



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VIII – PROFESSORA MARIA DA PENHA – ARARUNA
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

MATEUS ALVES DE VASCONCELOS

**ESTUDO DE CASO: MÉTODOS E PRÁTICAS UTILIZADOS EM PAVIMENTOS
DE CONCRETO ESTRUTURALMENTE ARMADO EM MERCADO DE GRANDE
PORTE**

ARARUNA

2017

MATEUS ALVES DE VASCONCELOS

**ESTUDO DE CASO: MÉTODOS E PRÁTICAS UTILIZADOS EM PAVIMENTOS
DE CONCRETO ESTRUTURALMENTE ARMADO EM MERCADO DE GRANDE
PORTE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Banca Examinadora do Curso de Engenharia
Civil da UEPB – Campus VIII como requisito
para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Me. Pedro Filipe de Luna Cunha

ARARUNA

2017

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

V331e Vasconcelos, Mateus Alves de.
Estudo de caso: métodos e práticas utilizados em pavimentos de concreto estruturalmente armado em mercado de grande porte [manuscrito] : / Mateus Alves de Vasconcelos. - 2017.
54 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2017.

"Orientação : Prof. Me. Pedro Filipe de Luna Cunha, Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."

1. Pavimento Estrutural. 2. Resistência. 3. Etapas Construtivas.

21. ed. CDD 624.171

MATEUS ALVES DE VASCONCELOS

ESTUDO DE CASO: MÉTODOS E PRÁTICAS UTILIZADOS EM PAVIMENTOS
DE CONCRETO ESTRUTURALMENTE ARMADO EM MERCADO DE GRANDE
PORTE

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada ao Programa de Graduação
em Bacharelado em Engenharia Civil da
Universidade Estadual da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil.

Aprovada em: 14/12/2017

BANCA EXAMINADORA

Pedro Filipe de Luna Cunha
Prof. Me. Pedro Filipe de Luna Cunha (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Alan Barbosa Cavalcanti
Prof. Me. Alan Barbosa Cavalcanti
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Marinaldo dos Santos Júnior
Prof. Me. Marinaldo dos Santos Júnior
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

À minha mãe, Maria Noemizia, dedico esse trabalho, bem como todas as minhas futuras conquistas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, o meu Senhor, que sempre esteve presente, proporcionando-me saúde e sabedoria para suportasse as adversidades enfrentadas durante essa etapa de minha vida.

Sou grato a minha mãe Maria Noemizia que me ensinou a sempre batalhar por meus objetivos porto seguro, aos meus irmãos Lucas Vasconcelos e Marcos Vasconcelos, pela amizade e por estarem sempre comigo nas horas difíceis.

Aos meus amigos de universidade na qual fui presenteado durante minha formação que sempre estiveram presente, não só nos trabalhos acadêmicos como também, no dia-a-dia. Entre eles estão Lucas Diego, Terceiro Neto, Igor Martins, José Livaldo, Lucas Diniz, Francisco Humberlânio, Jonathan Edson, entre outros.

Ao meu orientador e amigo Prof. Pedro Filipe de Luna Cunha, por aceitar meu convite para ser meu orientador e que me instruiu durante esse trabalho de conclusão de curso.

A todos os meus professores e futuros colegas de profissão, que transmitiram seus conhecimentos técnicos na graduação, em especial ao Prof. Me. Marinaldo dos Santos Júnior e o Prof. Me. Alan Cavalcanti por disporem seu tempo e aceitaram integrar a banca do meu TCC.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Esquema ordenado de disposição das camadas de pisos industriais	17
Figura 2.2: Perfil de um pavimento de concreto simples, sem barra de transferência.....	19
Figura 2.3 – Perfil de um pavimento de concreto com armadura distribuída e com barra de transferência	19
Figura 2.4: Piso com armadura distribuída.....	20
Figura 2.5: Piso estruturalmente armado.....	20
Figura 2.6: Piso industrial reforçado com fibra.....	21
Figura 2.7: Piso industrial protendido.....	22
Figura 2.8: Junta longitudinal com encaixe macho-fêmea	23
Figura 2.9: Junta transversais de retração, juntas serradas.....	24
Figura 2.10: Juntas de encontro tipo: a) diamante; b) circular	25
Figura 2.11: Junta transversal com barra de transferência.....	25
Figura 2.12: Barra de transferência estudo de caso.....	26
Figura 2.13: Fluxograma das causas que podem proporcionar manifestações patológicas.....	28
Figura 2.14: Principais patologias em Pisos Industriais. Características, Prevenção e Tratamento.....	29
Figura 2.15: Principais patologias em RAD. Características, Prevenção e Tratamento.....	30
Figura 3.1: Fluxograma das etapas de execução do pavimento.....	31
Figura 3.2: Funções da barreira de vapor em pisos de concreto.....	33
Figura 3.3: Local da obra.....	37
Figura 3.4: Demarcação da área a ser concretada	38
Figura 3.5: Área trabalhada.....	38
Figura 3.6: Execução de corte: a) Início do corte; b) Delimitação da área que será retirada e separada da antiga placa; c) Corte em detalhe; d) Corte finalizado.....	39
Figura 3.7: Início da fase de demolição de piso industrial.....	40
Figura 3.8: Demolição de piso industrial: a) Retirada do antigo revestimento; b) Finalização da etapa de demolição.....	41
Figura 3.9: Execução da Sub-base.....	42
Figura 3.10: Lona aplicada na superfície.....	43
Figura 3.11: Colocação de telas soldada.....	46

Figura 3.12: Montagem da armadura do piso estrutural: a) Execução da armadura inferior; b) Amarração da armadura inferior; c) Finalização da armadura inferior; d) Detalhe do posicionamento da armadura finalizada.....	47
Figura 3.13: Finalização da montagem da armadura do piso industrial.....	48
Figura 3.14: Início do lançamento do concreto usinado.....	49
Figura 3.15: Piso após a realização da concretagem.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Camadas de um piso estrutural.....	17
Tabela 3.1: Componentes para execução do piso.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas.

CBR Califórnia Bearing Ratio

FF Índice de Planicidade.

FL Índice de Nivelamento.

ISC Índice de Suporte de Califórnia.

NBR Norma Brasileira.

RAD Revestimento de Alto Desempenho.

RESUMO

Pavimento industrial ou piso de bom desempenho trata-se de uma estrutura em concreto armado que apresenta alta resistência à compressão, durabilidade e acabamentos distintos, que possuem função de transmitir os carregamentos recebidos para as suas camadas inferiores, e a necessidade que a infraestrutura tem que ter para que o piso resista as intempéries e ao fluxo de cargas. Esse sistema é constituído, em síntese, pelo subleito e sub-base, placa de concreto, juntas, revestimentos e tratamento superficial. O objetivo desse trabalho é apresentar as particularidades do método executivo de um piso estrutural de alta performance em um mercado de grande porte, suas restrições e cuidados que devem ser tomados durante sua fase de planejamento e execução, na qual sempre necessitara da presença de um engenheiro especializado para esse tipo de obra. Por fim os resultados do presente estudo permitiu um melhor conhecimento das etapas construtivas, seus métodos, como se comportam e prevenções para evitar futuras manifestações patológicas.

Palavras-chave: Pavimento estrutural. Resistência. Etapas construtivas.

ABSTRACT

Industrial pavement or good performance floor is a structure in reinforced concrete that has high resistance to compression, durability and different finishes, which have the function of transmitting the received loads to its lower layers, and the need that the infrastructure has to so that the floor can withstand the weather and the flow of loads. This system consists, in synthesis, of the subgrade and sub-base, concrete slab, joints, coatings and surface treatment. The objective of this work is to present the particularities of the executive method of a high performance structural floor in a large market, its restrictions and care that must be taken during its planning and execution phase, in which it always needed the presence of an engineer specialized for this kind of work. Finally, the results of the present study allowed a better knowledge of the constructive steps, their methods, how they behave and preventions to avoid future pathological manifestations.

Keywords: Structural floor. Resistance. Constructive steps.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. OBJETIVOS.....	16
1.1.1. Objetivo Geral.....	16
1.1.2. Objetivos Específicos.....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 PISO INDUSTRIAIS EM CONCRETO.....	17
2.2 PISO INDUSTRIAL.....	17
2.2.1 Tipos de Piso de Concreto.....	19
2.2.2 Pavimento de concreto simples.....	19
2.2.3 Pavimento com armadura distribuída.....	20
2.2.4 Pavimento estruturalmente armado.....	21
2.2.5 Pavimento reforçado com fibras metálicas.....	21
2.2.6 Piso protendido.....	22
2.3 JUNTAS.....	23
2.3.1 Juntas de construção.....	24
2.3.2 Juntas serradas.....	25
2.3.3 Juntas de expansão ou de encontro.....	25
2.3.4 Barras de transferências.....	26
2.4 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PISOS INDUSTRIAIS.....	27
3. METODOLOGIA	32
3.1 FLUXOGRAMA DAS ETAPAS REALIZADAS PARA A EXECUÇÃO DO PISO INDUSTRIAL.....	32
3.2 ETAPAS DO PROJETO.....	33
3.2.1 O projeto do pavimento do estudo de caso.....	33
3.2.2 Preparo do subleito.....	33
3.2.3 Preparo da sub base.....	34
3.2.4 Barreiras de vapor.....	34
3.2.5 Tela.....	35
3.2.6 Fôrmas.....	35
3.2.7 Concreto.....	35
3.2.8 Posicionamento das armaduras.....	36
3.2.9 Juntas.....	36
3.2.10 Controle tecnológico do concreto.....	36
3.2.11 Regularização da superfície.....	37
3.2.12 Planicidade e Nivelamento.....	37
3.2.13 Cura, endurecedor superficial e impermeabilizantes.....	37

3.2.14	Adensamento	37
3.2.15	Selantes	38
3.3	EXECUÇÃO DO PAVIMENTO ESTRUTURALMENTE ARMADO EM SUPERMERCADO DE GRANDE PORTE	38
3.3.1	LOCAÇÃO DE OBRA	38
3.3.2	SERVIÇOS PRELIMINARES	39
3.3.3	PREPARAÇÃO DAS CAMADAS.....	42
3.3.4	Preparo da sub-base.....	43
3.4	EXECUÇÃO DE PISO EM CONCRETO ARMADO	44
3.4.1	Cimento	45
3.4.2	Agregados.....	45
3.4.3	Aditivos.....	46
3.4.4	Água.....	46
3.4.5	Selantes	46
3.4.6	Armadura.....	46
3.4.7	Isolamento da placa e sub-base	47
3.4.8	Fôrmas.....	47
3.4.9	Posicionamento das armaduras	47
3.4.10	Emendas	48
3.4.11	Barras de Transferência.....	48
3.4.12	Plano de concretagem do piso industrial.....	49
3.4.13	Lançamento do concreto	49
3.4.14	Controle tecnológico do concreto.....	50
3.4.15	Adensamento	50
3.4.16	Acabamento superficial.....	51
3.4.17	Cura	51
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
4.1	JUSTIFICATIVA PARA A ESCOLHA DO TIPO PISO.....	52
4.2	SUBLEITO	52
4.3	CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO	53
4.4	BARRAS DE TRANSFERÊNCIAS E EMENDAS.....	53
5.	CONCLUSÕES.....	54
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1. INTRODUÇÃO

O campo da construção civil vem aumentando significativamente na parte de elaboração e planejamento de obras, tendendo ao aumento da competitividade, melhoria da qualidade, diminuição de prazos e redução de custos na construção e na manutenção.

