”.

3.2.4 Reforçado com fibras de aço

O concreto é um material considerado de natureza frágil, ou seja, rompe-se sem que haja uma deformação plástica, ocorrendo assim, uma ruptura abrupta. Rodrigues (2010, p. 67) afirma que:

É essa natureza frágil do concreto que estimulou os pesquisadores a buscar a melhoria de suas propriedades, com a adição de fibras, para permitir que seu comportamento seja mais dúctil, ou seja, que o material tenha mais tenacidade [...].

A vantagem de o material possuir maior tenacidade é permitir que mesmo depois de apresentar determinada deformação plástica, ele ainda tenha capacidade estrutural, o que não acontece nos materiais frágeis.

No caso de concreto com fibras de aço, embora a matriz frágil se rompa, a fibra garante a continuidade estrutural. De maneira geral, a adição de fibras de aço incrementa a resistência ao impacto, fazendo com que o material apresente maior tenacidade e melhor comportamento com relação à fadiga.

Sá et al. (2009, p. 2), comentam que estas fibras de aço, podem substituir as armaduras convencionais em telas, tendo como grande vantagem a facilidade de aplicação, pois são adicionadas ao concreto ainda na usina e dispensam a necessidade da execução de armação em obra. Salienta também a notável diminuição da ocorrência de fissuras, comparado ao piso de armadura distribuída, devido ao fato de possuir alta ductilidade, absorvendo os esforços oriundos da retração hidráulica do concreto.

3.2.5 Protendido

A NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 4) define elementos de concreto protendido com sendo “Aqueles nos quais parte das armaduras é previamente alongada [...] com a finalidade de, em condições de serviço, impedir ou limitar a fissuração e os deslocamentos da estrutura e propiciar o melhor aproveitamento de aços de alta resistência no estado limite último (ELU).”.

Chodounsky e Viecili (c2007, p. 35) indicam que:

O piso protendido, resumidamente, consiste em 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.

Comparando a capacidade de execução das placas quanto a dimensões afirma-se que, “Enquanto que nos pisos de concreto simples, o comprimento da placa varia de 4 a 6 metros, nos pisos de concreto com armadura de retração, a placa pode ter 10 metros ou mais, [...], nos pisos protendidos a placa pode ter dimensões superiores a 100 metros.” (CHODOUNSKY; VIECILI, c2007, p. 36).

Uma vantagem desta opção com relação às juntas, Chodounsky e Viecili (c2007, p. 36) indicam que:

Nos pisos de centros de distribuição com *lay-out* definido de porta-*pallets* ou *racks*, a vantagem do sistema protendido pode ser ainda maior. É possível executar faixas estreitas (com as juntas construtivas sob os porta-*pallets*), o que facilita a execução, e bastante longas, ficando desta forma, os corredores de tráfego de empilhadeiras com um número muito reduzido de juntas. Dependendo do *lay-out* de utilização do piso, um centro de distribuição de área aproximada de 10.000 m², pode ter apenas 300 metros ou menos de juntas sob tráfego de empilhadeiras, ao passo que em um piso convencional, esse índice de juntas seria da ordem de 0,15 m / m².

3.3 CARGAS APLICADAS

No projeto do piso, a carga aplicada é um dos principais fatores para o dimensionamento. Deve-se levar em consideração o modo e o tempo de aplicação da carga, que é encontrada em três tipos:

- a) distribuída;
- b) linear;

c) concentrada.

Estes tipos de cargas podem aparecer devido a elementos estáticos ou móveis.

As cargas móveis são grandes causadoras da degradação e perda da vida útil sofrida pelo piso industrial. Por isso, é de suma importância a identificação do tipo de rodagem para executar o dimensionamento e a orientar o projeto geométrico (posicionamento das juntas). As empilhadeiras de rodagem maciça, assim como o tráfego das paleteiras, são extremamente agressivas às juntas devido ao tamanho reduzido e da dureza de suas rodas, o que gera uma demasiada pressão sobre o piso (CHODOUNSKY; VIECILI, c2007).

Chodounsky e Viecili (c2007, p. 52) ainda alertam que:

Em razão da agressividade dessas cargas às juntas, e conseqüentemente às fissuras, o piso deve ser projetado e construído segundo critérios rígidos quanto ao controle de fissuração e do empenamento da placa de concreto. Minimizando-se a ocorrência dessas duas patologias, aliado ao tratamento das juntas com materiais e procedimentos apropriados, irar-se-á garantir uma vida longa ao piso.

3.3.1 Distribuída

A carga uniformemente distribuída é empregada quando o objeto que exerce a pressão está diretamente sobre o piso, sem qualquer apoio. Este modo é o mais comum de se armazenar o material. Chodounsky e Viecili (c2007, p. 43-44) alertam para a importância de saber os cuidados de como utilizá-las:

Nessa situação o momento fletor máximo (crítico) ocorre no topo (superior) da placa, no meio da faixa descarregada (momento negativo). O cálculo da espessura do piso para este tipo de carga é realizado com base na resistência à tração na flexão do concreto ou no emprego de armadura (quando as tensões superarem a tensão admissível do concreto), posicionada próximo à face superior da placa. Logo, a armadura superior pode também ter função estrutural ao contrário do que muitos acreditam ser essa armadura somente para combate à retração.

O conhecimento desse detalhe é particularmente importante, pois as fissuras resultantes deste tipo de carregamento ocorrem no centro da faixa descarregada (corredor), podem ter grande abertura, ficando então expostas ao tráfego das empilhadeiras havendo rápida progressão da degradação das fissuras (esborcinamento).

Como exemplo de cargas distribuídas, pode ser citado o estoque de materiais em *pallets* e materiais a granel como areia e grãos.

3.3.2 Lineares

As cargas lineares são cargas que podem ser consideradas como concentradas, mas o que a torna especial é o seu grande comprimento em relação a sua pequena largura. Quando posicionadas no centro da placa a tensão crítica de tração ocorre na parte inferior da placa, já quando está perto das bordas esta tensão exige mais da face superior (CHODOUNSKY; VIECILI, c2007, p. 45). Exemplos de cargas lineares são alvenarias e barras de aço estocadas diretamente no piso.

3.3.3 Concentradas

Também chamadas de cargas pontuais, são provenientes de apoios isolados como máquinas estáticas, pilares metálicos de mezaninos de armazenagem de paletes e estanteiras. Neste tipo de carga, deve-se atentar para a área de contato entre o piso e o carregamento, pois as cargas são grandes e em contrapartida a área abrangente muito pequena (RODRIGUES, 2010).

Chodounsky e Viecili (c2007, p. 45-46) chamam a atenção para que:

Grandes alturas de armazenagem podem acarretar cargas concentradas em pequenos apoios extremamente elevadas. Para alturas entre 8 e 10 metros pode-se chegar a 4.000 ou 5.000 kg por apoio da estrutura de porta-pallets, considerando pallets com peso médio de aproximadamente 1.000 kg, enquanto que para alturas entre 10 e 14 m, obtém-se entre 6.000 e 10.000 kg por apoio. Nos sistemas de estruturas alto-portantes, os pallets podem ser elevados até mais de 25 metros de altura. Em poucos casos a carga concentradas nos apoios podem atingir 20 tf ou mais. Nestes casos há também elevados esforços de tração nos apoios dos porta-pallets devido à ação do vento da estrutura.

As cargas concentradas, sejam elas estáticas ou dinâmicas, produzem esforços mais críticos na face inferior da placa de concreto (momento positivo).

3.4 MATERIAIS

A qualidade dos materiais a serem utilizados na execução do piso expressa diretamente a qualidade do resultado final, esta escolha deve levar em consideração as características, as propriedades e a finalidade do piso. Sempre que possível é recomendado que seja coletado o máximo de informações a respeito do material, sendo por experiências próprias, de terceiros ou realizando testes.

Rodrigues e Cassaro (1998, p. 54) atentam, “Muito embora os materiais que são empregados na execução dos pisos industriais sejam similares aos empregados na construção convencional, existem algumas peculiaridades que devem ser ressaltadas para se obter o máximo desempenho do sistema.” (RODRIGUES; CASSARO, 1998, p. 64).

Na execução de pisos industriais de concreto os materiais empregados que devem ser escolhidos com rigor e inspecionados são:

- a) cimento;
- b) agregados;
- c) água;
- d) aditivos;
- e) armadura de aço.

3.4.1 Cimento Portland

Segundo o Boletim Técnico 106 da ABCP (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002, p. 5):

O cimento Portland é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob ação da água. Depois de endurecido, mesmo que seja novamente submetido ação da água, o cimento portland não se decompõe mais.

As características e propriedades desses concretos e argamassas vão depender da qualidade e proporções dos materiais com que são compostos. Dentre eles, entretanto, o cimento é o mais ativo, do ponto de vista químico. Pode-se dizer que o cimento é o principal responsável pela transformação da mistura dos materiais componentes dos concretos e das argamassas no produto final desejado (uma laje, uma viga, um revestimento, etc.).

Portanto, é de fundamental importância utilizá-lo corretamente. Para isto, É preciso conhecer bem suas características e propriedades, para poder aproveitá-las da melhor forma possível na aplicação que se tem em vista.

Dentre os materiais que compõe o cimento *Portland* estão compostos como o clínquer, o gesso que exerce uma função de controlar o tempo de pega, escória de alto forno que funciona como ligante hidráulico, os materiais pozolânicos (rochas vulcânicas ou matérias orgânicas fossilizadas) que tem a mesma função que a escória, porém só funcionam com a presença do clínquer e o material carbonático que torna o concreto e a argamassa mais trabalháveis.

A tabela 1 mostra a composição básica dos tipos de cimento brasileiro com seus aditivos mais utilizados para pisos industriais de concreto segundo o Boletim Técnico 106 da ABCP (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002):

Tabela 1 – Composição em massa dos 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)

3.4.2 Agregados

Agregado é definido como material granular que não possui forma e volume definido, geralmente inerte e com características e propriedades específicas para a construção civil.

Os agregados são classificados quanto ao seu tamanho em miúdos e graúdos. Esta separação é feita através de ensaios, de acordo com a NBR NM 248 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001), nos quais os agregados são conduzidos à passagem em peneiras que, dependendo da abertura de malha, esta retém ou não o material. Conforme a NBR 7211 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009b, p. 3), os agregados miúdos passam pela peneira de abertura de malha igual a 4,75 mm, enquanto os graúdos passam pelas peneiras de 75 mm e ficam retidos nas de 4,75 mm.

Sá et al. (2009, p. 4) afirmam que a escolha adequada dos agregados tanto miúdos, quanto graúdos é fundamental para a obtenção de um concreto com as melhores características e propriedades possíveis.

Com relação à participação dos agregados no concreto, Chodounsky e Viecili (c2007, p. 128) indicam que “Os agregados ocupam a maior parte do volume do concreto, geralmente entre 60 e 75% (70 a 85% em massa), e possuem forte influência nas propriedades do concreto fresco e endurecido, apesar de representar apenas cerca de 20 a 35% do custo do metro cúbico de concreto.”.

Algumas características específicas que se pode conseguir com a escolha dos agregados são citadas por Rodrigues e Cassaro (1998, p. 64):

Deve-se atentar para o fato de que o agregado miúdo irá afetar basicamente a trabalhabilidade do concreto, sendo que, se houver emprego de material muito fino, isso irá facilitar as operações de acabamento, mas com aumento da demanda de água; no outro extremo a adoção de areias grossas dificultará o acabamento, tornando a mistura áspera, e favorecerá a exsudação do concreto, muito embora possa ocorrer redução do volume de água.

Os agregados graúdos irão afetar mais as propriedades do concreto endurecido, visto que o fator de forma, textura superficial e mesmo a presença de materiais pulverulentos irão atuar de maneira marcante na resistência à tração na flexão. Os agregados naturais, como os seixos rolados, são particularmente prejudiciais nesse aspecto.

Também citando as características alcançadas através da escolha do agregado, Seiler (2009) cita:

A quantidade ideal de agregados miúdos no concreto está diretamente relacionada com a trabalhabilidade e resistência à abrasão que se deseja obter. O concreto deverá ser coeso e plástico suficiente para mitigar exsudação e segregação.

Menores quantidades de agregados miúdos tipicamente levam a resistências à abrasão mais elevadas caso o concreto não apresente exsudação significativa. A exsudação fragiliza a camada superficial do concreto por alterar a relação água/cimento naquela região

3.4.3 Água

Segundo Chodounsky e Viecili (c2007), a água potável pode ser utilizada no preparo do concreto desde que não possua substâncias, que possam modificar as propriedades do concreto. Já a água não potável, os mesmos autores citam que ela pode até ser aproveitada,

desde que se façam testes para verificação das consequências no concreto fresco e endurecido, esta água testada deve apresentar, no mínimo, 90% do valor das resistências, aos 7 e 28 dias, em relação a um concreto de referência preparado com água destilada. A NBR 15900-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009a) estabelece os requisitos da água de amassamento do concreto.

3.4.4 Aditivos

Hoje em dia, o uso de aditivos está bem difundido na área da construção civil. Através de pesquisas, testes e ensaios, foram elaboradas as composições de diversos aditivos. Eles têm o objetivo de alterar alguma propriedade específica do concreto com o intuito de melhorar o rendimento do mesmo.

A norma que fixa as condições exigíveis dos materiais a serem utilizados como aditivos para concreto de cimento Portland é a NBR 11768 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011). Chodounsky e Viecili (c2007) citam e definem alguns destes aditivos:

- a) plastificante: aumenta a fluidez do concreto sem adição de água ou cimento, consegue uma maior resistência à compressão sem alterar o teor de cimento e também pode reduzir o consumo de cimento;
- b) retardadores: retarda o início da hidratação do cimento e o enrijecimento da mistura para obter maior tempo para manuseá-lo;
- c) aceleradores: aceleram as reações do concreto com o intuito de acelerar o desenvolvimento da resistência inicial e assim adiantar o início do acabamento superficial;
- d) incorporadores de ar: induzem o aprisionamento de bolhas de ar no concreto com o intuito de melhorar a trabalhabilidade e a resistência à ação do gelo e degelo.