O projeto tem o intuito de proporcionar uma facilidade na etapa de execução, de modo que deva apresentar precisão, clareza e uma máxima fidelidade do que irá ser realizado, assim sem proporcionar nenhuma dúvida ou incômodo no momento da leitura do mesmo e durante a fase de execução, que só a partir disso possa ser dado início as etapas que serão necessários para assegurar a viabilização do projeto.

Tais tendências influenciam diretamente no planejamento das obras, pois os prazos e os orçamentos foram reduzidos e os canteiros ficaram extremamente limitados, exigindo grande flexibilidade em todas as etapas da execução.

Segundo a IBRACON (2009), o concreto é o material construtivo mais consumido no mundo, estima-se que anualmente são consumidas 11 bilhões de toneladas de concreto, o que dá aproximadamente, um consumo médio de 1,9 tonelada de concreto por habitante por ano, valor inferior apenas ao consumo de água.

O projeto de um pavimento de alto desempenho requer um planejamento apurado, com a programação da concretagem de grandes volumes em prazos determinados. Ela se torna praticamente a única alternativa viável para garantir a produtividade da operação e precisa que seja analisado anteriormente a necessidade e a finalidade, como também, o terreno, a distribuição de carregamentos e a exposição a agentes intempéricos (físicos, químicos, etc.) ou antrópicos, entre outras condições. Dentre as descrições de projetos estão disponíveis os esquemas de compactação do solo, as especificações do concreto e sua espessura, os índices de planicidade e nivelamento, inclinações, tipo de piso a ser executado, o tipo de armadura e seu posicionamento adequado e a disposição das juntas e das barras de transferência.

Pisos industriais de concreto são elementos estruturais que têm a finalidade de resistir e distribuir ao subleito esforços derivados dos carregamentos verticais, devido a circulação de cargas temporárias e equipamentos. Por isso, a correta execução é de suma importância, uma vez que estará interligada inteiramente no seu desempenho final, caso não haja um devido cuidado e atenção nessa fase poderá acarretar diversas patologias a ela associadas, geralmente ligadas a resistência insuficiente, planicidade, fissuras, absorção e texturas.

Neste trabalho, irá ser abordado os procedimentos praticados e as suas formas executivas para a execução de um pavimento industrial de concreto armado, onde serão comentados e apresentados seus métodos empregados.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Apresentar as diretrizes básicas para execução de pavimento estruturalmente armado de concreto, sua execução e métodos utilizados na elaboração de uma estrutura de concreto, piso industrial.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Apresentar um estudo de caso de um pavimento estruturalmente armado;
- Mostrar seu método construtivo e os principais tipos de pisos industriais mais usuais e suas características, abordagem das etapas de montagem;
- Execução de juntas de dilatação;
- Patologias em pisos estruturais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse capítulo será descrito quais os pisos industriais em concreto mais usuais e as possíveis manifestações patológicas que poderão surgir durante sua vida útil devido a exposição a agentes agressivos.

2.1 PISO INDUSTRIAIS EM CONCRETO

Segundo Sá et al (2009) pisos industriais são definidos como elementos que estão continuamente apoiados e que são dimensionados para suportar cargas diferenciais quanto à intensidade e forma de atuação. Para atender as variadas situações de carregamentos a que são impostos podem ser executados sobre diferentes aspectos estruturais e funcionais.

De acordo com Rodrigues (2006) para a escolha do concreto não deve basear-se exclusivamente na sua resistência mecânica, mas também deve-se atentar a outros pontos importantes, como a trabalhabilidade: que irá depender dos métodos de mistura, lançamento, adensamento e, principalmente, de acabamento do concreto e a durabilidade, que será fortemente influenciada pela retração hidráulica, exsudação e resistência ao desgaste.

Nesse sentido o projeto abarca toda a infraestrutura necessária para que o piso resista a todos os esforços exigidos, definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.

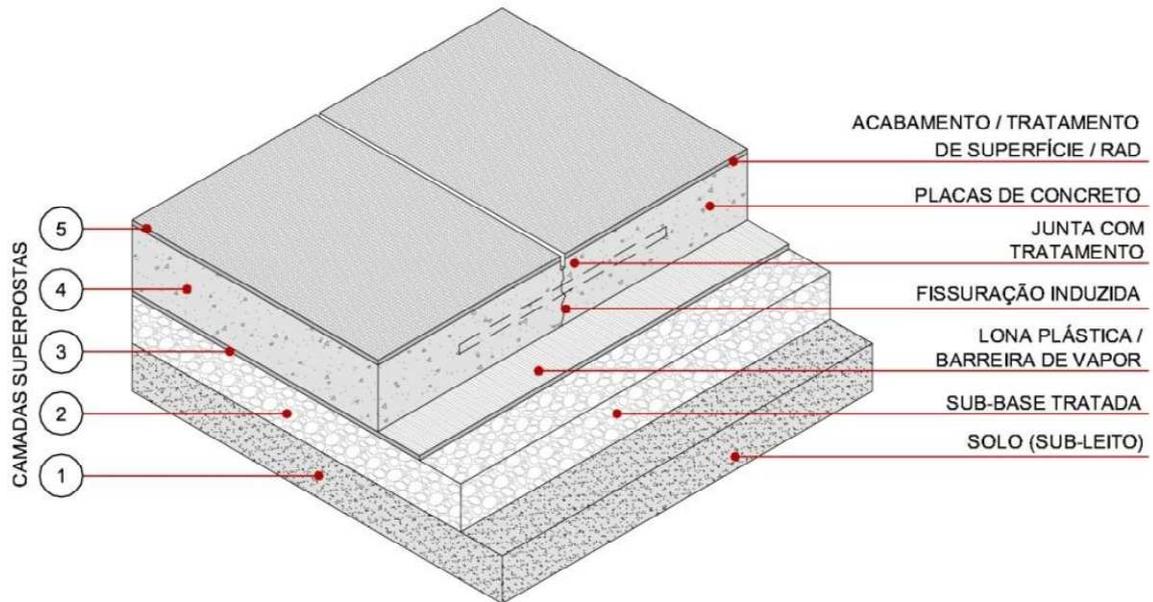
Segundo a NBR 12655 (ABNT, 2006) o concreto é um material formado pela mistura homogênea de cimento, agregados miúdo e graúdo e água, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos e adições), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento (cimento e água).

2.2 PISO INDUSTRIAL

De acordo com Rodrigues (2006), no país baseia-se na prática europeia de modo que são pavimentos reforçados, empregando telas soldadas, fibras de alto módulo ou protensão, produzindo pavimentos esbeltos e placas de grandes dimensões.

Os pavimentos industriais são compostos por cinco principais camadas sobrepostas com funções específicas e espessuras determinadas dentro do sistema construtivo, conforme figura 2.1.

Figura 2.1 – Esquema ordenado de disposição das camadas de pisos industriais.



Fonte: Cristelli, 2010.

Na tabela 2.1, descreve-se as camadas que compõem um pavimento estrutural e a função de cada uma delas:

Tabela 2.1 – Funções básicas das camadas do sistema de pavimentos industriais.

Camada	Funções
1.Subleito	Absorver as solicitações de cargas impostas ao pavimento.
2.Sub-base	Isolar e estabilizar as condições do subleito através de tratamentos granulométricos e de capacidade de distribuição de carga. Dar suporte uniforme e constante. Evitar bombeamento. Aumentar o suporte da fundação.
3.Lona plástica/ barreira de vapor	Impermeabilizar a superfície para evitar umidade ascendente nas placas de concreto. Garantir livre movimentação da placa de concreto em relação a sub-base. Garantir a hidratação do cimento, evitando a perda de água de amassamento para sub-base
4.Placa de concreto	Absorver os carregamentos do piso e transferir os esforços para a fundação, trabalhando no regime elástico.

Camada	Funções
5.acabamento/tratamento superfície	de Acrescentam características superficiais ao sistema do piso, de acordo com a demanda de utilização. Garantem à superfície do piso resistência ao desgaste por abrasão e influenciam quanto ao conforto de rolamento das empilhadeiras.

Fonte: Adaptação de dados Oliveira 2000; Rodrigues ET AL, 2006; Chodounsky, 2007.

2.2.1 Tipos de Piso de Concreto

Conforme Cristelli, (2010), a classificação dos pavimentos industriais pode ser tomando como base nos aspectos tecnológicos e comportamento dos materiais empregados, métodos de dimensionamento adequados para cada caso, e principalmente a logística de execução dos pisos, seus processos construtivos e equipamentos.

A execução do piso se inicia-se a partir da elaboração de um projeto específico, onde este levará em consideração estudos referentes ao solo do local por meio de ensaios de sondagem e caracterização, o tipo e a finalidade de acordo com as cargas transmitidas ao pavimento durante sua vida de útil, como equipamentos que serão manuseados e os tipos de agentes intempéricos ou químicos a qual poderá ser exposto. Os perigos causados caso não haja o comprometimento do engenheiro responsável na fase de elaboração e desenvolvimento do projeto, poderá causar desde pequenas falhas até o colapso total da estrutura.

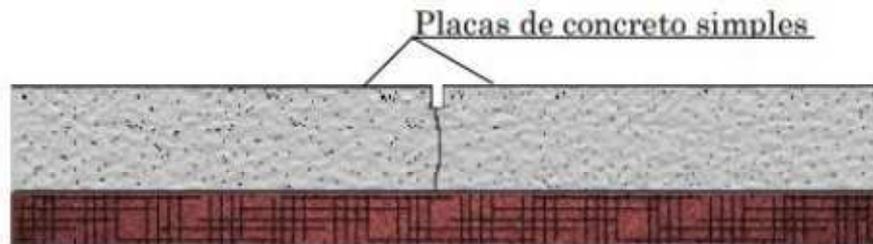
Assim os pisos de concreto são classificados e dimensionados conforme explicação a seguir.

2.2.2 Pavimento de concreto simples

Oliveira (2000) caracteriza pavimento de concreto simples como aquele constituído de placas de concreto de cimento Portland, apoiados sobre a fundação, nos quais os esforços, tanto os de compressão quanto os de tração, são resistidos apenas pelo concreto. As placas são separadas por juntas moldadas ou serradas, que controlam a fissuração devida à retração, ao empenamento e a dilatação térmica

Bastante utilizado o pavimento de concreto simples em ruas e rodovias, aeroportos e etc. em geral apresentam grandes espessuras em suas camadas e elevado número de juntas. Esse tipo de pavimento pode ser dividido em dois grupos, sem e com barras de transferência. A figura 2.2 observa-se um exemplo sem barra de transferência.