3.4.5 Armadura de aço

Segundo Rodrigues e Cassaro (1998, p. 65), “[...] o piso pode possuir dois tipos de armaduras: estrutural, quando esta resiste aos esforços solicitantes oriundos de cargas móveis ou estáticas e distribuídas, quando a função da armadura é combater a fissuração de retração.”. Para fins de classificação das armaduras de aço, a NBR 7480 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 2007, p. 2) define:

Para os fins desta Norma, classifica-se como barras os produtos de diâmetro nominal 6,3 ou superior, obtidos exclusivamente por laminação a quente sem processo posterior de deformação mecânica. Classificam-se como fios aqueles de diâmetro nominal 10,0 ou inferior, obtidos a partir de fio-máquina por trefilação ou laminação a frio.

De acordo com o valor característico da resistência de escoamento, as barras de aço são classificadas nas categorias CA-25 e CA-50, e os fios de aço na categoria CA-60.

3.5 PROPRIEDADES DO CONCRETO

O concreto é um material que possui muitas variações de suas propriedades ao longo do tempo. No estado fresco, possui comportamento de fluido viscoso, que permanece assim por poucas horas e depende de variações como a cinética química do cimento, da temperatura ambiente e de seus aditivos. Já no estado endurecido, após a cura, o concreto tem como propriedades mais marcantes, para pisos, a sua retração e a sua resistência à abrasão e à tração na flexão (RODRIGUES, 2010).

A classificação das propriedades do concreto, considerando-se essas duas fases (fresco e endurecido) é detalhada nos próximos itens.

3.5.1 Propriedade do concreto fresco

Dentre as muitas propriedades do concreto fresco para pisos industriais de concreto se destacam a trabalhabilidade e a exsudação.

3.5.1.1 Trabalhabilidade

Segundo Rodrigues (2010, p. 46), trabalhabilidade é “[...] o conjunto de propriedades do concreto fresco, as quais permitem que ele seja misturado, transportado, lançado, adensado e acabado de modo apropriado para cumprir as exigências de material de engenharia quando em serviço.”.

Não se pode definir se a trabalhabilidade do concreto é boa ou ruim de maneira geral, pois a trabalhabilidade eficaz para um piso industrial, que necessita de um concreto mais argamassado e com mais materiais finos para um bom acabamento, não o é para um concreto estrutural (CHODOUNSKY; VIECILI, c2007). Esses autores explicam que não existe um

ensaio direto para avaliar a trabalhabilidade, apenas indiretamente, sendo o ensaio de abatimento de tronco de cone (*slump test*) o mais usual em obras.

Referente aos principais fatores que afetam a trabalhabilidade do concreto, Chodounsky e Viecili (c2007) elencam:

- a) quantidade de água no traço;
- b) granulometria dos agregados: areias grossas e angulosas geram misturas mais ásperas e areias muito finas geram uma mistura mais coesa, o que pode ser um problema para o acabamento do piso;
- c) consumo de cimento: traços com pouco cimento produzem misturas mais ásperas e ruins para acabar, já com muito cimento podem ter coesão e viscosidade excessiva;
- d) aditivos: os aditivos plastificantes vão melhorar a consistência do concreto para um dado traço ou reduzir o consumo de água para uma trabalhabilidade fixa, melhorando seu manuseio;
- e) temperatura ambiente: quanto maior a temperatura ambiente, mais rápida a perda de trabalhabilidade do concreto.

3.5.1.2 Exsudação

Exsudação é definida pelo PCA (PORTLAND CEMENT ASSOCIATION², 2002 apud RODRIGUES, 2010, p. 48) como:

[...] o fluxo de água no concreto recém-lançado causado pelo assentamento de partículas mais pesadas; ocorre no estado plástico e cessa quando a estrutura começa a enrijecer. Como se pode perceber, misturas muito fluídas e sem coesão tendem a exsudar mais.

Chodounsky e Viecili (c2007, p. 159) indicam motivos para acontecer a exsudação:

Uma exsudação excessiva pode ocorrer em misturas com abatimento muito elevado, agregados com deficiência de finos ou mal graduados, em traços pobres (baixo consumo de cimento e adições) e em concretos com tempo de início de pega muito longo (grande janela de acabamento). O fenômeno é de grande importância na execução de pisos e pavimentos, visto que a área superficial é bastante grande para espessuras relativamente pequenas, o que favorece a manifestação de exsudação.

Rodrigues (2010) ainda salienta que o fenômeno é prejudicial pelo fato de reduzir a resistência à abrasão devido ao aumento da porosidade superficial.

² PORTLAND CEMENT ASSOCIATION. **Design and Control of Concrete Mixtures**. 14th ed. Skokie, 2002.

3.5.2 Propriedades do concreto endurecido

As principais propriedades do concreto endurecido, tratando-se de pisos industriais de concreto, são a retração e sua resistência mecânica, estas que são detalhadas a seguir.

3.5.2.1 Retração

A retração é o fenômeno no qual o concreto tem uma redução no seu volume devido à perda d'água. A retração plástica é usual em pisos industriais e Chodounsky e Viecili (c2007, p. 163) explicam:

Nas peças com elevada relação superfície exposta/volume, tais como lajes, pavimentos ou pisos de concreto, a secagem rápida do concreto ainda fresco provoca retração quando a taxa de perda de água da superfície, por evaporação, excede a taxa disponível de água de exsudação. Nesta fase, o concreto apresenta baixíssima resistência à tração, e as fissuras podem facilmente aparecer nestas situações. Por ocorrer no concreto ainda plástico, esta retração é denominada retração plástica.

Existe também em pisos industriais, bem usualmente, a retração por secagem, também conhecida por retração hidráulica. Ela acontece nas primeiras 24 horas e se deve a perda de água não combinada na hidratação do cimento o que gera uma diminuição de volume aparente considerável (RODRIGUES, 2010).

3.5.2.2 Resistência mecânica

Rodrigues (2010) destaca os tipos de resistências mecânicas importantes para os pisos de concreto, bem como mostra as propriedades que os influenciam, ou seja, resistência:

- a) à compressão é inversamente proporcional à relação água/ cimento;
- b) à tração na flexão é mais baixa em agregados com texturas lisas e seixos rolados;
- c) à abrasão é menor quando existe muita exsudação.

A resistência mecânica está diretamente ligada à qualidade do concreto e a variação dessa resistência é função de alguns parâmetros interdependentes, definidos na dosagem como a relação água-cimento, o tipo de cimento e os agregados. A relação água-cimento é inversamente proporcional a resistência mecânica uma vez que aumentando esta relação aumenta também a porosidade. O tipo de cimento além de influenciar na resistência mecânica final, também age na evolução ao longo do tempo, isso devido à composição de cada tipo de

cimento, sua finura e as características microestruturais do clínquer. O agregado, quando usado para concretos de alta resistência, necessita uma seleção criteriosa de suas propriedades como massa específica, composição granulométrica, forma e textura (CHODOUNSKY; VIECILI, c2007).

3.6 ETAPAS EXECUTIVAS

Chodounsky e Viecili (c2007, p. 237) indicam que:

A complexidade na execução da maioria dos pisos não está compreendida na necessidade de realização de tarefas novas, mas sim na exigência de que os procedimentos corriqueiros sejam efetuados com a devida intensidade, precisão, eficácia e na sequência correta. O sucesso da execução depende do cumprimento das etapas planejadas.

As etapas executivas estão detalhadas na NBR 14931 (ASSOCIAÇÃO BRASIELIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004) e devem ser seguidas rigorosamente para que o piso tenha as melhores condições possíveis. Sá et al. (2009, p. 5) recomendam placas teste antes de executar o piso planejado:

Recomendamos sempre a execução de uma placa teste de concreto, com dimensões em torno de 300 m² para avaliar todas as características do traço de concreto aplicado bem como as etapas de acabamento do piso, equipamentos utilizados e disponibilizados pela empresa construtora do piso; chances de surgimento de patologias e, principalmente o aspecto visual final que deve ser aprovado pelo cliente/usuário.

As etapas de execução, tratadas a seguir, são:

- a) montagem das fôrmas;
- b) montagem e colocação das armaduras;
- c) lançamento e adensamento do concreto;
- d) nivelamento e acabamento superficial;
- e) cura;
- f) corte das juntas.

3.6.1 Montagem das fôrmas

A função das fôrmas é definida por Chodounsky e Viecili (c2007, p. 240):

A função básica das fôrmas é a de contenção lateral do concreto lançado ou delimitação do término de jornada de trabalho. Podem ainda servir de suporte para o equipamento utilizado para adensamento e nivelamento do concreto (réguas vibratórias).

As fôrmas 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. Em ambos os casos devem ser estanques e estar estruturalmente dimensionadas para suportar os esforços advindos do equipamento sobre as mesmas apoiado.

A etapa de montagem das fôrmas é simples, porém Rodrigues (2010) chama atenção aos requisitos mínimos de qualidade que devem ser fiscalizados:

- a) devem ser rígidas para suportar as pressões do concreto;
- b) devem ser leves para o fácil e rápido manuseio;
- c) a espessura do piso deve ser levemente superior à altura da fôrma;
- d) devem possuir aberturas corretas para o perfeito encaixe das barras de transferências e para que possa ser retirada (fôrmas) sem interferir nas barras.

3.6.2 Montagem e colocação das armaduras

Rodrigues e Cassaro (1998, p. 69) destacam a importância do posicionamento correto das armaduras:

O posicionamento correto das armaduras reveste-se de especial importância no desempenho e durabilidade do piso, notadamente quando elas têm função única de combater as fissuras causadas pela retração do concreto, que deve ficar a no máximo 50 mm da superfície do concreto ou a um terço da espessura da placa.

Igualmente, Chodounsky e Viecili (c2007) indicam que, para obter um eficiente combate à retração e um reforço estrutural desejado, é imprescindível o correto posicionamento das armaduras. Estas que devem ser montadas com espaçadores para garantir o correto cobrimento estipulado em projeto e devem ser posicionadas com antecedência em relação à concretagem.

Conforme a NBR 14931 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 9), deve ser feita uma inspeção antes de utilizar as armaduras:

A superfície da armadura deve estar livre de ferrugem e substâncias deletérias que possam afetar de maneira adversa o aço, o concreto ou a aderência entre esses materiais. Armaduras que apresentem produtos destacáveis na sua superfície em função de processo de corrosão devem passar por limpeza superficial antes do lançamento do concreto.

Após limpeza deve ser feita uma avaliação das condições da armadura, em especial de eventuais reduções de seção.

3.6.3 Lançamento e adensamento do concreto

O lançamento, caso não esteja estipulado em projeto, deve ser orientado pelo engenheiro responsável de modo a contemplar longos panos de concretagem, evitando ao máximo picotar as regiões (RODRIGUES, 2010). Em relação ao lançamento em si, Chodounsky e Viecili (c2007, p. 242) explicam que:

O lançamento do concreto pode ser realizado diretamente do caminhão betoneira ou com auxílio de bomba (concreto bombeado), dependendo das condições de acesso e do tipo de armação do piso. No caso de pisos de concreto simples ou pisos de concreto reforçado com fibras de aço, não há a necessidade de emprego de bomba, podendo o concreto ser descarregado na pista diretamente do caminhão. No caso de piso armado ou protendido é recomendável que o concreto seja bombeado, de modo que as armaduras possam ser posicionadas com antecedência.

Deve-se atentar ao período máximo entre a mistura na usina e o lançamento do concreto em obra, que deve ser de 90 minutos. Caso contrário, há grandes chances de ocorrer problemas no acabamento do piso. Quando ocorrer, de passar muito do tempo estabelecido, deve-se executar uma junta de construção no local de parada (CHODOUNSKY; VIECILI, c2007).

Já a NBR 7212 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012, p. 7), em relação ao período de tempo para operações de lançamento e adensamento do concreto impõe que seja inferior a 150 minutos, contados a partir da primeira adição de água na mistura e contando que o transporte seja realizado com caminhão betoneira e não supere os 90 minutos.

A respeito do adensamento, Chodounsky e Viecili (c2007, p. 243), afirmam que “A finalidade básica do adensamento é obter-se a máxima densidade do concreto e garantir uma elevada resistência mecânica.”. Este adensamento é realizado conforme Rodrigues (2010, p. 126) descreve:

As grandes áreas dos pisos aliadas as suas baixas espessuras sugerem que o adensamento do concreto deva ser feito com o emprego de régua vibratórias. Essa operação é facilitada pela própria natureza do piso, que é desprovida de elementos complicadores, como taxas elevadas de armação ou locais pouco acessíveis. Como consequência, há raros exemplos de falhas em virtude do adensamento, que passa a ser mais importante como elemento preliminar aos trabalhos de acabamento.

3.6.4 Nivelamento e acabamento superficial

Após o adensamento, deve-se realizar o nivelamento do piso, que consiste na remoção do excesso de concreto lançado. Este nivelamento pode ser feito mecanicamente através de máquinas como a *Laser Screed* ou manualmente com régua de alumínio.

Medeiros (2011) sobre o acabamento salienta:

O acabamento deve ser escolhido em função da utilização do piso. As acabadoras de superfície (helicóptero) são utilizadas na etapa final da execução. Recomenda-se deixar a superfície "rugosa" quando for necessário aumentar atrito, como em pátios externos de manobra. Se o piso tiver revestimento final não é necessário que a superfície seja rugosa, pois antes de ser revestida, a superfície do piso já deverá ter sido muito bem lixada, fresada, ou jateada, removendo a pasta de cimento aflorada e os resíduos da superfície gerados no processo de cura. Isso por si só garante a aderência do revestimento a uma base sólida e descontaminada. Não se deve molhar a superfície durante o acabamento, evitando assim a alteração do fator água-cimento.

Rodrigues e Cassaro (1998) separam o acabamento superficial em etapas:

- a) regularização do concreto: fundamental para obter uma boa planicidade, feita através do "rodo de corte";
- b) desempenho mecânico do concreto: através de acabadoras simples ou duplas, o seu objetivo é ter o piso bem alisado;
- c) alisamento superficial: é realizado com o mesmo equipamento empregado no desempenho mecânico mas com laminas mais finas, para se obter uma superfície densa, lisa e dura.