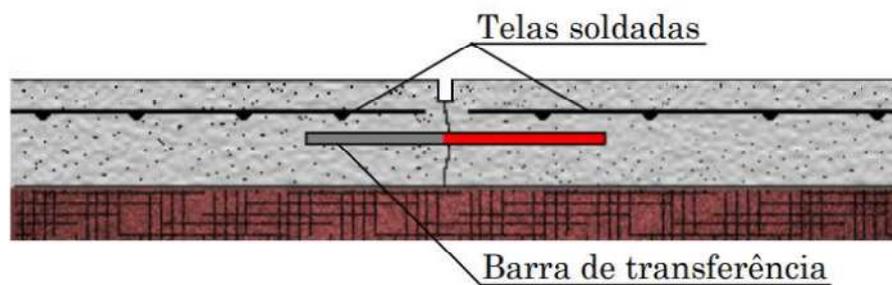
Figura 2.2 – Perfil de um pavimento de concreto simples, sem barra de transferência.



Fonte: Oliveira, 2000.

A figura 2.3, ilustra uma seção de pavimento de concreto com armadura distribuída e com barra de transferência.

Figura 2.3 – Perfil de um pavimento de concreto com armadura distribuída e com barra de transferência.

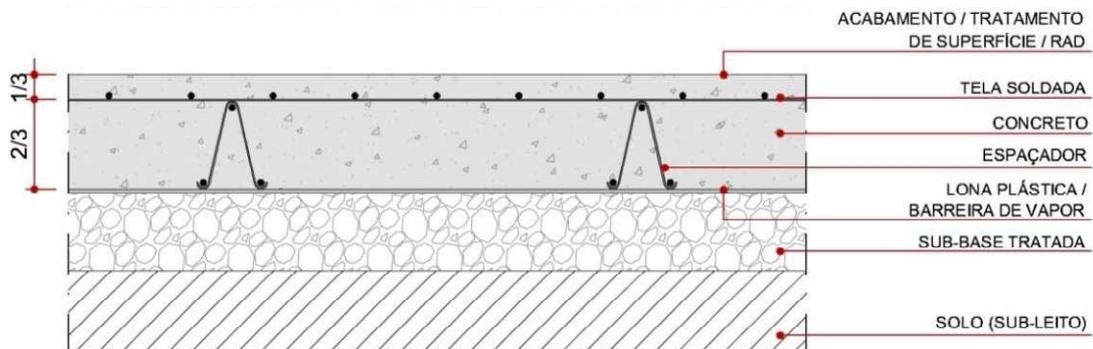


Fonte: Oliveira, 2000.

2.2.3 Pavimento com armadura distribuída

Segundo Rodrigues (2006), pavimentos com armadura distribuída é o mais popular dos pavimentos industriais, sendo constituído por uma estrutura em que a armadura, geralmente uma tela soldada, é posicionada no terço superior da placa de concreto, de acordo com a figura 2.4.

Figura 2.4 – Pavimento com armadura distribuída.

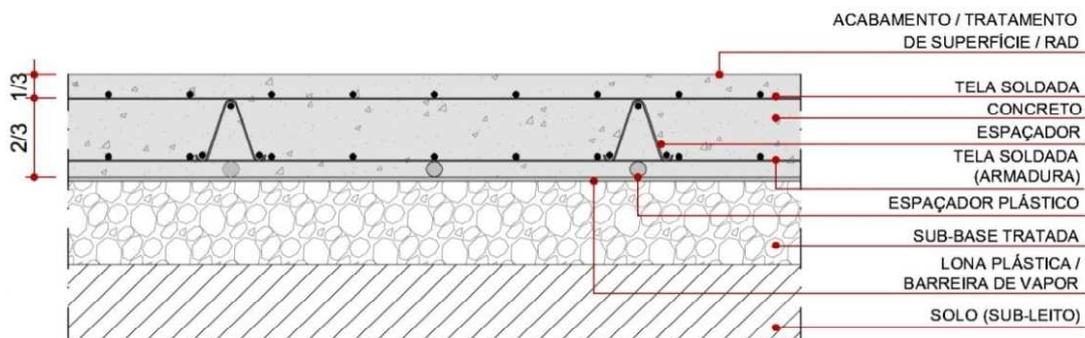


Fonte: Cristelli, 2010.

2.2.4 Pavimento estruturalmente armado

De acordo com Rodrigues (2006), este tipo de pavimento distingue-se daquele com armadura distribuída, por possuir uma armadura positiva (posicionada na parte inferior da placa de concreto) destinada a absorver os esforços gerados pelos carregamentos, conforme figura 2.5.

Figura 2.5 – Pavimento estruturalmente armado.



Fonte: Cristelli, 2010.

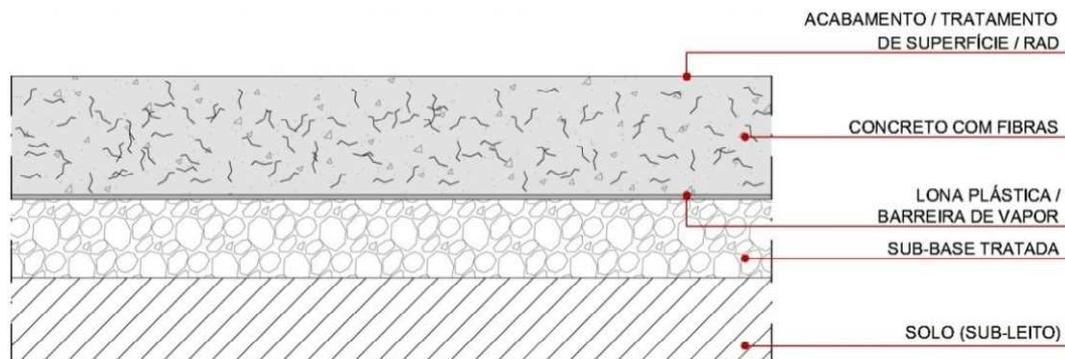
2.2.5 Pavimento reforçado com fibras metálicas

Os pavimentos reforçados com fibras metálicas são de concreto que apresentam alta resistência e que na sua composição é adicionado fibras de aço de pequenas dimensões, proporcionando um reforço ao pavimento em toda sua espessura, em substituição das armaduras

convencionais. As fibras podem ser adicionadas a massa ainda no caminhão-betoneira, eliminando a fase de armação em obra.

As fibras podem beneficiar o controle da fissuração, alterar as condições de consistência do concreto e a sua trabalhabilidade. Na figura 2.6 ilustra-se este tipo de piso.

Figura 2.6 – Piso industrial reforçado com fibras.



Fonte: Cristelli, 2010.

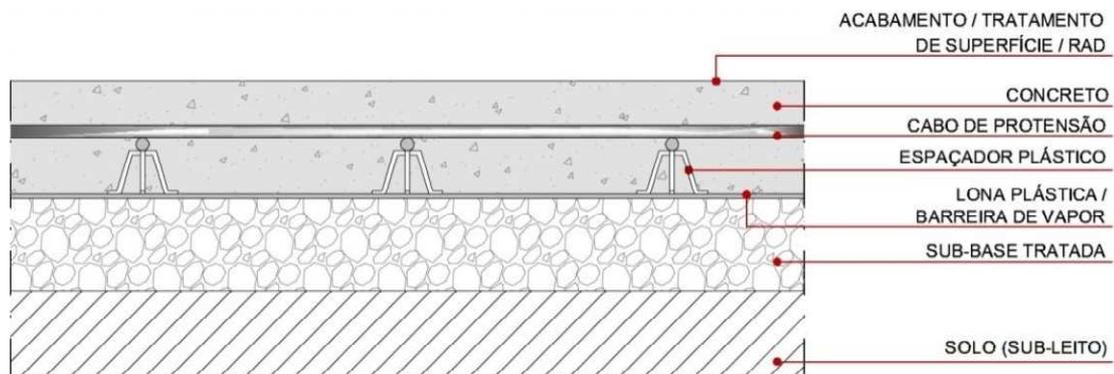
2.2.6 Piso protendido

Segundo Rodrigues et al. (2006), o desenvolvimento das técnicas e materiais de protensão como as cordoalhas engraxadas e plastificadas impulsionou o mercado dos pisos industriais para aplicações de pisos de concreto protendido.

Cristelli (2010), afirma que em função do número reduzido de juntas, o sistema protendido apresenta menores riscos de patologias causadas pelo mau funcionamento destes elementos. Assegura-se baixo custo de manutenção e maior durabilidade, favorecendo a operação e tráfego de equipamentos móveis.

Contudo o sistema de piso protendido, figura 2.7, apresenta inúmeras vantagens comparando o comportamento construtivo, durabilidade e custo. Porém, é preciso se ter uma equipe especializada e bastante cautelosa para garantir o perfeito funcionamento do piso, sendo preciso uma ênfase no projeto de execução e antecipação das medidas adotadas em cada etapa da obra.

Figura 2.7 – Piso industrial protendido.



Fonte: Cristelli, 2010.

2.3 JUNTAS

As juntas têm como característica promover o funcionamento estrutural adequado e assegurar o caráter estético do piso industrial e promover fissuração com geometria pré-definida.

Rodrigues (2006), afirma que as juntas dos pisos industriais devem obedecer ao menos os seguintes requisitos, em relação ao projeto:

- Às barras de transferência devem ser posicionadas de modo que a variação do espaçamento entre elas difira no máximo 25 mm;
- O ponto médio da barra de transferência deve estar no máximo a 10 mm da junta;
- A tolerância no posicionamento das barras de transferência em relação ao plano médio da placa de concreto, poderá ser de ± 7 mm;
- O alinhamento das juntas construtivas não deve variar mais do que 10 mm ao longo de 3 m;
- Nas juntas serradas, a profundidade do corte não deve variar mais do que 5 mm com relação ao especificado;

São executadas após a concretagem entre 6 a 12 horas do término do acabamento do piso desde que o mesmo já tenha resistência suficiente para não se desagregar. Onde geralmente os pisos possuem geometrias nas formas retangulares ou quadradas, com comprimentos restritos, separadas por juntas.

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), junta de dilatação é definida como qualquer interrupção do concreto com a finalidade de reduzir tensões internas que possam resultar em impedimentos a qualquer tipo de movimentação da estrutura, principalmente em decorrência de retração ou abaixamento da temperatura.

Todo piso de alto desempenho está sujeito a tensões devido a diversas agentes, como retração do concreto, contrações e expansões causadas por variações térmicas, empenamento das placas e carregamento. É importante ressaltar que as juntas devem permitir a adequada transferência de carga entre placas contíguas.

Os principais motivos para o surgimento das fissuras são:

- Retração, que acarreta na placa o aparecimento de fissuras transversais;
- Empenamento, provocando o aparecimento de fissuras longitudinais e também podem surgir novas fissuras transversais.

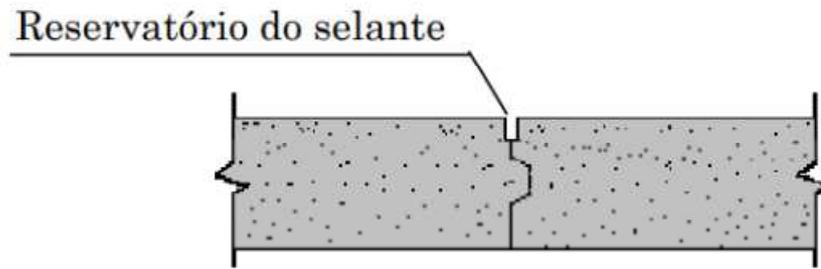
Existem três tipos de classificação para as juntas de pisos, onde cada um apresenta um caso específico para sua viabilização e posteriormente desempenhar um papel satisfatório: juntas de construção (JC), Juntas serradas (JS) e juntas de expansão (JE).