3.6.5 Cura

A cura consiste em não permitir a desidratação do concreto e assim possibilitar que ele alcance o seu melhor desempenho em relação à resistência mecânica e fissuração devido à retração. Ela pode ser realizada de diversas formas, mas neste trabalho, foram selecionados os dois tipos mais utilizados para pisos industriais de concreto, a cura úmida e a cura química.

Segundo Rodrigues (2010), a cura deve ser separada em duas etapas: a inicial e a complementar. A inicial, feita imediatamente após as operações de lançamento e adensamento, que é o período no qual há maior influência dos fenômenos de superfície e a complementar, após o acabamento final, quando a superfície não está tão frágil e podem ser utilizados métodos diretos.

3.6.5.1 Cura úmida

O processo da cura úmida consiste em manter a superfície úmida através de métodos como (CHODOUNSKY; VIECILI, c2007):

- a) represamento: adotando barreiras físicas (areia ou argamassa) que represam a água e criam uma película espessa acima do piso, controlando a temperatura e a perda de água do concreto;
- b) vedação da superfície: esta vedação pode ser realizada com lonas de polietileno e aspersão de água sob a lona, o que mantém o piso umedecido;
- c) manta de não-tecido; essas mantas após molhadas, são colocadas em cima do piso permitindo a retenção da água.

O tempo da cura úmida varia entre 7 e 14 dias, conforme algumas condições de exposição e propriedades do concreto como a relação água/cimento. A NBR 14931 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004) recomenda que a cura deva se estender por um período até que o concreto atinja resistência de 15,0 MPa.

3.6.5.2 Cura química

A cura química é a adição de resinas, logo após o acabamento superficial, que, ao perderem água, polimerizam-se formando uma película protetora que impede a saída de água do concreto. Chodounsky e Viecili (c2007) mostram que este tipo de cura tem vantagens como o baixo custo, a menor necessidade de monitoramento do processo e a possibilidade de realizar a cura com o concreto ainda plástico. Em contrapartida alertam para as desvantagens de difícil aplicação com uniformidade em toda área e produtos com variação de desempenho muito grande.

3.6.6 Corte das juntas

O corte depende de alguns fatores como o tipo de junta, a temperatura em que se encontra o ambiente e a umidade. Juntas de retração exigem que o corte seja efetuado dentro de um prazo de 8 a 12 horas após o acabamento do piso, já as de construção não tem uma obrigatoriedade neste sentido. A respeito do tipo de corte, “Convencionalmente, no Brasil emprega-se o sistema de corte úmido, que permite o corte em profundidades elevadas, até 30 cm, mais do que é normalmente requerido em projeto, que é de um terço da espessura da placa para o concreto reforçado com fibras de aço.” (RODRIGUES, 2010, p. 133). O autor também ressalva que o tempo de cura varia com a temperatura ambiente e, com isso, interfere na hora do corte:

A programação do corte deve ser feita de modo que as operações sejam cronologicamente consistentes com o lançamento, observando-se que concretos lançados nos horários mais quentes do dia deverão ter idade de corte menor do que aqueles lançados no começo da manhã.

É importante que o executor se atente a profundidade de corte das juntas de controle e construtivas, devendo estar de acordo com o especificado em projeto. Caso haja disparidade, a chance de resultar em aparecimento de fissuras de retração é enorme (CHODOUNSKY; VIECILI, c2007). Uma etapa importante após o corte das juntas é a limpeza. Sá et al. (2009, p. 6) destacam que “Após a execução dos cortes, o piso e o interior das juntas devem ser limpos com hidrojateamento para evitar a impregnação da nata de cimento gerada pelos cortes.”.

4 JUNTAS

Segundo Rodrigues (2010, p. 105), “As juntas são elementos construtivos destinados a permitir o deslocamento no plano do piso, que controlam a fissuração e, ao mesmo tempo, são capazes de transferir esforços entre as placas contíguas.”. Também é importante salientar que as juntas ao serem tratadas são responsáveis por manter a planicidade na área de ligação entre as placas, assegurando assim, uma boa qualidade de conforto e rolamento.

Para obter resultados positivos com relação às juntas, primeiramente deve-se realizar um projeto baseado na utilização futura do piso, e no qual contenham todas as informações necessárias para sua execução, como o tipo de junta, o alinhamento, a espessura e o tempo de corte, o comprimento, o material para o tratamento da junta entre outras. A falta de projeto pode acarretar em erros executivos, e estes poderão ser causas de muitas manifestações patológicas.

Referente às manifestações patológicas, Chodounsky e Viecili (c2007, p. 259) afirmam que “Sendo as juntas os elementos mais sensíveis nos pisos de concreto, deve-se dedicar especial atenção a sua execução. Estima-se que mais de dois terços das patologias dos pisos de concreto estejam relacionadas com falhas nas juntas.”.

4.1 TIPOS

Para pisos industriais, as juntas podem ser classificadas em:

- a) de construção;
- b) de retração;
- c) de expansão;
- d) de dilatação.

4.1.1 Junta de Construção

As juntas de construção são normalmente longitudinais ao pano de execução, e limitam as bordas das placas concretadas ou alguma parada da concretagem devido a algum fator como o

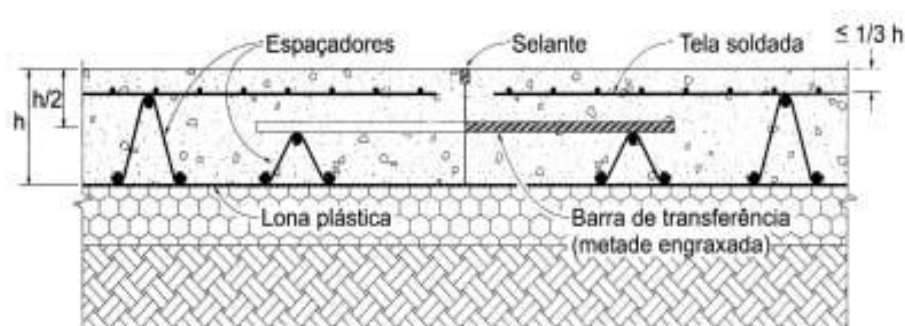
atraso de um caminhão de concreto. Normalmente não apresentam muita movimentação, mas são consideradas frágeis pelo fato do concreto nessa região, em contato com as fôrmas, ser menos adensado, o que agrava a sua rápida deterioração. Devido a essa fragilidade, nos casos em que há passagem de rodas maciças sobre a junta, é executado o tratamento da junta com material epóxi semi-rígido e complementado com reforço nas bordas chamado de lábios poliméricos. Esse sistema de tratamento de bordas de juntas promove grande estabilidade a solicitações mecânicas e químicas. Seu desempenho promove ganhos reais, conferindo-lhe resistência superior a 60 MPa, o que evita o esborcinamento das bordas da junta e mantém o selo de vedação intacto. Caso exista a necessidade de apenas vedar, o tratamento pode ser realizado com materiais de poliuretano entre outros selantes.

Nas juntas de construção, ao introduzir as barras de transferência, propicia-se as condições para que seja possível transmitir esforços de uma placa contígua a outra. Nesse aspecto, Metzger (1997, p. 49-50) descreve que:

As juntas de construção criam uma separação total no piso [...]. A melhor maneira de assegurar uma efetiva transferência de carga nas juntas de construção é a utilização de barras. Barras com diâmetro, comprimento, espaçamento, alinhamento e montagem adequados garantem uma ligação eficiente entre os segmentos da laje. Elas são melhores utilizadas em conjunto com formas e planos de anteparo, para facilitar o alinhamento.

A figura 2 apresenta a localização da junta de construção, a profundidade do seu corte bem como alguns elementos que compõe a estrutura como as barras de transferência, a armadura, os espaçadores, selantes e a lona plástica.

Figura 2 – Junta de Construção



(fonte: RODRIGUES, 2006, p. 71)

Com relação às barras de transferência, como mostra a figura 2, elas são posicionadas transversalmente ao alinhamento da junta, ao longo de todo o comprimento da mesma, centradas em relação à espessura da placa e com espaçamento máximo de 30 cm. Possuem comprimento de 50 cm e são compostas por barras de aço de seção circular ou quadrada, maciça e de superfície lisa, como o aço CA 25 ou aço ferramenta. Elas têm as funções de permitir a transferência de carga por mecanismos de cisalhamento nas juntas e permitir os movimentos horizontais de expansão e retração da placa de concreto. Por isso, é imprescindível que se lubrifique metade do comprimento da barra para que esta não fique aderida completamente à placa evitando essa movimentação (informação verbal³).

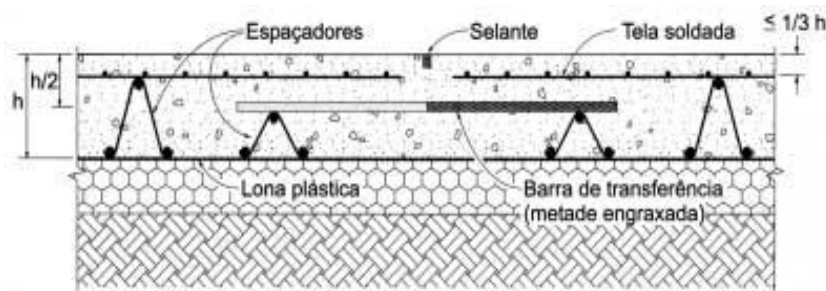
4.1.2 Junta de Retração

As juntas de retração (figura 3), também chamadas de juntas serradas, cortadas com máquina de serra diamantadas, tem o objetivo central de induzir a maior parte da fissuração de retração a acontecer no local em que se encontra. Metzger (1997, p; 50) descreve esse processo como “Uma fissura se forma abaixo da junta, abrindo seu caminho em torno dos agregados graúdos (brita ou pedregulho). Isto se chama intertravamento dos agregados e é uma forma de transferência de carga.”. Este corte deve ter profundidade superior a um terço da espessura da placa e deve ser efetuado entre 8 e 12 horas após o acabamento do piso ser finalizado. (CHODOUNSKY; VIECILI, c2007; SÁ et al., 2009; RODRIGUES; GASPARETTO, 2013)

Com relação ao tratamento deste tipo de junta, de acordo com Chodounsky e Viecili (c2007, p. 262), “Sua movimentação relativa é bastante grande quando das variações higroscópicas (retração) e térmicas e, portanto, devem ser preenchidas com selantes de boa aderência às bordas, boa capacidade de alongamento na tração e menor deformação à compressão.”. Quando a junta de retração se encontra mediante a passagem de rodas rígidas, deve-se tratar com material epóxi semi-rígido, semelhante às juntas de construção, preenchendo todo o corte, porém sem a necessidade de executar reforços de lábios poliméricos.

³ Informação dada em reunião, pelo engenheiro especialista em pisos industriais de concreto, em Porto Alegre, em maio de 2013 (nome não divulgado por questões legais).

Figura 3 – Junta de Retração



(fonte: RODRIGUES, 2006, p. 72)

4.1.3 Junta de Expansão (Encontro)

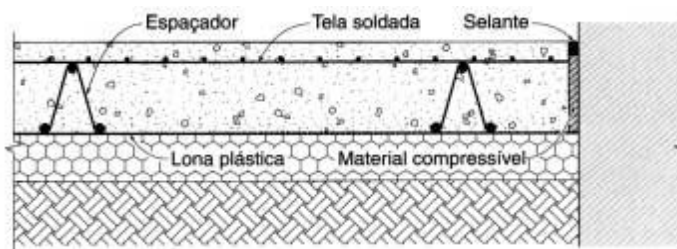
Sobre as juntas de expansão, Chodounsky e Viecili (c2007, p. 263-264) mostram que:

As juntas de expansão, ou de encontro, devem ser executadas sempre que se desejar o completo isolamento do piso com outros elementos estruturais, permitindo tanto a movimentação horizontal com a vertical da borda da placa de concreto. Recomenda-se isolar o piso através da execução das juntas de expansão de todos os elementos rígidos que impeçam a livre movimentação da placa de concreto, seja por retração ou variação térmica.

O isolamento é formado através da inserção de elementos compressíveis entre o piso a ser executado e a estrutura existente, sendo compostos normalmente por isopor ou borracha [...] com espessura de 5 a 20 mm. A execução do isolamento deve resultar em total separação entre as duas estruturas devendo-se então colocar o elemento compressível na profundidade total do piso.

A junta de expansão (figura 4) sempre vai ter que aparecer quando houver o encontro entre o piso de concreto e outra estrutura da construção, como pilares, vigas, bases de máquinas ou quando houver a necessidade de se isolar duas ou mais partes do piso (RODRIGUES; CASSARO, 1998).

Figura 4 – Junta de Expansão (encontro)

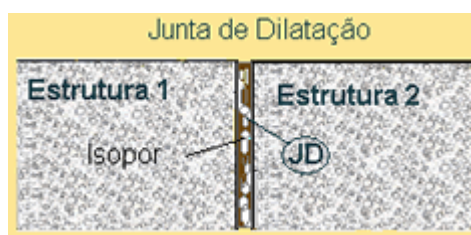


(fonte: RODRIGUES, 2006, p. 72)

4.1.4 Junta de Dilatação

A junta de dilatação (figura 5) tem o objetivo de absorver todas as tensões trabalhando juntamente com o piso. Rodrigues e Gasparetto (2013) afirmam que este tipo de junta não é muito usual em pisos industriais de concreto, sendo utilizada em casos especiais como em galpões de recebimento de materiais, nos quais existe tráfego com constantes mudanças de direções.

Figura 5 – Junta de Dilatação



(fonte: UNIONTECH, 2013)

4.2 PROJETO E DIMENSIONAMENTO DAS JUNTAS

O projeto das juntas deve conter os tipos de juntas, a localização específica de cada uma, os materiais que irão revesti-la e o modo de executar. Tudo isso levando em consideração a geometria das placas, o *lay-out* de uso, o trabalho térmico, os esforços que a junta sofrerá entre outras variáveis que porventura poderá tornar o piso inutilizável, apresentando manifestações patológicas.

Rodrigues e Cassaro (1998) confirmam que, se as juntas não forem corretamente projetadas, executadas e tratadas, ocorrem deficiências nas funções de transferir os esforços entre as placas, de não permitir a entrada de materiais incompressíveis que provocam esforços indesejados na região, e conseqüentemente geram manifestações patológicas como o esborcinamento.

Deve se ter alguns cuidados em projeto como não permitir trechos de juntas menores que 50 cm, e encontro de juntas terminadas em formato de “T” entre juntas de construção e serrada pois a fissura ou trinca que está abaixo da junta serrada, tende a continuar o seu percurso,

através da superfície o que acaba por gerar mais um ponto de abertura no piso sujeito a danificar ainda mais a estrutura do piso (informação verbal⁴).

Chodounsky e Viecili (c2007, p. 57) também mostram que:

O projetista deve se basear no *lay-out* da futura utilização do galpão para definições do projeto geométrico, procurando esconder as juntas, principalmente as construtivas, dos corredores de maior tráfego. No projeto de pisos devem estar indicados claramente os materiais e procedimentos para o tratamento das juntas. O esborcinamento de juntas, em parte fruto de um projeto geométrico falho e do selamento inadequado, é talvez a mais frequente e séria patologia em galpões logísticos.

Outra observação sobre o projeto é feita por Chodounsky e Viecili (c2007, p. 261):

[...] o projeto geométrico do piso deve contemplar disposição adequada das juntas de modo a evitar-se a todo custo, a passagem de empilhadeiras principalmente as de rodagem maciça sobre as juntas construtivas. Deve ser dada preferência para colocação das juntas de retração (serradas) nas áreas sujeitas ao tráfego.

Referente ao espaçamento entre as juntas, Rodrigues e Cassaro (1998) citam que em um pavimento rígido, este espaçamento depende do tipo de piso projetado (simples, armado estruturalmente, etc.), da espessura da placa, do coeficiente de atrito entre a placa com a sub-base e o tempo de cura. O comprimento da placa (distância entre duas juntas de construção) deve ser menor ou igual a 1,5 vezes a largura da placa.

Chodounsky e Viecili (c2007) também fazem algumas considerações quanto ao tempo de corte e dimensionamento das juntas:

- a) juntas de retração,
 - devem ser serradas entre 8 e 12 horas após a concretagem, variando conforme características do concreto e condições climáticas;
 - abertura de 3 a 4 mm;
 - profundidade de no mínimo 1/3 da espessura do piso;
- b) juntas de dilatação: possuem, normalmente, uma abertura em torno de 10 a 20 mm;
- c) juntas de expansão,
 - deve ter em torno de 5 a 20 mm de espessura;
 - deve separar totalmente a placa;

⁴ Informação dada em reunião, pelo engenheiro especialista em pisos industriais de concreto, em Porto Alegre, em maio de 2013 (nome não divulgado por questões legais).

d) juntas construtivas,

- devem ser serradas após a cura úmida, exatamente no local da emenda das placas;
- devem ser serradas com profundidade de 25 mm;
- se preenchida com selantes flexíveis, deve ter 10 mm de profundidade mínima o seu preenchimento e utilização de corpo de apoio;
- se preenchida com selante semi-rígido (epóxi), devem ser aplicados na profundidade total.

4.3 TRATAMENTO DAS JUNTAS

A função da selagem das juntas é impedir a penetração de líquidos ou materiais sólidos pois, a primeira, causa danos às camadas inferiores, bombeando material fino e diminuindo a capacidade de suporte das mesmas, reduzindo a durabilidade da placa; a segunda produz, quando acontece a dilatação do concreto, tensões de compressão elevadas, causando a degradação das bordas. Nos pisos que haja a passagem de veículos e máquinas como empilhadeiras, o selante também auxilia na preservação das bordas, evitando o esborcinamento.

O material adequado deve apresentar características de fluidez durante a aplicação, período de cura de acordo com o uso e o ambiente, adesividade ao tipo de concreto, dureza à penetração de sólidos, viscosidade, elasticidade para absorver as movimentações entre as placas e resistência à fissuração, à oxidação e à insolação. Entre os mais usuais em pisos industriais de concreto, destacam-se os seguintes selantes e suas características (CHODOUNSKY; VIECILI, c2007; RODRIGUES, 2010; RODRIGUES; CASSARO, 1998):

a) poliuretanos,

- sensíveis quanto à aderência nos bordos das juntas, necessitando do uso de primer;
- monocomponentes ou bicomponentes;
- excelente resistência a raios ultravioleta;
- nenhuma resistência quando em contato com óleos e solventes;
- não indicado à passagem de máquinas e empilhadeiras;
- diferentes índices de viscosidade;

b) silicones,

- possuem boa elasticidade e excelente alongamento;

- menos sensíveis a óleos e solventes;
 - resistem bem à abrasão;
 - diferentes índices de viscosidade;
 - boa aplicação em áreas externas;
 - preenchimento em toda profundidade do corte;
- c) epóxi semi-rígido,
- alto custo;
 - alta dureza, indicado para juntas que estão sujeitas ao tráfego intenso de veículos e empilhadeiras;
 - bicomponentes;
 - ótima capacidade de aderência por meio de primer;
 - resistente a agentes agressivos.

Ainda sobre os materiais selantes Chodounsky e Viecili (c2007, p. 259) alertam que:

Qualquer tipo de selante só deverá ser aplicado dentro da faixa de umidade superficial do concreto especificada pelo fornecedor do selante. Recomenda-se a aplicação do selante da junta após um período mínimo de 30 dias do acabamento do concreto para os selantes de poliuretano, e mais de 120 ou 180 dias para os selantes de epóxi-rígido. No caso de selantes menos flexíveis é necessário aguardar até que boa parte da movimentação do piso devido à retração tenha ocorrido.

4.4 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Falhas de projeto, como dimensionamento incorreto de juntas e não levar em consideração o *layout*, e falhas nos processos executivos geram manifestações patológicas nos pisos industriais. Estas falhas acarretam na perda, por parte do piso, de sua capacidade em exercer a função para o qual foi projetado. Para corrigir, e em casos mais extremos trocar todo o piso danificado, acaba por despender altos custos aos proprietários.

Muitas das patologias que se manifestam poderiam ser evitadas se houvesse um planejamento adequado e uma execução correta. Abaixo estão elencadas as manifestações patológicas mais encontradas em pisos industriais de concreto:

- a) esborcinamento de juntas;
- b) tricas e fissuras de movimentação;
- c) fissuras de retração;
- d) desagregação superficial;

- e) bolhas;
- f) delaminação;
- g) manchas no concreto.

Essas manifestações patológicas são detalhadas nos próximos itens.

4.4.1 Esborcinamento de juntas

O esborcinamento é a quebra das bordas das juntas devido a fatores como (CHODOUNSKY; VIECILI, c2007):

- a) esmagamento de materiais incompressíveis, caídos nas juntas, que não acompanham a movimentação criando esforços nas bordas;
- b) falha de execução como vibração excessiva do concreto, deslocamento da armadura na concretagem e falta de estanqueidade das formas resultam em menor desempenho do concreto nas bordas;
- c) tratamento inadequado das juntas aliado a passagem de máquinas como empilhadeiras.

A sua recuperação consiste em refazer as juntas danificadas, por vezes reforçando-a com lábios poliméricos.

4.4.2 Fissuras

Segundo_Chodounsky e Viecili (c2007), as fissuras podem ser separadas em dois grupos:

- a) estruturais: estas mais preocupantes pelo fato da difícil investigação da real causa (falha da fundação, de projeto ou executiva), através de ensaios e extração de testemunhos;
- b) de retração: sabe-se que a causa destas fissuras (retração) é dissipada com o tempo.

Chodounsky e Viecili (c2007, p. 280) mostram os modos de reparação desta manifestação patológica:

A menos que elimine a sua causa, o reparo deverá ser executado com materiais flexíveis (resina a base de poliuretano ou epóxi semi-rígido) de modo a acomodar as movimentações da fissura ativa. Nesse caso, o tratamento consiste apenas no selamento superficial da fissura. Por outro lado, caso as causas sejam identificadas e anuladas, a fissura poderá ser tratada com materiais rígidos.

4.4.3 Desagregação superficial

Marcondes (2007) explica:

O fato do piso “esfarelar” indica que houve fraca ligação do aglomerante, neste caso o cimento, com os demais materiais utilizados. Isto provoca a desagregação do concreto, os agregados ficam soltos ou são fáceis de remover.

As principais causas são exsudação no concreto, onde parte da água utilizada na mistura migra para a superfície, implicando nesta região elevado fator água/cimento e, conseqüentemente, menor resistência à abrasão, baixo teor de cimento, areia contaminada com matéria orgânica que inibe a hidratação do cimento, excesso de água de amassamento, falta de cura, aplicação do concreto vencido, excesso de desempenho, aplicação do concreto sobre base absorvente ou ressecada, água de amassamento contaminada inibindo as reações do cimento e excesso de vibração.

4.4.4 Bolhas

De acordo com Chodounsky e Viecili (c2007, p. 290):

A ocorrência das patologias denominadas *blister* (bolha em inglês) ou *delamination* (desplacamento) está associada ao selamento prematuro da superfície do concreto, antes que a água de exsudação e o ar possam ter sido liberados. Estando então, a parcela inferior do concreto ainda plástico [...], a água de exsudação e o ar aprisionado (ou incorporado) encontram uma camada mais densa e menos permeável, impedindo sua saída. O acúmulo de água e/ou ar sob esta camada cria um plano frágil, podendo evoluir para duas situações, a primeira com o aparecimento de pequenas bolhas na superfície do concreto (*blister*), ou para a ocorrência do deslocamento (*delamination*) desta camada superficial durante as operações de espelhamento.

4.4.5 Manchas no concreto

Hovaghimian (2010, [p. 2]) sobre as manchas, destaca que:

As mais comuns são as oriundas dos processos de hidratação do cimento e carbonatação do concreto, responsáveis pela formação de manchas que se destacam da cor padrão do concreto aplicado no piso. Há três causas básicas para o seu aparecimento: a primeira, mais comum e mais grave, ocorre em decorrência da pega diferenciada do concreto, ocorrida por um atraso no processo de concretagem. Em alguns casos, essas manchas apresentam delaminação. O segundo tipo é causado pelo posicionamento dos agregados graúdos muito próximos da superfície. Nesse caso, a causa do problema pode ser falta de argamassa ou vibração insuficiente. Algumas vezes, a argamassa que recobre os agregados é tão fina que se desprende, necessitando de um pequeno reparo, similar ao da delaminação. Finalmente, o terceiro tipo é causado pela má aplicação das mantas de cura. Caso não fiquem perfeitamente em contato com a superfície do concreto, formam bolsões de ar, escurecendo o concreto nessas regiões e possibilitando a identificação de frisos e dobras do tecido mal posicionado. Não há nada que possa ser feito para minimizar o

problema, mas a boa notícia é que a cor da superfície do concreto tende a se uniformizar com o tempo e, após alguns meses, as manchas podem desaparecer.

5 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS OBTIDOS

Neste capítulo é apresentada a forma de como foi elaborado e executado o *checklist*, assim como os resultados obtidos através das informações e dos dados coletados a partir dele.

5.1 ELABORAÇÃO DO *CHECKLIST*

A elaboração do *checklist* utilizado neste trabalho teve como principal suporte a literatura técnica na qual foi baseada a pesquisa bibliográfica e as normas brasileiras vigentes no presente momento. No entanto, nem todos os itens abordados no trabalho possuem uma norma técnica específica e para tais itens foram consultados engenheiros e responsáveis por cargos de relevante importância no cenário atual de pisos industriais, de concreto, de juntas e outros.

O *checklist* foi dividido em cinco itens principais, listados e explicados a seguir, que possibilitam ter uma visão macro do processo como todo:

- a) dados gerais;
- b) estrutura-base;
- c) placa de concreto;
- d) juntas
- e) tratamento das juntas.

5.1.1 Dados gerais

Os dados gerais servem para a caracterização da obra, como localização, área construída, quantidade de funcionários que compõem a equipe, condições climáticas nas quais foi realizada entre outras.

5.1.2 Estrutura-base

Este item é importante para identificar como está composta a estrutura que serve de base para a placa de concreto. Sem uma base composta por materiais corretos e uma execução bem feita, todo trabalho posterior estará comprometido.

5.1.3 Placa de concreto

Em relação à placa de concreto, primeiramente é fundamental saber da existência, ou não, de um projeto. Em seguida é feita uma caracterização deste piso, definindo o tipo, espessura, finalidade, traço, resistência, adição de aditivo, tipo de cura, etc.

5.1.4 Juntas

A parte que engloba as juntas, por ser tema central do trabalho, foi feita bem detalhada. Inicialmente foram feitas questões gerais que servem de avaliação comum aos diferentes tipos de juntas e posteriormente, cada tipo de junta ganhou questões bem específicas, caracterizando minuciosamente cada uma delas.

5.1.5 Tratamento das juntas

O tratamento das juntas, por não ter sido vistoriada em obra, já que é uma etapa realizada mais para o final do processo de construção do piso industrial de concreto, foi abordado de forma que a empresa responsável pela execução do piso explicasse os tratamentos que seriam realizados e através desta resposta foi feita a avaliação se estava, ou não, de acordo com a futura utilização do piso. Outro aspecto abordado, de extrema importância, é se existia um plano de manutenção desses tratamentos em projeto.

5.2 APLICAÇÃO DO *CHECKLIST*

Para a realização da aplicação do *checklist* foram feitos contatos com engenheiros, professores, concreteiras e buscas em plataformas da internet com o objetivo de encontrar empresas que estivessem realizando a construção de pisos industriais de concreto. Após serem explicadas as condições, os motivos e para qual finalidade serviria o trabalho, algumas

empresas se negaram a participar, outras alegaram não possuir obras no momento e as que aceitaram se disponibilizaram a dar toda a atenção desejada, inclusive enviando um encarregado para eventuais dúvidas.