2.3.1 Juntas de construção

São as juntas construtivas de um pavimento, utilizam barras de transferências como mecanismo de passagem de esforços entre as placas, para combater as fissuras provenientes do empenamento, como também são conhecidas como juntas longitudinais.

As juntas de construção possuem geometria de encaixes do tipo macho-e-fêmea (figura 2.8). Onde essas tem sido menos empregadas devido à sua baixa capacidade de transferência de carga, dificuldades executivas e principalmente grande ocorrência de fissuras próximas das bordas.

Figura 2.8 – Junta longitudinal com encaixe macho-fêmea.

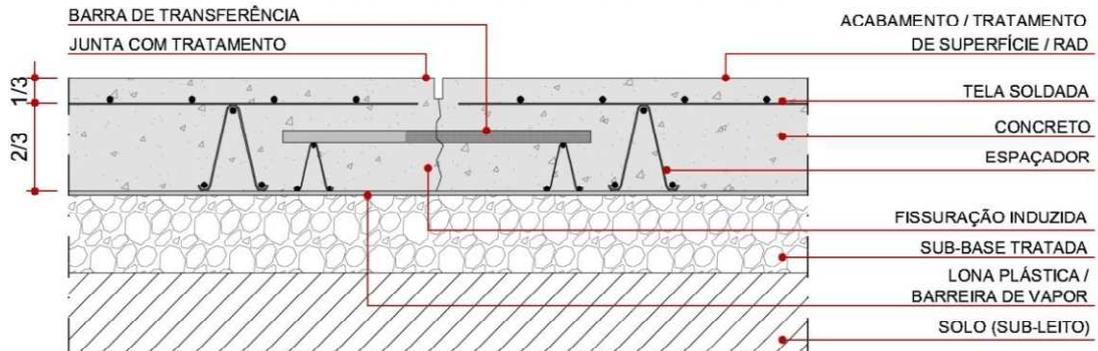


Fonte: Oliveira, 2000.

2.3.2 Juntas serradas

É o processo de corte de juntas transversais de retração, este tipo de juntas são utilizadas com a finalidade de permitir o equilíbrio das tensões geradas pela contração do concreto sem causar fissuras na placa inteira. O concreto é serrado e induzido a uma fissuração localizada (figura 2.9).

Figura 2.9 – Junta transversais de retração, juntas serradas.



Fonte: Cristelli, 2010.

É realizado no período de cura do concreto, com maquinário específico e disco diamantado, devem possuir corte profundidade da ordem de $1/3$ da espessura da placa, recomendando-se no mínimo 40mm.

2.3.3 Juntas de expansão ou de encontro

Também conhecidas como juntas de encontro, são utilizadas quando ocorrer o contato entre o piso e outras estruturas, ou seja, construídas quando o pavimento tangencia estruturas já existentes, como pilares, bases de máquinas, vigas baldrame, etc., para que o piso trabalhe

sem a interferência da outra estrutura, de modo que isole uma estrutura da outra. Ele deve possuir diâmetro de 2 centímetros de abertura, e são preenchidas com material selante, no intuito de impedir a passagem de água e de materiais incompressíveis.

As figuras 2.10 a) e b), mostram as soluções adotados no encontro dos pilares com o piso, conhecidas como junta de encontro tipo diamante e circular.

Figura 2.10 – Juntas de encontro tipo.



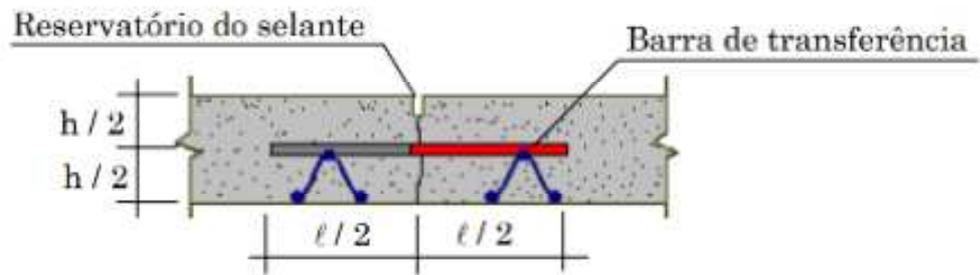
Fonte: Cristelli, 2000.

Oliveira (2000), afirma que as juntas constituem a parte mais delicada e mais cara do pavimento rígido. Tem-se buscado soluções que reduzam o número de juntas e que garantam a eficiência, a fim de reduzir os custos. As barras de transferências podem reduzir os esforços nas juntas para valores próximos aos esforços no interior da placa, reduzindo em até 50% o esforço considerado no dimensionamento.

2.3.4 Barras de transferências

Oliveira (2000) diz que “as barras de transferência constituem-se de barra de aço tipo CA-25, seção circular, maciças e lisa, com metade de seu comprimento mais 2 centímetros pintado e engraxados, a fim de proporcionar a transferência de forças verticais sem impedir a retração e a dilatação da placa. Como mostra a figura 2.11 junta serrada com a barra de transferência.

Figura 2.11- Junta transversal com barra de transferência.



Fonte: Oliveira, 2000.

Assim, nesse estudo de caso ficou comprovado que não seguiu os procedimentos necessários como encontrados em literatura, para o uso de barras de transferências em piso industrial, onde a armadura teria que ter sido pintada e engraxada, como vemos na figura 2.12.

Figura 2.12 - Barra de transferência estudo de caso.



Fonte: Próprio autor.

2.4 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PISOS INDUSTRIAIS

De acordo com a Revista *Téchne* (2006), durabilidade, dureza e resistência devem ser os atributos de um piso industrial de concreto, superfície sujeita ao tráfego intenso de veículos e à ação de substâncias químicas. Cuidados com o projeto, execução e o uso de materiais de qualidade já minimizam, e muito, as chances de surgirem patologias, mas não eliminam, por completo, as possibilidades de acontecerem. Mesmo assim, deve-se fazer o máximo para prevenir problemas, já que os gastos com a recuperação podem se igualar, ou mesmo superar o custo de execução do piso.

Segundo a revista *Téchne* (2006), pisos industriais as manifestações patológicas são acarretadas devido a uma falha de elaboração de projeto ou falha na execução do piso, onde

deverá se tomar como base para viabilização do projeto a finalidade do piso para que se possa ser dimensionado de acordo com a sua finalidade de uso, refletindo um aumento nos custos com manutenção do maquinário que transita sobre a área, redução da produção devido a uma dificuldade de locomoção e ainda poderá causar limitações nas realizações de trabalhos com transporte de cargas, entre outros.

Contudo, a realização de recuperação é bastante oneroso, já que se trata de uma reforma, onde o custo para cumprimento desse serviço se torna, em muitas vezes, equivalente ao da fabricação de um novo piso ou até superior.

Assim para que se possa ser evitado tais efeitos na sua estrutura, deve-se uma maior atenção na fase da execução do pavimento, que começa a partir de um projeto especializado e suas restrições determinadas para o pavimento. Os procedimentos englobam também o controle de matérias utilizados e seu processo executivo, de modo a garantir a durabilidade e resistência desejada do piso.

Conforme a revista *Téchne* (2006), o surgimento de patologias, deve ser feito um levantamento para que se possa identificar e classificar o tipo de patologia presente, as causas prováveis, as áreas onde estejam ocorrendo e suas delimitações, para que assim se possa traçar um planejamento de recuperação com os procedimentos específicos.

Esse desgaste prematuro proporciona uma aceleração da deterioração de piso industrial, seja ela de caráter estético e/ou funcional, onde poderá comprometer de maneira superficial ou até mesmo estrutural levando ao colapso. Esse desgaste se dá devido a: inicialmente ao piso de concreto não apresentar revestimento, sendo assim a própria superfície do concreto sujeitas as solicitações das sobrecargas atuantes (desgaste por abrasão e as cargas permanentes ou variáveis), desgaste devido ao uso de maquinário com rodas de aço (impacto, etc), uso incorreto de empilhadeiras, ausência de manutenção nas juntas, facilitando a infiltração de agentes contaminantes.

Outro fator importante que pode trazer malefícios ao piso é a umidade ascendente, onde este fenômeno pode levar a redução da vida útil de um revestimento, como também os recalques imediatos ou lentos, que devido a um planejamento inadequado das camadas inferiores, pode trazer transtornos para utilização decorrentes de uma má compactação do solo, que repercutem em fissuras de caráter estrutural.

As principais causas que acarretam o aparecimento das manifestações patológicas nas estruturas estão apresentadas no fluxograma da figura a seguir.

Figura 2.13 - Fluxograma das causas que podem proporcionar manifestações patológicas.



Fonte: Chodounsky, 2010.

É importante se conscientizar que não se vê a patologia e sim se estuda patologia, pois ela é uma ciência. O que se enxerga em uma vistoria são as manifestações patológicas, ou seja, os sintomas que a edificação apresenta.

Nas figuras 2.14 e 2.15 são expostas as manifestações patológicas predominantes dos sistemas de pavimentos industriais e RAD, respectivamente, detalhando suas possíveis causas, procedimentos de prevenção e tratamento para cada tipo específico.

Figura 2.14- Principais patologias em Pisos Industriais. Características, Prevenção e Tratamento.