Entre os meses de agosto e outubro do ano de 2013 foram realizadas as visitas às obras, estas que serão elencadas e caracterizadas a seguir.

5.2.1 Obra A

Localizada no bairro Industrial da cidade de Cachoeirinha, o piso executado possuía uma área de 1200 m² que foram divididos em duas partes iguais de 600 m², sendo concretadas com uma diferença de sete dias entre elas. A empresa contratada para a execução é especializada neste tipo de piso industrial, possuindo em seu corpo de funcionários engenheiros capacitados e mão de obra qualificada. A equipe para a execução deste piso foi de 8 operários, sem contar o mestre que estava presente para orientar os demais. A utilização futura do piso não estava definida, uma vez que o galpão estava para ser alugado.

5.2.2 Obra B

A obra B, assim como a obra A, está localizada no bairro Industrial da cidade de Cachoeirinha. A área concretada foi de 500 m² e realizada em apenas uma etapa. A equipe para a execução deste piso foi de 8 operários, mais o encarregado. A empresa contratada para execução do piso também executou alguns outros serviços na obra como alvenaria e instalações elétricas, indicando não ser o piso industrial de concreto o foco da sua especialização. Este galpão é o primeiro de uma sequência de quatro (todos geminados um ao outro), alugado por uma empresa de alimento.

5.2.3 Obra C

A obra C, foi realizada na cidade de Sapucaia do Sul, na sede de uma empresa de combustíveis situada no bairro Centro. A área total concretada foi de 1800 m², e foi realizada em três etapas, sendo presenciada somente a segunda. Este piso será utilizado como garagem e área de manobra para caminhões transportadores de combustíveis. Foi executado por uma

empresa composta por sete operários mais o encarregado, este que se nomeou o empreiteiro responsável e alegou não possuir nenhum tipo de graduação, apenas muita vivência na construção civil, mais especificamente na área de pisos.

5.2.4 Obra D

Esta obra foi realizada na cidade de Nova Santa Rita, na sede de uma empresa de logística, e foi projetada para fins de depósito de materiais transportados. A área total concretada foi de aproximadamente 11.000 m², realizada em 6 etapas, sendo presenciada somente a penúltima que possuía uma área de 1.700 m². A empresa contratada para a execução deste piso é especializada nesta área e possui em seu quadro de funcionários engenheiros e operários treinados e capacitados para suas respectivas funções. Durante a concretagem foi registrada a presença de 16 operários e do engenheiro responsável.

5.2.4 Obra E

Realizada na cidade de São Leopoldo, a obra E, situada na Av. Henrique Bier, possui área total de 7.000 m² destinados a uma fábrica de elevadores. Foi acompanhada a concretagem de 500 m² e para a execução desta parte do piso, estavam encarregados 10 funcionários mais o mestre. No mesmo molde que a obra D, a equipe executora foi contratada especialmente para a execução do piso industrial de concreto por se tratar de uma empresa conceituada e especializada em pisos industriais de concreto.

5.3 RESULTADOS OBTIDOS

Com a aplicação do *checklist*, nas obras citadas, foi possível realizar um levantamento de dados suficiente para o trabalho, estes dados que são mostrados a seguir através de quadros e gráficos acompanhados de análises técnicas. A apresentação segue a estruturação feita no *checklist*, tentando abordar o máximo de itens verificados.

5.3.1 Dados gerais

Na parte dos dados gerais, algumas informações coletadas inicialmente foram listadas na tabela 2. Essas mostram o descaso com as execuções dos pisos, pois das cinco obras visitadas,

três não contaram com a presença do engenheiro responsável em momento algum da concretagem e durante os outros processos que foram acompanhados.

Tabela 2 – Dados gerais coletados

	Obra A	Obra B	Obra C	Obra D	Obra E
Eng. Presente na obra	não	não	não	sim	sim
Área total a ser concretada	1.200 m ²	500 m ²	1.800 m ²	11.000 m ²	7.000 m ²
Área concreta acompanhada	600 m ²	500 m ²	580 m ²	1.700 m ²	500 m ²
Número de operários	8	8	7	20	10
Temperatura no momento da concretagem	18°C	18°C	12°C	23°C	20° C
Umidade no momento da concretagem	43%	43%	68%	75%	60%
Piso protegido das intempéries	sim	sim	parcial	sim	não
As empresas executoras eram especializadas?	sim	sim	sim	sim	sim

(fonte: elaborado pelo autor)

A quantidade de funcionários foi bem uniforme em todas as obras, tendo uma média de oito funcionários para cada 600 m² aproximadamente de concretagem, todos com treinamentos e experiência para cada função e para o manuseio dos equipamentos utilizados como régua vibratória, nível à laser, alisadoras, acabadoras e máquina de cortar as juntas.

A tabela 2 também fornece a informação referente à temperatura. Em todas as obras foi realizada a concretagem dentro da faixa de 5°C a 35°C, conforme a NBR 14931 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 19) estabelece. Não houve o caso de umidade relativa do ar muito baixa, o que seria ruim por aumentar as chances de manifestações patológicas devido a rápida e grande perda de umidade do concreto para o meio.

5.3.2 Estrutura da base

Em todas as obras visitadas a execução da estrutura da base para o piso já havia sido realizada, impossibilitando uma análise visual. Assim, as informações coletadas basearam-se nas afirmações dos engenheiros ou responsáveis pelas obras.

Como se pode visualizar na tabela 3, as obras A, B e C não possuíam projeto para a estrutura que serviria de suporte para a placa de concreto. Outro fator que mostra o descaso em relação a este quesito é o item que revela a não realização de investigação geotécnica. Esta que tem a função de apresentar características do solo como a resistência ao longo da profundidade, mostrar posição de níveis d'água, e também classificar o solo que servirá de subleito. A importância deste estudo preliminar é salientada por Chodounsky e Viecili (c2007, p. 72):

Uma vez determinadas as cargas (tipos e intensidades), o projetista necessita conhecer as condições de suporte do subleito para que possa dimensionar e definir o tipo de piso e de sub-base, e eventualmente empregar uma camada de reforço. A execução de ensaios de caracterização do subleito é fundamental para que o projetista possa elaborar o projeto de forma segura e ainda sim otimizada.

Questionados sobre o porquê de não ter o projeto, a empresa que realiza a obra A alegou já ter feito outros pisos na região, nos quais já haviam sido realizados os testes e, por isso, já sabiam como proceder. Na obra B e na C a opção foi por questões de custos.

Tabela 3 – Dados da estrutura

	Obra A	Obra B	Obra C	Obra D	Obra E	
Existe projeto para a base do piso de concreto?	não	não	não	sim	sim	
Houve investigação geotécnica?	não	não	não	sim	sim	
Estrutura da base	Subleito	x	x	x	x	x
	Reforço Subleito					
	Sub-base	x	x	x	x	x
	Base				x	
	Barreira de vapor	x	x	x	x	x
Barreira de vapor está em perfeitas condições?	sim	não	não	sim	sim	

(fonte: elaborado pelo autor)

Onde:

x: possui.

Referente à composição das camadas, todas as obras tinham como subleito o solo da região que foi devidamente compactado para reduzir os índices de vazios. A sub-base na obra A era composta por resíduo de pó asfáltico (figura 6), enquanto nas demais foi utilizada brita graduada (figura 7), sendo que na obra D, juntamente com a brita graduada, foi utilizado pó de brita.

Figura 6 – Resíduo de pó asfáltico



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 7 – Brita graduada



(fonte: elaborado pelo autor)

Todas apresentaram a utilização de lona de polietileno como barreira de vapor, porém apenas a obra D e E cumpriram com as recomendações de transpasse de 30 cm nas emendas e de ultrapassar os limites das fôrmas (informação verbal⁵). A obra B e C, neste item, foram

⁵ Informação dada em reunião, pelo engenheiro especialista em pisos industriais de concreto, em Porto Alegre, em maio de 2013 (nome não divulgado por questões legais).

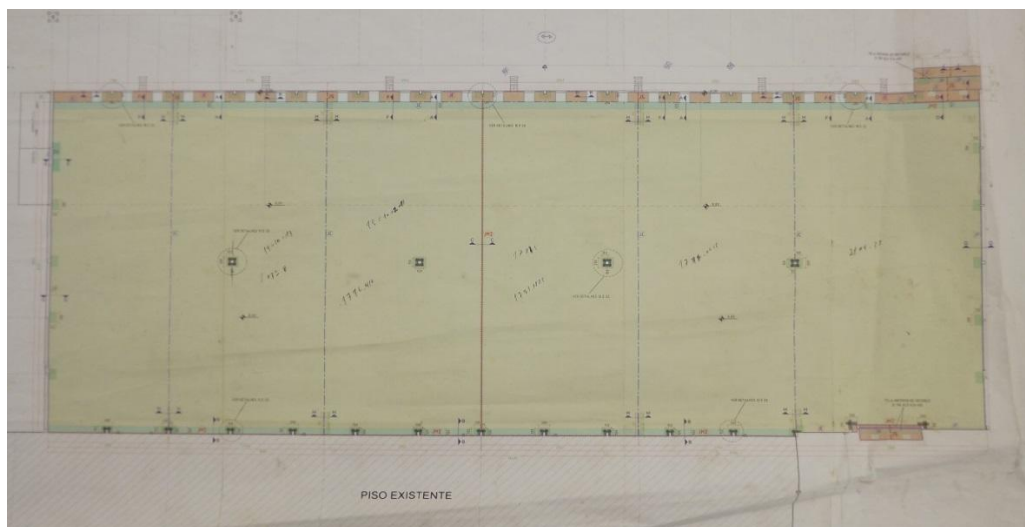
relapsas, apresentando a lona em estado muito precária, além de estar rasgadas em vários pontos e com muitas rugas.

5.3.3 Placa de concreto

Para a execução da placa de concreto, ficou novamente evidente o grau de preocupação que cada empresa tinha em realizar uma obra de qualidade, pois as obras A, B e C, consideradas de pequeno porte, não tinham projeto para o piso, toda a execução foi baseada em experiências passadas adquiridas. Em contrapartida, as obras D e E possuíam projetos específicos, como mostrados nas figuras 8 a 11, que orientavam como deveria ser feito, mostravam a paginação, detalhes construtivos de armaduras, cortes, desenhos esquemáticos das juntas e notas com recomendações.

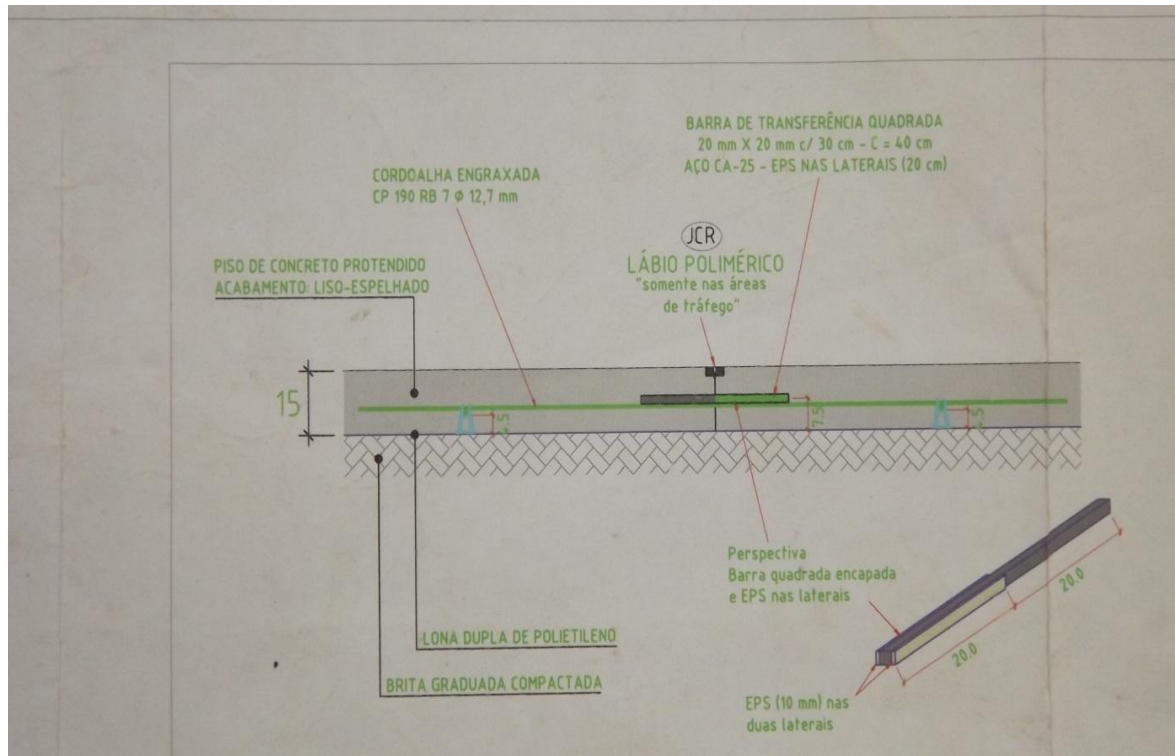
As características dos pisos de cada obra podem ser vistas na tabela 4. O tipo mais comum, o piso estruturalmente armado, esteve presente nas obras A, C e E, sendo importante observar que na obra C, a armadura estava completamente irregular devido às treliças de apoio estarem deformadas (figura 12), e que não havia reforços de armadura em encontros com pilares ou caixas existentes. Ainda referente à armadura, foi observado que na obra B a armadura de retração estava totalmente solta e posicionada a uma distância muito maior que os 5 cm indicado para o combate a retração. Todos esses erros maximizam as possibilidades de futuras manifestações patológicas como trincas e fissuras.