Patologia	Descrição	Causa	Prevenção	Recuperação
Delaminação	Destacamento da camada superficial de acabamento, cuja espessura varia de 2 mm a 4 mm.	Selamento superficial prematuro que impede a exsudação da água do concreto, gerando pressões internas na camada impermeável de selante.	Controle da umidade do substrato (placa de concreto) antes de aplicação de materiais formadores de filme impermeável. Controle da dosagem do concreto evitando emprego de grandes quantidades de aditivos incorporadores de ar, retardadores de pega ou agregados miúdos de baixa granulometria. Fator água/cimento adequado.	Reparo com argamassas poliméricas ou cimentícias modificadas com polímeros. Recorte da área danificada, regularização da superfície, aplicação de um primer e argamassa. Executar processo de cura adequado e lixar caso necessário.
Desgaste Superficial	Despreendimento do material superficial do piso, grãos de areia e pó de cimento	Utilização de concreto de baixa resistência, tratamento superficial incorreto, concreto com exsudação excessiva ou cura inadequada. Ataques químicos e má utilização do piso.	Especificação da resistência do concreto com base na utilização do piso. Controle dos processos executivos de acabamento, cura e tratamento superficial.	Fechamento da porosidade superficial através de aplicação de endurecedor químico em duas demãos. Lapidagem da superfície com ferramentas diamantadas (até grana 3000). Aplicação de RAD argamassados epoxidícos ou uretânicos sob substrato preparado.
Manchas	Formação de manchas que se destacam da cor padrão do concreto aplicado no piso, proveniente dos processos de hidratação e carbonatação do concreto.	Atraso no processo de concretagem e consequente pega diferenciada do concreto. Posicionamento dos agregados graúdos muito próximos da superfície Processo de cura mal-executado e de maneira heterogêna na superfície.	Definição prévia de plano de concretagem e cálculo de volume de material necessário para cada placa. Dosagem correta dos materiais do concreto considerando sua trabalhabilidade e controle do processo de lançamento, adensamento e vibração. Controle do processo de cura. Garantir que os agentes de cura estejam em contato com toda a superfície do concreto.	A cor da superfície do concreto tende a se uniformizar com o tempo e, após alguns meses, as manchas podem desaparecer. Caso os aspectos estéticos sejam primordiais, pode-se aplicar uma pintura de resistência compatível com as atividades previstas. Esta alternativa gera custo extra-planejado.
Fissuras de Retração	Fissuras regulares nas placas concretadas geralmente paralelas às juntas serradas.	Atraso no corte das juntas. A retração hidráulica na cura do concreto não é absorvida pelas juntas, impedindo sua movimentação durante o período de pega.	Executar o corte das juntas no intervalo entre 4 e 12 horas após o lançamento do concreto. O tempo de pega é variável em função do tipo de concreto utilizado. Após a pega, executar imediatamente.	Fissuras próximas às juntas (de 5 cm a 10 cm): aplicar selador de acordo com especificação dos materiais das juntas. Fissuras mais afastadas: estabilização por colagem com material epoxidíco/políuretano, ou pela costura com barras de aço inclinadas na lateral da fissura, sendo estas coladas e seladas material à base de resina epóxi.
Fissuras de Retração	Fissuras regulares nas placas concretadas geralmente paralelas às juntas serradas.	Reforço insuficiente ou Restrição à movimentação da placa. Deficiências no preparo ou especificação de tratamento da base.	Detalhamento das juntas e mecanismos de transferência de carga devidamente dimensionados e posicionados. Procedimento criterioso de execução com base no projeto (atenção aos aspectos de caracterização da capacidade de suporte do solo e tratamento adequado das sub-bases).	Execução de juntas complementares tratadas para garantir a transferência de carga entre as placas. Execução de trechos com armação complementar de combate à tração e empenamento da placa.
Deslocamento (corrosão das armaduras)	Destacamento da camada de cobrimento do concreto sob tensões de expansão volumétrica das armaduras.	Penetração de cloretos e dióxido de carbono, nas placas do piso causando depreciação das armaduras (de controle de retração, de combate à tração e até mesmo das fibras de aço) e posterior processo de corrosão das armaduras. Aumento do volume das ferragens causado pela corrosão destes elementos.	Execução de cobrimento com espessura adequada e concretagem adequada para evitar elevada porosidade (baixo fator água/cimento, vibração adequada). Tratamento contra umidade: instalação de barreira de vapor, selamento das juntas e critérios na seleção dos métodos e materiais de acabamento superficial.	Delimitação da área afetada, remoção do concreto deteriorado. Limpeza das superfícies. Tratamento e/ou reforço estrutural das armaduras. Aplicação de camada para selamento e ponte de aderência. Aplicação da argamassa de alto desempenho, regularização e cura adequada.

Fonte: Adaptação de dados Aguiar (2009) e dados de Gasparetto e Hovaghimian, disponível em www.revistatechne.com.br

Figura 2.15- Principais patologias em RAD. Características, Prevenção e Tratamento.

Patologia	Descrição	Causa	Prevenção	Recuperação
Bolhas	Formação de bolhas na superfície e consequente descolamento dos revestimentos. Quando submetido à condições de tráfego intenso, o RAD sofre deformações, rupturas e exposição da base ou camadas intermediárias.	Presença de agentes contaminantes, como óleos e produtos químicos variados.	Limpeza e descontaminação do substrato utilizando métodos adequados de lavagem.	O revestimento danificado deve ser removido parcial ou totalmente. Dependendo da distribuição das patologias, a base deverá ser novamente preparada. Aplicação revestimentos específicos para concretos recém-lançados ou para áreas com umidade ascendente.
Falhas e irregularidades no acabamento	Variações estéticas e acabamento superficial irregular do revestimento. Variação da textura final do revestimento, isso em certos pontos e andarrapante em outros. Em alguns casos o sistema apresenta posterior desagregação em relação ao substrato.	Uso de materiais de baixa qualidade e de sistemas inadequados. Utilização inadequada do piso (rodízios duros, presença de abrasivos na área, ataque de produtos químicos a concentrações e temperaturas elevadas).	Regularização do substrato. A superfície deverá apresentar rugosidade uniforme para aplicação do RAD. Especificação técnica de sistemas de RAD adequados ao uso proposto e emprego de materiais com qualidade reconhecida no mercado.	Remoção da parte danificada, preparação da base e reconstrução do sistema de RAD. Tratamento com sistemas argamassados (epóxi / poliuretano) em áreas de maior solicitação de abrasão. Nas áreas de ataques químicos utilizar sistemas à base de resinas éster vinílicas, melil-metacrilatos, epóxi ou poliuretanos modificados.
Destacamentos e Descolamentos	Desprendimento de placas de RAD do substrato.	Perda da aderência do RAD com o substrato em função de falhas na preparação da base. Solicitação mecânica superior à prevista em projeto.	Regularização do substrato. A superfície deverá apresentar rugosidade uniforme para aplicação do RAD. Especificação técnica de sistemas de RAD adequados ao uso proposto e emprego de materiais com qualidade reconhecida no mercado.	Mapeamento da área a ser recuperada por meio de testes localizados. Remoção do revestimento danificado. Identificação da causa da patologia (preparação do substrato ou incompatibilidade entre o substrato e o revestimento). Correção e aplicando o novo sistema.
Trincas e fissuras	Aparecimento de trincas e fissuras na superfície do revestimento.	Deficiência do sistema estrutural do piso (trincas geradas pela movimentação excessiva ou assentamento de material do substrato do RAD). Tratamento inadequado das juntas antes da aplicação do RAD.	Desenvolver projeto criterioso de todos os elementos do sistema do piso. Controlar a qualidade da execução para atingir os índices descritos em projeto. Tratamento específico das juntas antes da aplicação do RAD.	Criação de junta ao longo de toda a fissuração aparente, permitindo a movimentação independente dos dois panos. Recorte da faixa de revestimento danificada com fôixa lateral de 5cm para cada lado. Preenchimento do local com argamassa epóxi de alta resistência. Corte com disco, no alinhamento da fissura, e pranchamento com selante elastomérico à base de poliuretano ou epóxi semirrígido.

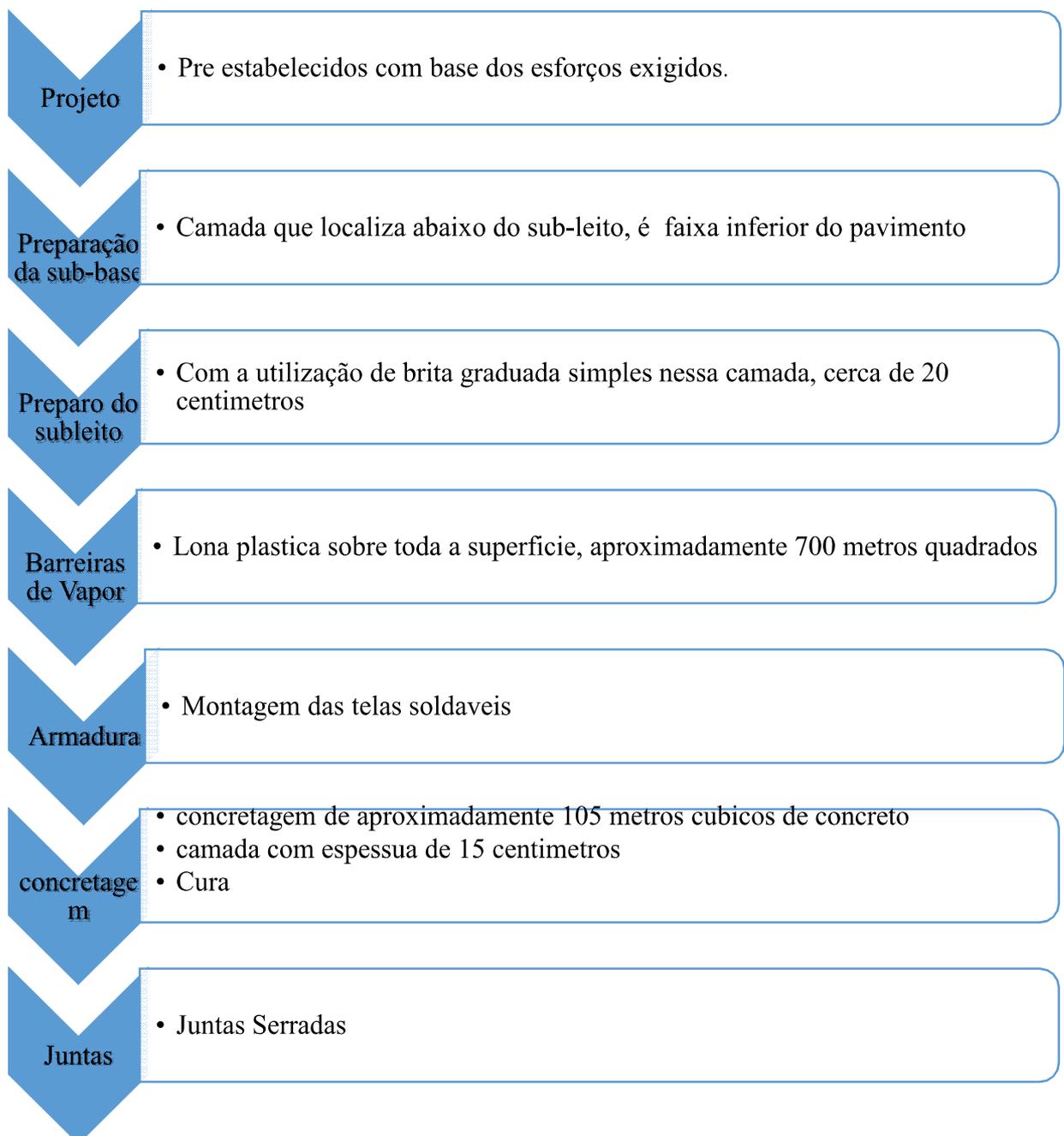
Fonte: Adaptação de dados Aguiar (2009) e dados de Gasparetto e Hovaghimian, disponível em www.revistatechne.com.br

3. METODOLOGIA

3.1 FLUXOGRAMA DAS ETAPAS REALIZADAS PARA A EXECUÇÃO DO PISO INDUSTRIAL.

O fluxograma a seguir, figura 3.1, apresenta uma sequência de etapas onde permite esquematizar e visualizar o processo de execução do pavimento do referente estudo de caso de forma racional.

Figura 3.1 – Fluxograma das etapas de execução do pavimento



3.2 ETAPAS DO PROJETO

Nesse capítulo será abordado as etapas necessárias para viabilização do piso de alta resistência, bem como os métodos a serem seguidos e requisitos que devem ser considerados para execução do piso industrial, como também é apresentado o fluxograma referente a esse estudo de caso.

3.2.1 O projeto do pavimento do estudo de caso

Segundo ANAPRE (CR 001/2011 p.01) é de suma importância que um piso contenha um projeto detalhado e elaborado por um profissional especializado em Revestimento de Alto Desempenho – RAD. De modo que um projeto bem definido, viabiliza o processo de execução, pois irá conter uma série de parâmetros e especificações que são fundamentais para o bom desempenho do RAD.