Figura 8 – Projeto com a paginação da obra D



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 9 – Detalhes construtivos da Obra D



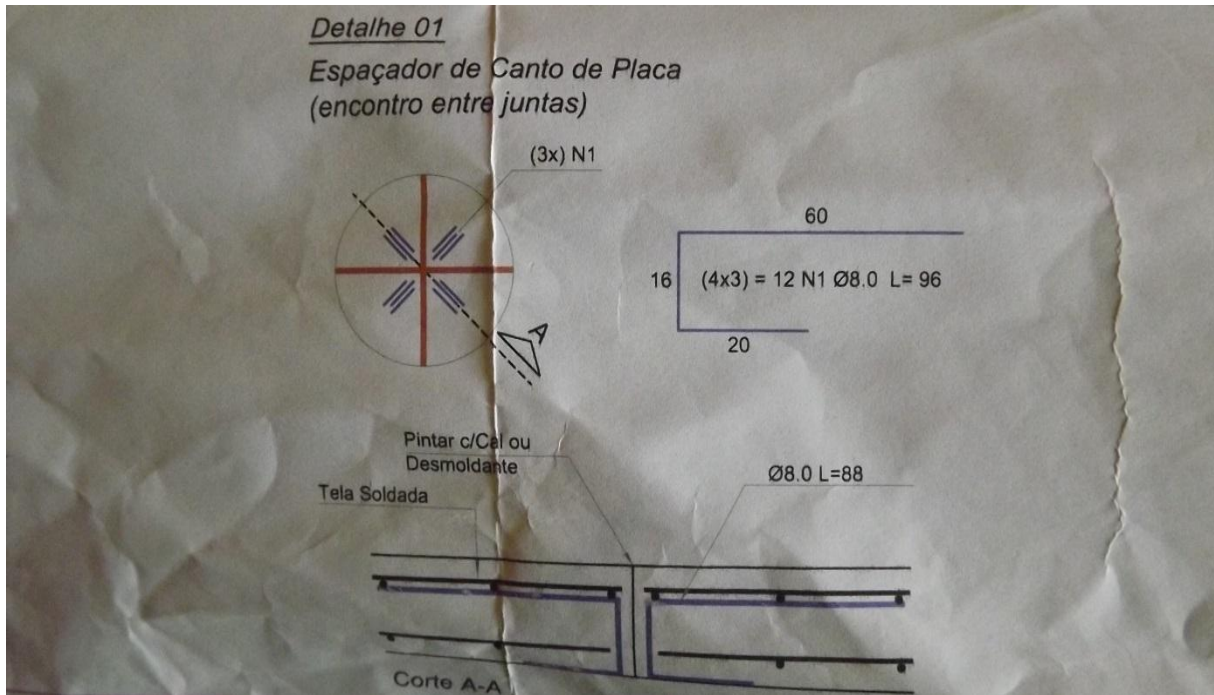
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 10 – Projeto da paginação da obra E



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 11 – Detalhes construtivos da Obra E



(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 4 – Dados para placa de concreto

		Obra A	Obra B	Obra C	Obra D	Obra E
Existe projeto para o piso de concreto?		não	não	não	sim	sim
Tipo de piso	Simple					
	Simple com armadura de retração		x			
	Armado	x		x		x
	Com fibras de aço					
	Protendido				x	
Foi executada placa teste?		não	não	não	sim	não
Foi executado o teste do <i>slump</i> ?		sim	não	não	sim	sim
Resistência à compressão especificada		30 MPa	30 MPa	30 MPa	40 MPa	30 MPa
Espessura da placa de concreto		14 cm	12 cm	18 cm	15 cm	20/ 25 cm
Espessura de acordo com o estipulado?		sim	não	não	sim	sim
Foi utilizado algum aditivo?		sim	não	não	sim	não
Qual o tipo de cura?		química	úmida	úmida	química	úmida

(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 12 – Armadura irregular na Obra C



(fonte: elaborado pelo autor)

Um dado importante que chama a atenção na tabela 4 é a falta de atividades consideradas importantes como a execução da placa teste pelas obras A, B, C e E, e o teste do *slump* não realizado pela obra C. Sobre a placa teste, como já citado anteriormente por Sá et al. (2009), ela é importante para que o cliente e a empresa executora possam avaliar todas as características e reações do concreto aplicado, equipamentos utilizados e o aspecto visual final.

Em relação ao teste de *slump*, importante na avaliação da trabalhabilidade do concreto no estado plástico, as únicas que não o fizeram foram as obras B e C. As especificações de resistência e de espessura estão dentro de um uso comum entre os pisos industriais de concreto, porém o que chamou a atenção nesses itens foi que nas obras B e C, durante a concretagem, foi notada uma grande variação na espessura da placa, chegando a diferenças superiores a 20%, o que mostra uma sub-base desnivelada.

A cura úmida, presente nos pisos B, C e E, fora realizada perfeitamente, sem nenhuma reparação a ser feita, utilizando materiais adequados (lonas de polietileno e mantas) conforme a figura 13, e tempo mínimo de sete dias. No mesmo caminho, as obras A e D, que optaram pela cura química com os aditivos ASHFORD e EFF 9000 respectivamente, realizaram as aplicações de forma correta e no tempo adequado.

Figura 13 – Cura úmida realizada na Obra E



(fonte: elaborado pelo autor)

Importante salientar dois casos onde ocorreram problemas com relação à concreteira, o primeiro na obra D, na qual os dois primeiros caminhões vieram com problema no aditivo o que gerou o aparecimento de manchas na superfície e a não pega do concreto conforme figura 14, e o segundo aconteceu na obra E, onde houve a troca de usina para o fornecimento do concreto devido a uma falha no dosador da empresa, o que acarretou em uma espera superior a duas horas e meia entre um caminhão e outro gerando uma junta fria, além de trabalharem com areias diferentes o que altera algumas propriedades importantes no concreto como, por exemplo, a cor da placa e tempo de pega.

Figura 14 – Concreto com problema no aditivo na obra D



(fonte: elaborado pelo autor)

5.3.4 Juntas

Os resultados apresentados na tabela 5 mostram que, também no quesito das juntas, tanto a falta de projeto quanto os erros executivos estão quase sempre interligados e simultaneamente presente nas obras, sendo responsáveis diretos pelo alto número de manifestações patológicas e pela perda da vida útil do piso. Um exemplo de que a falta do projeto acaba gerando um erro executivo é facilmente detectado na figura 15.

As obras D e E foram as únicas que possuíam projeto e detalhamento para as juntas, indicando a melhor localização e o tipo adequado conforme o modo de utilização do piso. No entanto apenas a obra D estipulou o tratamento a ser realizado. Nos casos das obras A e B, inicialmente, quando os pavilhões foram idealizados para serem alugados, não se sabia para qual finalidade eles seriam usados e com isso não havia a possibilidade de fazer uma paginação e um tratamento baseados no uso futuro. Ficando a responsabilidade de, assim que estabelecido para quem e para o que seria usado, realizarem as decisões necessárias.

Tabela 5 – Dados para as juntas

	Obra A	Obra B	Obra C	Obra D	Obra E
Existe projeto de juntas?	não	não	não	sim	sim
Se sim, nele possui a especificação do tratamento a ser realizado?	NA	NA	NA	sim	não
A paginação leva em consideração o layout do uso futuro do piso?	NA	NA	NA	sim	sim
Os trechos de juntas são maiores que 50cm?	sim	sim	sim	sim	sim
Foi realizada a limpeza após o trabalho executivo e o corte das juntas?	não	não	não	NA	não
No encontro entre juntas, evitam encontros em formato de "T"?	sim	sim	sim	sim	não
Existem juntas de construção?	sim	sim	sim	sim	sim
Existem juntas serradas?	sim	sim	sim	sim	sim
Existem juntas de encontro?	não	não	não	sim	sim

(fonte: elaborado pelo autor)

Onde:

NA: não aplicado.

Figura 15 – Junta serrada interrompida por caixa de inspeção na Obra C



(fonte: elaborado pelo autor)

Outros erros graves de execução, que poderão gerar manifestações patológicas nos pisos verificados, são:

- a) não realização da limpeza da junta após o corte (obra A, B, C e E);
- b) presença de encontros entre juntas, terminados em forma de “T” (obra E);
- c) optar por não utilizar juntas de encontro (obra A, B e C).

A prática de limpeza, que deve ser realizada com hidrojateamento, evita a impregnação da nata de cimento que penetra nos poros das laterais das juntas recém cortadas, provocando a perda de aderência do futuro material de preenchimento, e auxilia na remoção de partículas sólidas que eventualmente possam ter caído nela e que geram tensões futuras. O encontro de juntas terminadas em forma de T geram trincas na direção da junta interrompida, pois a trinca, que está abaixo da junta, tende a continuar o seu caminho chegando até a superfície, como mostra a figura 16.

Figura 16 – Junta serrada terminada em junta de construção



(fonte: elaborado pelo autor)

Já a opção de não utilizar a junta de encontro é incompreensível, uma vez que para executá-la basta colocar um material elástico (Isopor ou borracha de poliuretano) durante a concretagem, como nas figuras 17 e 19, o que separará a estrutura e a placa de concreto permitindo trabalharem de forma isolada, evitando trincas e fissuras na região. Perguntadas o porquê desta opção de não realizar as juntas de encontro, as obras A, B e C alegaram motivos de

custo. Nas figuras 18 e 20, veem-se dois pilares sem a presença da junta de encontro, respectivamente das obras A e C.

Figura 17 – Junta de encontro com borracha de poliuretano



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 18 – Pilar sem junta de encontro na obra A



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 19 – Junta de encontro preenchida com Isopor



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 20 – Pilar sem junta de encontro na obra C



(fonte: elaborado pelo autor)

5.3.4.1 Juntas construtivas

Também chamadas de juntas longitudinais ao pano de concretagem, as juntas construtivas, como já estudadas, separam as diversas etapas do processo de concretagem de grandes panos, evitando problemas causados pelos diferentes tempos de secagem do concreto e, com o auxílio de barras de transferências, ajudam a transferir os esforços fazendo as placas trabalharem em conjunto. Em projeto deve-se ter o cuidado de não dispor este tipo de junta em áreas de trânsito intenso de máquinas pesadas devido a suas condições variáveis de desempenho em função da desforma das placas concretadas, caso não seja possível, o correto é tratá-las com lábios poliméricos.

A tabela 6, a seguir, mostra os resultados da avaliação destes quesitos citados anteriormente, com alguns detalhes, nas obras em questão.

Tabela 6 – Dados para juntas de construção

	Obra A	Obra B	Obra C	Obra D	Obra E
Espessura conforme especificado no projeto?	NA	NA	NA	sim	sim
A junta está presente ao longo de todo o comprimento da placa?	sim	sim	não	sim	sim
As juntas estão alinhadas?	sim	sim	não	sim	não
Foi previsto a execução de reforço da junta em caso de passagem de máquinas pesadas?	NA	NA	não	sim	NA
Há barras de transferência entre as placas?	sim	sim	não	sim	sim
Foi passada graxa na metade de cada barra de transferência?	sim	sim	sim	sim	sim
O espaçamento entre as barras de transferência respeitam o máximo indicado de 30 cm?	sim	não	sim	sim	sim

(fonte: elaborado pelo autor)

Onde:

NA: não aplicado.

Avaliando por obra, as únicas que cumpriram todos os quesitos foram as obras A e D, fazendo a ressalva que a obra A, dependendo para quem alugue o pavilhão, deva executar o reforço da junta de construção para que não haja o esborcinamento da junta como na figura ilustrativa

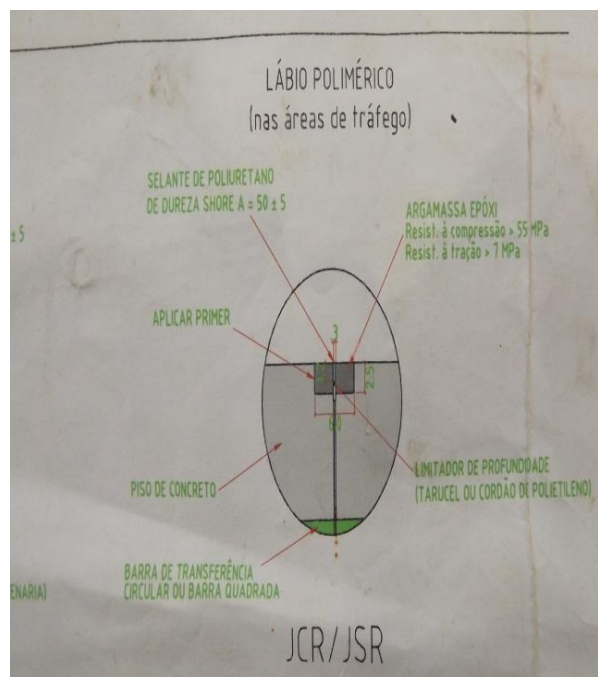
21. A figura 22 mostra, em projeto, a especificação do reforço para a junta de construção na obra D.

Figura 21 – Junta de construção esborcinada



(fonte: UNIONTECH, 2013)

Figura 22 – Especificação de reforço para junta



(fonte: elaborado pelo autor)

As obras B e E falharam em apenas um aspecto, a primeira não colocando as barras de transferência a uma distância uniforme e não respeitando o máximo espaçamento de 30 cm ao longo de todo o comprimento da junta, e a segunda possuindo muitas juntas desalinhadas em seu projeto o que acaba por formar encontros de juntas em formato de “T”. Já a obra C possuiu problemas sérios de execução das juntas de construção, sendo o principal deles a concretagem de um trecho além do que deveria ser realizado, proporcionando a falta de barras de transferência no local e um futuro desalinhamento de juntas construtivas. Outro grave problema é a não previsão de reforços para este tipo de junta levando em consideração que haverá passagem de máquinas e caminhões pesados no piso.

5.3.4.2 Juntas de retração

As juntas de retração são usualmente transversais ao eixo da placa e exercem, entre outras funções, o controle das fissuras sendo fundamental colaborador para a integridade do piso de

concreto. Os resultados obtidos para este tipo de junta estão apresentados na tabela 7 e serão analisados a seguir.