3.2.2 Preparo do subleito

É nessa etapa que se leva em consideração a análise do Índice de Suporte de Califórnia (ISC) em português e em inglês *California Bearing Ratio* (CBR) para avaliar o potencial de ruptura do subleito, ou seja, determinando a capacidade de suporte de um solo compactado e a sua expansão.

Conforme a NBR 15115 (ABNT, 2004), o material do subleito deve apresentar $CBR > 8\%$ e expansão $< 2\%$; previamente às operações de execução da fundação. Caso o subleito não apresente as condições mínimas de compactação, como grau de compactação superior a 98% do Proctor Normal (*PN*), deverá ser escarificado até a profundidade mínima de 20 cm e compactado até ser obtida o grau de compactação relativo a 98% do Proctor Normal (*PN*). Durante essa operação, sempre que for observado material de baixa capacidade de suporte (*borrachudo*), esse deverá ser removido e substituído por material de boa qualidade. Caso ainda existisse excesso de umidade, é permitida a utilização de rachão, compactado com emprego de equipamento pesado, a fim de estabilizar o solo.

3.2.3 Preparo da sub base

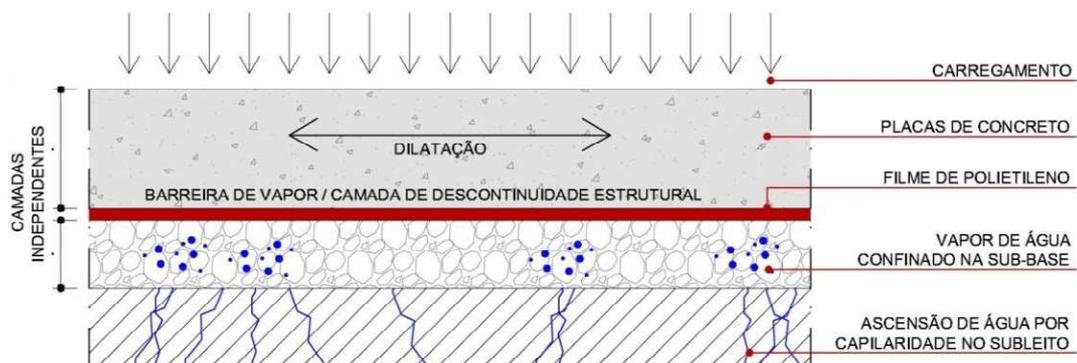
Segundo Rodrigues (2006), “as sub-bases são elementos estruturais intermediários entre as placas de concreto e o subleito, formado pelo terreno natural ou por solo trocado, devidamente compactado, e são de importância primordial ao desempenho do piso”.

3.2.4 Barreiras de vapor

Segundo ANAPRE (CR 001/2011 p.01), “os RADs são particularmente suscetíveis ao efeito de osmose reversa, também conhecido como umidade ascendente, onde a umidade do solo migra para a superfície em forma de vapor e condensa-se entre o revestimento e o piso de concreto formando bolhas de água”. A ANAPRE recomenda que na execução de todo piso de concreto deve ser colocada lona plástica dupla com, no mínimo, 200 micra de espessura. A lona deverá estar íntegra, sem furos ou rasgos, transpassada em 30 cm nas emendas e instalada entre a sub-base e o concreto.

De acordo com Cristelli (2010) a barreira de vapor é instalada após a colocação das fôrmas, e situada entre as camadas da sub-base e as placas de concreto, figura 3.2, também atua como camada de deslizamento, uma vez que evita a consolidação estrutural das camadas imediatamente superior e inferior. Este filme de polietileno (lona plástica) garante boas condições de movimentação das placas em decorrência das variações de comprimento por retração e dilatação térmica do piso de concreto, caracterizando o sistema como placas não-aderidas.

Figura 3.2 - Funções da barreira de vapor em pisos de concreto.



Fonte: Cristelli, 2010.

3.2.5 Tela

De acordo com Rodrigues (2006), tela soldada é uma armadura pré-fabricada, destinada a armar concreto, em forma de rede de malhas, constituída de fios de aço longitudinais e transversais, sobrepostos e soldados em todos os pontos de contato (nós), por resistência elétrica (caldeamento).

3.2.6 Fôrmas

Caso necessitasse da utilização das fôrmas deve-se cumprir os seguintes requisitos:

- Tenham linearidade superior a 3 mm em 5 m;
- Sejam rígidas o suficiente para suportar as pressões laterais produzidas pelo concreto;
- Sejam estruturadas para suportar os equipamentos de adensamento do tipo régua vibratórias quando estas são empregadas;

No caso da fixação com concreto, é necessário garantir a resistência compatível com o da placa e que a aderência entre eles seja promovida, já que ele será parte integrante do piso.

3.2.7 Concreto

Segundo ANAPRE (CR 001/2011 p.01), “o concreto deve ter no mínimo $f_{ck} = 25$ MPa, mas preferencialmente 30 MPa de resistência à compressão e $f_{ct} = 3,0$ MPa de resistência à tração. Em todos os casos o concreto deve ser bem vibrado, eliminando o ar incorporado e aumentando o adensado.”

Entre várias propriedades que o concreto apresenta, destacam-se duas como material construtivo:

- Sua resistência à água, onde o concreto sofre menor deterioração quando exposto à água, comparado a outros materiais como aço e madeira, razão de sua utilização em estruturas de controle, armazenamento e transporte de água;
- Sua plasticidade, que possibilita obter formas construtivas inusitadas, onde esse material se encontra inicialmente em estado fresco, em estado plástico, e logo em seguida, no estado de endurecimento, onde apresenta grande resistência.

3.2.8 Posicionamento das armaduras

O posicionamento da armadura inferior deve ser estabelecido com espaçadores plásticos – taxa de 4 peças por metro quadrado – na tela inferior e espaçadores soldados (como as treliças) para as telas superiores – cerca de 0,8 a 1,0 m/m².

De acordo com o projeto, as barras de transferência devem trabalhar com pelo menos uma extremidade não aderida, para permitir que nos movimentos contrativos da placa ela deslize no concreto, sem gerar tensões prejudiciais a este. Para que isso ocorra é necessário que pelo menos metade da barra esteja com graxa para impedir a aderência ao concreto.

3.2.9 Juntas

Nas juntas serradas, as barras de transferência devem ser posicionadas exclusivamente com o auxílio de espaçadores, que deverão possuir dispositivos de fixação que garantam o paralelismo citado.

Os fixadores não devem impedir a livre movimentação da placa. Desse modo sendo preciso realizar uma pintura as barras que serão engraxadas, pois a não aderência ao concreto impede que ocorra a passivação do metal, podendo ocorrer corrosão. Essa pintura preferencialmente deve ser a base de emulsões asfálticas.

3.2.10 Controle tecnológico do concreto

Nunca vibrar a armadura, para garantir a aderência entre o aço e o concreto, de maneira a evitar o deslocamento da armadura e com isso uma mudança do seu posicionamento. Da mesma forma, deve-se evitar vibrar as formas, para garantir sua integridade e possível reaproveitamento futuro

Durante a concretagem, é preciso fazer o recolhimento de amostras aleatórias do concreto a ser lançado para a verificação de ensaios de controle de resistência, para que esse possa demonstrar que se encontra nas faixas de padrões estabelecidos em projeto.

3.2.11 Regularização da superfície

A regularização da superfície do concreto é fundamental para a obtenção de um piso com bom desempenho em termos de planicidade.

3.2.12 Planicidade e Nivelamento

Segundo ANAPRE (CR 001/2011 p.02), “o Índice de Planicidade (FF) do piso deve ser de no mínimo 30. O índice de nivelamento (FL) não é limitante para utilização do RAD desde que atenda ao projeto ou às especificações do cliente. Entretanto, em sistemas resinados autonivelantes, o nivelamento poderá ser um limitador e, portanto, deverá ser especificado. Para pisos de concreto com inclinação acima de 2% o sistema autonivelante não pode ser especificado.”

3.2.13 Cura, endurecedor superficial e impermeabilizantes

Segundo ANAPRE (CR 001/2011 p.02) “A cura deve ser sempre úmida, seguindo as exigências de projeto. As curas químicas de qualquer natureza devem ser evitadas, pois contaminam a superfície, dificultam a preparação da superfície e preenchem os poros que devem ser usados para ancorar a resina do RAD”.

A cura do piso pode ser do tipo químico ou úmido. Na cura química deve ser aplicada à base imediatamente ao acabamento, por exemplo o uso de PVA, acrílico ou qualquer outro composto capaz de produzir um filme impermeável.

É necessário que o filme formado seja estável para garantir a cura complementar do concreto por pelo menos sete dias. Caso isso não seja possível, deverá ser empregada complementarmente cura com água, com auxílio de tecidos de cura ou filmes plásticos.

3.2.14 Adensamento

Conforme Cristelli (2010), o processo de adensamento do concreto geralmente associam o uso de régua vibratória treliçada com vibradores de imersão nas áreas próximas às formas. Considerando as baixas espessuras das placas utilizando atualmente, com cerca de 15 cm, as sequencias em faixas, e baixa densidade de armação e demais elementos de reforço estrutural, a utilização da régua treliçada vibratória é um processo bastante eficiente.

Uma boa realização dessa etapa é essencial para que não sejam formados espaços vazios ou segregação de material.

3.2.15 Selantes

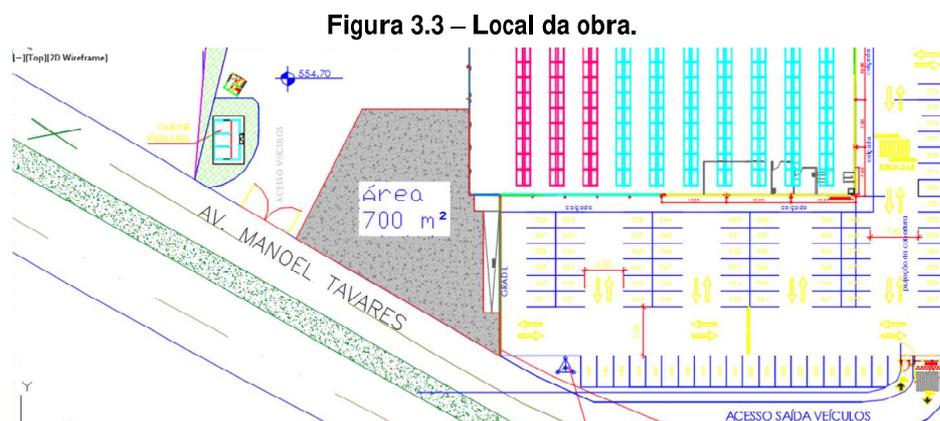
Segundo Rodrigues (2006) os selantes são materiais de natureza plástica, empregados na vedação das juntas do pavimento, permitindo a sua selagem. Sua importância é fundamental, visto que impedirá a entrada de partículas incompressíveis na junta, que são extremamente danosas ao desempenho do pavimento. Podem ser divididos em duas categorias principais: os pré-moldados e os moldados no local.

3.3 EXECUÇÃO DO PAVIMENTO ESTRUTURALMENTE ARMADO EM SUPERMERCADO DE GRANDE PORTE

Este estudo apresenta as práticas utilizadas na execução de um pavimento de alta resistência desde de sua locação até a fase de acabamento superficial, descrevendo seus métodos e procedimentos utilizados.