Tabela 7 – Dados para juntas de retração

		Obra A	Obra B	Obra C	Obra D	Obra E
Hora do corte após acabamento	entre 0 e 8 horas					x
	de 8 à 12 horas	x			x	
	mais de 12 horas		x	x		
O corte da junta tem profundidade maior que 1/3 da espessura da placa?	não	sim	sim	sim	sim	sim
Qual a largura do corte?	3 mm	3 mm	3 mm	6 mm	6 mm	5 mm
Se existe projeto, está de acordo com o mesmo?	NA	NA	NA	sim	sim	sim
A junta foi serrada sem apresentar esborcinamento ?	não	sim	sim	sim	sim	sim
Se apresentou esborcinamento, foi paralisada a execução de corte?	não	NA	NA	NA	NA	NA
O comprimento entre juntas serradas é menor ou igual a 1,5 vezes a largura da placa concretada?	sim	sim	sim	sim	NA	sim
As juntas estão alinhadas?	sim	sim	não	sim	sim	não

(fonte: elaborado pelo autor)

Onde:

NA: não aplicado.

O primeiro item do *checklist* referente às juntas serradas, a hora do corte, abrange uma faixa que variou um pouco conforme o meio de pesquisa. Entre diversos autores, profissionais da área e publicações de órgãos como a ABCP, a faixa mais citada como correta foi de 8 a 12 horas, podendo variar um pouco para menos de 8 horas e nunca para mais de 12 horas após o acabamento do piso. A obra A e D foram a únicas que realizaram o corte dentro dessa faixa, porém a obra E alegou que, pelo fato do piso estar completamente desprotegido e recebendo uma carga forte de vento, o corte estava sendo feito um pouco antes, com 6 horas após o acabamento, o que é bem plausível. As obras B e C que realizaram o corte com atraso correm alto risco de possuírem trincas e fissuras paralelas como na figura 23.

Figura 23 – Fissura paralela à junta de retração



(fonte: ITAMBE, 2007)

Outro aspecto importante no corte é a sua espessura e a sua profundidade, nesses aspectos apenas a obra C descuidou de alguns momentos durante a passagem da máquina alterando a profundidade e não finalizando o corte com a distância exata como na figura 24. Ainda no processo de corte, foi verificado um pequeno esborcinamento (figura 25) ocorrido em uma das juntas transversais na obra A, o que deveria acarretar em uma paralisação momentânea, porém não foi o que ocorreu, fato que não gerou mais consequências neste caso. A atitude de não paralisar foi temerária pelo fato do esborcinamento ter acontecido logo no início da fase de corte o que poderia significar que o concreto não estava pronto para esta fase, porém como não houve o esborcinamento em outras regiões chega-se a conclusão que foi uma manobra errada do executor com a máquina.

Figura 24 – Corte da junta serrada sem a profundidade correta na obra C



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 25 – Esborcinamento da junta serrada na obra A



(fonte: elaborado pelo autor)

Também fica evidente, na figura 25, a falta de limpeza da junta após o corte, já citado anteriormente assim como suas consequências. A falta de alinhamento, assim como aconteceu para as juntas de construção, também ocorreu nas juntas de retração nas mesmas obras, na obra C houve o agravante das juntas não estarem posicionadas à 90° como na figura 26.

Figura 26 – Juntas sem o alinhamento correto na Obra C



(fonte: elaborado pelo autor)

O comprimento entre juntas serradas ser menor ou igual a 1,5 vezes a largura da placa concretada foi respeitado.

5.3.4.3 Juntas de encontro

Os resultados obtidos referentes às juntas de encontro foram preocupantes, pois 60% dos pisos estudados desconsideraram o uso desse tipo de junta. O piso em toda sua vida útil sofre variações volumétricas (retração e dilatação) devido à variação de temperatura ambiente, com essa movimentação é importantíssimo que seja feito a separação entre os elementos estruturais rígidos e o piso, através de material compressível que acompanhe essa movimentação. Caso contrário, há grande probabilidade do piso fissurar na região do contato.

Na tabela 8 estão resumidos os dados obtidos com a verificação em obra:

Tabela 8 – Dados para juntas de encontro

	Obra A	Obra B	Obra C	Obra D	Obra E
Espessura está conforme o projeto	NA	NA	NA	sim	sim
Existe um elemento separando o encontro entre a estrutura e a placa?	NA	NA	NA	sim	sim
A separação é total entre os elementos?	NA	NA	NA	sim	sim

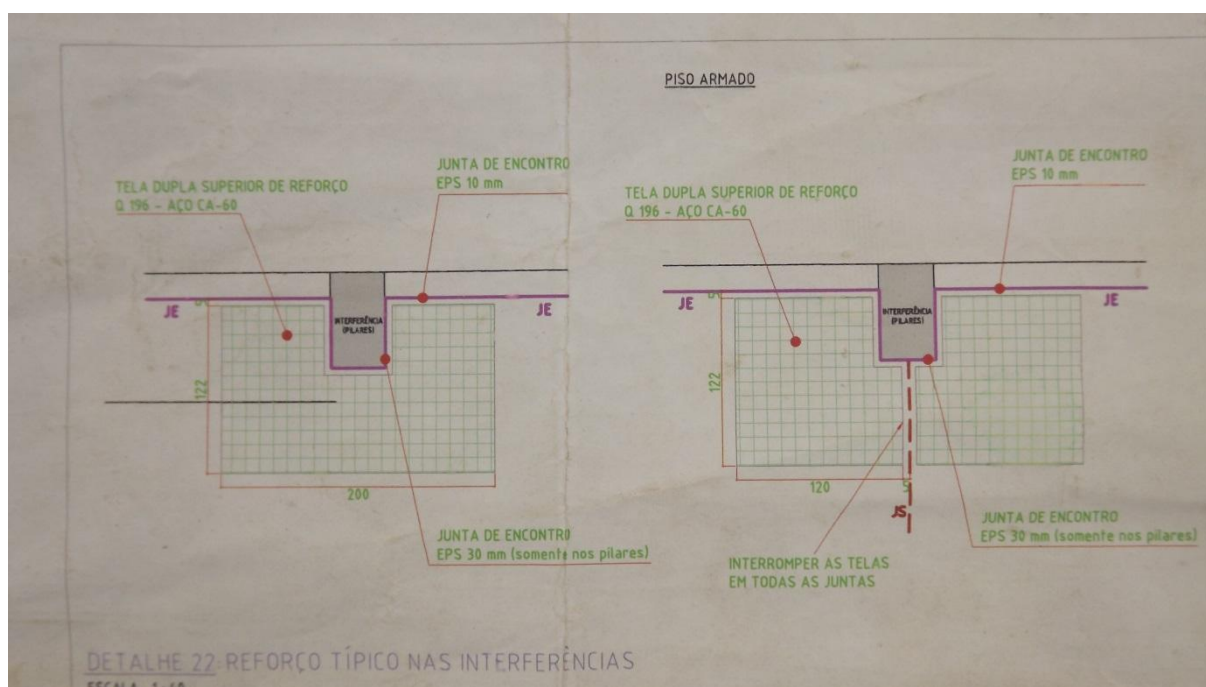
(fonte: elaborado pelo autor)

Onde:

NA: não aplicado.

As obras D e E, que possuíam projeto para o piso, foram as únicas a executar junta de encontro em seus pisos industriais de concreto. Tanto a espessura e a separação total da junta, como o material utilizado estavam especificados em projeto, assim como a localização de cada junta mostrada no detalhe da figura 27.

Figura 27 – Detalhes com especificações para as juntas de encontro na obra D



(fonte: elaborado pelo autor)

5.3.5 Tratamento das juntas

O tratamento das juntas pode ser a diferença entre a longevidade e a ruína de uma estrutura. Muitas manifestações patológicas têm como causa o tratamento incorreto das juntas, entre elas estão:

- a) juntas esborcinadas;
- b) recalque da placa de concreto;
- c) geração de trincas.

Estas manifestações patológicas acontecem quando não são aplicados materiais específicos em função do tipo de uso do piso. Utilizando-os de forma incorreta estes materiais acabam danificados e perdem a sua função de proteção, permitindo a entrada de água nas juntas e o carreamento do solo de suporte que vão gerar recalques e trincas. Os recalques e/ou o selante danificado, caso haja a passagem de empilhadeiras, causam o esborcinamento da borda da junta o que colabora para acelerar o processo de degradação do piso além de aumentar significativamente o risco de ter que realizar manutenção nas máquinas.

Todos esses efeitos demandam um alto custo de recuperação, além do transtorno que a recuperação em sí proporciona. Por isso, deve-se ter uma atenção especial ao tratamento das juntas devendo estar determinado em projeto o modo e o material a ser utilizado. O ideal seria que, no projeto, também esteja estipulado o tempo em que se deva aplicar o material e, caso necessite, quando devam ser realizadas manutenções.

Quanto maior for o período entre a aplicação do concreto e o tratamento das juntas, melhor será o desempenho do produto de preenchimento aplicado, pois a retração que ocorre em maior intensidade no primeiro ano, gera uma maior abertura das juntas, muitas vezes superior a capacidade de flexibilidade do selante, rompendo-o. Visto não como falha do material ou do serviço, mas como uma limitação do sistema construtivo em função do tempo, quando necessário, o projetista deve entender tal fato e programar uma manutenção corretiva para que o selante possa cumprir seu papel de proteção.

Justamente por demandar um tempo maior, o tratamento das juntas não foi acompanhado nas obras, a exceção de algumas juntas como as de encontro executadas pelas obras D e E, e algumas juntas de construção na obra D. Os resultados obtidos nas obras visitadas estão

apresentados na tabela 9 e foram coletados através das informações presentes nos projetos e através de entrevistas com os encarregados.

Tabela 9 – Dados para tratamento das juntas

Qual o tratamento proposto para as juntas de construção? Ele satisfaz as especificações desejadas?	Obra A - PU comum <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Obra B - PU comum <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Obra C - Não será realizado Obra D - Epóxi/ PU/ cantoneira metálica <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Obra E - Não especificado
Qual o tratamento proposto para as juntas serradas? Ele satisfaz as especificações desejadas?	Obra A - PU comum <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Obra B - PU comum <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Obra C - Não será realizada Obra D - PU comum <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Obra E - Não especificado
Quais são os tratamentos propostos para as juntas de encontro? Eles satisfazem as especificações desejadas?	Obra A - Não será realizado Obra B - Não será realizado Obra C - Não será realizado Obra D - EPS e poliuretano (PU) <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Obra E - Isopor <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Existe um plano de manutenção das juntas no projeto?	Obra A <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Obra B - <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Obra C - <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Obra D - <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Obra E - <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não

(fonte: elaborado pelo autor)

Onde:

PU: Poliuretano.

Nas obras A, B e C, que não possuem sequer projeto para o piso ou alguma especificação a respeito de juntas, foi verificado que o tratamento não é entendido como uma parte fundamental para o processo de concepção do piso industrial de concreto. Na obra A e B foi determinado o uso de selante de poliuretano comum tanto nas juntas de construção quanto nas juntas serradas, porém essa escolha não leva em consideração a utilização futura destes pisos, uma vez que a obra A não tem o perfil do cliente que irá alugar o pavilhão e na obra B, o pavilhão alugado para uma empresa de alimentos deveria ser tratado com materiais mais

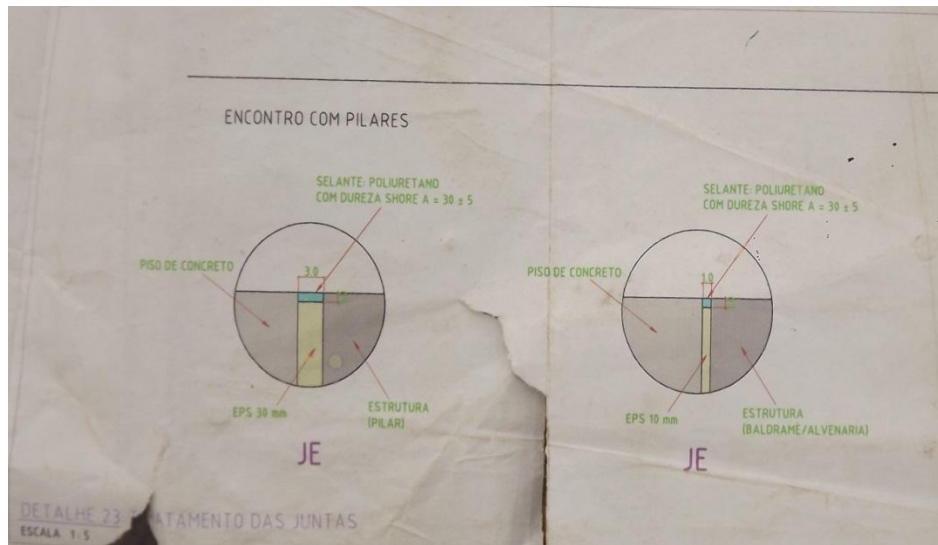
específicos, que sejam resistentes ao contato com materiais químicos de limpeza já que, em um ambiente de alimentos, exige-se um patamar mais elevado de limpeza.

Já na obra C a empresa que executou o piso justificou que não irá tratar as juntas pois esse serviço não havia sido solicitado. Neste caso, onde há intensa passagem de caminhões e transporte de material como gasolina, o tratamento deve ser realizado, por exemplo, com um produto a base de poliuretano modificado com asfalto utilizado em pistas de aeroportos, pátios de estacionamentos e docas de carga e descarga de combustíveis. Referente às juntas de encontro, nenhuma das três executaram este tipo de junta.

Na obra D, para as juntas de encontro, foi utilizado material EPS (poliestireno expandido) com selante de poliuretano com dureza *Shore 30*, variando mais ou menos 5 unidades na escala, e possuindo espessura de 10 e 30 mm, como mostra a figura 28. Já na obra E foi utilizado Isopor com espessura de 5 e 10 mm para preencher a junta. Ambos os tratamentos estão muito bem planejados e executados. Com relação às juntas de construção, a obra D foi bem precisa ao indicar tratamento com material epóxi semi-rígido nas áreas com tráfego intenso de veículos pesados e carrinhos de rodas rígidas, utilizando o poliuretano nas partes de baixo tráfego e alta movimentação e também projetando cantoneiras metálicas (figura 29) na junta central com o objetivo de proteger a região mais sensível do piso. No caminho inverso da obra D, a obra E não especificou nada em relação as juntas de construção e de retração, questionados a respeito alegaram que seria decidido posteriormente junto aos engenheiros e o projetista responsável.