3.3.1 LOCAÇÃO DE OBRA

A concretagem realizou-se pela construtora Dimensão Construção e Administração LTDA, realizando um serviço de reforma civil, no estacionamento do supermercado referente a área de descarregamento de mercadorias, setor docas, prestado ao Atacadão Filial 089, localizado na Avenida Manoel Tavares, bairro Alto Branco, Campina Grande – PB, como observa-se na figura 3.3 a área que foi tomada como base para o presente estudo.



Fonte: Próprio autor.

Na figura 3.4 mostra-se a delimitação da superfície antes de ser trabalhada, como pode ser visto, o piso já apresentava algumas irregularidades.

Figura 3.4 – Demarcação da área a ser concretada.



Fonte: Próprio autor.

3.3.2 SERVIÇOS PRELIMINARES

Nessa etapa realizou-se os serviços iniciais para execução da obra. Foi executado um corte delimitando a área que se desejava trabalhar e a remoção do material solto que estava sobre a superfície que iria ser removida, preparada e concretada, como apresentado na figura 3.5.

Figura 3.5 – Área trabalhada.



Fonte: Próprio autor.

Com a utilização da cortadora de piso concreto, foi realizado um corte delimitando a área que seria removida, como vemos nas figuras 3.6 a, 3.6 b, 2.6 c, na qual esse corte servirá tanto para delimitar a área que será removida como também a separação das placas de concreto já existente com a nova placa a ser produzida, na figura 3.6 d, vemos em detalhe o corte finalizado.

Figura 3.6 - Execução de corte.



a) Início do corte



b) Delimitação da área que será retirada e separada da antiga placa



c) Corte em detalhe



d) Corte finalizado

Com a utilização de uma retroescavadeira, figura 3.7, foi realizada a demolição de todo o piso estrutural já existente. Ainda houve um cuidado especial na utilização da retroescavadeira para não danificar nenhum elemento já existente na área que poderiam interferir na fase da escavação como: vigas baldrames, blocos de fundações, tubulações, fiação elétrica, etc., de forma a evitar futuros atrasos que iriam alterar o cronograma de entrega dessa obra.

Figura 3.7 – Início da fase de demolição de piso industrial.



Fonte: Próprio autor

Por consequência dessa atividade, houve um acumulado de material no local da obra, como constata-se na figura 3.8 (a) e (b), onde este resíduo sólido produzido, foi removido através da utilização de uma caçamba, e destinado todo o material para um local que se possa ser reaproveitado.

A área referente para o estudo de caso apresenta aproximadamente de 700 m² (metros quadrados), onde retirou-se uma camada com cerca de 30 cm (centímetros) de espessura, formado pelo revestimento superficial mais a sub-base, gerando um volume de terra solta de 294 m³ (metros cúbicos) de entulho devido ao empolamento, que é a expansão volumétrica fenômeno característico dos solos, que deve ser considerado principalmente na fase de transporte de material.

Figura 3.8 – Demolição de piso industrial.



a) Retirada do antigo revestimento.



b) Finalização da etapa de demolição.

Fonte: Próprio autor.

3.3.3 PREPARAÇÃO DAS CAMADAS

Logo após a retirada do entulho produzido, com a ajuda de um técnico, averiguou-se que o reforço do subleito apresentava resistência adequada para continuidade do serviço, onde não necessitou de um melhoramento dessa camada. Essa análise foi baseada na experiência do executor do serviço.

Em seguida foi realizado toda a parte de movimentação de terra, efetivando a preparação completa do terreno com ajuda de instrumentos topográficos e acerto do nível em toda a área de pisos nas cotas do projeto, levando em consideração os caimentos para que não existisse acúmulo de água em pontos isolados.

3.3.4 Preparo da sub-base

O material sobre a camada do subleito, foi lançado e espalhado com equipamentos adequados, a fim de assegurar a sua homogeneidade. Após o espalhamento do material granular ele deve ser regularizado e compactado com o grau de compactação indicado em projeto. O material utilizado deve ser limpo e não possuir presença de matéria orgânica ou materiais finos argilosos.

Foi utilizada camada de 20 cm de espessura, de brita graduada simples empregada na confecção da sub-base foi compreendida entre os limites da faixa granulométrica contínua corretamente compactada resultando em um produto final com propriedades adequadas de estabilidade e durabilidade.

Na figura 3.9, exemplifica-se como ficou a camada superior ao reforço do subleito, a sub-base, onde nesse projeto foi composta por uma camada de 20 cm de BGS (Brita Graduada Simples) compactada.

Figura 3.9 – Execução da Sub-base



Fonte: Próprio autor

A figura anterior mostra a utilização de lona plástica fabricada com polietileno de baixa densidade, espessura mínima 0,2 mm com sobreposição de 20 cm nas emendas e juntas de dilatação. Na figura 3.10, observa-se toda superfície coberta por esse material, a qual ficará entre a sub-base e a placa de concreto.

Figura 3.10 – Lona aplicada na superfície.



Fonte: Próprio autor.

3.4 EXECUÇÃO DE PISO EM CONCRETO ARMADO

Basicamente a execução é feita em duas fases: A primeira se dá pelo preparo da fundação mediante a adequação do subleito e sub-base, apesar de grande peso no comportamento final do piso, nem sempre se dá a devida atenção. A segunda fase é a concretagem em si, onde se toma todos os procedimentos necessários para que o piso venha atender as especificações do projeto.

No tabela 3.1, vemos os requisitos estabelecidos para a construção do pavimento de alta resistência.

Tabela 3.1 – Componentes para execução do pavimento.

Espessura da placa (cm)	15
Armadura superior (cm ² /m)	1,96
Armadura inferior (cm ² /m)	1,96
Espessura da sub-base (MPa)	20
Concreto fck (Mpa)	30
Aço	CA-60

Apresenta-se a seguir os requisitos que deve ser seguidos durante a fase de execução do pavimento e viabilização do concreto:

- Resistência à Compressão (fck): 30 MPa;

- Abatimento em cm: 8 ± 1 ou 10 ± 1 ;
- Teor de Argamassa % = $49\% < a < 52\%$;
- Consumos Mínimo e Máximo de Cimento 320 Kg/m^3 a 380 Kg/m^3 ;
- Consumo Máximo de Água 185 L/m^3 ;
- Retração Hidráulica Máxima 500 Mm/m ;
- Teor de Ar Incorporado $< 3\%$;
- Exsudação $< 4\%$;
- Fibra de Polipropileno Monofilamento 600 g/m^3 ;
- Relação água/cimento $< 0,55$.
- Carga a qual pode ser submetida – $3.000,00 \text{ kgf/m}^2$.
- Impermeabilização do substrato e armadura

As armações, bitolas, dimensões, placas, características do concreto foram definidas no projeto estrutural. A escolha dos materiais utilizados para a produção do concreto foi norteadada pelos princípios citados a seguir.

3.4.1 Cimento

Foi estabelecido o emprego do cimento tipo CP-II - 32, de modo que é um composto de fácil acessibilidade no mercado, pois é produzido em larga escala e bastante viável economicamente. A dosagem do concreto foi feita levando em consideração o tempo de corte das juntas, a exsudação e as retrações plástica e hidráulica, variável para cada tipo de cimento.

3.4.2 Agregados

Os agregados utilizados, atenderam às prescrições da norma a NBR 7211 (ABNT, 2005) que define agregados como o processo da britagem de rochas, cujo beneficiamento resulta numa distribuição granulométrica constituída por agregados graúdos e miúdos ou por mistura intencional de agregados britados e areia natural ou britada.

Tendo em vista que os miúdos que foram utilizados nesse caso areia artificial, oriunda da britagem de rochas convenientemente dosada com areia natural para corrigir deficiência de finos.

3.4.3 Aditivos

O concreto foi dosado com aditivos plastificantes de pega normal, que são produtos isentos de cloreto que promovem a dispersão do material cimentício, possibilitando a produção de concretos com um maior índice de consistência e/ou a redução da água de amassamento, de modo a não interferir significativamente no tempo de pega e postergar as operações de corte das juntas. De modo que este concreto foi bombeado e o uso de aditivos foi necessário devido ser uma área grande e também devido a concreteira não estar localizada nas imediações próximas a obra.

3.4.4 Água

Destinada ao amassamento do concreto deverá ser isenta de teores prejudiciais e de substâncias estranhas que altere as características ou propriedades do concreto, segundo NBR 15900-1 (ABNT, 2009). A água de amassamento do concreto atendeu aos requisitos expressos acima.

3.4.5 Selantes

Os selantes das juntas foram moldados in loco, resistentes às intempéries, óleos e graxas. Onde foram empregues selantes nas juntas de construção e nas serradas.

3.4.6 Armadura

A armadura foi constituída por telas soldadas, CA-60, fornecidas em painéis como analisa-se na figura 3.11, atendendo a NBR 7481 (ABNT, 1990), que define como armadura pré-fabricada, destinada a armar concreto, em forma de rede de malhas retangulares, constituídas de fios de aço longitudinais e transversais, sobrepostos e soldados em todos os pontos de contato.

Figura 3.11 – Colocação de telas soldadas.



Fonte: Próprio autor

3.4.7 Isolamento da placa e sub-base

Conhecida também como barreira de vapor, é o isolamento entre a placa e a sub-base, tem como finalidades principais: de reduzir-se o coeficiente de atrito entre ambas, impedir a umidade ascendente para que esta não chegue até o piso de concreto e evitar que a sub-base absorva a água do concreto durante o processo de concretagem. Para tal efeito foi empregado filme plástico (espessura mínima de 200 micra), conhecido como, lonas plásticas; nas regiões das emendas, deve-se promover uma superposição de pelo menos 15cm.

3.4.8 Fôrmas

Não foi necessário a utilização de fôrmas no local, já que a concretagem foi da placa intermediária, isto é, situadas entre duas já concretadas, mas precisou-se que suas laterais fossem impregnadas com desmoldante para garantir que não haja aderência do concreto velho com o novo, criando uma camada fina e oleosa, impedindo o contato entre os materiais.

3.4.9 Posicionamento das armaduras

A armação do piso industrial basicamente foi realizada com tela nervurada eletrossoldada, disposto como descreve as figuras 3.12 a), b), c) e d), sendo composta por uma

malha inferior, uma malha superior e, entre as duas telas, lastros treliçados espaçados a cada um metro.

Figura 3.12 - Montagem da armadura do piso estrutural.



a) Execução da armadura inferior.



b) Amarração da armadura inferior.



c) Finalização da armadura inferior.



d) Detalhe do posicionamento da armadura finalizada.

Fonte: Próprio autor.

3.4.10 Emendas

A armadura teve suas emendas feitas pela superposição de pelo menos duas malhas de tela soldada. Onde foram sobrepostas sem obedecer uma distância.

3.4.11 Barras de Transferência

Os conjuntos de barras foram dispostos paralelamente entre si, tanto no plano vertical como horizontal, e concomitantemente ao eixo da placa.

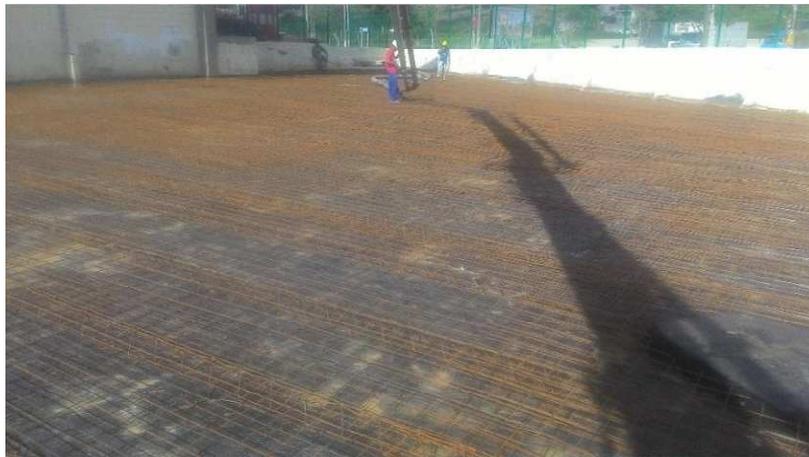
3.4.12 Plano de concretagem do piso industrial

Plano de concretagem é a etapa de finalização de um conjunto de atividades relacionadas, após todos os outros serviços anteriores estiverem sido realizados e verificados pelo engenheiro e/ou técnico responsável da obra. A concretagem do piso foi feita com concreto usinado com resistências de 30 MPa.

3.4.13 Lançamento do concreto

O lançamento do concreto foi realizado através do emprego de um caminhão denominado autobomba de concreto (concreto bombeado). Utiliza-se esse tipo de maquinário quando não há possibilidade do caminhão betoneira acessar e realizar a descarrega do concreto de forma direta. Deste modo fizeram sua descarga na autobomba e em seguida o material é lançado onde se deseja. Na figura 3.13, é verificado a incapacidade de um caminhão bomba chegar até o local de descarregamento.

Figura 3.13 – Finalização da montagem da armadura do piso industrial.



Fonte: Próprio autor.

Durante as operações de lançamento foi verificado que deveria ser evitado o trânsito excessivo de operários sobre a tela durante os trabalhos, de modo a não alterar a posição original da armação, municiando-os com ferramentas adequadas para que possam espalhar de forma uniforme o concreto sobre a região.

Na figura 3.14 observa-se a etapa de montagem e armação, finalizada e preparada para o início do lançamento do concreto usinado.

Figura 3.14 – Início do lançamento do concreto usinado.



Fonte: Próprio autor.

O espalhamento foi realizado com a utilização de pás e enxadas, de modo que seja igual e em quantidade tal que, após o adensamento, sobre pouco material para ser removido, facilitando os trabalhos de acabamento.

3.4.14 Controle tecnológico do concreto

Durante a concretagem, foi recolhido amostras aleatórias do concreto a ser lançado para a verificação de ensaios de controle de resistência. Mas não foi rompido os corpos de prova devido ao prazo apertado e outros serviços que estavam sendo executados ao mesmo tempo em outros setores da obra. Esse tipo de pratica não é indicada, segundo a NBR 12655 (ABNT, 2006), onde fala que durante a descarga, devem ser submetidas à comprovação da uniformidade, e suas amostrar devem ser coletas dentro dos primeiros 20 minutos de descarga.

3.4.15 Adensamento

Foi assumido um cuidado em relação ao excesso de concreto despejado em um único ponto, de modo que iria demandar mais tempo dos operários para o espalhamento e nivelamento da massa em excesso e ainda esse acúmulo poderia provocar deformação no superior da régua, formando uma superfície convexa, prejudicando o índice de nivelamento e a falta pode produzir vazios prejudicando a planicidade.

Durante essa etapa não foi realizado a pratica do uso de vibradores de concreto, onde esse serviço deveria ser feito de maneira que a concretagem fosse progredindo iria sendo realizado o emprego de vibradores de imersão consorciados com as régua vibratórias de modo a garantir a resistência prevista.

Os danos originados nas placas devido à vibração insuficiente são muito maiores do que aqueles ocasionados por excesso de vibração. Portanto, não se deve precipitar e interromper o processo antes do tempo. A vibração insuficiente gera perdas na resistência, aparência e durabilidade do concreto. Associação brasileira de cimento Portland.

3.4.16 Acabamento superficial

O acabamento superficial, utilizando acabadoras de superfície (bambolês), é formado pela regularização da superfície e pela texturização do concreto. Na figura 3.15 apresenta-se o piso já finalizado 24 horas após a concretagem, onde utilizou-se desempenadeira metálica.

Figura 3.15 – Piso após a realização da concretagem.



Fonte: Próprio autor.

3.4.17 Cura

Nesse estudo de caso foi realizado a cura úmida, aplicando água de forma direta sobre a superfície, duas vezes ao dia, durante 7 dias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo será apresentado algumas considerações referente aos métodos executivos do pavimento, prováveis manifestações patológicas que poderão aparecer devido ao não cumprimento de todas as etapas estabelecidas nas normas estabelecidas de execução de pisos de alta resistência.

4.1 JUSTIFICATIVA PARA A ESCOLHA DO TIPO PISO

O piso escolhido foi o estruturalmente armado que apresenta uma malha (armadura) de aço soldada, por apresentar armadura positiva e negativa, na qual iria apresentar uma melhor trabalhabilidade aos esforços sofridos e por sua execução não necessitar de procedimentos tão exigentes, quando comparados ao piso industrial protendido e o piso industrial reforçado com fibras. Como também por decisão do engenheiro responsável pela obra que optou por esse tipo de pavimento.

A averiguação visual não é concludente para que se possa tomar a decisão de não realizar nenhum tipo de ensaio na qual comprove que determinada camada suportará aos esforços aplicados. Esse tipo de escolha se deu também a um cronograma apertado para viabilização do pavimento, já que diferentes serviços estavam sendo realizados ao menos tempo em outros locais do supermercado.

4.2 SUBLEITO

Durante a fase de preparação das camadas o técnico responsável por essa fase juntamente com o engenheiro da obra optaram pela não remoção da camada de subleito, sem nenhum laudo técnico para avaliar o CBR de acordo com IPR 172 (DNIT, 2016), onde deveria ser realizado o ensaio de expansão e penetração, e sua compactação seguindo a NBR 7182 (ABNT, 2016), baseando-se nas suas experiências e devido ao solo dessa cidade apresentar uma resistência relativamente alta.

Onde está pratica não é adequada e não é aconselhável de acordo com as normas de execução, porém é bastante comum.

4.3 CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO

O serviço de concretagem foi terceirizado, pois a área para a produção da nova placa de concreto apresentava grande extensão. Desse modo, foi pré-estabelecido com a concreteira os requisitos para a produção do concreto, como a resistência à compressão.

No entanto, houve uma falta de atenção no momento de descarga da massa de concreto, onde deveria ter sido realizado um controle mais rigoroso, como:

- Moldagem de corpos de prova, para serem rompidos e averiguados suas resistências a compressão;
- Realização do ensaio de abatimento do tronco de cone (Slump test), que serve para determinar a consistência do concreto que é um fator que influencia na trabalhabilidade do concreto.

Os corpos de prova foram feitos pela concreteira mas, a empresa contratante não realizou o rompimento dos mesmos, devido ao cronograma da obra ter ultrapassado o prazo previsto para a conclusão, podendo o mesmo não atingir a resistência necessária para suportar as cargas e tráfego sobre o pavimento.

Patologias que podem aparecer sem o controle ζ

4.4 BARRAS DE TRANSFERÊNCIAS E EMENDAS

Tanto as barras de transferência como as emendas foram dispostas de maneira aleatória sem obedecer nenhum projeto ou norma, podendo gerar problemas futuros.

5. CONCLUSÕES

Para construção de pisos industriais, torna-se fundamental e necessário que se tenha um planejamento específico, realizado por engenheiros especializados, mão de obra qualificada que possua capacidade técnica e operacional e uma empresa que garanta o fornecimento de concreto de qualidade com seu respectivo sistema de lançamento adequado e em tempo viável, para que assim se possa atender os requisitos exigidos em projeto.

Deste modo, se torna indispensável ter em posse o projeto detalhado de todas as etapas, materiais, os equipamentos, o concreto, sistema de lançamento e mão de obra que serão necessários. A execução torna imprescindível a supervisão de um engenheiro experiente nesse tipo de construção, para que tudo seja feito corretamente, de forma sequencial e produtiva, a análise do subleito e a preparação da sub-base até o acabamento final do piso com os envolvidos trabalhando em harmonia. Onde na maioria dos casos não há acompanhamento rigoroso na fase de execução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANAPRE –**Associação Nacional de Pisos e Revestimento de Alto Desempenho** –CR 001/2011 –Rev 16/08/2011 São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Disponível em: http://viasconcretas.com.br/cms/wp-content/files_mf/adensamento_concreto_por_vibracao. Acesso em: 10/12/2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1990). NBR 7481 – **Tela de aço soldada – Armadura para concreto**. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2004). NBR 15115 – **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos**. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2005). NBR 7211 – **Agregados para concreto** – Especificação. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2006). NBR 12655 - **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle recebimento – Procedimentos**. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2009). NBR 15900-1 – **Água para amassamento do concreto** – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2014). NBR 6118 – **Projeto de estrutura de concreto** – Procedimentos. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2016). NBR 7182 – **Solo – Ensaio de compactação**. Rio de Janeiro.

CHODOUNSKY, Marcel Aranha. **Patologias em pisos industriais**. 2010.

CRISTELLI, Rafael. **Pavimentos industriais de concreto – Análise do sistema construtivo**, MG. 2010. 161f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte.

DNIT (2016). DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. Publicação IPR - 172 – ME – **Solos – Determinação do Índice de Suporte de Califórnia utilizando amostras não trabalhadas** – Método de Ensaio. Brasília.

OLIVEIRA, P. L. **Projeto Estrutural de Pavimentos Rodoviários e de Pisos Industriais de Concreto**, SP. 2000. 246f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo, São Carlos.

PEDROSO, Fabio Luís; **Concreto: Material construtivo mais consumido no mundo**. Revista Ibracon, nº 53, São Paulo, 2009.

REVISTA CONCRETO E CONSTRUÇÕES. **Concreto: Material construtivo mais consumido no mundo**. IBRACON, março 2009. Ano XXXVII/ nº53. São Paulo.

REVISTA TÉCNICA. **Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil**. Ed. PINI. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/174/artigo285892-3.aspx>> Acesso em 04/12/2017.

REVISTA TÉCNICA. **Piso novo**. Ed. PINI. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/114/artigo287025-1.aspx>> Acesso em 04/12/2017.

RODRIGUES, P. P. F. ET AL. **Manual Gerdau de pisos industriais**. Ed. PINI, 1ª Ed., São Paulo 2006. 109p.

RODRIGUES, Púlio Penna Firme, **Projetos e Critérios Executivos de Pavimentos Industriais de Concreto Armado**, 2006. 102 p. – Instituto Brasileiro de Telas Soldadas, IBTS – São Paulo, 2006.

SÁ, R. R.; Rocha, D. P.; Braga, F.H. **Pisos Industriais de concreto** – disponível em <http://www.realmixconcreto.com.br/downloads/informativo3_alterado.pdf> Acesso em 04/12/2017.