O ultimo ponto analisado e que chamou bastante a atenção foi que em nenhuma obra, nem mesmo as que possuíam projeto para o piso, realizaram planejamento para manutenção das juntas, cuja importância já foi citada nesse capítulo.

Figura 28 – Corte com especificações para as juntas de encontro na obra D



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 29 – Junta metálica na obra D



(fonte: elaborado pelo autor)

6 CONCLUSÕES

As juntas, consideradas os elementos mais frágeis do piso, deveriam receber uma atenção maior em relação ao seu projeto de dimensionamento, execução e tratamento. Porém há uma lacuna muito grande no que se refere a este tema na literatura e em normas brasileiras, em consequência disso, nos falta uma cultura de exigência de projetos com bases realmente técnicas. Foi possível identificar com o trabalho exatamente essa falha, pois das cinco obras visitadas de execução de pisos industriais de concreto, apenas duas tiveram a preocupação de criar projetos para o piso com detalhamentos a respeito das juntas, sendo que apenas uma indicava o material para o tratamento a ser realizado.

Contar com um bom projeto é o primeiro passo para evitar a ocorrência de manifestações patológicas, pois ele irá definir a execução e a manutenção. Sem o projeto, essas etapas têm um caráter de improvisado e, certamente, o resultado não será o que se deseja. A partir das especificações técnicas estabelecidas e segmentadas, é possível definir um plano executivo orientado, que deverá passar por intensa fiscalização, uma vez que a falta de capacitação dos operários está cada dia mais presente nos canteiros de obras. No caso do trabalho, ficou claro que a falta dos projetos foi fundamental para que ocorressem diversos erros durante a execução, na tabela 10 podemos ver resumidamente os erros ligados às juntas, as obras nas quais ocorreram e suas prováveis futuras manifestações patológicas em consequência desses erros.

Fica muito evidente, nesse resumo, que as obras A, B e C que não possuíam projetos aparecem com maior frequência, sendo que, entre elas, a obra C foi a obra expoente negativamente. Essas manifestações patológicas que certamente vão acarretar em problemas graves, vão também proporcionar gastos para suas correções, muito superior à opção de economia ao não contratar um projetista, uma equipe especializada ou materiais de qualidade. Além de todas essas graves constatações com relação à falta de projetos e erros de execução no processo de concepção das juntas, foram localizados muitas outras deficiências que, de forma direta ou indireta, também contribuirão para a degradação e perda da vida útil do piso com maior rapidez. Esses outros erros estão elencados na tabela 11, também resumidamente, indicando em quais obras aconteceram.

Tabela 10 – Resumo das falhas devido às juntas

Falha relacionada às juntas	Obras em que ocorreu	Caráter do erro	Possíveis Manifestações Patológicas
Falta de projeto	A, B, e C	Projeto	Todas
Encontro de juntas no formato de "T"	E	Projeto Execução	Fissuras e trincas
Hora errada para efetuar o corte das juntas	B e C	Projeto	Fissuras e trincas paralelas à junta, Empenamento
Limpeza das juntas serradas após o corte	A, B, C e E	Projeto	Esborcimento, fissuras, trincas, umidade e manchamento
Profundidade do corte das juntas	A	Projeto Execução	Fissuras e trincas
Juntas fora de alinhamento	C e E	Projeto Execução	Fissuras e trincas
Problemas com as barras de transferências nas juntas de construção	C	Execução	Fissuras e trincas
Reforço para juntas	C	Projeto Execução	Esborcimento
Falta das juntas de encontro	A, B e C	Projeto Execução	Fissuras e Trincas estruturais
Tratamento das juntas	A, B, C e E	Projeto	Esborcimento, delaminação, manchas, fissuras e trincas

(fonte: elaborado pelo autor)

Contudo, fica claro que independente do tipo de piso industriais de concreto que for realizado é indispensável a elaboração de um projeto específico, planejado por engenheiros especializados, executado por uma equipe com capacidade técnica e operacional comprovada e uma empresa fornecedora de concreto capaz de atender a todos os requisitos exigidos pelo projetista e pelo construtor. Pois com o crescimento da indústria e a busca por uma efetividade que beire o 100%, o cliente não está mais aceitando passivamente as manifestações patológicas que acabam por acontecer exigindo um produto com maior confiabilidade, com produtividade e qualidade. Com isso deve-se tratar do assunto com mais engenharia, com profissionais também de diferentes áreas interagindo e interligando seus conhecimentos resultando em uma obra com caráter de excelência, possuindo planejamento e projeto capazes de minimizar todos os problemas.

Tabela 11 – Resumo de falhas gerais

Falha	Obras em que ocorreu
Falta do engenheiro presente em obra	A, B, e C
Falta de investigação geotécnica para execução da base para o piso	A, B, e C
Não execução da placa teste	A, B, C e E
Não execução do teste de <i>slump</i>	B e C
Espessura da placa de concreto variando (base mal nivelada)	B e C
Falta de reforço de armadura em torno de pilares	B e C
Não colocação de espaçadores ou treliças para posicionar as armaduras	B e C
Tempo muito grande entre lançamentos do concreto	A, E
Adensamento do concreto sem o vibrador	B

(fonte: elaborado pelo autor)

REFERÊNCIAS

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 302.1R**: cold weather concreting, Farmington Hills, Michigan, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento portland**. 7. ed. São Paulo, 2002. Boletim Técnico n. 106.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: agregados – determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 14931**: execução de estrutura de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 6118**: projeto de estrutura de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 7480**: aço destinado à armadura para estruturas de concreto armado – especificação. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 15900-1**: água para amassamento do concreto – parte 1 – requisitos. Rio de Janeiro, 2009a.

_____. **NBR 7211**: agregados para concreto: especificações. Rio de Janeiro, 2009b.

_____. **NBR 11768**: aditivos químicos para concreto de cimento Portland – requisitos. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 7212**: execução de concreto dosado em central: procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

CHODOUNSKY, M. A.; VIECILI, F. A. **Pisos industriais de concreto**: aspectos teóricos e executivos. São Paulo: Reggenza, c2007.

LEVY, I. Subleito e sub-base: suas especificações. **Boletim Técnico Anapre**, n. 15, maio 2009. Disponível em: <http://www.anapre.org.br/boletim_tecnico/edicao15.asp>. Acesso em: 18 jun. 2013

MARCONDES, C. G. Patologias comuns em obras. **Portal Itambé**, jan. 2007. Não paginado. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/patologias-comuns-em-obras/>>. Acesso em: 04 set. 2013.

MEDEIROS, H. Piso de concreto: planejamento da execução é fundamental para garantir pisos planos e sem fissuras que comprometam o desempenho do sistema. **Revista Técnica Equipe de Obra**, n. 41, nov. 2011. Não paginado. Disponível em: <<http://www.equipedebra.com.br/construcao-reforma/41/artigo239495-1.asp>>

METZGER, S. Juntas: a chave para a durabilidade dos pisos. **Revista Tecnológica**, p. 48-51, n. 18, maio 1997.

RECUPERAÇÃO no chão: técnicas e produtos para restaurar pavimentos variam de acordo com o tipo de patologia. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, n. 154, jan. 2010. Não paginado.

Disponível em: <<http://www.techne.pini.com.br/engenharia-civil/154/artigo286669-1.aspx>>. Acesso em: 04 set. 2013

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

_____. **Pavimentos industriais de concreto armado**: projeto e critérios executivos. 2. ed. São Paulo: Instituto Brasileiro de Telas Soldadas, 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.; GASPARETTO, W. E. **Juntas em pisos de concreto**. LM Brasil, ago. 2013. Disponível em: <http://www.lmbrasil.com.br/comentarios_tecnicos/juntas_industriais.html>. Acesso em: 16 jun. 2013.

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.

SEILER, P. H. Concreto para pisos industriais. **Boletim Técnico Anapre**, n. 12, mar. 2009. Não paginado. Disponível em: <http://www.anapre.org.br/boletim_tecnico/edicao12.asp>. Acesso em: 18 jun. 2013.

UNIONTECH TECNOLOGIA DE JUNTAS. **Juntas**: definições. São Paulo, 2013. Não paginado. Disponível em: <<http://www.uniontech.com.br/defini.htm>>. Acesso em: 31 out. 2013.

APÊNDICE A – *Checklist*

1 DADOS GERAIS	
1.1	Localização da Obra Resp. _____
1.2	Quantos funcionários compõem a equipe? Resp. _____
1.3	O engenheiro está presente em obra no momento da concretagem e corte das juntas? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
1.4	Qual a área a ser concretada? Resp. _____
1.5	Qual a temperatura durante a execução da concretagem? Resp. _____
1.6	Qual a umidade durante a execução da concretagem? Resp. _____
1.7	Piso protegido das intempéries durante a execução da concretagem? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
2 ESTRUTURA	
2.1	Existe projeto para a base do piso de concreto? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
2.2	Houve investigação geotécnica no solo? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
2.3	Como é composta a estrutura? <input type="checkbox"/> Sub Leito <input type="checkbox"/> Leito <input type="checkbox"/> Sub Base <input type="checkbox"/> Base <input type="checkbox"/> Barreira de Vapor <input type="checkbox"/> Placa de Concreto
2.4	A barreira de vapor está em perfeito estado <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
2.5	A base está conforme projetada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
3 PISO DE CONCRETO	
3.1	Existe projeto para o piso de concreto? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
3.2	Qual o tipo de piso de concreto? <input type="checkbox"/> Simples <input type="checkbox"/> Simples com Armadura de retração <input type="checkbox"/> Armado <input type="checkbox"/> Reforçado com Fibras de Aço <input type="checkbox"/> Protendido
3.3	Para qual finalidade será utilizado o piso? <input type="checkbox"/> Armaz. de Materiais <input type="checkbox"/> Shopping <input type="checkbox"/> Hipermercado <input type="checkbox"/> Galpão Industrial <input type="checkbox"/> Outro
3.4	Foi executada placa teste? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
3.5	Foi executado o teste de <i>slump</i> ? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
3.6	Qual a resistência à compressão especificada do concreto?
3.7	Qual a espessura do piso de concreto? Resp. _____
3.8	Caso exista, a espessura está conforme projeto? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
3.9	Qual a resist. à tração especificada do concreto? Resp. _____
3.10	Foi utilizado algum aditivo? <input type="checkbox"/> Sim, Qual? _____ <input type="checkbox"/> Não
3.11	Qual foi o tipo de cura? <input type="checkbox"/> Úmida <input type="checkbox"/> Térmica <input type="checkbox"/> Química <input type="checkbox"/> Não realizada
3.12	Qual o período de cura? Resp. _____

4.0	JUNTAS	
4.1	Existe projeto para juntas?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
4.1.1	Se sim, nele possui a especificação do tratamento a ser realizado nas juntas?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
4.1.2	A paginação leva em consideração o layout do uso futuro do piso?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
4.2	Existe trechos de juntas menores que 50 centímetros?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
4.3	Foi realizada a limpeza após o trabalho executivo e o corte das juntas?	<input type="checkbox"/> Sim _____ <input type="checkbox"/> Não
4.4	Existe ângulos diferentes de 90° entre juntas?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
4.5	Existe encontro de juntas em "T" ?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
4.6	Existem juntas de construção?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
4.7	Existem juntas serradas?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
4.8	Existem juntas de encontro?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
4.9	Existem juntas de dilatação?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
5.0	Juntas de Construção	
5.1	Espessura conforme especificada no projeto?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
5.2	Está presente ao longo de todo o comprimento da placa?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
5.3	As juntas estão alinhadas?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
5.4	Foi passado algum material para acelerar a abertura da junta antes de ser cortada?	<input type="checkbox"/> Sim, Qual? _____ <input type="checkbox"/> Não
5.5	Foi previsto reforço da junta caso exista a passagem de máquinas pesadas sob ela?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
5.6	Há barras de transferências entre placas?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
5.7	Foi passada graxa na metade de cada barras de transferência entre as juntas?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
5.8	Existe o espaçamento máximo de 25mm?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não

6.0 Juntas Serradas (de controle)	
6.1	Hora do corte <input type="checkbox"/> entre 0 e 8 horas <input type="checkbox"/> 8 à 12 horas <input type="checkbox"/> + de 12 horas
6.2	Existe corte com profundidade inferior a 1/3 da espessura do piso? (máx. aceitável Δ5 mm) <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
6.3	Qual a largura de corte? Resp. _____
6.4	Largura de acordo com o projeto? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
6.5	A junta apresentou esborcinamento durante o corte? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
6.6	Se apresentou esborcinamento durante o corte, foi paralisado? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
6.7	Comprimento entre juntas serradas é ≤ 1,5x largura da faixa concretada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
6.8	As juntas estão alinhadas? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
7.0 Juntas de Encontro	
7.1	Espessura conforme projeto? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
7.2	Existe um elemento separando o encontro entre a estrutura e a placa? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
7.3	A separação é total entre os elementos? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
8.0 Juntas de Dilatação	
8.1	Qual a espessura de projeto? Resp. _____
8.2	Espessura esta conforme o projeto? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
8.3	Existe um reforço da armadura nesse encontro? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não

9.0	TRATAMENTO DAS JUNTAS	
9.1	Quais são os tratamentos propostos para as juntas de construção? Eles satisfazem as especificações desejadas?	Resp. _____ <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Resp. _____ <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Resp. _____ <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Resp. _____ <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Resp. _____ <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
9.2	Quais são os tratamentos propostos para as juntas serradas? Eles satisfazem as especificações desejadas?	Resp. _____ <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Resp. _____ <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Resp. _____ <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Resp. _____ <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Resp. _____ <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
9.3	Quais são os tratamentos propostos para as juntas de encontro? Eles satisfazem as especificações desejadas?	Resp. _____ <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Resp. _____ <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Resp. _____ <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Resp. _____ <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Resp. _____ <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
9.4	Quais são os tratamentos propostos para as juntas de dilatação? Eles satisfazem as especificações desejadas?	Resp. _____ <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Resp. _____ <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Resp. _____ <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Resp. _____ <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Resp. _____ <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
9.5	Existe um plano de manutenção das juntas no projeto?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não